

浙江省高等教育十三五第一批
教学改革研究项目

申 请 书

项目名称：工科大学生专业素质智能评价与预警研究
申 请 人：何文辉
申请学校：中国计量大学现代科技学院
通讯地址：浙江省杭州市下沙学源街 258 号
联系电话：0571- 86872308
电子邮箱：hwhhsam@cjlu.edu.cn

浙 江 省 教 育 厅

2018 年制

一、简表

项目 简况	项目名称	工科大学生专业素质智能评价与预警研究							
	项目类别	A、总体研究 B、专业大类 C、教学管理√ D、课程改革 E、实验实践 F、自选项目							
	起止年月	2019.1-2020.12.							
项目 申请人	姓名	何文辉	性别	男	出生年月	1973.3.			
	专业技术职务/行政职务	副教授/系主任、 系党总支书记		最终学位/授予国家		博士研究生/中国			
	所在学校	学校名称	中国计量大学现代科技学院			邮政编码	230018		
						电话	0571-86914435		
		通讯地址	浙江省杭州市下沙学源街 258 号						
	主要教学 工作简历	时间	课程名称	授课对象	学时	所在单位			
		2008-2010	检测技术/无损 检测	05、06、07 级质量专业	32/32	中国计量大学			
		2011-2014	检测技术/互换 性测量基础	08、09、10 级质量专业	32/32	中国计量大学			
		2014-2018	误差理论/测量 系统分析/现代 制造系统	11、12、13、 14 级质量、工 业工程专业	32/48/32	中国计量大学			
	主要教学改 革和科学研 究工作简历	时间	项目名称					获奖情况	
2013-2015		省自然科学基金：复杂机械系统可靠性虚拟 样机等效建模方法与机理研究					校多媒体课件竞 赛三等奖、校优 秀班主任		
2012-2014		省自然科学基金：面向全寿命周期一体化控 制的数控机床可靠性建模理论研究					“无损检测”课程 教学院优秀奖		
2011-2013		国家公益性行业财政部专项：面向复杂水下 环境的高压长输管道损伤全程监测技术					“检测技术”课程 教学院优秀奖		
2018-2019		省教科规划项目：“新工科”背景下工业工程 应用型人才培养模式研究							
2017-2018		校教改项目：面向工程教育的独立学院在线 开放课程教学质量保障体系研究							
项目 组	总人数	高级	中级	初级	博士后	博士	硕士	参加单位数	
	4	2	2	0	0	0	0	2	
	主要成员 不含申请者	姓名	性别	出生年月	职称	工作单 位	分工	签字	

		张新娜	女	1970.9	副教授	中国计量大学	评价指标体系与数据采集	
		蒋海青	女	1976.10	讲师	中国计量大学	评价方法与网站构建	
		Yang Qingping	男	1963.5.	讲师	英国 Brunel 大学	AI 算法研究	

备注：项目组主要成员不超过四人，没有参与人的务必填写“无”。

二、立项依据：（项目的意义、现状分析）

1. 研究意义

专业素质是工科类大学生最重要的综合素质之一，反映了高校的人才培养质量，按孙锡芳对专业素质的描述，专业素质包括专业知识、专业技能、实践运用三个部分内容^[1]，本项目按这一专业素质的内涵，研究其智能化评价与预警方法，研发适用的应用系统。

联合国教科文组织在《学会生存》一书中指出：“许多工业领域的新管理程序，都可以实际应用于教育，不仅在全国范围内可以这样做，而且在一个教育机构内部也可以这样做”。如图1所示，本项目的研究，创新性地将大学看作人才工厂，从而引入“入厂检测”、“工序间检测”和“总装出厂检测”概念，按照ISO9000的质量管理理念，融合人工智能技术，研究工科大学生专业素质智能评价与预警方法，形成智能化评价应用系统，并建立应用网站以对大学生专业素质进行评价和预测，对培养计划的制定与学生学业管理具有指导作用。

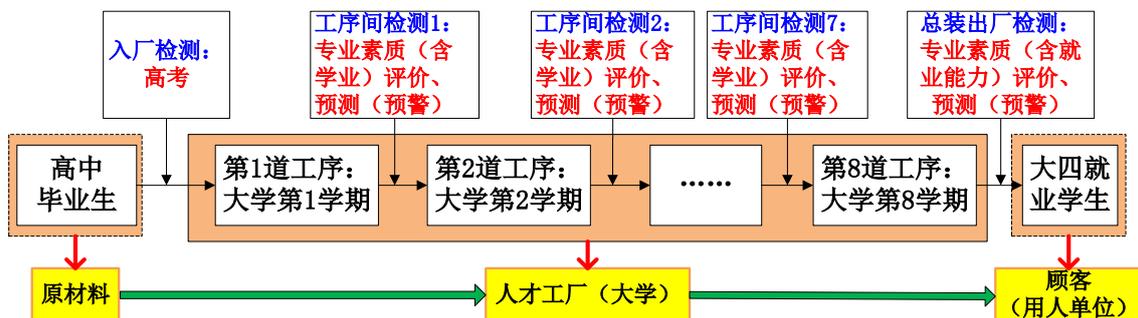


图1 人才工厂示意图

因此，本项研究具有如下三方面的意义：

（1）项目研究紧贴国家科研政策，研究价值明显

2017年，国务院正式印发《新一代人工智能发展规划》，规划中这样定义智能教育：“开发立体综合教学场、基于大数据智能的在线学习教育平台。开发智能教育助理，建

立智能、快速、全面的教育分析系统。”2018年，教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》指出：“探索基于人工智能的新教学模式，重构教学流程，并运用人工智能开展教学过程监测、学情分析和学业水平诊断，建立基于大数据的多维度综合性智能评价，精准评价教与学的绩效，实现因材施教。”显然，本项目的研究是智能化教育分析、诊断的关键环节。

然而，人不同于普通商品，人才培养追求的是特色和个性化，应摒弃千篇一律，这与企业追求产品质量的一致性有根本性区别，但本项目紧紧围绕“无论培养什么样的人才，都是满足社会和企业（顾客）需求”这一与普通商品相同的质量特征，借鉴企业产品质量控制的理念，研究人工智能技术在人才培养质量中的应用方法，明显区别于其他相关研究，与国家科研政策结合紧密，具有明显的研究价值。

（2） 本项目研究紧贴“AI+教育”产业政策，与教育发展趋势吻合

《2017中国高等教育地平线报告》中预测了两个重要的技术——“人工智能(AI)”和“下一代学习管理系统(LMS,也称为VLEs)”的实用化，在未来将对高等教育产生重大影响。报告认为，全球高等教育机构普遍相信利用数字化环境提供新思想、新服务和新产品的时机已经成熟。

另一方面，国务院印发《新一代人工智能发展规划》明确指出，到2030年我国人工智能的核心教育领域产业规模将超1万亿元，带动相关产业规模超10万亿元。自此，教育迅速成为AI商业化应用的重要战场，国内外超百家创业公司积极投身其中。伴随技术与进步，AI教育应用开始落地，资本也闻风而至。相关数据显示：2017年，跟人工智能相关的15家教育企业获得37亿元融资，而据CNNIC预测，到2020年“AI+教育”将带来3000亿元庞大市场规模，“AI+教育”正成为新的“蓝海”^[2]。

（3） 对人才培养质量的评价与预测已经成为高校人才培养工作的最大瓶颈，本项目的研究紧贴高校这一现实需求。

多年来，各高校对人才培养质量的提高，出台了很多管理政策，不停地集聚各类资源，希望能培养出高质量的人才，但何谓“高质量人才”？其根本的检验场所应该在用人单位，而不是高校自说自话，但不幸的是，我国缺乏第三方评价，因而也就不能很好地评价自己的人才培养体系是否适应社会发展的需要。但若按培养了多少个马云似的人物衡量，这个标准的时滞性太严重，灵敏性严重不足，因为刚毕业的马云是要经过若干年后才能成为如今的马云的，这就不能对当下人才培养质量进行实时地综合评价和预测。实际上，企业的产品质量保证，需要对产品的质量属性进行质量检测和质量数据的统计分析，人才作为高校特殊的产品，没有科学合理的人才质量评价方法，也就不能对质量属性进行检测与分析，就难以持续优化人才培养方式和培养内容，这已经成为高校人才培养的最大瓶颈，导致高校培养的人才已经越来越难以满足企业的需求。

2. 国内外研究现状及发展动态分析

2.1 国内外研究现状与动态

国内外主要围绕如下三方面进行了研究：

（1）人才培养评价体系研究

国外大学对培养质量的评价及评价工作开展较早，通过各种途径进行并比较其效果，提出了冰山模型、洋葱模型等模型^[3,4]，国内对于教学质量评价的研究也很多^[5]，从国家宏观层面看，我国已建立了本科教学评价、专业认证评价制度。从学校层面看，目前已开展有院系评价、课程评价、教师的课堂教学质量评价等等。评价的结果已在教师考核、职称评聘等方面起到了一定的作用。

此外，比较典型的研究还有：赵伶俐建立了“六维四级”的人才质量衡量标准与评价指标体系，认为我国人才培养质量指标体系的基本框架有六个特点，即社会性、综合性、个性、专业性、创新性和协调性，这六个特性又可进一步分为国家标准、地区标准、学校标准和个体标准等四个等级^[6]；龚放认为对大学人才培养质量的评价中，适当引入学生满意度调查，逐渐提高其权重，是值得研究和探索的重要课题^[7]；李顺从人才的“人”和“才”两个方面，即“能力”和“素质”两个方面出发，建立了人才培养目标及评价体系^[8]；王琴和张淑莲运用因子分析技术和层次分析法，综合定性和定量研究，从用人单位的需求角度出发把握影响人才培养质量的主要因素，建构指标体系^[9]；娄季春通过分析当前用人单位抱怨新招的大学生“不管用”这一社会现象的原因，提出了建立高校评价与社会用人单位评价机制接轨的知识评价、技能评价、能力评价的措施^[10]；张凤山等认为高校学生质量结构包括学业成就（学习成绩、学习能力、学习创新）、社会适应（环境适应、人际关系适应、未来生活适应）及自我完善等方面^[11]；林靛民等从课程、师资、学生和环境等方面构建了高校创业指导教育的质量评价指标体系^[12]；吕玉辉以目前国际上适用的工程管理人才培养要求为依据，结合实际情况，从职业道德素质、知识素质、工程能力、发展能力和身体素质等方面构建了工程管理专业本科毕业生质量评价体系^[13]；刘晓凤从掌握理论知识水平、实现基本技术技能、运用专业知识能力和综合沟通协调能力等方面建立了财经类高校本科人才培养的质量评价模型^[14]，张豪对众多学者关于科技创新人才的质量评价研究进行总结学习后，分析评价主体的实际需求，考虑未来在科技创新方面的增量评价，建立了适应“十三五”规划期间的科技创新人才的动态评价模型^[15]。

综上所述，探究人才培养质量评价体系的文献有很多，也有部分学者研究从用人单位角度评价培养质量的方法，但这种研究的文献相对较少，指标体系尚需完善，更没有形成一个适用的评价系统。目前，在高校人才培养质量测评方面，国内高校绝大多数都采用的是综合测评法，对学生德、智、体等各方面表现进行定期量化评价，考试分数所占比重极大，但实际运行表明，指标不能全面地反映学生整体素质，尤其是专业素质测评缺乏指标体系和测评方法。

（2）高校信息化管理研究

高等学校信息化是“智慧教育”的主题，其建设可追溯到1994年的CERNET示范网工程，经过24年的发展，校园网已遍布我国各类各级高校^[16]，最初的WEB、FTP、Email、

BBS, 到目前的 QQ、微信、淘宝电子商务和各类高校业务系统、集成服务门户、数据挖掘分析等, 网络信息技术飞速发展, 应用越来越普及, 越来越丰富, 同时高校的信息化建设、管理机制也在不断变化、创新, 与时俱进。

1999 年, 美国提出“ 21 世纪的信息技术 : 对美国未来的一项大胆投资 (简称 IT2) ”计划, 该计划将研究与开发的重点放在先进技术和计算方法、高可靠性系统、下一代因特网、人类中心系统和教育与人才培养五个重要领域。21 世纪开始, 在美国的高等院校中出现了 CIO (Chief Information Officer) 体制。美国高校设置属于副校长级别的高级管理职务, 制定和管理整个学校的信息技术发展规划及实施工作, 同时也负责学校信息化日常工作的管理, 而这之后美国大学信息化的热点主要集中在 CMS / LMS (Course Management Software or Learning Management Software)、校园门户网站的建设、校园无线网络等三个方面^[17]。

教育部在 2016 年教育信息化工作要点中首次正式提出智慧校园建设与应用, 智慧教育成为信息化教育发展的高级阶段和新的形态^[18]。而真正整合了各类资源的适用系统, 是教育部支持下开发的 CRP (Campus Resource Planning) 校园管理信息系统, 该系统力图打破“ 信息孤岛 ”现象, 实现信息高度融合共享^[19], 但该系统在大数据方面还很薄弱, 也缺乏云计算和人工智能方面的功能模块。

由此可见, 我国高校的信息化工作已经形成共识, 取得了巨大的成果, 但高校各部门信息孤岛的现象仍然非常严重, 类似 CRP 这种综合系统还很少, CRP 本身在全国应用的高校也还不足百家, 且主要是面向职业技术类大学的信息系统。

(3) 人工智能技术对人才评价的应用研究

科大讯飞的胡国平等从图文撰写、内容表示和篇章结构等人工智能技术在教育中的具体应用出发, 在解释英文作文自动评分原理的基础上, 阐述人工智能技术在教育评测中的作用^[20]; 高秀艳等探讨了在高校毕业生就业情况调查中, 采用就业质量系数作为评价标准, 使用大数据的数据挖掘等技术, 从海量调查样本中获取有效数据, 建立模型并对数据进行分析处理, 从而得到合理的就业效果反馈^[21]; 徐蓉, 曹坚等运用层次分析法确定各目标层指标的权重, 应用支持向量机训练样本来验证统一性并进行最终评价^[22]; 王玉兰探讨了基于 Power 调和平均算子的模糊偏好关系群决策方法及其在人力资源管理中的应用^[23]; 王琪结合高校信息化现状, 综合运用遗传算法、BP 神经网络设计预警模型, 并用教务管理系统的实际数据对学生的未来状态做出有效预测, 力图构建学业预警管理系统^[24]。

由此可见, 从高校信息化管理的发展脉络和趋势来看, 早期的信息化侧重于管理, 随着“ 智慧校园 ”的提出, 信息化扩展到了对教育信息进行重构, 整合教育资源, 利用互联网、大数据、云计算、人工智能等新技术, 力图建立个性化教学服务, 增进交流互动, 提供协作探究式的学习环境, 从而提高学习效率。随着 AI (人工智能) 技术的发展, 在智慧教育环境下, “ AI+教育 ”已经成为发展的必然, 但相关的研究还很不充分, 对

AI条件下的学业评价和预警的研究还很少（目前仅发现1篇论文），更没有类似的系统得到面向实用化和商业化的开发和应用。

2.2 研究的紧迫性分析

根据上述研究现状，结合社会发展需要，本项研究已经非常紧迫，具体体现在如下四个方面：

（1）高校培养的工科大学生专业素质与用人单位的要求脱节严重，不能满足用人单位的需求。一方面社会进步和技术更新日新月异的发展（比如大数据、AI技术），而另一方面高校人才的培养严重滞后于社会需求，这就必然导致培养的人才质量与用人单位需求脱节，出现“大学生一代不如一代”，企业招聘的大学生“不管用”的现象。

（2）高校工科学生专业素质难以科学评价，使培养方案不断优化，培养质量螺旋式上升的方向趋于模糊。质量改进遵循的规律是：制定计划——执行计划——发现问题——提出改进措施——改进计划——执行新计划——再发现问题……，以此循环不断优化（即质量领域的PDCA循环）。高校人才培养质量，在普遍缺乏第三方评价的基础上，其评价指标及其量化方法主观性严重，对于专业素质的评价常常是闭门造车，导致调整培养方案时依据不足，培养质量不断优化改进的方向也就不明晰，这已经成为影响培养质量不断改进的瓶颈问题，在强调个性化教育的今天，因难于对单个大学生进行个性化评价，考试就成了评价的唯一依据，也就影响了个性化教育工作的推进。

（3）高等教育将影响大学生的一生，甚至影响一代或几代人，但如此严重的问题却无法在培养过程中提供预警信息，提前预测，导致一旦失误，造成的损失无法弥补。工厂的产品在产生大批废品之前，通过质量检测和SPC等质量数据统计控制方法，能够及时预警质量波动，找到不良因素，而人才培养却缺乏这一关键要素，尤其是人工智能辅助教学机器人、线上线下混合教学等各种新技术的应用，若无法及时对培养质量进行评价和预警，将可能造成难以弥补的重大损失。

参考文献:

- [1] 孙锡芳. 关于如何提高大学生专业素质的思考[J]. 陕西教育（高教版）.2011(1-2):151-152.
- [2] 谢良梁. 当在线教育遇上AI[J]. 上海信息化.2018(3):50-53.
- [3] Danny R.olsen . Electronic Survey Adminis Tration: Assessment in the Tewenty-first Century[J]. Assessment Update, 2004,5(6) : 1-2,14-15
- [4] [38]Curt J Dommeyer. Gathering Faculty Teaching Evaluations by in-classes and online surveys: Their effects on response rates and evaluations[J]. Assessment and Evaluation in Higher Education. Bath:oct 2004 Vol. 29, Iss.5,611.
- [5] 刘献君. 高等教育质量 - 体现教学评价的落脚点[J]. 高等教育研究, 2006, 27(9) : 16-21
- [6] 赵伶俐. 以人才质量为核心统摄教育质量——兼论“六维四级”人才质量标准与监测[J]. 人民教育, 2012(10):5-9.
- [7] 龚放. 聚焦本科教育质量: 重视“学生满意度”调查[J]. 江苏高教, 2012(1) : 1-4. 仕
- [8] 李顺. 高校人才培养质量评价模型的建立及应用研究[D]. 华南理工大学, 2011. 仕
- [9] 王琴, 张淑琴. 因子分析在人才培养质量评价指标体系构建中的应用[J]. 河北师范大学学

- 报(教育科学版),2008,10(9):141-144.仕仕
- [10] 娄季春.基于能力的大学生评价体系探析.新乡学院学报(社会科学版)[J],2010,24(5):119.
- [11] 张凤山.高校学生质量评价初探[J].无线互联科技.2014(1):199.仕仕
- [12] 林艷民.基于AHP的创业教育质量评价体系的构建[J].浙江中医药大学学报,2014,38(10):1231-1235.仕
- [13] 吕玉辉.基于AHP改进的工程管理专业本科毕业生质量评价体系[J].现代教育科学.高教研究.2015(4):149-152.
- [14] 刘晓凤.基于AHP模型的财经类高校本科人才培养质量评价研究[J].上海教育评价研究,2014,(4):45-50.仕仕
- [15] 张豪,张向前.我国"十三五"期间适应创新驱动的科技人才评价机制研究[J].科技和产业,2007,7(8):60-63.仕仕仕
- [16] 王延觉.以国家战略为己任是CERNET立足之本[J].中国教育网络.2015(1):27-28.
- [17] 曹宇波,蔚焄辉.高校校园信息化建设文献综述[J].中国管理信息化.2016,19(13):184-186.
- [18] 教育部办公厅关于印发《2016年教育信息化工作要点》的通知.
http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201602/t20160219_229804.html.
- [19] CRP打造全新信息化大学.教育信息技术.2017(z1).
- [20] 胡国平,竺博,盛志超 严峻.人工智能在教育评测领域的实践[J].信息技术与标准化.2017(11):27-29.
- [21] 高秀艳,郝艳荣.大数据技术在高校毕业生就业质量评价体系中的应用研究[J].科技传播.2017(4):65-66.
- [22] 徐蓉,曹坚.基于AHP和向量机融合的大学生综合素质评价体系研究与应用[J].湖北函授大学学报.2016,29(24):25-26
- [23] 王玉兰.基于Power调和平均算子的模糊偏好关系的创新型人才测评模型[J].安徽行政学院学报.2017,8(41):69-74
- [24] 王琪.基于数据挖掘技术的高校学业预警管理[J].中国管理信息化.2015,18(18):242-244.

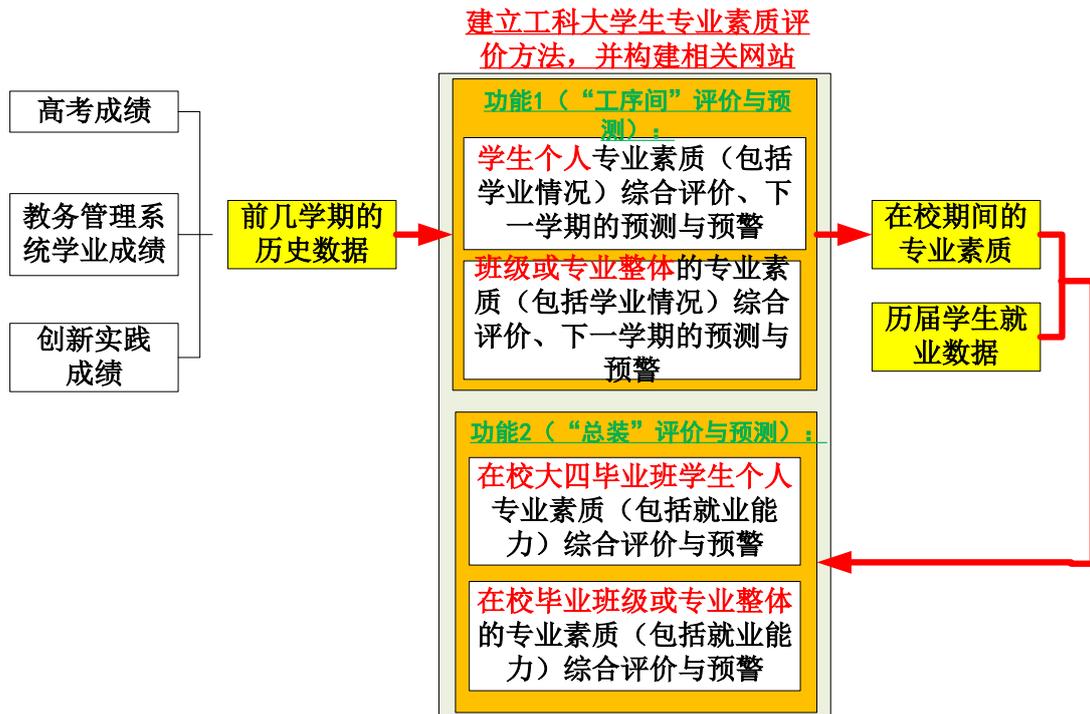
三、项目实施方案及实施计划

1.具体改革内容、改革目标和拟解决的关键问题

1.1 改革目标

如图2所示,本项目建立工科大学生专业素质评价方法,并通过AI技术构建预测与预警算法,构建相关网站,该网站能以手机移动端的形式和PC客户端的形式运行,主要有两方面功能:其一是根据前几学期的历史数据,对在校学生个人专业素质(包括学业情况)按学期进行评价、预测与预警,学校管理人员对专业或班级整体专业素质(包括学业情况)按学期进行评价与预警;其二是根据在校期间的专业素质结合历届毕业生就业数据(包括薪酬、用人单位在专业知识、专业技能、实践运用等多因素评价数据),与用人单位的要求比较,对在校大四毕业生个人专业素质(包括就业能力)

进行评价、预测与预警，也可以对在校毕业班级或专业整体进行综合评价与预警。为此，本项目针对工科大学生共性问题，研发一套专业素质评价方法和智能预测算法，通过专业纵向历史数据比较分析（自己跟自己比，不做不同专业的横向比较），结合用人单位对专业的现实要求，实现对该专业的评价和预警。这样就保留了不同类别学校和不同工科专业自身特点，从而保证项目研究对工科专业的通用性、准确性和适用性的，同时，又保证了面向不同行业的各专业个性化特征。该系统所采用的智能方法，对培养计划调整、就业环境变化等干扰因素具有自适应能力。



1.2 改革内容

内容1：建立工科大学生专业素质评价与预测指标体系

在两个时间点需要进行专业素质的评价与预测，一是大学期间每个学期的“工序间”评价与预测，二是大学毕业时“总装”评价与预测。按ISO9000对“质量”的定义，质量是“满足规定或潜在要求（或需要）的特征和特性的总和”，反映的是“顾客满意的程度”，即“始于顾客需求，终于顾客满意”是其宗旨”。本项目从ISO9000对质量定义的视角，研究“工序间”和“总装”工科大学生专业素质的评价与预测方法，提出新的工科大学生专业素质综合评价指标体系。

内容2：形成工科大学生专业素质评价与预警的智能化自适应方法

大学培养计划在不断调整，培养模式也在不断优化，高考生源也是动态的，社会对人才的要求也与时俱进，这就要求所开发的评价和预警系统能动态调整，具有自适应性，只有这样才能满足预测准确性要求，这种除了对历史数据进行评测外，还能对未来进行预测和报警，具有显著的智能化特征，这需要研究人工智能算法实现。

内容3：应用网站的构建

本项目建立工科大学生专业素质评价与预警网站，该网站还具有数据采集功能，以动态更新数据，使尽可能多的学生受益，促使改革目标的实现。

1.3 拟解决的关键问题

本项目有如下两方面的关键技术：

(1) 实用的专业素质评价方法体系构建。该体系是整个研究项目实用性得到保证的基石，本项目按ISO9000中产品质量保证的理念和方法，紧紧抓住“用人单位满意”这一质量本质，经过广泛深入地调研，构建实用的评价指标体系，并建立数据统计与分析方法。

(2) 合适的神经网络模型及其算法。神经网络模型的结构、层数、权系数的确定、激活函数和惩罚函数选取等均对专业素质的评价与预测准确性、泛化能力有重要影响，项目需要综合遗传算法、支持向量机等多种机器学习算法，构建合适的AI智能算法体系，反复试验，以达到95%预测准确性的研究目标，而且要保证可接受的数据处理速度。

2.实施方案、实施方法、具体实施计划（含年度进展情况）及可行性分析

2.1 项目实施方案

2.1.1 研究策略

为了保证研究实用性的同时，提高研究效率，采用如下研究策略开展研究：

(1) 以机械电子工程和机械设计制造及其自动化两个工科类本科专业为案例开展研究，形成成熟的方法体系后，再根据工科类专业在专业素质方面的共性特点与要求，所研发的方法和系统逐步拓展到其他工科专业；

(2) 采用边应用边研究的策略，对研究的阶段性成果，形成相关软件工具，提供给在校学生和教学管理人员试用，以此不断改进完善，比如在校学生的学业评价和预警就可以率先开发试用；

(3) 注重研究过程中的信息化，提高研究效率，本项研究需要较大规模的调研，调研对象包括各类典型企业、已毕业学生、在校学生和相关教师，本项目首先建立工作网站，利用工作网站采集和分析数据，所开发的系统也最终在该网站上运行，从而提高工作效率。

2.1.2 技术路线及其总体方案

如图3所示，项目最终目的是建立工科大学生专业素质智能评价与预警系统，为此目的首先要分别建立在校生和毕业生专业素质评价方法：在校生的评价根据学生高考成绩、学生在校期间的课程成绩与创新实践成绩获得，其中高考成绩与学校招生系统对接，课程成绩、创新实践成绩与教务管理系统对接，实现信息共享，然后从专业知识、专业技能和实践运用三个维度构建评价指标，形成评价方法；对已毕业学生，需要对用人单位进行较大规模的调研，对毕业生的专业知识、专业技能和实践运用构

建评价指标，形成毕业生的专业素质评价指标体系，并采集数据。然后，建立神经网络模型，构建AI算法。最后构建应用网站，使学生个人或学校管理人员能通过PC机客户端或移动客户端访问系统，实现评价与预警功能，且网站建立后，已毕业学生的薪酬、用人单位的岗位要求等信息可以远程输入，保证数据库的实时更新（结合人工智能技术，以此保证所研发的系统对外部条件变化具有自适应能力，保证评价、预测和预警的准确性、实时性）。

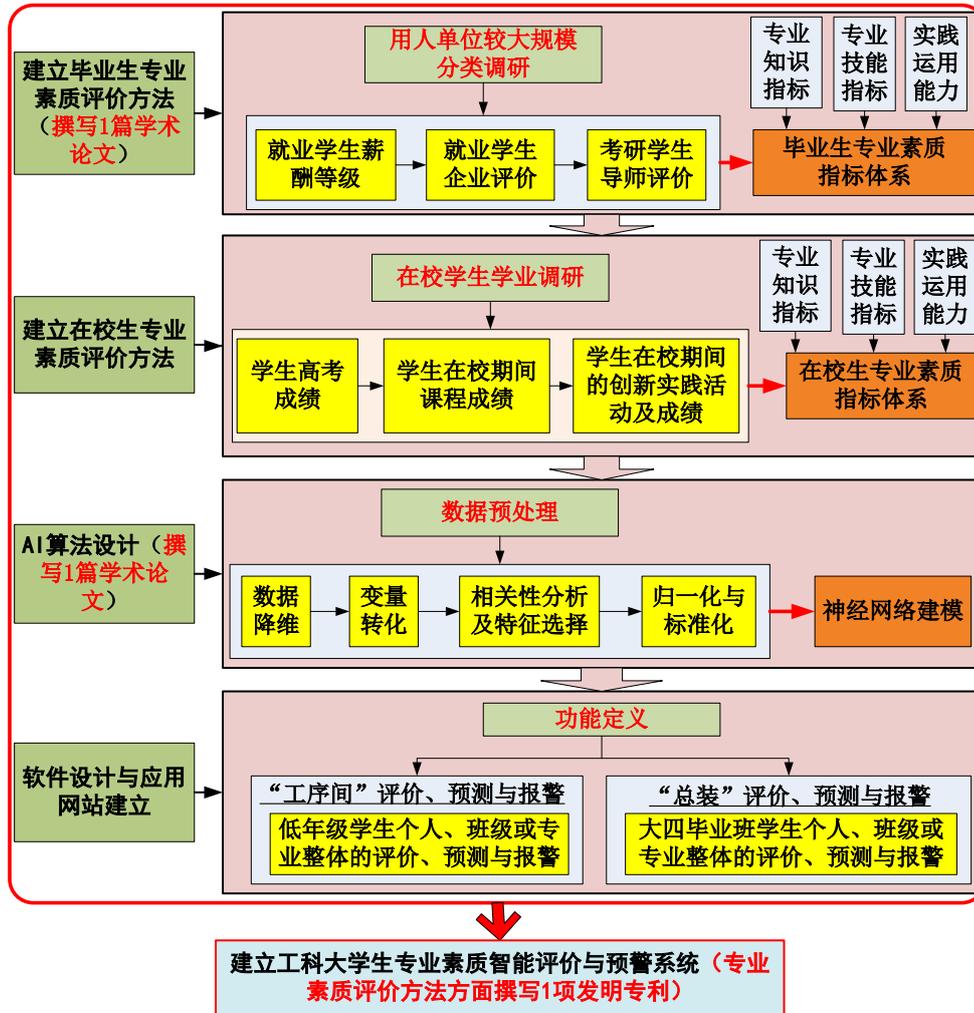


图3 技术路线

2.2 实施方法

2.2.1 工科大学专业素质评价方法研究

(1) 专业素质评价指标体系的建立

专业素质评价指标体系按“先校外，后校内”的顺序构建，“先校外”指先面向用人单位需求，建立大四毕业生毕业时必需具备的专业素质指标；“后校内”指从大一新生到大四，以学期为单位构建的专业素质指标，方法是根据用人单位要求的专业素质指标，按大四——大三——大二——大一的顺序传导、分解、匹配，建立起各个学期工科大学学生的专业素质指标体系。

首先选取机械电子工程和机械设计制造及其自动化专业近6年毕业的学生作为样

本，建立学生的薪酬（待遇）变化轨迹，每年的薪酬需乘以通货膨胀影响因子，使其在相同行业内具有可比性，对不同类型、不同地区的用人单位产生的薪酬差异不做调整，而将其看作学生素质的一种差异，即默认为素质高的同学能找到更高薪酬（待遇）的单位就业，这一默认在学生个体上不尽合理，但多年的学生就业调查实践表明，对相同专业的学生，该做法在统计上是合理的。

鉴于大部分工科大学的学生，考公务员、创业和出国留学的人数相比在企业就业和考研的学生人数要少得多，因此，企业和读研是本项目调研重点。

工科大学生专业素质指标在产品研发岗位人员素质指标、工艺设计岗位人员素质指标、现场技术服务岗位人员素质指标、技术管理岗位人员素质指标等的基础上集成。其方法是对企业和研究生导师调研，先选定行业标杆和选取典型的用人单位，采用访谈和调取用人单位的岗位测评数据相结合的办法，构建专业素质指标体系（专业知识指标、专业技能指标和实践运用能力）。因为不同行业、不同企业、不同岗位甚至不同职位对人才素质的要求不同，需要根据特定岗位/职位绩优标准寻找能够引起该岗位/职位人员绩效差异的关键行为特性，进而提炼出岗位/职位任职者应该具备的素质特征，并对其分类聚合，以此匹配到专业素质指标体系中，另一方面，由于大学生就业的广泛性与不确定性，专业素质模型不是某个企业单一岗位的素质模型，而是跨企业/行业的若干专业相似岗位素质模型的综合。

对在校学生的调研，主要根据学校教务管理系统、招生系统提取学生高考成绩、在校各学期的成绩、包括参加课外科技活动的创新实践数据，在此基础上构建神经网络，评价本学期的成绩和预测下学期学生在校学业成绩，并发出预警信息。另一方面，将对用人单位调研、聚类分析构建的专业素质评价指标体系按专业特点层层分解到大学各个学期，并根据相应的课程设置和实践活动，分学期建立专业素质评价指标体系。

（2）指标数据的处理与权重设置

建立评价指标体系后，就要对在校生的和往届毕业生按指标构成进行数据采集，这一过程是根据企业评价和学生在校业绩（课内成绩+课外创新实践）获得的。

在校生的学业成绩的评价，按指标构成，设置不同的权重，为了体现各科课程和实践活动的相对重要性，以加权综合成绩评价处理，其权重确定方法为：先计算课程学分占总学分中所占大小： $Y = \frac{\sum(X_i \times C_i)}{\sum C_i}$ ， X_i 为每科课程成绩， C_i 为该课程学分， Y 为加权综合成绩。再根据指标状态值向量的水平组态，调整各指标在综合评价中的作用，让权向量随着因素状态值的不同分布情况作适当的调整，最终得到的合理的评价结果，即采取“变权综合”的办法。

对于语义评价数据，在多评价主体参与的评价中，不同的评价主体在对同一属性进行评价时，具有偏好的不同语义评价，拟用二元语义作为评价数据标准化的模型，该模型主要由三个部分组成：（a）使用二元语义模型将不同评价主体给出的数字、符号和语义信息转化为统一的语义表示；（b）使用优化方法，找到一个最优的聚合刻

度；(c)在所得到的最优聚合刻度中,标准化评价数据。根据评价主体给出的评价判断矩阵的元素一致性,得出依据评价主体在评价中所作的贡献的大小,从而计算评价主体各自相应的权重,另一方面,根据评价主体给出的判断矩阵的元素一致性矩阵,可在元素的群体意见集结时,排定评价主体的次序,对权重进行修正,赋予一致性较高的评价主体较高的权重,最后加权叠加获得该评价客体的最终评价。

2.2.2 人工智能算法研究

(1) 算法理论与实现

对数据变量进行降维处理时,首先按实际情况建立柏拉图(pareto),根据柏拉图、结合PCA分析法,排除次要因素,然后对变量进行方差计算,排除低方差变量,从而实现变量降维,降低计算量,提高人工智能计算的准确性。

采集的数据既有定性描述性数据,也有定量数据,需要将定性描述性数据转换为定量数据,方便后续处理,对有序定性描述类数据,通过公式 $\frac{i-1/2}{N}, i=1,2,3,\dots,N$ 对第*i*个数据进行转换,N表示该变量可取值的总数;对无序定性描述变量,可以通过独热编码等技术转换。

为了排除各特征之间的强相关性,可以按统计方法做相关性检验或做相关性图谱,观察是否存在大量的共线性。如果存在强相关性,就需要对关联特征过滤式、包裹式或嵌入式等优化分类,抛弃冗余变量,或者通过主成分分析(PCA)等算法对其进行维度压缩。

对用人单位调研的数据,数据的离散性可能比较大,为此通过归一化、标准化将数据投射到一定范围,便于后续处理,处理时根据数据库中的最大、最小数据,按公式 $y_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, i=1,2,3,\dots,N$ (公式中, x_i 为待归一化、标准化处理的第*i*个数据, x_{\min} 和 x_{\max} 分别为数据库中最小于最大的数据)归一化、标准化;而对在校生的学业评价与预警的数据处理,可以直接将考试成绩转化为绩点进行。

项目构建AI模型时,建立多层神经网络,对网络初始值和结构的优化采用遗传算法嵌套进行,从而得到网络结构和初始权值的最优组合,并通过Python编程实现。机器学习时以4届学生的历史数据进行监督训练,测试时以两届学生数据作为泛化测试数据,不断修改模型,并使其达到泛化后95%的准确度预测指标。

(2) 算法验证

将泛化后达到95%准确度要求的算法,应用于不同类型的其他相关专业,验证算法的有效性。项目选择与机械大类相关的电气工程及其自动化、自动化两个专业进行,保证算法的可扩展性和增加受益面,相关系统成熟后还可进一步扩展到其他工科专业。

2.2.3 网站构建

本项目对已有的学生课外科技管理网站进行功能扩展和完善,建立专业素质评价

与预警系统功能，并使PC客户端和手机等移动客户端均可访问，对网站web框架构建可以直接通过Python中的 django实现，将Python编写的智能评价与预警软件移植到web中；对手机等移动客户端，通过WebView等工具编程实现移动客户端基于网站的专业素质智能评价与预警功能。

2.3 具体实施计划（含年度进展情况）

时间	研究内容
2019.1 ~ 2019.12	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 建立工作网站，准备较大规模数据采集 ◇ 开发专用软件，读取学校高招系统、教务管理系统最近 6 届学生高考成绩和在校所有课程成绩，开发数据归一化、标准化软件模块，对采集数据进行预处理 ◇ 对用人单位通过远程录入、大规模访谈等形式，对最近 6 届毕业生在用人单位工作情况进行广泛调研 ◇ 建立在校学生学业评价与智能预警系统，并面向当前在校学生上线试用 ◇ 对在校学生学业智能评价与预警系统持续改进，获得实用的在校学生学业智能评价与预警系统
2020.1 ~ 2020.12	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 综合专业知识、专业技能与实践运用能力，构建并优化在校学生专业素质评价指标体系，形成在校生专业素质评价方法，针对该方法补充采集所需数据 ◇ 构建并优化已毕业学生专业素质评价指标体系，形成毕业生专业素质评价方法，针对该方法补充采集所需数据 ◇ 建立神经网络模型，导入历届学生数据，进行有监督学习，优化模型，获得合适的 AI 算法 ◇ 不断优化神经网络模型，选取最近两届学生数据，对神经网络模型和智能算法进行泛化验证，使其预测准确性达到 95%以上 ◇ 形成可推广的工科类大学生专业素质智能评价与预测方法体系 ◇ 整理研究报告，结题

2.4 可行性分析

2.4.1 理论上具有极好的可行性

本项目研究所采用的AI智能算法理论，是基于神经网络结合其他优化算法实现的，在数据比较丰富的情况下，可以保证算法效果，项目组在前期与英国Brunel大学的合作研究中，对我校机械设计制造及其自动化专业、机械电子专业共4届学生的学业预警方法研究中，对学生各学期绩点进行预测，获得了预测的均方误差小于0.24，总体预测精度达到94%的较好效果，充分验证了项目关键理论研究的可行性。

2.4.2 项目方案可操作性强

对专业素质评价的指标体系，项目组在多年的工科学生专业能力评价方面的研究基础上，开展较大规模的用人单位调研，以用人单位满意度为核心，结合校内校外建立分级评价指标体系，用信息化的方法采集指标数据，期间辅以学生试用测评，具有

很好的可操作性，保证了项目的实用性和项目研究目标的实现。

3.项目预期的成果和效果（包括成果形式、实施范围、受益学生数等）

（1）针对工科大学生的培养特点，按ISO9000质量管理体系中质量控制方法与理念，以满足用人单位对工科大学生专业素质的需求为唯一标准，构建工科大四毕业生的专业素质评价指标体系和评价方法，并以此反推，建立以学期为单位的工科在校生专业素质评价指标体系与评价方法；

（2）综合采用人工智能技术，建立最优算法，建立相关网站。网站主要有两方面功能：其一是根据前几学期的历史数据，对学生个人专业素质（包括学业情况）智能化评价与预警，学校管理人员也可以对专业整体或班级学生专业素质（包括学业情况）进行智能化评价与预警；其二是针对在校大四毕业生个人专业素质（包括就业能力）进行智能评价与预警，也可以对在校毕业班级或专业整体进行综合性智能化评价与预警；

（3）在国内外重要学术期刊上发表相关核心以上学术论文2篇；

（4）申请国家发明专利1项；

（5）项目实际应用后，所有工科学生均将受益。项目前期应用阶段，机械设计制造及其自动化、机械电子工程、自动化、电气工程及其自动化共4个专业从大一到大四的本科生均将受益，项目实际应用后，所有工科大学生均将受益。

4.本项目的特色与创新之处

本项目注重理论研究、应用研究并重，对大学生在校期间的“智能画像”、课堂教学评价等方面均有极好的扩展潜力，具有极好的创新，主要体现在：

创新点之一：项目研究的理念创新。项目研究引入ISO9000质量管理理念和方法，“人才工厂”、“入厂检测”、“工序间检测”、“总装出厂检测”、“用人单位的满意作为衡量培养质量的唯一标准”等概念和理念的建立，既注重人才培养质量不同于普通产品质量保证之处，又紧紧把握它们的共性，并据此构建系统的理论和方法体系，具有极好的创新；

创新点之二：项目研究的智能化创新。项目研究合适的神经网络模型，构建人工智能算法，建立专业素质评价与预警系统网站，实现对学生个人、班级和专业整体的评价与预警，系统不但有很好的实用性，而且随着毕业学生数的增加，数据库会不断更新、扩大，其抗干扰能力、自适应能力和预测的准确性都会得到保障，具有极好的创新。

创新点之三：项目研究注重不同工科专业的共性特征，同时保证了面向不同行业的各个工科专业的个性化特征。本项目针对工科大学生共性问题，研发的专业素质评价方法和智能预测算法，通过专业纵向历史数据比较分析（自己跟自己比，不做不同专业的横向比较），结合用人单位对专业的现实要求，实现对该专业的评价和预警，

促使专业培养“适销对路”的人才，培养内容和培养方法能得到不断优化。这样就保留了不同工科专业自身特点，从而保证项目研究对工科专业的通用性、准确性和适用性，同时，又保证了面向不同行业的各个专业个性化特征，具有较好的创新。

四、教学改革基础

1. 与本项目有关的教学改革工作积累和已取得的教学改革工作成绩

(1) 项目组在人才培养质量方面有极好的研究基础。项目负责人作为研究骨干参与了“新工科”和“产品质量工程专业人才培养质量”方面的省教改规划课题2项、主持“线上线下混合教学标准研究”教育研究课题1项，项目团队为1门省精品课程主讲教师、1门校精品课程负责人，自主开发多媒体课件获教育部三等奖，另获浙江省教学成果2等奖2项。这些相关研究成果在专业素质体系指标的构建方面，可以应用于本项目的研究。

(2) 项目组在人工智能+教育方面有较好的研究基础。项目组前期已经根据最近5届机械电子工程专业和机械设计制造及其自动化专业毕业生在校期间的学业数据，开展中英合作，与英国Brunel大学相关数据对比，进行了高考成绩和不同学期成绩的相关性研究，并建立了神经网络模型，采用Levenberg-Marquardt 训练算法，根据历史数据，对学生各学期绩点进行预测，预测的均方误差小于0.24，总体预测精度达到94%（该项研究已经形成学术论文投稿），该项研究不但表明可以通过人工智能对学业成绩进行预测，也间接证明对专业素质的人工智能分析与预测是可行的，显然地，相关的研究方法和成果也可以直接为本项目的研究所采用。

2. 学校已具备的教学改革基础和环境，学校对项目的支持情况（含有关政策、经费及其使用管理机制、保障条件等，可附有关文件），尚缺少的条件和拟解决的途径

2.1 已具备的工作条件

(1) 熟悉高校人才培养模式及高校管理体系。项目组均为高校工科类专业教师，均有超过10年的高校教学经验，熟悉高校人才培养模式及高校管理体系；

(2) 具有必须的数据支持。项目团队所在工科系拥有6个不同的工科专业，有完善的教务管理信息系统，有最近6届毕业生约2400名学生的学业和就业单位数据库信息，还有大学四个年级近1600名在校学生的学业及创新实践数据，具备项目必须的数据支持条件；

(3) 具备系统运行测试的必要条件。项目申请人所在系建有课外科技管理网站，本项目对该网站进行改造，以此网站为依托开展数据采集、系统测试与试运行等工作，也具备扩展到项目申请者所在二级学院其他7个工科专业的条件。

(4) 项目申请者与英国Brunel大学建立了良好的工作关系。英国Brunel大学人

工智能研究专家（智慧质量、智能制造研究方向，博士生导师）作为团队成员加入了本项目的研究，项目组前期对项目的可行性、项目在AI+教育背景下的功能扩展、中英大学学业比较及预警等方面做了很好的研究和规划，在此过程中，双方建立了良好的工作关系。

2.2 尚缺少的条件

无。

3. 申请者和项目组成员所承担的教学改革和科研项目情况

3.1 项目申请人承担项目情况

- (1) 浙江省自然科学基金项目：复杂机械系统可靠性虚拟样机等效建模方法与机理研究（No. Y13E050039：2013-2015）
- (2) 浙江省自然科学基金项目：面向全寿命周期一体化控制的数控机床可靠性建模理论研究（No. LQ12E05019：2012-2014）
- (3) 国家公益性行业财政部专项：面向复杂水下环境的高压长输管道损伤全程监测技术（No. 201110058：2011-2013）
- (4) 中国计量大学教改项目：面向工程教育的独立学院在线开放课程教学质量保障体系研究（2016-2018）

3.2 项目团队成员承担项目情况

- (1) 浙江省教育厅科研项目：考虑能耗最少的物流配送路径优化研究（No. Y201431877：2014~2016）。
- (2) 浙江省高等教育课堂教学改革研究项目：复杂工业系统虚拟导入---《测控技术应用实践》课程导学系统构建与应用（No. kg20160599：2016—2018）
- (3) 中国计量学院校教改课题：基于CDIO教育模式三本《工程经济学》课程的改革和实践研究（No. HEX2013043：2013~2014）。
- (4) 中国计量大学校教改课题：《运筹学与系统工程》立体化教学模式研究与实践（No. HEX055：2015-2016）。
- (5) 浙江省教育科学规划课题：“新工科”背景下工业工程应用型人才培养模式研究（No. 2018SCG408：2018-2019）。
- (6) 中国计量大学现代科技学院教改课题：“研讨式”教学模式在《运筹学与系统工程》课程中的应用研究（2014-2017）。
- (7) 中国计量大学现代科技学院教改课题：应用CDIO教育模式改革《工程经济学》课程（2013-2014）。

五、经费预算

支出科目	金额(元)	计算根据及理由
合计	50000.00	
1.调研差旅费	40000.00	用人单位调研20人次 20人次×2000元/人次=40000.00元
2.专利费、版面费	6000.00	1项专利申请、论文发表2篇
3.网站建设	3000.00	资料整合、服务器租赁费
4.其他	1000.00	资料购买、通讯、市内交通等费用
5.		
6.		

六、专家组名单及评审意见

姓名	职称	专业	所在单位	签字

评审意见：

专家组组长（签字）

年 月 日

七、申请人所在学校意见

学校（公章）

年 月 日