

2017 年度省级专业综合改革试点项目

佐 证 材 料

项目名称：软件工程

项目承担单位：北京师范大学珠海分校

项目负责人：吕威



软件工程专业综合改革试点项目

佐证材料目录

一、工作总结报告

二、其他佐证材料

1. 教学计划

1.1 教学计划 2014 级

1.2 教学计划 2015 级

1.3 教学计划 2016 级

1.4 教学计划 2017 级

2. 信息技术学院 2014 级本科毕业生实习方案

3. ACM 协会和 ACM 团队建设方案初稿

4. 教改论文

4.1 教改论文 1-大型数据库教学改革探索

4.2 教改论文 2-在线评测教学辅助系统设计

4.3 教改论文 3-分项经济下给予指示管理的课程教学实践探索

5. 软件著作权

5.1 软件著作权 1-sim 卡模块及其视觉检测系统

5.2 软件著作权 2-给予 Android 平台的增强现实校园地图导航软件

5.3 软件著作权 3-给予 Kinect 的跑步机游戏软件 V1.0

5.4 软件著作权 4-WeJudge 在线程序评测系统

6. 论文

6.1 论文 1-Research and Application of Running Action Sequence Recognition Algorithms Based on Kinect_final

6.2 论文 2-SIM 模块质量分析系统

6.3 论文 3-基于 Kinect 跑步机系统

6.4 论文 4-BTOPMC_SCAU 分布式流域水文模型原理和系统设计

6.5 论文 5-分布式流域水文模型 BTOPMC_SCAU 地形模块的可视化

6.6 论文 6-The Exploration and Practice of MVVM Pattern on Android Platform

6.7 论文 7-Error analysis expert system Based on the Takagi-Sugeno Model

6.8 论文 8-Intelligence System for Error Analysis Based on the Takagi-Sugeno Mode

6.9 论文 9-Design and implementation the wisdom classroom based on Short board of the teachers and students

7. 学生获奖

7.1 学生获奖 1-广东省课外学生科技作品三等奖

7.2 学生获奖 2-泰迪杯

7.2 学生获奖 3-挑战杯二等奖

7.2 学生获奖 4-微学 IT 节二等奖

7.2 学生获奖 5-院长特别奖

2017 年度省级专业综合改革试点项目工作总结报告

目录

1 基本情况.....	1
1.1 建设任务完成情况.....	1
1.2 项目建设思路.....	4
1.2.1 建设基础.....	4
1.2.2 建设目标和方案.....	6
2. 项目获得的成果.....	9
3.项目实施及建设情况.....	13
3.1 调整和优化软件工程专业培养方案.....	13
3.2 加强校企合作，推动实践教学.....	16
3.2.1 与 Quest 公司校企合作	17
3.2.2 东方海外公司的实践合作.....	24
3.3 建立课程的知识管理学习系统.....	28
3.4 项目实训教学体系的建立.....	29
3.5 调研活动.....	32
4.建设成果和应用推广.....	33
4.1 建设成果.....	33
4.2 实践应用情况.....	34
4.3 共享和推广.....	35
5.后续计划.....	35

1 基本情况

1.1 建设任务完成情况

自项目立项以来，软件工程专业的老师们围绕项目要完成的建设目标，做了大量的工作，在多方面取得了丰富的成果，优化调整了专业方向及部分课程，通过校企合作，推动实践教学，开发了部分课程的知识管理学习系统和 WeJudge 程序设计在线评测辅助教学系统，开发了两个应用软件系统，建设了 2 门校级优质课程，1 个省级教学团队（程序设计教学团队）。发表教改论文 3 篇，科研论文 20 多篇及承担了 20 多项横向和纵向项目。

2014 年，“软件工程中并行化处理”系列课程获得美国 NSF/IEEE-TCPP 本科课程资助计划。2015 年，以计算机科学与技术、软件工程两个专业为基础，学院申报的计算机应用技术获得珠海市优势学科，2016 年，又获批广东省特色重点学科。鼓励教师带领学生创新创业，2017 年由软件专业教师负责的北京师范大学珠海分校凤凰山众创空间，获得了珠海市和广东省的众创空间称号和经费支持。2017 年在第 42 届 ACM-ICPC 国际大学生程序设计竞赛亚洲区青岛赛站的比赛中，由我 2015 级软件工程专业三名同学组成的参赛队最终斩获银牌，在 226 所高校中排名第 63，这是我校参加此项比赛的历史最好成绩。

这些成果对软件工程专业教学水平的提高起到了重要的推动作用。使得专业方向的设置更加符合社会的需求。教学过程与企业紧密联系，使得人才的培养更符合企业的需要。通过项目开发的软件系统在教学过程中起到了积极的作用。与企业合作的横向开发项目也已上线，加快了企业的信息化进程。

1.以信息产业需求为导向，优化人才培养方案

以培养应用型人才为目标，充分借鉴国内外的先进理念和经验，特点鲜明，逐步形成一套由软件工程专业课程体系、实验与实践教学体系等方面组成的创新人才培养体系。

本专业以 Java 为主线，以软件工程思想为指导进行学科基础课和学科主课的设计。在高年级由学生自主选择专业方向，对某一专业领域的知识进行深入学习。根据信息产业需求导向，调整专业方向：商业软件开发方向、移动应用开发和系统测试与运维三个方向，并不断优化原有人才培养方案。（证明材料见附件）

2.教学团队的建立，做好核心课程群的课程与教学资源建设.

围绕核心课程，更新完善教学内容，优化课程设置，形成具有鲜明特色的专业核心课程群。如数据结构、离散数学、计算机与算法构成基础核心课程群，Java 程序设计、Java 高级编程、Java 企业级应用开发、Java 开发框架等构成 Java 开发设计课程群等，以优秀教师为带头人，建设热爱本科教学、改革意识强、结构合理、教学质量高的优秀教学团队。教学团队可以经常进行教研活动，提高教学水平，利于学生的编程能力培养。（证明材料见附件）

3.以项目实例为纽带，形成专业课程“纵贯线”

本专业研究和确立能够涵盖本专业知识体系的项目实例，各专业课程围绕该项目讲解基本理论，指导学生实验，从而使各专业课程有了统一的目标，拧成一股绳。这样的项目实例就是打通和联结各专业课程“纵贯线”。

另外，在各门课程的讲授中，提倡使用基于案例的教学方法。为了让学生更好地学习各门课程，在课程的各个知识重点、难点都需提供实例，如讲述 Java 程序设计课程授课教师将提供 Java 程序的实例，让学生可以依葫芦画瓢，然后再进一步自主学习。（证明材料见附件）

4.建立和完善软件项目实训教学体系

根据教学计划，本专业全面制订了软件工程专业实践教学环节的教学大纲，用以指导和规范各项实习实践教学活动。实验课程、实践教学环节设置科学合理，在执行过程中严格计划执行和过程管理，逐步形成一套依照“工程训练为基础、能力提高为重点、创新意识培养为核心”原则的实验与实践教学体系。

除专业课程中的实验环节外，教学计划中设计了三个综合性实践教学环节：

- 一年级小学期针对编程类课程（C 程序设计、数据结构、Java 程序设计）进行两周的综合性编程实践。
- 二年级小学期安排四周的软件项目小实训
- 三年级小学期安排四周的软件项目实践。

学校确立的三学期制为软件工程专业的项目实训提供了制度性的保证。（证明材料见附件）

5.建立学生自主学习平台和 WeJudge 程序设计教学系统，改进学习效果评价方式

软件工程专业是一个知识范围广、实践强的学科，其发展日新月异，新技术层出不穷。在这种情况下，仅仅课堂和实验室教学不能满足企业和社会对软件人才的需求。建立了软件工程专业的自主学习平台和 WeJudge 程序设计在线评测辅助教学系统。学生在此平台上可以浏览本专业的知识体系，针对知识点进行自主学习、自我测评，可以直观了解自己知识体系的构建过程和掌握知识的范围。WeJudge 系统提供了程序设计类课程的实践平台，可以提高学生的实践动手能力。（证明材料见附件）

6.加强教师队伍建设，形成科研团队。

支持老师们组成科研团队，以科研突出的博士、教授为带头人，建设几个具有核心技术和核心竞争力的科研团队。平时以科研团队形式开展活动，跟周边高校进行学术交流和研讨，提高教师们的科研水平。支持教师们关注最新的技术动态,如大数据、云计算等，以这些技术为核心组成跨领域、跨专业的联合研究团队。（证明材料见附件）

至此，申报书所设定的任务已经全部并超额完成。

1.2 项目建设思路

1.2.1 建设基础

1. 师资队伍建设情况

本专业师资队伍建设的总体目标：全面提高教师的业务素质，建设一支适应现代化建设和办学规模发展需要，素质优良、结构优化、高效精干、充满活力的教育事业的师资队伍。

本专业专职教师 10 余人，其中教授 2 人、副高职称 6 人，博士 3 人、在读博士 2 人、硕士 4 人，还有信息技术学院其它专业及校外兼职教师 10 多人。从 2004 年软件工程专业成立以来，研究集体共发表论文 80 余篇，其中被三大检索系统（SCI、EI、ISTP）收录 50 余篇；出版教材数部，其中《实用软件工程》被列入十一五规划教材；已完成国家自然科学基金 1 项，国家十一五重大科技支撑项目子课题 1 项，省级科研项目 2 项；获得软件著作权登记 5 项，专利 1 项。依托北京师范大学珠海分校信息技术学院的科技力量，与广州、香港、澳门、珠海数所大学建立了良好的合作关系，为软件工程的长期发展奠定了基础。

专业负责人吕威，博士，副教授，硕士生导师。第七批广东省“千百十工程”校级培养对象，2013 年广东省省部科技特派员，2013 年广东省高校优秀青年教师培养计划培养对象。近年先后主持了 10 余个大数据、云计算、电信运营商数据挖掘项目，包括国家自然科学基金 1 项、珠海科技计划项目 1 项、珠海市社科项目 1 项、跟中山移动、广东电信等横向项目 4 项，2012 年跟中山移动合作的云挖掘项目获得好评，获得 2013 年中国移动集团总公司的一类科技成果。发表国际、国内科研论文 30 余篇，被 SCI、EI、ISTP 分别检索 2、15、3 篇，专利 1 项。2009 年北京师范大学珠海分校优秀共产党员，2010 年珠海市先进教师、2012 年分校教学新秀和师德标兵。

2.教学条件

（1）专业实验室

信息技术学院现有软件工程专业实验室包括：

CPU 为 I7 的最高配置 70 人机位实验室一个，主要承担数字媒体、图像处理、游戏设计等课程；

双核 CPU 计算机教室 5 个，承担软件编程和计算机相关课程；

网络工程实验室嵌入式实验室，有 Cisco、和华为等网络设备；

珠海市图形图像公共实验室。主要设备：多通道环幕立体投影系统 松下 MD9000 摄像机；

珠海市高新区网络安全技术公共服务平台。主要设备：网络安全控制平台，网络安全教学设备；

学生项目实验室；

ACM 训练实验室；

游戏软件教学实验室。

（2）实习基地

信息技术学院与周边各软件企业、集成电路与嵌入式软件企业及研究机构保持着密切的合作关系，为学生的实践学习创造了优越的条件。学院目前已与珠海、深圳、广州、中山、上海、大连等地百余家 IT 企业建立了合作关系，包括金山、腾讯、移动、魅族等许多知名企业。每年高年级的本科生全部在珠三角地区的合作企业完成 3 个月到半年的企业实习，取得实践经验和技能并走上工作岗位。这些合作企业将成为软件工程硕士的实践基地，为培养应用型人才创造良好的条

件。2012 年与虹天软件合作的北京师范大学珠海分校虹天软件校外实践教学基地获批省级实践教学基地。

(3) 图书资料

与专业学位教育有关的可供学生借阅的专业图书：中文 227746，外文 4669；与专业学位教育相关的可供学生阅读的专业刊物：中文 798，外文 53；可供学生阅读的报纸：中文 165，外文 7。

3.人才培养质量和社会评价

北京师范大学珠海分校信息技术学院于 2004 年成立软件工程系，迄今已有 10 届本科毕业生，这 10 届毕业生的就业率达 99%，许多学生在珠三角的软件企业中已经成为骨干，信息技术学院的人才培养已经在珠三角建立良好口碑，每年软件工程专业的毕业生供不应求。

1.2.2 建设目标和方案

软件工程是研究用工程化方法构建和维护有效、实用、高质量的软件的学科，涉及程序设计语言、数据库、软件开发工具、系统平台等方面的知识；同时它还是一门将理论应用于实践的学科，应用了计算机科学、数学和管理科学等多方面的知识。尽管我国的软件市场一直保持快速增长，但软件总体发展水平仍处于初级阶段，这使我国的软件产业将有进一步快速发展的空间，软件工程也会得到更多的重视和扶持。软件工程专业的建设目标如下：

1.认真贯彻国家的教育方针和学校的办学指导思想，围绕着如何培养和造就适应信息化发展、符合时代和社会需要、并具有创新务实精神的高素质人才这一根本任务，积极探索，将北京师范大学珠海分校软件工程专业建成同类专业中具有特色鲜明、培养高素质人才、广受社会欢迎的专业。

2.本专业建设的重点是以工程实践能力为主线，培养既有计算机理论知识又有软件开发技能和管理能力的高级人才，按照企业尤其是信息产业对软件工程技

术人才的具体需求，突出实践性、创新性和国际化要求，不仅为学生讲解实际工程项目，同时为学生提供先进的、符合应用需求的软件开发环境，让学生在学校就能够学习和掌握国内外先进的软件开发规范和软件开发工具。

3.本专业培养的本科生应具有良好的科学文化素养、扎实的基础理论知识、较强的软件开发实践能力，能够适应软件产业飞速发展的需要，具有一定的创新意识和团队协作精神，毕业后能在各类院校、科研部门、企事业单位、IT 行业从事软件领域的教学、科学研究、技术开发和管理等工作。

为了达到上述建设目标，我们必须进一步加强软件人才培养模式的研究和改革，加强学科梯队建设，为学科发展建设培养与时俱进的高素质教学及科研人才队伍；积极鼓励优秀的中青年骨干教师承担纵向科研项目和横向开发项目，以及各类教育改革和研究项目；坚持科技和教学创新，提高专著、论文的数量和质量；增强人才储备和发展后劲，促进科技成果转化和产业化，促进教学研究成果的应用和实践。

具体建设目标:

1.教学团队的建立.围绕核心课程，更新完善教学内容，优化课程设置，形成具有鲜明特色的专业核心课程群。如数据结构、离散数学、计算机与算法构成基础核心课程群，Java 程序设计、Java 高级编程、Java 企业级应用开发、Java 开发框架等构成 Java 开发设计课程群等，以优秀教师为带头人，建设热爱本科教学、改革意识强、结构合理、教学质量高的优秀教学团队。教学团队可以经常进行教研活动，提高教学水平，利于学生的编程能力培养。

2. 做好核心课程群的课程与教学资源建设。瞄准软件专业和新兴信息技术发展前沿，面向经济社会发展需求，借鉴国内外课程改革成果。目前国内外著名大学，如斯坦福、麻省理工、北京大学提倡的 MOOC（Massive Open Online Course 大规模的网络开放课程）上就有很多可以借鉴的地方。对建立的核心课程群的建设加强协同开发，促进资源的开放共享，形成与人才培养目标、人才培养方案和创新人才培养模式相适应的优质教学资源。

3.做好教学方式方法的改革。针对软件工程专业特点，以项目为驱动，带动学生的学习兴趣和提高学生的编程能力。鼓励专业教师多跟校外企业合作，协同育人，促进科研与教学互动，及时把科研成果转化为教学内容。目前已有一批学生参与教师的科研项目，今后要加大这方面的宣传力度，支持本科生参与科研、创新创业实践活动，早进课题、早进实验室、早进团队。深化教学研究、更新教学观念，注重因材施教、改进教学方式，依托信息技术、完善教学手段，产生一批具有鲜明专业特色的教学改革成果。积极探索启发式、探究式、讨论式、参与式教学，充分调动学生学习积极性，激励学生自主学习。

4.强化实践教学环节。结合软件专业特点和人才培养要求，增加实践教学比重，确保专业实践教学必要的学分（学时）。改革实践教学内容，改善实践教学条件，创新实践教学模式，增加综合性、设计性实验，倡导自选性、协作性实验。可以利用目前最新的信息技术内容来引导学生实验的兴趣，如将经典算法进行大数据的改写，则学生需要去自主学习 Hadoop 平台知识，搭建云集群，然后 MapReduce 化程序。目前经过小范围的实验，我们的学生是完全可以达到这个要求的。配齐配强实验室人员，鼓励高水平教师承担实践教学。加强实验室、实习实训基地和实践教学共享平台建设，借鉴跟虹天软件的省级实践教学共享平台建设的经验，可以进一步多开展实习实训基地和实践教学共享平台建设。

5.教学管理改革。更新教学管理理念，加强教学过程管理，形成有利于支撑综合改革试点专业建设，有利于教学团队静心教书、潜心育人，有利于学生全面发展和个性发展相辅相成的管理制度和评价办法。建立健全严格的教学管理制度，鼓励在专业建设的重要领域进行探索实验。积极创造条件引进具有相关专业博士学位的年轻教师和具有高级职称的中青年教师；支持具有硕士学位的教师参加博士学位的学习；支持专业教师到软件企业进行工作锻炼。

6.开展校企、校校、院院之间合作协同育人。选择具有较强实力和发展前景的企业签订合作协议，建立校企协同育人定期沟通会商机制，积极破解校企协同育人在体制机制上的障碍与困难。建设机制灵活、形式多样的合作交流平台，如跟虹天软件的实践教学平台，真正把校企协同育人做实，做出特色。要切实转变

观念，明确思路，狠抓落实，确保校企协同育人工作有效、有序开展。另外，通过专业建设,跟珠海和广东省内高校相关专业建立合作关系,如北京理工大学珠海学院、吉林大学珠海学院、中山大学等，利于学生的成长。软件工程专业还可以跟分校其它专业进行合作育人，如培养既有编程能力、数据分析能力，又有其它专业、行业知识的大数据方面的综合性人才。

2. 项目获得的成果

项目组的组成成员为软件工程专业的教师组成，各位教师在项目执行期间，获得了一些教学、科研成果。

吕威：项目负责人，原软件专业负责人、信息技术学院分管科研副院长，现教务处处长，在项目实施期间已经完成了如下成果：

1) 项目

智慧城市中大数据融合分析若干关键问题研究，广东省自然科学基金，2016

web 大数据技术应用研发项目，深圳市君盛惠创科技有限公司，2015

“软件工程中并行化处理”系列课程，美国 NSF/IEEE-TCPP 本科课程资助计划，2014

2) 论文

基于差分隐私和 SVD++的协同过滤算法研究，控制与决策，2017 已录用

基于行业分类标准的债券新闻自动多分类[J].中国新通信，2017 第 11 期

垃圾债券新闻自动过滤[J].中国新通信，2017 第 11 期

黄静：原信息技术学院计算机系系主任，现信息技术学院副院长，项目主要参与人。在项目实施期间已经完成了如下成果：

1) 项目

- 三维扫描数据修复技术的研究与应用，广东省自然科学基金，2016
- 珠海市图形图像公共实验室建设项目，珠海市科技和工业信息化局，2016
- 虚拟现实及 IT 新技术在生活中的应用和推广，珠海市科协项目，2016
- 物联网创新技术研究院，省部产学研合作项目，2015
- 广东省科技特派员项目，广州七喜医疗设备有限公司，2016
- 智能床椅项目开发，珠海庆鸿药业有限公司项目，2017
- 健康云平台项目，珠海于氏医疗科技有限公司，2017

2) 论文

- SIM 模块质量分析系统，计算机系统应用 2017 年第 26 卷第 1 期，2017
- 基于 Kinect 跑步机系统，计算机系统应用（2016,09；113-11），2016
- Proceedings of the 15th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI 2016),Dec.03-04,2016,Zhuhai,China
- Research and application of running action sequence recognition algorithms based on kinect
- 基于嫦娥一号探月数据虚拟月球立体显示系统，计算机工程与设计，2015

3) 专著和教材

- 计算机图形学及其实践教程, 机械工业出版社, 2015
- 虚拟现实技术及其实践教程, 机械工业出版社, 2016
- 局部插值显式算法的研究及其应用, 科学出版社, 专著, 2016

4) 软件著作权

- 基于 Android 平台的增强现实校园地图导航软件, 2017
- sim 卡模块机器视觉检测系统, 2016

肖红玉: 项目主要参与人, 在项目实施期间已经完成了如下成果:

1) 项目

- 程序设计教学团队, 省级教研项目

2) 论文

- 肖红玉,孙玮,杨林. 大型数据库教学改革探索[J]. 电子测,2014,(07):120-122.
(教改论文)
- 肖红玉,刘远,黄韩英,周买春. 分布式流域水文模型 BTOPMC/SCAU 地形模块的可视化[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):410-414.
- 周买春,肖红玉,胡月明,刘远. BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型原理和系统设计[J]. 农业工程学报,2015,31(20):132-139.
- 肖红玉,贺辉,陈红顺. 在线评测教学辅助系统设计[J/OL]. 计算机技术与发展 2017(2017-08-01).
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170801.1557.074.html> .(教改论文)

- 肖红玉, 蓝荣祺, 万志强, 在线评测教学辅助系统设计与应用, 录用已安排刊期. (教改论文)

3) 软件著作权

- WeJudge 在线程序评测系统, 2016

孙伟: 项目主要参与人, 在项目实施期间已经完成了如下成果:

1) 论文

- 分享经济下基于知识管理的课程教学实践探索, 课程教育研究, 孙伟, 杨林, 王非, 肖红玉, 2016.10 (教改论文)
- The Exploration and Practice of MVVM Pattern on Android Platform, ICMMITA 2016, Wei Sun, Haohui Chen, Wen Yu, 2017.1

2) 项目

- 企业级业务信息系统的开发与测试, 横向项目, 合作单位东方海外, 2014-2015
- 知识管理在高校教学中的应用-以 Linux 课程为改革实践对象, 校级质量工程项目, 2015

贺志军: 项目主要参与人, 在项目实施期间已经完成了如下成果:

1) 项目

- 联通导航平台作息工单系统外包开发协议, 横向项目, 2014, 11 万
- 北理工珠海学院国际学院校园通系统开发, 横向项目, 2015, 20 万

- 青海电信基站维护可视化管理平台外包服务协议, 横向项目, 2015, 9 万
- 移动 4G 可视化维护管理平台, 横向项目, 2016, 5 万
- 白邻好房微信公众号, 横向项目, 2016, 3.5 万
- 某市服务外包协会门户网站, 横向项目, 2016, 6.8 万
- 电子印章服务平台, 横向项目, 2016, 38 万
- 医社区家庭健康信息管理系统, 横向项目, 2017, 10 万
- 凌洋户外旅游微信公众号, 横向项目, 2017, 3 万

于文：项目主要参与人，在项目实施期间已经完成了如下成果：

1) 项目

- 4G 用户感知评估模型算法及验证, 横向项目, 2016, 5 万
- 森林防火动态监控预警系统, 2016, 20 万

3.项目实施及建设情况

3.1 调整和优化软件工程专业培养方案

软件工程系以培养应用型人才为目标，因此通过企业走访与企业技术人员多次交流了解企业和社会对软件工程专业人才的需求动向。从基础理论、基本知识到技术技能等方面进行分析评价，对本专业的人才培养方案进行多次的调整和优化。

专业方向的调整：根据社会对软件工程人才的需求将原培养方案中的“游戏开发”和“软件测试”方向取消，增加了“移动应用开发”及“系统测试与运维”

方向。移动应用开发方向（侧重移动应用系统的设计、开发、管理、维护）、系统测试与运维方向（IT 行业无论软件还是硬件都在飞速发展，尤其是云和虚拟化的发展，让软件和硬件的结构也越来越复杂。如何管理这些纷繁复杂的 IT 环境，如何让 IT 管理产生商业价值，成了 IT 业界迫切的需求。该方向学习这一新领域需要的专业课程，使学生具备对硬件运行环境、软件环境、网络环境以及对 IT 业务系统和 IT 运维人员进行综合管理的知识与能力）。

建立新的课程体系：确定了 20 门专业核心课程、每个方向的三门专业方向课及若干选修课。理顺学科核心课与专业方向课使得学生的编程设计能力在多个学期的课程组合不断强化。使学生逐步地掌握和理解。

理念决定思路，思路决定出路。基于应用型人才的“成长规律”和“基本特征”，探索和实践高校应用型人才的“培养规律”和“靶向方案”。

应用型人才的核心能力是运用丰富和多元化的知识结构，解决领域内工程实践问题的能力。

软件工程专业的应用型人才的“成长规律”中频繁围绕“问题”这个关键词，不断地发现问题、分析问题和解决问题，并且有形化（隐性知识和显性知识的显性表达）、分享、复用和优化解决方案，从而不断积累和提升自己的领域应用能力，如图 1 所示。

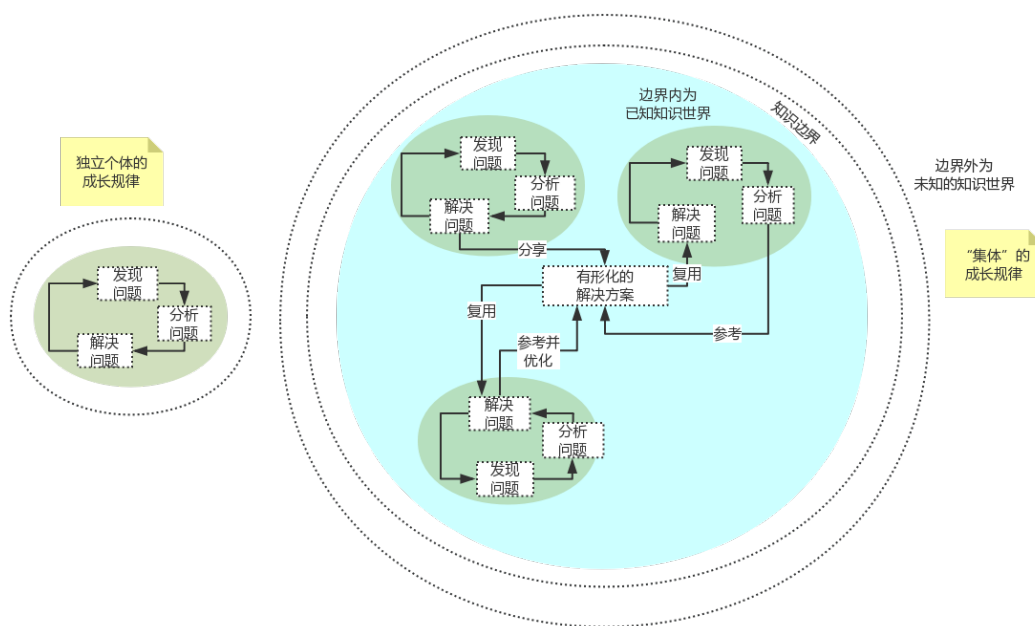


图 1

成长为合格的应用型人才应具备如下基本特征：

1. 具有扎实的专业理论知识和多元的知识结构，能够动脑思考、分析并解决问题或者确定可能的寻求解决方案的思路；
2. 具有较强的工程实践能力，能够动手操作和解决领域内工程实践中遇到的具体现实问题；
3. 具有分享和沟通以及与团队融合和协作的能力；
4. 具有自我学习和提升的意识和能力，通过多元化手段持续不断的更新知识，积累经验，进行自我提升；
5. 具有良好的品格、坚定的意志和信念和良好的专业职业道德。

3.2 加强校企合作，推动实践教学

跟企业谈过多种合作，如系统测试与运维方向，跟远光公司交流了合作意向。

重点合作建设内容：

1. 基于课程的应用型人才培养问题库的建立； wiki 知识贴-》问题库；内容需要工程师、教师、学生共同提供。

2. 基于课程的知识到能力的链接方案；细化岗位招聘技能-》专业技能-》知识点，例如图 3 所示。

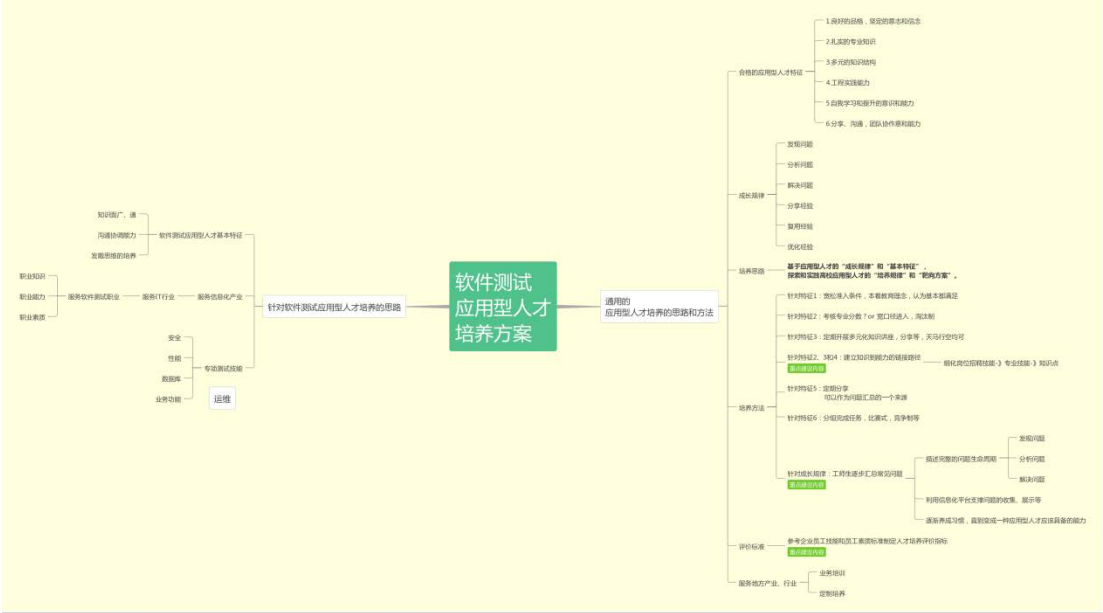


图 2

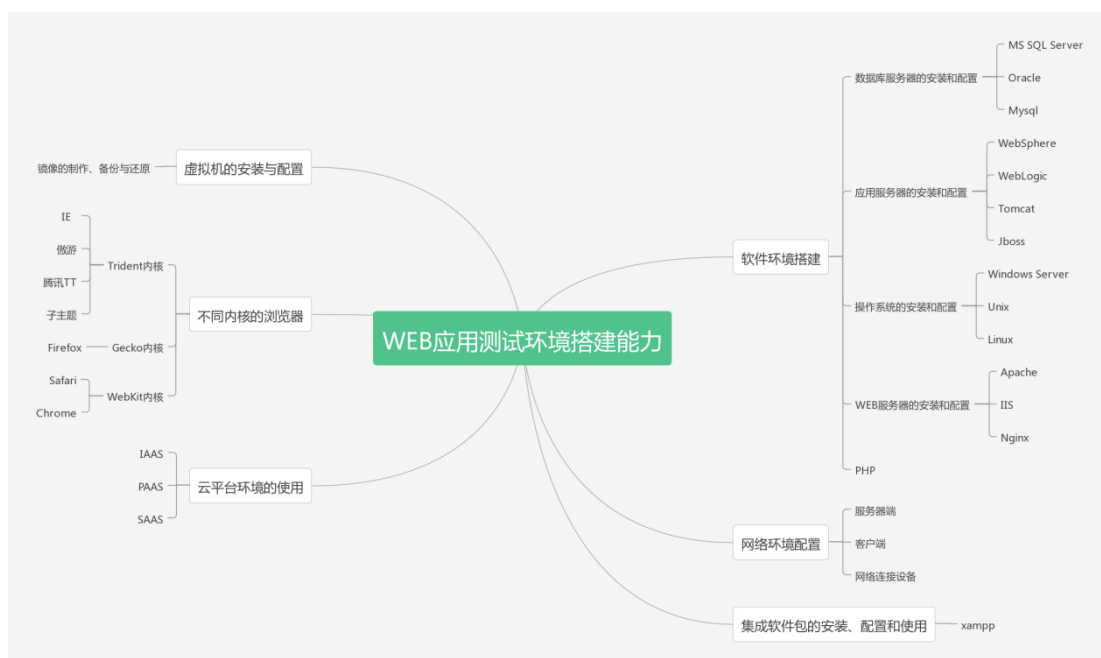


图 3

3. 建立基于“员工技能+员工素质”的在校学习评价指标体系；
4. 基于课程实验教学的“引导思考，隐藏解决方案”的实验教学重构方案。

3.2.1 与 Quest 公司校企合作

从 2012 年其到目前，软件工程专业与美国 Quest 在中国的研发中心建立了联合实验室，合作进行软件测试课题研究和学生培养。共安排了三个学期的自动化脚本测试实践教学。具体的建设内容如下：



北京师范大学珠海分校
BEIJING NORMAL UNIVERSITY ZHUHAI
信息技术学院

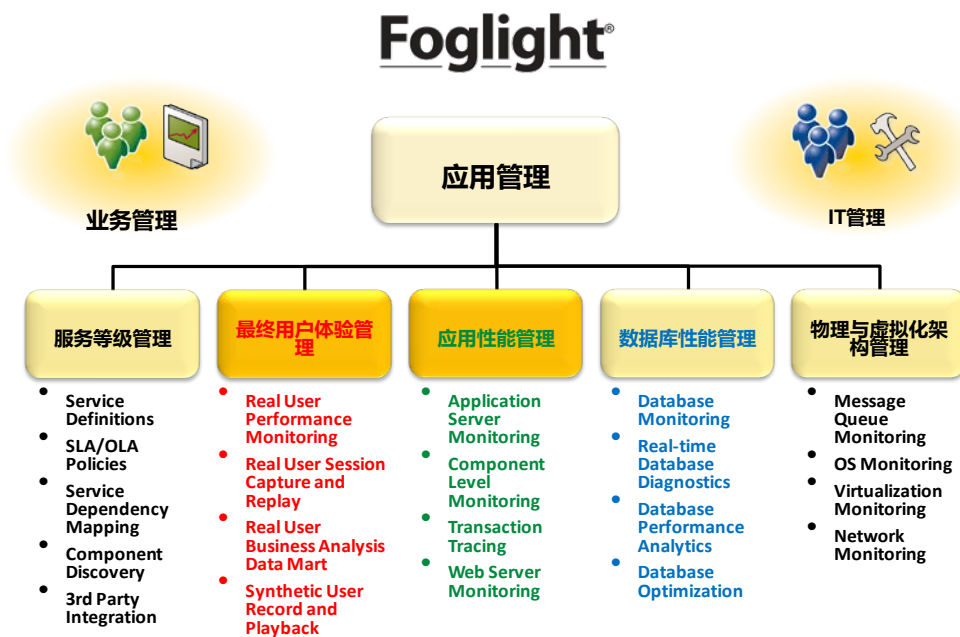


联合实验室

Co-constructed Lab

1. 软件测试平台（软硬件）的建设

- 商业软件测试平台 Foglight（由 QUEST 捐赠），价值 30 万元的应用性能监控平台



- 开源软件测试平台：以 Java 语言为主攻方向，覆盖约 15 个测试方向，渗透到整个软件生命周期，近 30 个测试相关技术和工具

测试技术和方向	相关工具
测试环境搭建	LAMP, WAMP
测试对象实例	CoffeeMaker
静态分析工具	findbug, PMD, CheckStyle
单元测试框架	junit, httpunit
缺陷跟踪工具	mantis
测试管理工具	TestLink
Web测试工具	Xenu'Link Sleuth, W3C验证, YSlow, AutoIT, Selenium, firebug, firefinder
测试覆盖率工具	djUnit 和EcEmma
版本管理工具	Subversion
编码规范	Java 案例
性能测试工具	LoadRunner, JMeter, AB
测试脚本工具	Cucumber, Badboy
测试用例设计工具	分类树CTEXL, 正交设计助手
相关技术工具	JDK , JRE , Eclipse , Mysql , MSSql , Oracle , Powerdesigner, MSOffice, Visio等等
评审	需求评审检查单

- 测试相关技术视频资料平台

<ftp://172.17.73.241/>
共 16 个分类, 150G

FTP 目录 /video/video/ 位于 172.17.73.241

若要在 Windows 资源管理器中查看此 FTP 站点, 请单击“视图”, 然后单击

[转到高层目录](#)

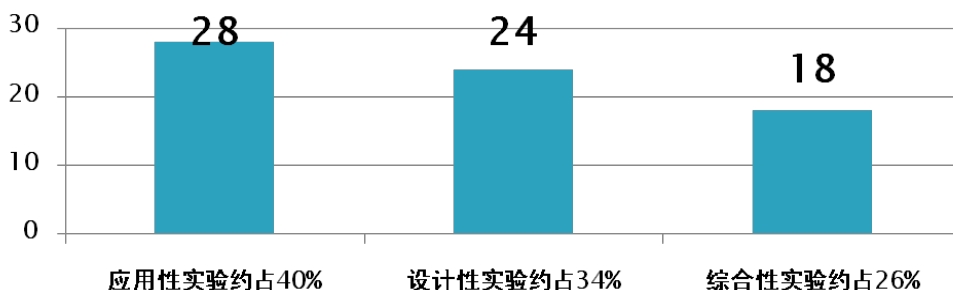
01/14/2015 05:06下午	目录 .
01/14/2015 05:06下午	目录 ..
01/14/2015 03:55下午	目录 Android
01/14/2015 04:10下午	目录 C
01/14/2015 04:19下午	目录 C#
01/14/2015 04:27下午	目录 JAVA
01/14/2015 04:43下午	目录 JAVA项目
01/14/2015 04:51下午	目录 JDBC
01/14/2015 04:34下午	目录 JavaScript
01/14/2015 04:51下午	目录 MAVEN
01/14/2015 04:53下午	目录 MySQL
01/14/2015 04:59下午	目录 PHP
01/14/2015 05:02下午	目录 SSH框架视频
01/14/2015 05:05下午	目录 WebService视频
01/14/2015 05:03下午	目录 svn视频
01/14/2015 05:06下午	目录 设计模式
01/14/2015 05:05下午	目录 数据结构
01/14/2015 05:09下午	目录 随书光盘

2. 实验教学体系（师资、实验内容和方法）的建设

- 师资队伍建设：十多名有紧密联系和明确研究方向的校内教师和校外工

程

- 70 个包含应用性、设计性和综合性的实验



- 11 门直接相关的本科、研究生测试课程，覆盖本科计算机专业、软件专业、电子专业和软件工程硕士专业

《软件测试与质量保证》	计算机专业	本科
《软件测试概论》	软件工程专业	本科
《软件测试方法与技术》	软件测试方向	本科
《软件测试技术》	软件工程硕士	研究生
《软件测试自动化》	软件测试方向	本科
《软件测试过程管理》	软件测试方向	本科
《软件质量保证》	软件测试方向	本科
《自动化测试脚本编程 I》	计算机相关专业	本科、研究生
《自动化测试脚本编程 II》	计算机相关专业	本科、研究生
《自动化测试脚本编程 III》	计算机相关专业	本科、研究生
《应用性能管理》	软件工程硕士	本科、研究生

- 建立时效型、质量型、均衡型实验教学考核方法

- 吸引学生兴趣，将“实验”转化为“试验”
- 强化实验前预习和实验后继续思考和学习
- 强化讨论式教学，鼓励学生大胆发表意见，部分实验做完后，组织学生分组，对实验结果、内容、方法及相关内容进行现场或课下讨论，在教学支撑平台上进行分享

- 培养学生对实验结果的分析能力，从大量资料中寻找问题解决方案的能力，同时对实验背景知识及相关行业内和领域内的发展作进一步了解。
- 多项考核依据：实验中操作技能水平表现，实验阶段性完成分数，提交时间早晚，实验报告，应用性、设计性和综合性实验的创新性。有些实验还需要结合学生提交的加分作业进行综合评定。有些实验分组完成，教师打分和组长打分相结合
- 过程质量，结果质量和时效不同维度的要求

3. 实验教学效果及影响：珠海新闻 121 报道实验室的合作



珠海新闻 121 报道自动化脚本编程大赛

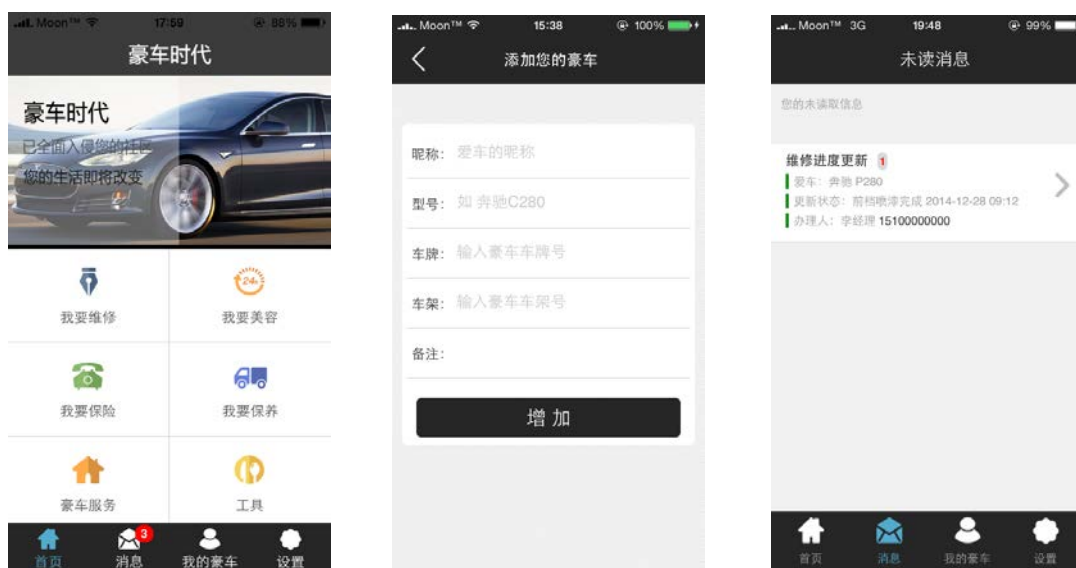


4. 合作向硕士研究生教育延伸：戴尔（中国）有限公司软件质量总监李翔女士曾应邀来校为软件工程硕士研究生班的同学进行了一次技术前沿讲座，题目为应用性能管理。应用性能管理 APM（Application Performance Management），一个通过保障应用程序的可用性及性能而产生业务价值的新兴学科。根据研究生的反馈，积极努力与 Dell 公司沟通，最后确定李翔总监为研究生开设《应用性能管理》课程，该课程目前已在广州暨南大学、华南理工和清华大学开设。



5. 2014 年 7 月以来，利用小学期尝试与 Dell 珠海研发中心合作，开展本科生《应用性能管理》课程的教学，学生了解了应用性能管理的定义、主要技术、行业现状和典型行业案例。课后，本科生加入研究生的项目实践中，开发基于 foglight 的应用性能监控产品。

6. 12 级学生与戴尔公司资深开发师合作进行的“豪车时代(HTML5 Web App 开发)”项目开发：由于豪车用户越来越多，然而汽车维护的线上市场存在空白，提出想做一个专属特斯拉的线上汽车服务的平台，与线下 4S 店打通，实现线上预约、线下服务的方式。



3.2.2 东方海外公司的实践合作



1. BNUZ-OOCL（东方海外）软件测试实训项目（2014 年 7 月）：2014 年 6 月 23 日，13 名学生参加第一期“BNUZ-OOCL 软件测试实训项目”。分别承担三个项目的外包任务：集成测试、自动化测试和信息化开发与测试。该软件测试实训项目经过三个多月的实训，同学们在技能，沟通，思想等各方面有了很大进步，13 名同学都有意愿留在东方海外公司工作。



2. 东方海外开放日活动：2015 年 4 月 24 日，软件专业老师等带领 40 余名 12 级同学，开展了一次企业开放日深度体验之旅。本次开放日活动包括全真工作场景体验、IT 学院参观、与技术大牛共进午餐等特色活动，其中全真场景体验包括敏捷开发、移动开发、技术运维、全球会议、软件测试和技术支持，学生自选感兴趣的场景，亲自参与其中进行体验。其中 IT 学院也受到同学们的热情关注，东方海外货柜航运有限公司（OOCL）为入职的应届毕业生提供一年的带薪的全方位培训，挖掘每个员工的潜力，培养 IT 精英。在最后一个与技术大牛共进午餐的活动环节中，通过交流碰撞，学生的问题更是层出不穷，导致体验活动的时间一再延长。



3. 2015.11.7——11.28 培训课程：软件开发及敏捷实践，通过课程学习，帮助学生了解和实践企业软件开发的流程、软件开发的生命周期，敏捷开发的思想、过程和企业的最佳实践。2015年11月7日上午，东方海外企业老师为软件工程系的学生上课，本次课程为企业文化培训课程的第一章，敏捷思想和敏捷开发。老师结合了软件工程的知识讲解了如何从软件的角度去考虑问题、如何简化

问题地满足客户的需求。同学们都积极提出自己的想法，真实模拟工作团队的做法来解决客户需求，如何把成本降到最低的情况下，把利润最大化。本次课程，同学们发挥了各自的特长和积极性。模拟了真实的团队建设和工作做法，学习到软件生命周期和敏捷文化的思想。

课程安排

	主题	课程目的	日期	时长	企业培训师
1	软件过程改进概述 Scrum 总览 / 角色	破冰，课程概述 简介敏捷思想，敏捷团队		3小时	3-4
2	需求分析	需求分析 / 以用户为中心的设计 (发散和收敛，设计工作室， 商业目标，测量标准)		3小时	3-4
3	系统设计和开发	简介系统设计，什么是好的设计，如何 进行系统设计，系统设计最佳实践		3小时	3-4
4	品质保证	理解品质保证过程的相关概念		3小时	3-4





4. 由吕威给东方海外货柜航运（中国）有限公司珠海分公司的 60 名有 5 年以上开发经验的工程师进行了数据挖掘基础课程的培训，共分 6 次讲座。主要分享了大数据和互联网的现状、大数据使用案例、数据挖掘基础算法 R 语言实现、具体港口航运挖掘问题分析等，受到了公司受培训工程师的广泛好评。

3.3 建立课程的知识管理学习系统

完成了一个“知识管理系统”的设计与实现：知识管理 20 世纪末兴起于企业，是对企业生产所需知识资源的管理。知识管理的目标是通过获得、创造、分享、整合、记录、存取、更新和创新等手段为企业实现显性知识和隐性知识的共享，并利用集体的智慧提高企业的应变和创新能力。企业的繁荣不是直接取决于资源、资本、硬件技术的数量、规模或增量，而是直接依赖于知识或有效信息的积累和利用。世界许多知名的知识密集型大公司如微软、通用、IBM, 丰田等都关注和重视知识经济和知识管理的研究，早已开始了知识管理理论的实践应用。高

校更是一个高度的知识密集型组织，高校中教与学过程中的知识是高校知识的主体。每个学科，每个专业，每个方向的教师和学生，可以运用知识管理的方法在教师自身、教师之间、学生自身、学生之间，教师和学生之间等关系中，进行知识学习、吸收、交换和转化，最终成为高校的核心资产和竞争力。该系统重点关注“教”与“学”过程的知识生产活动。首先设计、开发、部署和维护了一个知识管理软件系统，再以具体课程目前以 Linux 课程和软件测试课程的教学过程为例，实施课程教与学过程的知识管理，将实施过程进行记录，整理、提炼和复用。



3.4 项目实训教学体系的建立

这部分包含两部分内容：

1. 一部分是利用学校确立的三学期制为软件工程专业的项目实训提供了制度性的保证。软件项目实训分别在二年级及三年级小学期进行，是对本专业学生三年专业知识学习的评价、应用和总结，也是对各专业课教师教学效果的检验和反馈。小学期项目实训涉及到软件开发、测试、管理、文档规范等多方面的内容，我们将以教师指导团队的形式面对学生项目团队，充分发挥各专业教师的特长。最终在组织形式、项目管理、成果评价、软件支撑平台等方面形成规范。

2. 另一部分是教师带领部分学生开发实际的软件项目。软件系的很多老师带

领学生利用课余时间开发有实际用途的软件系统。项目开发的最大收获是培养锻炼了学生，使他们有一个实践的机会，在校期间就有了项目开发经验。在开发过程中通过问题的解决，无论是教师还是学生的理论与技术水平都得到很大提高，培养了学生的学习能力与消化新技术、掌握新技术的能力。下面举两个重要例子：下面举两个主要例子：

1)2015 年 3 月，组织专业课教师和学生开发完善软件项目《学院考勤系统》。本实例规模适中，能够综合运用本专业各方面的知识。本项目已全部完成，在信息技术学院及部分学院使用。





3.5 调研活动

为了学习借鉴和研究其他院校的办学经验,进行了一些调研活动和参加了学术会议。从中学到很多有意义的经验。

2014-4 年去武汉调研

2014-12 月参加南京会议,讨论软件工程教学

2015-4 与北理工珠海学院老师交流教学经验

王非、孙玮、肖红玉 2015-4-17 参加教育部的 MOOC 学术会议

2015-9 与上海泽众软件科技有限公司深圳分公司的技术人员讨论测试课程与实验室建设方案

2015-10 南京软件工程会议

2016-5 于文、孙伟老师参加美国 NSF/IEEE-TCPP 本科课程资助计划的 2016

4.建设成果和应用推广

4.1 建设成果

通过项目建设，软件工程专业人才培养模式更具特色；专业课程体系更加科学；师资队伍结构更为合理；实训基地条件更加优越；人才培养质量明显提高。

1.认真贯彻国家的教育方针和学校的办学指导思想，积极探索，将北京师范大学珠海分校软件工程专业建成同类专业中具有特色鲜明、培养高素质人才、广受社会欢迎的专业。

2.形成了适合软件工程人才需求的相对稳定的人才培养方案，自项目成立以来，通过与企业、行业协会及政府的不断沟通，充分梳理政府及企业的需求，2015、2016、2017 年不断修改教学计划及人才培养方案，并要求教师按照新的教学计划及人才培养方案组织教学过程，现在已经形成了适合软件工程人才需求的相对稳定的教学计划及人才培养方案。

3.本专业建设的重点是以工程实践能力为主线，培养既有计算机理论知识又有软件开发技能和管理能力的高级人才，按照企业尤其是信息产业对软件工程技术人才的具体需求，突出实践性、创新性和国际化要求。

4.突出应用型人才培养，我们既重视基础理论的学习，又重视动手能力的培养。本专业培养的本科生具有良好的科学文化素养、扎实的基础理论知识、较强的软件开发实践能力，能够适应软件产业飞速发展的需要，具有一定的创新意识和团队协作精神。

5.建设了一支核心教师团队，既有理论扎实的海归博士，也有来自企业技术

骨干的双师型教师。教师团队稳定，凝练了几个科研方向。定期请企业团队的教师对学生进行企业文化及企业技术的相关培训，使学生毕业后与企业能够实现无缝对接。

平台的建设成果达到预期目标。

4.2 实践应用情况

通过本项目的建设，其成果有着较高的应用推广价值。

人才培养方案和人才培养体系得到企业的普遍认可，能够较好地满足企业人才的需求，可以作为其他高校相关专业的参考。根据我院毕业生跟踪信息反馈，用人单位对软件专业毕业生的职业道德、职业能力、文化和业务素质、吃苦耐劳精神等综合评价较好，认可度和总体满意度保持在 90% 以上。软件实验班同学 100% 就业，而且不少成为公司骨干，或者到国外升学，得到高度评价。招生和就业情况一直保持良好稳定，满足社会人才培养需要。根据麦可思数据有限公司的北京师范大学珠海分校社会需求与培养质量年度报告可知本校就业竞争力指数较高的专业包括软件工程专业。

软件工程专业相关的实验室及实习就业基地的建设很好地满足了学生研发项目的场地需求，同时也培养了学生的团队合作能力，加强了学生对企业文化及技术的了解。通过校企合作项目，教师能够更好地理解专业知识的应用，并把它融入到教学中，提高课堂的教学效果，让学生学为所用，融会贯通。跟相关企业进行产学研合作，为教师提供更多的与企业合作的机会，更好地把研究领域的科技成果产业化，为学生提供更多的实习就业选择。通过论文、专著、教材、著作权等成果，可以进行知识的传播，使更多的相关专业人士能够受益。

4.3 共享和推广

理念决定思路，思路决定出路。基于应用型人才的“成长规律”和“基本特征”，探索和实践高校应用型人才的“培养规律”和“靶向方案”。

应用型人才的核心能力是运用丰富和多元化的知识结构，解决领域内工程实践问题的能力。

软件工程专业的应用型人才的“成长规律”中频繁围绕“问题”这个关键词，不断地发现问题、分析问题和解决问题，并且有形化（隐性知识和显性知识的显性表达）、分享、复用和优化解决方案，从而不断积累和提升自己的领域应用能力。

在应用型人才培养和教学过程中，如果缺少具体的、贴近社会实际需求的案例，教师感觉脱离现实，学生也感觉学的东西没用。通过“工学融合”，引入企业实际的项目，拉近课堂和社会需求的距离，不仅可提高学生的学习兴趣，也可提高教师的实践教学水平。

5.后续计划

本项目还需要进一步改进的地方，今后要从人才培养入手，进一步锻炼学生的相关特征有关的能力。今后的工作主要设想：

1. 校企进一步深入合作，如可不定期举办校企合作交流论坛、企业定制人才等；
2. 加强科研团队的核心技术，并以项目与企业进行对接；
3. 加强创业谷的工作，可以带领学生进行创新创业。

希望在继续工作的基础上，该项目的成果能得到更好的推广，并取得更多的成果。

2014级软件工程专业教学计划

教学计划号：201401030 版本：1.0

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数											考核 方式
公共必修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
93110081	思想道德修养与法律基础（理论）	1		18	1											考试
93110082	思想道德修养与法律基础（实践）	2	1	36		2周										考查
93110090	中国近现代史纲要	2		36		2										考试
93110070	马克思主义基本原理	3		54		2+1										考试
93110101	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(理论)	3		54		3										考试
93110102	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(实践)	3	2	54		3周										考查
93110050	形势与政策	2		36											2周	考查
15110012	大学英语(一)	3		72	4											考试
15110022	大学英语(二)	3		72		4										考试
15110032	大学英语(三)	3		72				4								考试
15110042	大学英语(四)	3		72					4							考试
94110000	军事教育	2	1	36 ¹⁰		4										考试
92110000	体育1	2		36	0+2											考试
92110010	体育2	2		36		0+2										考试
68100030	大学生职业规划与就业指导	1		18 ⁹		2										考查
小计		35	4	702	7	20		4	4							
学科基础课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
95100023	高等数学(上)	3		54	3											考试
01110031	C程序设计	5	2	90	3+2											考试
95100043	高等数学(下)	3		54		3										考试
01110140	数据结构	5	2	90		3+2										考试
95100110	线性代数	3		54		3										考试
01110231	Java 程序设计	5	2	90		3+2										考试
95100012	概率论与数理统计	3		54				3								考试
01110150	离散数学	3		54				3								考试
小计		30	6	540	8	16		6								
专业主干课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
01110080	计算机网络	4	1	72				3+1								考试
01110380	软件工程	3		54					3							考试
01110161	数据库系统原理	4	1	72					3+1							考试
01110060	操作系统	4	1	72							3+1					考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数												考核 方式
01110310	计算机算法	3	1	54							2+1						考试
01110570	需求分析与UML建模	4	1	72							3+1						考试
01110250	编译原理	3		54								3					考试
小计		25	5	450				4	7		11	3					
专业方向课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01110810	Java企业级应用开发	4	1	72							3+1						考试
06110042	电子商务概论	3										3					考试
01111200	Java开发框架	4	2	72								2+2					考试
01110261	大型数据库	4	2	72 ⁹										4+4			考试
小计（商业软件开发）		15	5	216							4	7		8			
01120420	软件测试方法与技术	4	2	72							2+2						考试
01120430	软件测试自动化	4	2	72								2+2					考试
01111121	软件质量保证	3	1	54								2+1					考试
01120440	软件测试过程管理	4	2	72 ⁹										4+4			考试
小计（软件测试）		15	7	270							4	7		8			
01111180	Android程序设计	4	2	72							2+2						考试
01111130	手机原理与移动通信技术	3										3					考试
01111790	移动网络编程技术	4	2	72								2+2					考试
01111390	Windows移动程序设计	4	2											4+4			考试
小计（移动应用开发）		15	6	144							4	7		8			
专业实践课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01111450	Java高级编程	4	4	72				0+4									考查
01110460	网络程序设计	4	4	72					0+4								考查
01111780	Web界面程序设计	4	4	72					0+4								考查
-	大数据挖掘与云计算	3	3	54							0+3						考试
01120360	.NET编程	4	4	72								0+4					考查
-	软件项目实践	2	2	36									2周				考试
01110680	毕业设计或论文	6	6	108										6周	●		考查
01110840	软件项目管理	2	2	36 ⁹										0+4			考查
01110672	专业实习	4	4	72										4周	●		考查
小计		33	33	594				4	8		3	4		4			
个性课程					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01110300	多媒体应用技术	3	3	54				0+3									考查
01110820	设计模式	4	1	72					3+1		●						考试
01120061	微机原理与汇编语言	4	1	72					3+1		●						考试
01110240	Unix/Linux系统	3	3	54					0+3								考查
01190400	程序设计竞赛培训	2	2	36						2							考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数												考核 方式
01190410	全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）培训	2	2	36						2							考试
01190740	软件项目小实训	2	2	36						2							考试
01190350	数据挖掘导论	1	1	18						1							考试
01111271	数字电子技术基础	4	1	72							3+1	●					考试
01110520	信息安全基础	3		54							3	●					考试
01190040	专业英语	2		36							2	●					考试
01100380	创业基础	2		36								2					考试
01190480	高等数学选讲	3		54								3					考试
01120280	计算机组成原理	4	1	72							●	3+1					考试
01110390	软件开发标准系列讲座	2		36								2					考试
01190460	计算机综合基础	4		324											18周		考试
小计		6															
公共选修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
小计		16															
合计		160															

2015级软件工程专业教学计划

教学计划号：201501030 版本：1.0

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数											考核 方式
通识必修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
93110081	思想道德修养与法律基础（理论）	1		18	1											考试
93110082	思想道德修养与法律基础（实践）	2		36		2周										考查
93110090	中国近现代史纲要	2		36		2										考试
93110070	马克思主义基本原理	3		54		2+1										考试
93110101	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(理论)	3		54		3										考试
93110102	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(实践)	3		54		3周										考查
93110050	形势与政策	2		36											2周	考查
15110012	大学英语(一)	3		72	4											考试
15110022	大学英语(二)	3		72		4										考试
15110032	大学英语(三)	3		72				4								考试
15110042	大学英语(四)	3		72					4							考试
94110000	军事教育	2		18 ⁹		2										考试
92110001	体育1	1		36	0+2											考试
92110011	体育2	1		36		0+2										考试
92110021	体育3	1		36				0+2								考试
92110031	体育4	1		36					0+2							考试
68100030	大学生职业规划与就业指导	1		36	2											考查
63111340	大学生心理健康教育	1		18	1	●		●	●		●	●		●	●	考试
63111350	创业基础	2		36	2	●		●	●		●	●		●	●	考查
小计		38		828	12	16		6	6							
专业核心课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
95100022	高等数学(上)	4		72	4											考试
01110032	C程序设计	4		108	2+4	●										考试
95100041	高等数学(下)	5		90		5										考试
01110140	数据结构	5		90		3+2										考试
95100110	线性代数	3		54		3										考试
01110231	Java 程序设计	5		90		2+3										考试
95100012	概率论与数理统计	3		54				3								考试
01110080	计算机网络	4		72				3+1								考试
01110150	离散数学	3		54				3								考试
01111450	Java高级编程	4		72				2+2								考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数										考核 方式
01110381	软件工程	4		72					4						考试
01110161	数据库系统原理	4		72					3+1						考试
01111780	Web界面程序设计	4		72					0+4						考试
01110060	操作系统	4		72						3+1					考试
01110310	计算机算法	3		54						2+1					考试
01120420	软件测试方法与技术	4		72						2+2					考试
01110570	需求分析与UML建模	4		72						3+1					考试
01110250	编译原理	3		54							3				考试
01110021	C++程序设计	3		72							2+2				考试
小计		73		1368	10	18		14	12		15	7			
专业方向课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八
01110810	Java企业级应用开发	4		72							2+2				考试
01111200	Java开发框架	4		72								2+2			考试
小计（商业软件开发）		8		144							4	4			
01111180	Android程序设计	4		72							2+2				考试
01111790	移动网络编程技术	4		72								4			考试
01111600	iOS程序设计	4		72								4			考试
小计（移动应用开发）		12		216							4	8			
小计（系统测试与运维）															
专业实践课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八
01110682	毕业设计	6		108										6周	考查
01110671	专业实习	6		108										6周	考查
小计		12		216											
专业选修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八
01110820	设计模式	4		72					3+1						考试
01110240	Unix/Linux系统	3		54					0+3						考查
01110261	大型数据库	4		72						2+2					考试
01111271	数字电子技术基础	4		72						3+1					考试
01190040	专业英语	2		36							2				考试
01120100	.NET编程技术	5		90								3+2			考试
01120280	计算机组成原理	4		72								3+1			考试
01120430	软件测试自动化	4		72								2+2			考试
01111220	项目实践	2		36 ⁹										0+4	考查
01120720	移动游戏开发技术	3		72 ⁹										4+4	考试
01111400	C++程序设计实践	2		36 ⁹										0+4	考查
小计（商业软件开发方向13学分，移动应用开发方向9学分）		21													

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数												考核 方式
通识选修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
小计		16															
合计		160															

2016级软件工程专业教学计划

教学计划号：201601030 版本：1.0.2

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数											考核 方式
通识必修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
93110081	思想道德修养与法律基础（理论）	1		18	1											考试
93110082	思想道德修养与法律基础（实践）	2	2	36		2周		●	●		●	●		●	●	考查
93110090	中国近现代史纲要	2		36		2		●	●		●	●		●	●	考试
93110070	马克思主义基本原理	3		54		2+1		●	●		●	●		●	●	考试
93110101	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(理论)	3		54		3		●	●		●	●		●	●	考试
93110102	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(实践)	3	3	54	3周	●		●	●		●	●		●	●	考查
93110050	形势与政策	2		36	2周	●		●	●		●	●		●	●	考查
15110012	大学英语(一)	3		72	4											考试
15110022	大学英语(二)	3		72		4										考试
15110032	大学英语(三)	3		72				4								考试
15110042	大学英语(四)	3		72					4							考试
94110000	军事教育	2	1	18 ⁹		2										考试
92110001	体育1	1		36	0+2											考试
92110011	体育2	1		36		0+2										考试
92110021	体育3	1	1	36				0+2								考试
92110031	体育4	1	1	36					0+2							考试
68100030	大学生职业规划与就业指导	1		36	2											考查
63111351	创业基础	1		18	1											考查
63111340	大学生心理健康教育	1		18				1	●							考试
小计		37	8	810	10	16		7	6							
专业核心课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八	
95100022	高等数学(上)	4		72	4											考试
01110032	C程序设计	4	4	108	2+4											考试
95100041	高等数学(下)	5		90		5										考试
01110140	数据结构	5	2	90		3+2										考试
95100110	线性代数	3		54		3										考试
01110231	Java 程序设计	5	3	90		2+3										考试
95100012	概率论与数理统计	3		54				3								考试
01110080	计算机网络	4	1	72				3+1								考试
01110150	离散数学	3		54				3								考试
01110381	软件工程	4		72					4							考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数												考核 方式
01110161	数据库系统原理	4	1	72					3+1								考试
01111450	Java高级编程	4	2	72					2+2								考试
01111780	Web界面程序设计	4	2	72					2+2								考试
01110060	操作系统	4	1	72							3+1						考试
01110310	计算机算法	3	1	54							2+1						考试
01120420	软件测试方法与技术	4	2	72							2+2						考试
01110570	需求分析与UML建模	4	1	72							3+1						考试
01110250	编译原理	3		54								3					考试
01112160	阅读与写作	1		18								1					考查
01110021	C++程序设计	3	1	54								2+1					考试
小计		74	21	1368	10	18		10	16		15	7					
专业方向课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01110810	Java企业级应用开发	4	2	72							2+2						考试
01190791	Web前端框架技术	4	4	72							0+4						考查
01111200	Java开发框架	4	2	72								2+2					考试
小计（商业软件开发）		12	8	216							8	4					
01111180	Android程序设计	4	2	72							2+2						考试
01111790	移动网络编程技术	4	2	72								2+2					考试
01111600	iOS程序设计	4	2	72								2+2					考试
小计（移动应用开发）		12	6	216							4	8					
01112030	系统测试	4	4	72							0+4						考查
01112020	系统级安全与保护	4	4	72								0+4					考试
01190890	云管理与大数据分析	4	4	72								0+4					考试
小计（系统测试与运维）		12	12	216							4	8					
专业实践课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01110680	毕业设计或论文	6	6	216										12周			考查
01110671	专业实习	6	6	216										12周			考查
小计		12	12	432													
专业选修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
01110820	设计模式	4	1	72					3+1								考试
01191070	专业创新作品1	2	2	36					0+2								考查
01110240	Unix/Linux系统	3	3	54					0+3								考试
01110261	大型数据库	4	2	72							2+2						考试
01111271	数字电子技术基础	4	1	72							3+1						考试
01190040	专业英语	2		36							2						考试
01120100	.NET编程技术	5	2	90								3+2					考查
01120280	计算机组成原理	4	1	72								3+1					考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数												考核 方式
01120430	软件测试自动化	4	2	72								2+2					考试
01120720	移动游戏开发技术	3	1	54								2+1					考查
01191080	专业创新作品2	2	2	36								0+2					考查
01111400	C++程序设计实践	2	2	36								0+2					考查
小计		9															
通识选修课					一	二	小1	三	四	小2	五	六	小3	七	八		
小计		16															
合计		160															

2017级软件工程专业教学计划

教学计划号：201701030 版本：1.0.1

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数								考核 方式
通识必修课					一	二	三	四	五	六	七	八	
93110081	思想道德修养与法律基础（理论）	1		18	1								考试
93110082	思想道德修养与法律基础（实践）	2	2	36		2周	●	●	●	●	●	●	考查
93110090	中国近现代史纲要	2		36		2	●	●	●	●	●	●	考试
93110070	马克思主义基本原理	3		54		2+1	●	●	●	●	●	●	考试
93110101	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(理论)	3		54		3	●	●	●	●	●	●	考试
93110102	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论(实践)	3	3	54	3周	●	●	●	●	●	●	●	考查
93110050	形势与政策	2		36	2周	●	●	●	●	●	●	●	考查
15110012	大学英语(一)	3		72	4								考试
15110022	大学英语(二)	3		72		4							考试
15110032	大学英语(三)	3		72			4						考试
15110042	大学英语(四)	3		72				4					考试
94110000	军事教育	2	1	18 ⁹		2							考试
92110001	体育1	1		36	0+2								考试
92110011	体育2	1		36		0+2							考试
92110021	体育3	1	1	36			0+2						考试
92110031	体育4	1	1	36				0+2					考试
68100030	大学生职业规划与就业指导	1		36	2								考查
63111351	创业基础	1		18	1								考查
63111340	大学生心理健康教育	1		18			1	●					考试
小计		37	8	810	10	16	7	6					
专业核心课					一	二	三	四	五	六	七	八	
95100022	高等数学(上)	4		72	4								考试
01110032	C程序设计	4	4	90	2+3								考试
95100041	高等数学(下)	5		90		5							考试
01110140	数据结构	5	2	90		3+2							考试
95100110	线性代数	3		54		3							考试
01110231	Java 程序设计	5	3	90		2+3							考试
95100012	概率论与数理统计	3		54			3						考试
01110080	计算机网络	4	1	72			3+1						考试
01110150	离散数学	3		54			3						考试
01110021	C++程序设计	3	2	72			2+2						考试

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数								考核 方式
01111450	Java高级编程	4	2	72			2+2						考试
01110381	软件工程	4	2	72				2+2					考试
01110161	数据库系统原理	4	1	72				3+1					考试
01111780	Web界面程序设计	4	2	72				2+2					考试
01110060	操作系统	4	1	72					3+1				考试
01110310	计算机算法	3	1	54					2+1				考试
01120420	软件测试方法与技术	4	2	72					2+2				考试
01110250	编译原理	3		54						3			考试
01112160	阅读与写作	1		18						1			考查
小计		70	23	1296	9	18	18	12	11	4			
专业实践课					一	二	三	四	五	六	七	八	
01191150	Python程序设计	3	3	54	0+3								考试
61110292	毕业设计	6	6	216							12周		考查
01110671	专业实习	6	6	216							12周		考查
小计		15	15	486	3								
专业选修课					一	二	三	四	五	六	七	八	
01110820	设计模式	4	1	72				3+1					考试
01191070	专业创新作品1	2	2	36				0+2					考查
01110240	Unix/Linux系统	3	3	54				0+3					考试
01110261	大型数据库	4	2	72					2+2				考试
01112030	系统测试	4	4	72					0+4				考查
01190040	专业英语	2		36					2				考试
01111180	Android程序设计	4	2	72					2+2				考试
01110810	Java企业级应用开发	4	2	72					2+2				考试
01190791	Web前端框架技术	4	4	72					0+4				考查
01120360	.NET编程	4	2	72						2+2			考查
01120280	计算机组成原理	4	1	72						3+1			考试
01112020	系统级安全与保护	4	4	72						0+4			考试
01111790	移动网络编程技术	4	2	72						2+2			考试
01120720	移动游戏开发技术	3	1	54						2+1			考查
01190890	云管理与大数据分析	4	4	72						0+4			考试
01191080	专业创新作品2	2	2	36						0+2			考查
01111400	C++程序设计实践	2	2	36						0+2			考查
01111600	iOS程序设计	4	2	72						2+2			考试
01111200	Java开发框架	4	2	72						2+2			考试
小计		26											
通识选修课					一	二	三	四	五	六	七	八	

课程编码	课程名称	学分	实践 学分	总 学时	开课学期和周学时数								考核 方式
小计		12											
合计		160											

信息技术学院 2014 级毕业实习工作方案

毕业实习是本科人才培养过程中一个重要的实践教学环节,是学生接触社会,了解行业,提高专业技能和心理素质的重要途径,对增强学生实际工作能力,提高就业竞争力,有着重要作用。

一、领导机构

组长: 罗思杰

组员: 各系系主任、实习就业办老师

二、实习时间

毕业实习为 2017 年 11 月 27 日~2018 年 4 月 15 日,不少于 3 个月,具体起始日期以学生开始实习为准。

三、工作安排

- (一) 毕业实习面向全院所有 14 级学生及延期毕业生。
- (二) 按照毕业实习与完成毕业论文(设计)相结合的原则,毕业实习的学校导师与毕业论文(设计)的指导老师为同一人;无毕业设计指导老师的应届生由班主任担任毕业实习导师;无毕业设计指导老师的往届生由实习就业办公室胡开老师担任毕业实习导师。
- (三) 毕业实习分成校内实习和校外实习,由学生与导师商议后自主选择。
- (四) 校内实习的内容由毕业设计指导老师安排。
- (五) 校外实习的学生采取“自找+推荐”方式,以学生自找为主。
- (六) 已与单位签署“就业协议书”或“实习协议书”,要求提前离校实习的,应尽快完成毕业设计,由导师酌情处理。

四、实习要求

- (一) 学生校外实习应选择 IT 类单位,特殊情况写报告并提交实习就业办审批同意,否则不能认定实习学分。
- (二) 实习内容必须遵循专业对口的原则,即实习内容应与专业相关。
- (三) 在实习期间因公返校或求职应聘,实习生应与学校导师、企业导师(或企业主管)协商一致。
- (四) 学生在实习过程中,必须服从实习单位的工作安排。如有问题和矛盾,

要主动、及时向校内外指导老师或实习就业办反映，以妥善解决。

五、实习安全

（一）实习动员会：由实习就业办公室负责，以各班班会形式分班组织。

（二）签订实习承诺书：所有参加实习的学生都要和学院签订本科生毕业实习承诺书，承诺实习期间注意人身和财物安全、遵守实习纪律、保质保量完成实习任务。

六、实习手册

学生必须每周五向校内外指导老师提交实习周志电子版，并在实习结束后根据周志填写《实习手册》并交予指导老师，指导老师应在4月18日之前提交给实习就业办，经审定后转交教务录入成绩。

七、奖惩

实习就业办公室组织评选、表彰毕业实习阶段表现优秀的学生和指导老师；对于表现差（不服从企业工作安排、与企业发生冲突、不提交周志等行为）的学生，毕业实习将认定为不合格。

八、其它

按《北京师范大学珠海分校毕业实习管理条例》的相关规定执行。

附件一：《北京师范大学珠海分校毕业实习手册》

附件二：《北京师范大学珠海分校毕业实习手册-填写说明》

附件三：《2014级实习生与指导老师对应表》

附件四：《信息技术学院学生实习流程（学生版）》

附件五：《实习指导老师工作流程》

附件六：《毕业实习周志（模板）》

附件七：《北京师范大学珠海分校毕业实习管理条例》

北京师范大学珠海分校

本科生毕业实习手册

学 院 _____

专 业 _____

学 号 _____

学 生 姓 名 _____

指导教师姓名 _____

指导教师单位 _____

年 月 日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习承诺书

我是北京师范大学珠海分校_____学院学生_____。

一、为了使自己在实践中受教育、长才干，根据教学计划要求，通过_____（注：填学院或个人）联系，在____年__月__日至____年__月__日期间，我自愿到_____从事实习活动。

二、在上述实习活动期间，我向本人所在学院承诺：

- 1、严格遵守学校关于实习的规定，完成各项实习任务。
- 2、服从实习单位安排，遵守实习单位纪律，不迟到、不早退，善始善终；谦虚做人，勤奋做事，为学院争光。
- 3、认真学习总结，如实填写各种实习表格，诚恳接受实习单位评议。
- 4、保证注意个人人身安全和财物安全，避免意外事故发生。

三、若我不能履行第二条中的各项承诺，导致实习不能继续进行、实习任务不能完成，或者发生安全等意外事故，由我自行承担 responsibility。

四、本承诺书一式两份，学院、学生各一份。

承诺人：

年__月__日

指导老师：

年__月__日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习记录

实习单位名称			
实习单位地址			
实习起止日期		年 月 日 —— 年 月 日	
实习单位电话			实习单位联系人
学年学期	日期	实习岗位	实习情况记录
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		

实习指导教师签字：

年 月 日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习报告

一、实习单位简介

二、实习岗位

三、实习内容

四、实习经历

五、实习收获和体会

实习学生签名：

年 月 日

注：此表为指导教师评定学生实习成绩依据之一，此表学院（部）留存。

北京师范大学珠海分校
教师检查指导学生实习情况记录表

实习单位名称			
指导教师单位			
指导教师姓名		指导教师职称	
检查指导方式、检查的内容、发现的问题、采取的措施、实习计划完成情况等（实习期间填写不少于 3 次）。 指导教师签名： 年 月 日 指导教师签名： 年 月 日 指导教师签名： 年 月 日			

注：本表由实习指导教师填写，于实习结束前交学院（部）保存。

北京师范大学珠海分校
2014 级本科生毕业实习鉴定表

实习单位名称					
实习起止日期		年 月 日 —— 年 月 日			
联系人		联系电话		指导教师	
姓名		学号		专业	
教学实习(社会调查)的主要内容和要求:					
自我鉴定(由实习学生填写):					
实习态度 (诚信踏实、勤奋好学,尊敬指导教师及实习单位人员等):					
实习纪律 (保证实习时间,遵守学校及实习单位的规章制度等):					
实习能力 (分析、解决问题能力, 创新能力, 协作能力, 社会活动能力等):					
实习效果 (对实习的认识体会, 巩固和加深所学知识的程度, 能力的提高等):					

实习单位鉴定（实习岗位负责人填写）

实习单位(签章)

年 月 日

指导老师评语（学生实习期间的工作态度、出勤情况、实习记录、实习内容完成情况和实习报告质量等）

实习成绩评定：_____

指导教师签名：

年 月 日

注：此表学院留存。

北京师范大学珠海分校

本科生毕业实习手册

学 院 _____

专 业 _____

学 号 _____

学 生 姓 名 _____

指导教师姓名 _____

指导教师单位 _____

年 月 日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习承诺书

我是北京师范大学珠海分校_____学院学生_____。

一、为了使自己在实践中受教育、长才干，根据教学计划要求，通过_____（注：填学院或个人）联系，在____年__月__日至____年__月__日期间，我自愿到_____从事实习活动。

二、在上述实习活动期间，我向本人所在学院承诺：

- 1、严格遵守学校关于实习的规定，完成各项实习任务。
- 2、服从实习单位安排，遵守实习单位纪律，不迟到、不早退，善始善终；谦虚做人，勤奋做事，为学院争光。
- 3、认真学习总结，如实填写各种实习表格，诚恳接受实习单位评议。
- 4、保证注意个人人身安全和财物安全，避免意外事故发生。

三、若我不能履行第二条中的各项承诺，导致实习不能继续进行、实习任务不能完成，或者发生安全等意外事故，由我自行承担 responsibility。

四、本承诺书一式两份，学院、学生各一份。

承诺人：

____年__月__日

指导老师：

____年__月__日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习记录

实习单位名称			
实习单位地址			
实习起止日期		年 月 日 —— 年 月 日	
实习单位电话			实习单位联系人
学年学期	日期	实习岗位	实习情况记录
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		
	月 日 至 月 日		

实习指导教师签字：

年 月 日

北京师范大学珠海分校本科生毕业实习报告

一、实习单位简介

二、实习岗位

三、实习内容

四、实习经历

五、实习收获和体会

实习学生签名：

年 月 日

注：此表为指导教师评定学生实习成绩依据之一，此表学院（部）留存。

北京师范大学珠海分校
教师检查指导学生实习情况记录表

实习单位名称			
指导教师单位			
指导教师姓名		指导教师职称	
检查指导方式、检查的内容、发现的问题、采取的措施、实习计划完成情况等（实习期间填写不少于 3 次）。 指导教师签名： 年 月 日 指导教师签名： 年 月 日 指导教师签名： 年 月 日			

注：本表由实习指导教师填写，于实习结束前交学院（部）保存。

北京师范大学珠海分校
XXXX 级本科生毕业实习鉴定表

实习单位名称					
实习起止日期		年 月 日 —— 年 月 日			
联系人		联系电话		指导教师	
姓名		学号		专业	
教学实习(社会调查)的主要内容和要求：					
自我鉴定(由实习学生填写)： 实习态度（诚信踏实、勤奋好学,尊敬指导教师及实习单位人员等）： 实习纪律（保证实习时间，遵守学校及实习单位的规章制度等）： 实习能力（分析、解决问题能力， 创新能力， 协作能力， 社会活动能力等 ）： 实习效果（对实习的认识体会，巩固和加深所学知识的程度，能力的提高等）：					

实习单位鉴定（实习岗位负责人填写）

实习单位(签章)

年 月 日

指导老师评语（学生实习期间的工作态度、出勤情况、实习记录、实习内容完成情况和实习报告质量等）

实习成绩评定：_____

指导教师签名：

年 月 日

注：此表学院留存。

ACM 协会和 ACM 团队方案初稿

一、背景

现状：ACM 专职指导老师两名，于文和杨永平

学生人数 13 名

投入人力和物力大

二、目的

- 1) 提升同学编程水平
- 2) 扩大同学受益面，希望能提升大部分同学的编程能力，而不仅仅是 ACM 会员
- 3) 减低指导老师个人指导严厉

三、设想

- 1) 结合 CCF CSP 认证

表 1 CSP 成绩与软件基础能力的对应关系

CSP 成绩	对应能力
400-500 分	发散性算法编程
300-400 分	复杂问题分析解决能力
200-300 分	结构组织能力，模型构建能力
100-200 分	基础语言能力，简单算法能力

ACM 参赛资格：250 分可以参赛？？

2) 激励

班级 CSP 人员通过 CSP 人数和等级作为班级评优的重要指标之一

个人通过 CSP 和等级占评分的重要指标之一

软考占评分的重要指标之一

300（或者 250 以上）分及以上可以返还考试报名费

3) ACM 指导团队【教师人员，和方向不够，多人指导知道老师如何确定】

ACM 知识点分类：~~基础算法~~，~~数据结构~~，图论，数学，计算几何

主要涉及老师程序类+数据结构+离散数学老师

算法课程内容：

递归与分治策略，动态规划，贪心算法，回溯法，分支限界法，随机化算法，线性规划与网络流

CCF CSP

(1) 程序设计基础

逻辑与数学运算，分支循环，过程调用(递归)，字符串操作，文件操作等。

(2) 数据结构

线性表（数组、队列、栈、链表）、树（堆、排序二叉树）、哈希表、集合与映射、图。

(3) 算法与算法设计策略

排序与查找，枚举，贪心策略，分治策略，递推与递归，动态规划，搜索，图论算法，计算几何，字符串算法、线段树、随机算法，近似算法等。

4) 团队自身建设

ACM 会员级别

CSP 100-200 初级

200-249 中级

250-300 高级

300- VIP 级别

会员权利：高级，VIP 级别 可以出省参加 ACM 比赛

中级，适当情况可以参加省内比赛

初级，参加 ACM 事务，获得高级会员 ACM 培训

会员责任：高级，VIP 级别 每个月分享 1-2 题【难度高】，及解题过程

中级，适当情况可以参加省内比赛，每个月分享 2-4【难度中】，及解题过程

初级，参加 ACM 事务，获得中级会员 ACM 培训，每个月分享 3-6【难度低】，及解题过程

四、问题

激励：不同专业，CSP 和软考专业地位不同

大型数据库教学改革探索

肖红玉,孙玮,杨林

(北京师范大学珠海分校信息技术学院, 519087)

摘要:针对当前《大型数据库》课程教学的现状和存在的问题,提出从优化教学内容明确教学目标、建立多维立体化教学平台和多样化的教学设计三方面开展课程教学改革。实践证明,这种教学改革是可行的,有助于明显提高课程教学质量。

关键词:大型数据库;Oracle 数据库;教学改革

Reform Exploration of Teaching in Large-scale Database System

Xiao Hongyu, Sun Wei, Yang Lin

(School of Information Technology, Beijing Normal University at Zhuhai, 519087)

Abstract: After discussing the situation and problems existing in the teaching of Large-scale Database System, this paper proposes to reform teaching in Large-scale Database System from three aspects: optimizing course contents and teaching goals, establishing multi-dimensional electronic online platform and multiply teaching forms. It proved by teaching practice that this reform is feasible and useful for enhancing the quality of teaching.

Keywords: Large-scale Database System; Oracle; teaching reform

数据库技术产生于 20 世纪 60 年代末 70 年代初,经过 40 多年的发展,数据库技术已经成为现代计算机系统的重要组成部分。尤其在当今的互联网时代、大数据时代、云时代,数据库技术已经成为计算机领域最重要的研究与应用领域之一,其应用领域占整个计算机应用的 70% 以上。与其他的产品相比 Oracle 一直占有较大的市场份额, Gartner 2011 年 RDBMS 市场份额报告显示近年 Oracle 市场份额增长到 48.8%, 占据了大型数据库的半壁江山, 因此许多高校在“大型数据库”课程的授课过程中,选择 Oracle 数据库作为讲解和演示的平台。目前部分高等院校在该课程教学过程中强调理论知识的完备性,缺乏学习的应用性和针对性,理论性强、概念抽象,教学效果差强人意,因此分析该课程目前教学过程中存在的主要问题,研究教学改革方案,就教学内容、教学方法、教学手段、教学模式等方面进行研究具有十分重要的意义。

1 大型数据库教学现状

1.1 课程内容定位不清晰

大型数据库课程要培养的是能够进行数据库设计、开发和维护的数据库管理员 (DBA)。一般情况下,数据库管理人员分为三类:软件开发型 DBA,软件维护型 DBA 和系统设计型

DBA。这 3 类人员对知识结构需求的侧重点也有所不同。后 2 类人员要求熟练掌握数据库的逻辑存储结构,物理存储结构,用户管理,安全管理,数据库备份与恢复等等。软件开发型 DBA 更多的是根据项目需要进行建模、数据库设计、建库和 PL/SQL 编程。在以往的教学过程中没有针对工作岗位进行知识点的梳理和划分,所以课堂涉及的知识点非常多,主要包括:SQL 语言基础, PL/SQL 编程入门, Oracle 逻辑存储结构和物理存储结构,备份与恢复,安全审计,单实例性能调优, RAC 调优,以及一些管理工具 GC、DG、Stream、Gold Gate 等的使用,但是由于受到课时的限制(36 理论课时+36 实验课时),每个知识点只能做到点到为止,课程定位不够清晰,教学效果欠佳。

1.2 传统的教学方法导致学生学习主动性欠缺

大型数据库课程传统的教学方式主要采用以知识点为核心的讲授方式,在这种传统的教学方法中,教师从抽象的概念出发,讲定义,讲语法,讲原理,学生被动地接受知识,缺乏和教师的互动,学生学习以被动接受为主,学生的学习兴趣 and 积极性难以被调动起来。从收集的资料来看,大型数据库的理论授课课时与实践课时的比例通常是 1:1,同时由于受到教学资源等条件的影响,理论课和实验课的授课时间和地点是分

基金项目:北京师范大学珠海分校教学改革项目(201328)

离的,理论课多使用多媒体课件授课,使用多媒体课件教学一方面减轻了教师板书的负担,增加了授课的信息量,同时好的课件也能够使教学内容更加形象化地展现出来;但另一方面,教师在授课时对课件的过分依赖也给课程的教学质量带来了一些问题,由于使用课件进行教学时,虽然加快了演示的节奏,但是师生间缺乏教与学的友好交互,学生的思维难以与老师同步,从而使教学质量下降。

1.3 缺少实时教学评价平台

到目前为止不少学校都建立了网络教学平台,并且将课程教学资源,如课程介绍、教学大纲、教学日历、教学信息、教学课件、教学材料、课程作业等信息共享到网络教学平台,在一定程度上拓展了教与学的空间,不足之处是大部分网络教学平台更多的是教师信息发布平台,虽然对教学质量和教学效果有一定的促进作用,但是跟学生的实时互动性欠缺,更重要的是无法对教学进行实时评价,教师无法从网络教学平台实时掌握学生的学习状况和效果。

2 改革与创新

数据库课程从开课开始,各高校一直在进行相应的教学改革,目前数据库课程教学改革主要以“项目驱动”、“与科研结合”等教学模式为主,重视学生为主体的项目导向、任务驱动等教学模式。通过对国内外教学模式和国内大型数据库课程教学模式的亲身体验和总结反省,本文提出从以下几个方面进行教学改革和探索。

2.1 优化教学内容,明确教学目标

Oracle 数据库体系结构复杂庞大,涉及的知识点非常多,在以往的教学过程中力求大而全,结果往往是每个知识点都没讲透,学生没学好,没学精。针对这种状况,考虑到应用型教育的学生特点,提出“小而精,小而美”的教学理念,重新优化教学内容,重点突出强化数据库设计和数据库编程开发两大块知识结构,新增课程设计及项目案例环节,考虑到课时紧张的现实情况,充分利用多维教学平台,将课程学习延伸到课外,课程课后练习、综合练习与思考和课程设计等教学内容主要布置给学生课外完成。而数据库的系统架构和性能调优等内容只做简要的介绍,优化后的教学内容和教学目标如图1所示。

2.2 建立多维立体化教学平台

为了给全校教师和学生提供教与学互动平台,为开展探究式学习、自主学习和全天候学习创造条件我校于2011年9月引进了清华大学教育技术研究所开发的网络教学综合平台。《大型数据库》课程也第一时间在网络教学平台安营扎寨,经过3年的课程建设,课程网络教学已初具规模,所有的教学内容实施要素都已发布至网络教学平台,在该教学平台可查阅的

资源如下:课程介绍、教学大纲、教学日历、电子教材、网络课件、教学案例、习题作业、实验教学、文献资料等等,同时还有辅助教学资源:作业、邮件、答疑、通知等。

不仅如此,在新一轮的教学改革中还将与甲骨文学院合作,引入 Oracle 公司的两大在线学习平台:iLearning 和 APEX。Oracle iLeaming 平台是一个在线学习、练习、测验平台,平台中包括数据库设计、数据库开发编程的所有课件和其他教学材料。每章都配有相应的在线练习题,即做即评分,对于做错的题或者是掌握不够好的内容可以反复多次练习,系统最终记录最高分。iLeaming 还有在线测验和考试功能,自动阅卷,给学生提供成绩、做错题目、需要复习的章节等反馈信息。教师可以通过 iLeaming 生成学生成绩报表,实时掌握学

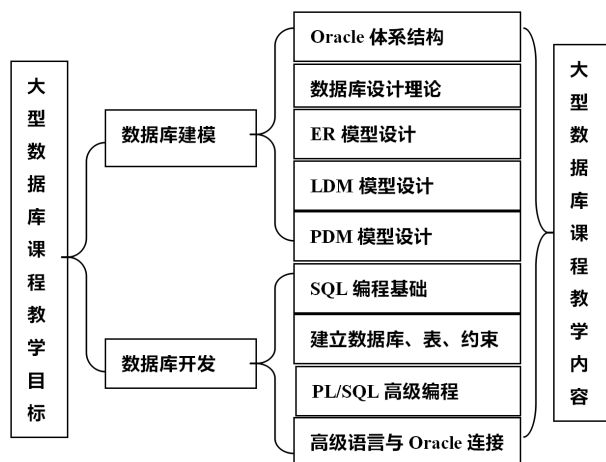


图1 教学目标和教学内容

生的学习情况。APEX (Oracle Application Express) 是一个针对 Oracle 数据库的 Web 应用程序快速开发平台。只需要一个 Web 浏览器和有限的编程经验,学生就可以开发和部署快速、安全的专业应用程序。APEX 还可以为学生提供 SQL/PLSQL 的练习环境。利用该平台,学生可以创建和管理数据库对象、执行 SQL/PLSQL 命令、构建基于 Web 的数据库应用程序。教师可以在线查看每个学生的 SQL/PLSQL 命令执行历史,了解学生的练习情况。

2.3 多样化的教学设计

经过多年的教学积累,我校大型数据库课程已形成多种教学手段相互补充,集课堂、实验、网络教学于一体的多维立体化教学模式,该教学模式具有如下特点:“课内教师教学+ 课外学生小组学习+ 竞赛协会”、“常规教学+ 实验教学+ 网络教学”、“课上多媒体教学为主/ 板书为辅+ 启发引导为主/ 讲授为辅+ 现场实验演示师生互动+ 精讲多练、循序渐进”、“开放实验室+ 教学网站”及“课后作业练习+ 课下实验练兵+ 机上考试实战+ 课外创新实践提高”。多样化教学设计如图2所示。

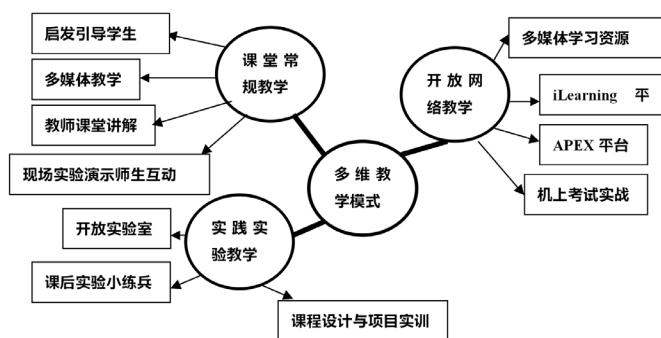


图2 多样化教学设计

3 结束语

针对《大型数据库》课程教学过程中的现状及存在的问题,本文提出从优化教学内容、明确教学目标,建立多维立体化教学平台和多样化的教学设计三方面开展课程教学改革,注重培养学生自主学习能力和创新精神、突出数据库建模和数据库

开发两大知识结构的培养,侧重学生综合能力的培养。实践证明,这种教学改革模式是可行的,有助于明显提高教学质量。

参考文献

- [1] 彭焱.《大型数据库应用技术》教学改革与探讨[J]. 软件导刊, 2012, (1): 176-177
- [2] 瞿中. 数据库教学方法改革的探索与实践[J]. 黑龙江高教研究, 2006, (2): 113-114.
- [3] 杨鑫华, 邓武, 赵慧敏, 李文. 实用型人才培养的数据库课程教学改革与实践[J]. 理工高教研究, 2008, (3): 102-104
- [4] 罗琼. 数据库应用型课程的设置与实践[J]. 科技信息, 2009(15): 36-37.
- [5] 强彦. 大型关系数据库 Oracle 教学模式的改进[J]. 计算机教育, 2010, (6): 125-127

(上接 134 页)

动介质要做好备份及标注,对于硬盘的重要数据也要通过移动介质进行备份保护。

(2)在注册表的编辑器里透过对注册表进行手动编排,可以较为灵活的体现众多隐匿驱动器图表以及控制面板等相应功能单元,以防没有通过许可的修改和操作所形成的系统瘫痪。时常下载并安装系统补丁程序,加大系统运行的安全性与可靠性。

(3)不要非法复制或者使用来路不明的软件,首次运行新软件之前,一定要对这个软件进行杀毒,对于无法确定来源的文件要进行扫描。

4.3 提升安全保护

(1)做好病毒防御措施

防御病毒要先强化计算机内部使用人员的教育,形成良好的安全上网习惯以及安全意识,不可以随意下载或者使用不明软件及文件,通过杀毒软件检测木马并将恶意软件进行清除,设置防火墙,在局域网里采用网络版杀毒软件。

(2)客户权限设置(如图2)

计算机通过口令来掌控授权访问,口令一定要具备复杂性,并且定期要对口令进行更换。不同的人员设定的访问权限也要不同,我们要对系统的一切信息进行权限控制,权限控制的最终目的是为了应用系统的一切资源、数据进行权限控制。

(3)做好黑客防御措施

先要强化系统自身的防御能力,完善防御设施,例如防火墙构成的系统对外防御的首道防线。防火墙是网络的首道防线,而且无法真正确保内部网络,一定要综合其他措施才可以提升系统的安全性。在防火墙之后是源于网络主机的操作系统安全以及物

理安全措施。

(4)数据库备份

所有数据库都要在创建之后卸除,进而供应一个装入基点。在此之后通过定期的时间周期表进行卸除。除却依照计划周期卸除数据库以外,还要在每次运行操作后进行数据库的卸除。

在数据库磁盘溢出时,强制运行 DUMP TRAN WITH NO-LOG。每次使用 Sp_dboption 可以让 select into/bulkcopy 进行迅速拷贝,或者通过 SELECT INTO 指令创建一个永恒性的表,或者通过 WRITETEXT 命令进行。卸除数据库的命令是:

```
DUMP DATABASE database_name
TO dump_device
```

Database_name 是为了卸除数据库名称, dump_device 是为了卸除设备名称,通过系统过程的 Sp_helpdevice 可以获取设备的信息。

5 结束语

对于提升计算机软件系统的维护,还需要不断进行创新,综合实践经验,更加深入的进行探索和研究。

参考文献

- [1] 熊英. 计算机软件中的插件技术[J]. 技术与市场. 2011. (08).
- [2] 孙连海. 实验室管理中的计算机技术应用研究[J]. 信息与电脑(理论版). 2012. (06).
- [3] 柳虹, 李凌波. 基于网络的多媒体教学设备中央控制及管理系统的设计与实现[J]. 实验技术与管理. 2010. (11).

在线评测教学辅助系统设计

肖红玉, 贺辉, 陈红顺

北京师范大学珠海分校 信息技术学院, 广东 珠海 519087

摘要：为满足程序设计类课程实验教学及程序设计竞赛的需要，对国内外现有的在线评测系统进行研究，以 ACM/ICPC 竞赛模式为蓝本，采用 Python、Mysql、Django 1.8、HTML5、jQuery 1.11、Bootstrap 3.5、Nginx1.8 等技术，设计并实现了基于 RabbitMQ 高级消息队列和多级安全沙盒的在线评测辅助教学系统。基于 Celery 并行分布式框架解决了系统大规模评测的并发性需求，可根据评测负载动态调整评测节点个数，系统具有高容错性，个别评测节点的意外故障不影响系统整体运行。通过 linux 用户权限机制、全虚拟化技术、Linux Container (LTX) 和 setUID 实现的多级安全沙盒，保证了评测环境的公平性和安全性。系统主要为日常实验教学代码评测而设计，共有 4 个角色，与面向竞赛的评测系统相比，增加了教学管理、作业管理、统计分析管理模块。系统已经成功应用在 C/C++/Java/数据结构等课程的日常实验教学中，运行结果表明，该辅助教学系统对促进教学质量、提升学生学习兴趣非常有帮助。

关键词： 在线评测；实验教学；教学辅助系统；沙盒

中图分类号：TP302 文献标识码：A

Design and Application of Online Judge Teaching Assistant System

XIAO Hong-yu, HE Hui, CHEN Hong-shun

(College of Information Technology, Zhuhai Campus, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

Abstract: To meet the requirement of experimental teaching and programming contest of programming courses, an online judge teaching support system was designed and implemented based on the ACM-ICPC competition model, the RabbitMQ advanced message queue and multi-level safe sandbox after analyzing the existing online judge systems. The concurrency needs of large-scale online judge were satisfied based on Celery. The number of judging nodes was automatic adjusted according to the system load, the system has high fault tolerance, and accidental failures of some nodes was tolerated. By using user permission mechanism of the Linux, full virtualization, Linux Container, setUID, the multi-level sandbox faired and secured the judging environment. The system is mainly designed for code judging experiment teaching, and has four roles. By increasing the teaching management, schoolwork management, statistics management module to meet the requirement of experimental teaching. The system has been successfully applied in C/C++/Java/data structure courses daily experiment teaching. The results show that the system is very helpful to promote the teaching quality and enhance students' learning interest.

Key words: Online Judge; Experiment Teaching; Teaching Assistant System; sandbox

C/C++/Java/数据结构等程序设计课程是高校理工类专业的核心课程，课程培养目标：培养学生掌握程序设计的思想和方法，掌握基本的程序设计过程和技巧，初步具备分析问题和利用计算机求解问题的能力^[1]。这类课程对实践开发能力、逻辑性思维要求比较高^[2]。提

收稿日期：

稿件编号：

课题编号：2014A030310415(广东省自然科学基金-博士启动);GDJY-2015-C-b048 (广东省教育研究课题);
作者简介：肖红玉(1976-)，女，江西信丰人，博士生，副教授，研究方向：分布式水文系统、软件工程；贺辉(1979-)，女，博士，副教授，研究方向：智能空间信息处理；陈红顺(1982-)，男，博士，副教授，主要研究方向：遥感与 GIS 应用、信息系统集成开发。

高学生实践开发能力最有效的方法就是重视实验教学，督促学生在课堂内外编写大量代码。在线判题系统可以实时评判学生提交的源代码，不仅大大减轻了教师的负担，对提高学生学习热情也很有帮助^[3]。ACM 国际大学生程序设计竞赛 (ACM/ICPC) 是目前全球公认水平最高影响最大的编程赛事，许多高校开发了基于 ACM/ICPC 的程序设计在线评测系统^[4-9]，孟学多^[3]等基于多核平台实现了在线判题系统；蒋辉等^[10]从满足学生实践的角度设计了在线评测系统；庄奇东等^[11]从页面和数据库缓存、服务器架构等方面讨论了在线判题系统的优化；黄洪波等^[12]讨论了大规模程序评判系统的设计与实现。但这些系统主要为 ACM 比赛服务，不适合直接用于课程实验教学。也有些高校以 ACM/ICPC Online Judge(OJ) 系统为蓝本设计了在线评测教学辅助系统^[13]。本文对现有的在线判题系统进行了研究分析，综合各系统的优点与特点，结合我校程序设计类课程实际教学需要，设计了一个面向实验教学兼顾竞赛的在线评测教学辅助系统，与面向比赛的 OJ 系统相比，教学辅助系统增加了课程管理、作业管理子系统和教学中心。此外本文设计了 4 级沙箱安全机制保证系统的安全，基于 RabbitMQ 和 Celery 设计了生产者-消费者模型的高效并发机制。

1 系统总体设计目标

基于 Linux/Windows、Python、Mysql、Django 1.8、Nginx1.8、HTML5 + jQuery 1.11 + Bootstrap 3.5 技术，以 ACM/ICPC 竞赛模式为蓝本，设计并实现在线评测教学辅助系统。系统可以对用户提交的 C/C++/Java 源代码进行编译、运行、实时评测打分并给出明确的评判结果，为老师提供了课程管理、排课管理、题库管理、作业管理、助教管理、教学资源管理等功能，是日常教学、考试、竞赛的一体化平台。学生借助该平台可以完成日常课程作业、查看用户排名、站内检索、下载教学资源等。

2 系统总体架构

系统采用多层分层架构，分为：表现层、业务逻辑层、评测模块、数据访问层。层间关系如图 1 所示。

表现层：接收用户提交的数据，并以图表的形式向用户展示请求的数据，主要用于实现与用户的交互。

业务逻辑层：包含应用于业务对象的规则，系统的业务规则在这部分编写，主要完成以下功能：完成系统业务规则和逻辑的实现，从表现层接受用户请求，根据业务规则处理请求，通过数据访问层完成与数据库的交互任务，将处理结果返回给表现层。

数据访问层：主要完成与数据库的交互即 CRUD (Create、Retrieve、Update、Delete) 操作。数据访问层为业务逻辑层提供服务，根据业务逻辑层的要求从数据库中提取数据或者修改数据。

评测模块：对学生提交的程序代码进行编译、运行。如果源代码在编译过程出现错误，直接返回 CE (Compile Error)，结束判题。编译成功，则读取预定的输入数据并运行程序，获取程序运行时间、内存和 CPU 使用情况，如果发现这些数据超出题目的设定值，则结束判题，并给出对应的提示。如果程序顺利执行，则把输出重定向到临时的输出文件中，并和预先给定的标准输出对比，两个文件的内容一模一样则判定学生提交的代码是正确的，并返回 Accept；否则返回 WA (Wrong Answer)，评测过程如图 2 所示。

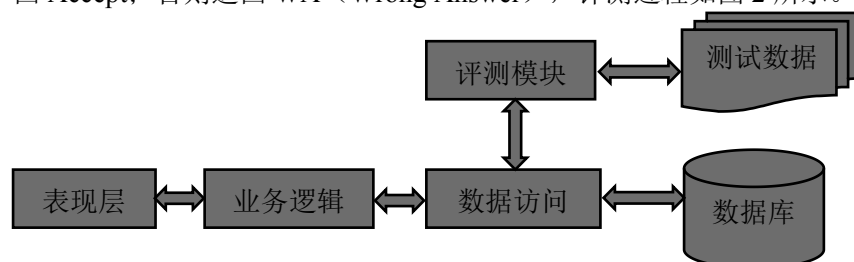


图 1 系统体系结构图

3 功能设计

系统共有管理员、老师、学生、助教 4 种角色，不同角色拥有不同的操作权限，系统功能结构框图如图 3 所示。

管理员：系统管理和权限管理子模块是管理员独享的子模块，系统管理子模块的功能包括：设置系统判题机是否启用、网站名称等初始参数设置；用户管理；网站公告管理。权限管理子模块对各用户的使用权限进行设置和管理。

教师：教师是使用系统的主体，是系统使用的引导者和督促者，拥有除系统管理子模块之外的其他所有功能子模块。

1. 题目管理子模块：该子模块的功能主要是：题目分类管理，目前系统设置了 4 级分类；题目的 CRUD（Create 增加、Retrieve 查询、Update 修改和 Delete 删除）管理，增加题目时需要输入题目标题、题目描述、输入输出描述、样例输入输出、时间和内存限制、题目提示和参考程序，其中时间限制、内存限制可以采用默认值；可以设置是否隐藏题目，被隐藏的题目只对老师可见；本人发布的题目只有自己可以修改、删除，其他老师只能查看、布置作业时选用；每道题都可以查看评测历史。

2. 测试数据管理子模块：该模块主要完成测试输入输出数据的 CRUD 操作，为了提高系统的易用性，本文还设计了自动生成测试输出数据的功能。每组测试数据可以灵活地设置分值以及是否启用。

3. 教学管理子模块：教学中心包括课程管理（创建、编辑、删除课程）、课程通知（发布、修改、删除课程通知）、教学资料（上传、删除教学资料）、排课管理（设定上课的起止教学周、上课的具体时间、生成选课码）、学生管理（批量导入上课学生名单、添加单个或多个、批量设定学生上课时间、学生调课管理）、助教管理（添加、修改、删除助教）。

4. 作业管理子模块：发布作业、修改作业、批改作业、删除作业。发布作业时首先输入作业基本信息（作业名称、最高成绩、备注、设置评测语言），接下来从题库中选择题目添加到作业中，设置每道题的分值以及是否必做，设置作业的访问权限，人工批改作业（可批量修改），作业代码打包下载。

5. 统计分析子模块：作业统计分析、个人刷题情况统计分析、全站排行榜等。

学生：学生是使用系统的另一大主体，学生的主要功能是提交代码以及各种查看功能，包括查看评测结果、题目详情、课程公告、网站公告、教学资料、作业、排行榜、统计分析结果等。

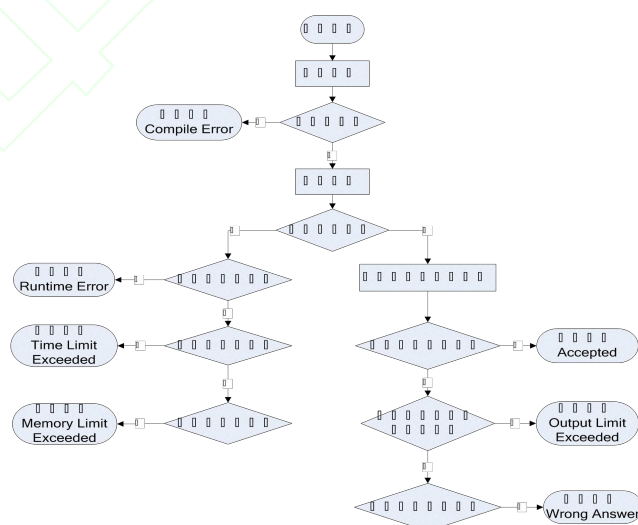


图 2 代码评测流程图

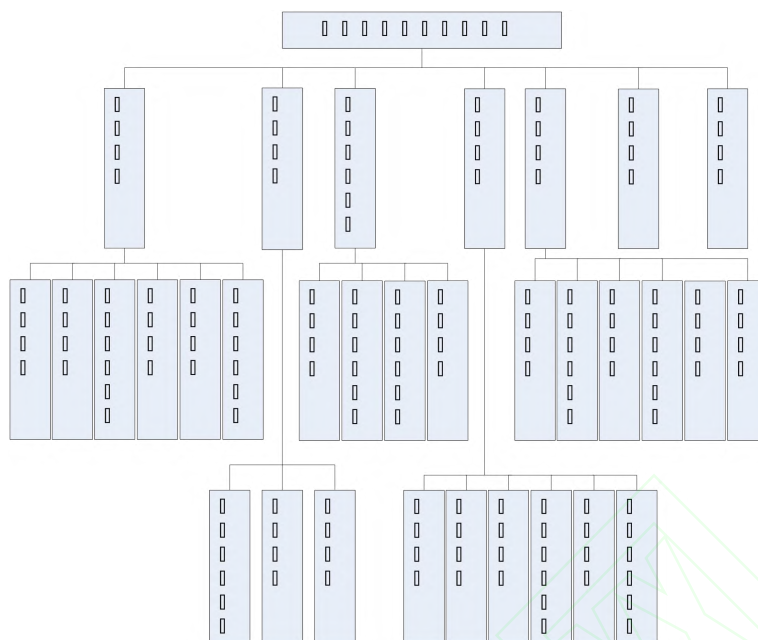


图 3 系统功能框图

4 数据库设计

采用 MySQL 数据库，系统运行过程中产生的所有数据都需要持久化保存到数据库中。根据系统功能需要，共设计了 39 张表，考虑到文章的篇幅，本文只列出了作业管理和教学管理 2 个子模块的相关表，各表含义如表 1 所示。

表 1 数据库设计

模块	表名	表的含义
作业	asgn_asgn	作业表
	asgn_asgnproblems	作业题目与设置
	asgn_asgn_problemset	作业题目集关联表
	asgn_asgnaccesscontrol	作业权限控制设置
	asgn_asgn_access_control	作业访问权限关联
	asgn_solution	作业解题情况
	asgn_solution_judge_status	作业解题情况与评测状态关联表
	asgn_asgn_judge_status	作业与评测状态关联表
	asgn_asgnvisitrequirement	调课请求表
	asgn_stureport	实验报告表
	asgn_asgn_black_list	作业访问黑名单
教学	education_course	课程表
	education_coursemessage	课程消息表
	education_edudepartment	学院信息表
	education_edumajor	专业信息表
	education_arrangement	课程排课信息
	education_arrangement_students	排课选课情况
	education_course_arrangements	课程排课关联表
	education_repository	教学资源库
	education_course_repositories	课程与教学资料关联表
	education_course_assistants	课程助教关联表

5. 安全设计

提交的程序是用户编写的，可能有危害系统安全的行为，常见的恶意为有^[12]：

- (1) 使用非法指令停止系统，如在提交的代码中嵌入 shutdown 等指令。
- (2) 试图删除系统关键文件。
- (3) 大量占用硬盘资源，在代码中反复执行写文件操作，试图消耗掉服务器的硬盘空间。
- (4) 可能耗尽服务器 CPU 资源的死循环。
- (5) 申请大量内存或线程。
- (6) 故意出错，尝试暴露检测代码。

以上恶意为不一定是故意的人为攻击，可能是用户不成熟的编程水平造成的，作为辅助教学系统，用户大部分是大一刚接触编程的学生，死循环是很常见的错误之一，对此在评测机内部对运行时间和内存占用会进行判断，如果超过了题目的预设值，则启动进程将此评测任务 kill 并释放其占用的资源。

对于资源滥用之外的不安全行为，本文提出一种多级安全 Sandbox(沙盒)的权限控制机制，Sandbox 在计算机领域主要指一个严格受控的环境，程序在该环境运行时的状态、所使用或访问的资源都受到严格的记录和控制。Sandbox 根据指令对全系统进行模拟，对程序的访问资源、执行环境按照规则赋予一定的访问权限。程序只能在 Sandbox 里面进行相关操作，限制了恶意程序的危害，每个程序在自己的受保护的 Sandbox 之中运行，不会影响到其他程序的运行，同样，这些程序的运行也不会影响操作系统的正常运行^[12,14]。本文提出的多级安全 Sandbox 机制共分 4 层，分别是 setUID Sandbox、Linux Container 容器 (LTX)、全虚拟化虚拟机和操作系统。为了保证服务器的安全，评测机不是直接运行在操作系统之上，而是运行架设在操作系统之上的全虚拟化层，一方面用户提交的 shutdown、删除文件等非法操作不会影响底层真实系统的正常运行；另一方面，全虚拟化与物理硬件和服务器操作系统隔离，为评测机提供了完整的运行环境，也便于虚拟机的无缝迁移和部署。全虚拟化带来安全保障的同时带来了服务器硬件结构和运行性能的高要求，鉴于评测机需要的系统资源不多，在生产环境中本文将服务器的计算资源划分给多个评测机实例，出于防止相互干扰、易于部署等因素的考虑，各评测机之间需要互相隔离，在考察了相关文献后，本文使用 LXC 技术实现各评测机之间的隔离。LXC 是操作系统级别的轻量级虚拟化手段^[15]，提供了在单一可控主机节点上支持多个相互隔离的服务器容器同时执行机制。LXC 提供了一个拥有自己进程的和网络空间的虚拟环境，与传统的硬件抽象层次的虚拟化技术相比，LXC 具有更小的虚拟化开销、快速部署、不用单独为内核打补丁的优势，评测机运行在各自的 LXC 环境中，互相之间相互独立互不干扰。

用户提交的源代码可能对服务器造成攻击，所以编译代码不能跟评测机放在同一个运行环境，以免源代码的缺陷影响评测机的工作。为了保证评判结果的公正和客观，所有源代码要保证运行环境和策略完全一致，所以在每个源代码被评测前，评测机需要为它准备 Sandbox 运行环境，并且该环境是可重入的。全虚拟化和操作系统级虚拟化的初始成本较高，考虑到能耗比和实际运行的需求，本文设计了基于 Linux 的 setUID Sandbox，在 Linux 中每个进程都会有 uid，不同 uid 进程之间相互隔离，各自都有自己独立的权限，互不干扰。对于不可信的程序，在启动该程序时可以为它分配一个随机 uid，基于上述原理，本文将被源代码降权为随机用户，从而实现了源代码与其他进程的相互隔离。

6 并发性设计

评测机编译和运行用户提交的源代码需要创建和销毁子进程，这个过程需要花费一定的时间，为了评判结果的公平，1 个评测机 1 次只执行 1 个评测任务，并使用单个逻辑处理器，为了加速系统的响应时间提高系统的并发性，本文采用 RabbitMQ-Celery 设计了基于生产者-消费者模型的并发机制，以满足大规模教学评测的吞吐量需求。

RabbitMQ 是基于 AMQP (Advanced Message Queuing Protocol, 高级消息队列协议) 的开源消息队列系统, RabbitMQ 可以根据消费者对消息的处理情况灵活调整消费者权重, 将消息优先分配给处理时间短的消费者, 从而实现系统的负载均衡。Celery 是基于 Python 开发的分布式任务队列, 支持使用任务队列的方式在分布的机器/进程/线程上执行任务调度, 总体架构包括 4 部分: 任务生产者、任务代理、任务消费者(评测机)和任务执行结果存储。在本文中, 生产者是与用户交互的网页前端, 消费者是评测机, 任务代理由 RabbitMQ 负责。用户提交的源程序封装成 RabbitMQ 消息, 在封装时附上相关的消息头, 如使用的编程语言、评测任务类型等。RabbitMQ 在分配消息时根据已声明的任务调度器投递给对应的评测机, 所以, 不同的评测机可支持不同的编程语言或者评测任务。从而, 在实际评测时可根据系统具体的负载情况, 动态地增减对应编程语言或评测任务的评测机, 适应系统用户规模的变化。另外, Celery 支持分布式部署和横向扩展, 可以在多个节点增加评测机的数量来增加系统的高可用性和并发性。

7 在日常教学中的实际应用

平台目前已是我院程序设计类课程(C/C++/Java/数据结构)日常实验教学的辅助平台, 平台访问地址 <https://oj.bnuz.edu.cn/>, 已建设实验题库 5 个: C 程序设计、数据结构、Java 程序设计、C++程序设计、ACM 日常训练。图 4 是某题(题号是 1275)的评测统计情况截图。目前, 系统平均在线活跃用户数约 2000, 已成功完成评测任务几十万次, 这些数字还将随着系统的持续运行不停增长。

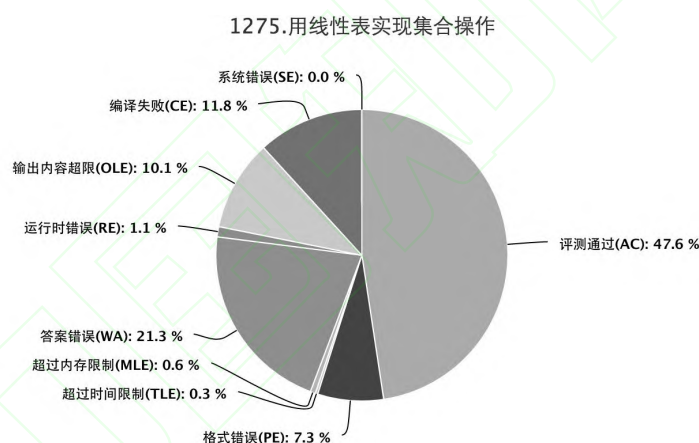


图 4 平台实际应用情况部分截图

8 结束语

本文以 ACM/ICPC 在线评测系统为蓝本, 设计了程序设计实验教学在线评测辅助系统, 系统对学生提交的程序源代码实时评测, 具有人工评判所无法比拟的优点, 系统有别于传统意义上面向比赛的 OJ (Online Judge, 在线评测) 系统, 拥有更适合课程教学的教学中心和作业管理子系统, 对程序设计类课程如 C/C++/Java/数据结构等的实验教学起到了很好的辅助作用, 有效地提升了教学质量。本文设计的基于 setUID、LXC、全虚拟化、linux 操作系统权限机制的多级沙箱模型, 不但可以隔离非受信的源代码, 并且降低了维护成本, 兼顾了系统运行效率。为了适应大规模并发评测的需求, 本文设计了基于 RabbitMQ-Celery 的生产者-消费者并发机制, 在实际评测时系统可自动调整评测机的数量以适应不同规模的教学需求。系统已成为我院程序设计课程辅助教学的有利工具, 对提高教学质量、提升学生学习兴趣很有帮助。

参考文献:

[1]何钦铭, 颜 晖, 苏小红, 等. “程序设计基础”课程教学实施方案[J]. 中国大学教学, 2010(5): 62-65.

- [2]葛文庚, 蔺莉. 程序设计基础课程教学模式研究与设计[J]. 电子设计工程, 2012 (20): 44-46.
- [3] 孟学多, 俞雪永, 颜 晖. 基于多核的在线判题系统的设计与研究[J]. 计算机时代, 2011 (7): 7-9.
- [4] 韩建平, 刘春英, 胡维华. “课内外贯穿, 竞赛教学融合”的程序设计教学模式[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33 (6): 169-176.
- [5] 刘 楠, 孙国道, 田贤忠. ACM 在线评判系统设计与实现[J]. 计算机时代, 2012, (2): 34-35.
- [6]谢 迪, 李文新, 郭 炜. “百练”:一个程序设计技能训练与水平测试平台[J]. 合肥工业大学学报(社会科学版), 2008, 22(4): 172-175.
- [7]张浩斌. 基于开放式云平台的开源在线评测系统设计与实现[J]. 计算机科学, 2012, 39 (11A): 339-343.
- [8]曾棕根. 源程序在线评测系统技术改进[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47 (4): 68-71.
- [9]车明洙, 纪洪波.一种基于 ACM 程序设计竞赛在线评测系统解决方案[J].微型机与应用, 2010 (4): 11-13.
- [10]蒋辉, 汪大菊. 在线评测系统的设计与实现[J]. 计算机与现代化,2012,198(2): 111-115.
- [11]庄奇东, 王键闻, 张楠, 等. Online Judge 系统的优化[J]. 计算机系统应用, 2012, 20 (8): 115-121.
- [12]黄洪波, 宋鸿陟, 彭红星, 等. 大规模程序评判系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2016,37(3):825-831.
- [13]韩君泽,钟美,刘东升. 程序设计在线评测辅助教学系统的设计与实现[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2010, 39 (5): 473-476
- [14] 陈丹伟, 唐平, 周书桃. 基于沙盒技术的恶意程序检测模型[J]. 计算机科学, 2012, 39 (6A): 12-14.
- [15]吴佳杰. 基于 LXC 的 Andriod 系统虚拟化关键技术设计与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.

分享经济下基于知识管理的课程教学实践探索

来自万方

收藏

引用

批量引用

报错

分享

作者

孙玮, 杨林, 王非, 肖红玉

摘要

互联网加速了我们从工业经济到知识经济到分享经济的转变。高校承担着培养适应新时代人才的重任。知识的急剧膨胀与迅速传播下,通过知识分享产生知识创新是一种重要的能力,也是一种有效的创新途径。我们可以借鉴企业成熟的知识管理实践经验,构建一个教学知识管理支撑平台,并在专业课程“教”与“学”的过程中带领学生实践课程的知识管理,覆盖知识的获取、记录、展示、分享和创新等环节,一方面通过分享和协作逐渐建立学生的个人知识库和课程知识库;另一方面帮助学生逐渐养成协同学习和终生学习的行为习惯;最终为知识创新提供更多

出版源

《课程教育研究:新教师教学》, 2016 (18)

被引量

0

全部来源

求助全文

田

万方

相似文献

PBL教学法在《物流管理学》课程中的应用——基于知识管理的视角

李巍巍, 刘庆华, 宋斌 - 《北方经贸》

被引量: 1

2012

基于知识管理的高校数字化教学资源库建设机理研究——以百色学院数字化教学资源库建设为例

林广波 - 《现代经济信息》

被引量: 0

2016

研究点分析

分享经济

知识管理

案例教学

创新型人才培养

管理课程

案例教学法

文献可以批量引用啦~
欢迎点我试用!

激活 Windows

转到“设置”以激活 Windows。

中华人民共和国国家版权局

计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第1230454号

软件名称： SIM模块机器视觉检测系统
V1.0

著作权人： 北京师范大学珠海分校

开发完成日期： 2015年07月15日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2016SR051837

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 00987273



中华人民共和国国家版权局

计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第2041654号

软件名称： 基于Android平台的增强现实校园地图导航软件
V1.0

著作权人： 北京师范大学珠海分校

开发完成日期： 2017年05月20日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2017SR456370

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 01904113



中华人民共和国国家版权局 计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第0848561号

软件名称： 基于Kinect的跑步机游戏软件
V1.0

著作权人： 北京师范大学珠海分校

开发完成日期： 2014年07月15日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2014SR179325

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 00585704



35

中华人民共和国国家版权局

计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第1489933号

软件名称： WeJudge程序设计在线评测辅助教学系统
[简称： WeJudge]
V1.0

著作权人： 北京师范大学珠海分校

开发完成日期： 2016年03月01日

首次发表日期： 2016年03月01日

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2016SR311316

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 01295286



Research and Application of Running Action Sequence Recognition Algorithms Based on Kinect

Jing Huang*, Wen Yu, Mengxue Si and Wei Lv
School of Information Technology, Beijing Normal University, Zhuhai

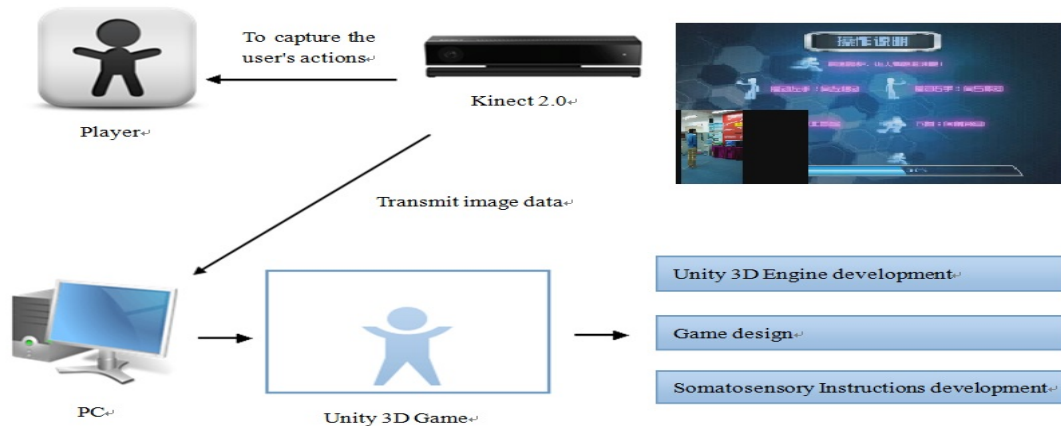


Figure 1: System components.

Abstract

In order to obtain better analysis of human characteristics thus human-computer interaction, recognition algorithms based on skeletal binding of running, waving, jumping and crouching were presented in this paper. It was based on characteristics analysis of human motion and threshold setting. The human skeleton data obtained from Kinect sensors can be used to bind the human skeleton with its corresponding computer model. The algorithms were also applied in a new developed treadmill system based on Kinect. Interactive running (fitness entertainment sports) was implemented with this system based on recognition of human actions. The experimental data shows the effectiveness of the running sequences recognition algorithm based on skeleton binding, with a recognition accuracy up to 92% which can fully meet the requirements of somatosensory game functions. The research results can be potentially used for other human-computer interaction application areas.

Keywords: Kinect Depth Sensor, Action Recognition, Skeletal Binding, Treadmill System

Concepts: • Computing methodologies ~ Applied computing; Computer games;

*e-mail: huangjing@139.com.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Permissions@acm.org
3rd Asia-Europe Sym. on Simulation & Serious Game, December 03-04, 2016, Zhuhai, China

© 2016 ACM. ISBN 978-1-4503-4693-1/16/12\$15.00

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3014033.3014034>

1 Introduction

With the rapid development of Virtual Reality (VR) technology [Suma et al. 2012], human-computer interaction is playing an increasingly important role. In particular, human action recognition has become one of the central topics with various applications in video surveillance [Lopez et al. 2006], intelligent human-computer interaction [Kjellstr and Romero 2011] and so on.

The effort on human action recognition can be tracked back in early 1990s [Xu and Cao2009]. The last 10 years saw rapid and important development in the field [Gong et al. 2014; Alexandros and Francisco. 2014; Song et al. 2014]. Traditionally, human action recognition was based mainly on the database of behaviors in color videos. For example, Wang et al. [2003] detected and tracked moving objects to extract their action features thus identify the actions. They developed relevant algorithms by means of extracting each frame of the video image. Traditional approaches may be affected by external factors, such as light, and location, which can be data crunching especially when using high-resolution images and a large number of complex mathematical algorithms [Hoey and Little 2007] were developed with poor practicality and low efficiency.

Kinect Depth Sensor can provide the third dimension depth data. Hence, external disturbances by using the traditional color cameras can be avoided and accurate traces of human body within the field of vision can be achieved. When people make different movements, the relevant joints and skeletons have different positions and angles. Therefore, the use of Kinect can provide a direct and stable method to realize the recognition of human movements. Tian et al [2014] first proposed using Kinect to obtain the skeleton points for the purpose to identify human motion. Their solution was not designed and thus not suitable for running application.

This paper establishes an action feature model of articulation points. An identification algorithm is proposed for running sequence recognition using Kinect data for human bones and action feature. It is designed for the running game using a new

Treadmill system [Jäger et al. 2008]. The idea is to make running interesting and entertaining in addition to its fitness function.

2 Action Recognition Algorithm for Skeleton Binding

Complex human body movements lead to many postures during exercise. This paper aims at the analysis of four basic movements of runners, namely running in place, waving, jumping and crouching. Some key data on human skeletons is extracted. By analyzing the key data, running action can be simplified to the movement of skeletons. In this paper, a series of innovative action recognition algorithms on skeleton binding is proposed so that running movement identification can be turned into reality.

2.1 Extraction of human skeleton

The extraction of human skeleton data is conducted by using somatosensory interactive devices of Microsoft Kinect [Fabian 2014] (Figure 2). Kinect SDK 2.0 [Diez and Melgar 2012; CMU 2015] provides 20 data on key points of skeleton. The names and places of the key articulation points are shown in Figure 3.



Figure 2: Kinect 2.0

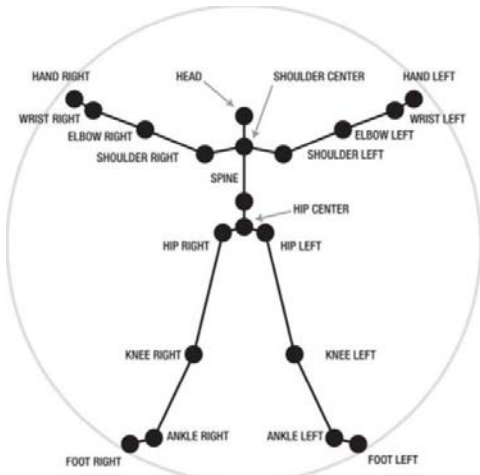


Figure 3: Kinect provides 20 data on key points of skeleton

The three-dimensional space coordinate system defined by Kinect is shown in Figure 4. In terms of Kinect, the direction perpendicular to the horizon is defined as the Z axis, the height of the horizon is defined as Y axis and the width of the horizon is defined as X axis. Coordinates of human skeleton nodes are based on this coordinate system. Because of the differences of the postures for different people and the change of their positions related to Kinect, the extracted bone node data for each person is quite different. The Unity plugin of Kinect developed by Carnegie Mellon University [CMU 2015] can bind the human being's

skeleton recognized by Kinect into the same running model in the computer. Hence, the differences can be ignored. Figure 5 shows the binding of different skeletons into the same model in the computer in the different times.

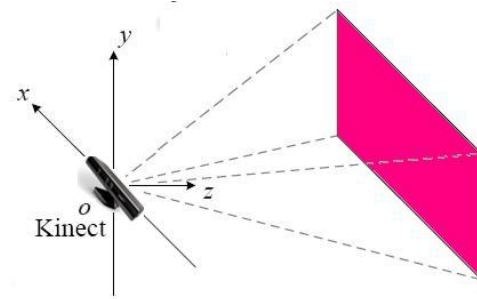


Figure 4: The space coordinate system

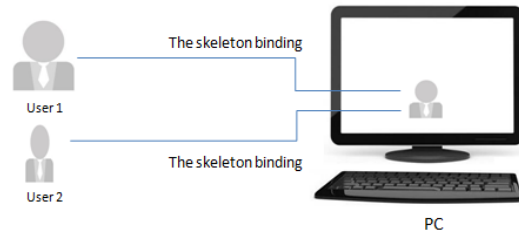


Figure 5: Different types of users binding to the same model

2.2 Identification of running in place

The action of running in place is identified by the relative positions of knee bone nodes, as shown in Figure 6a). Suppose that the depth value z related to the camera of Kinect remains is stable when people are running in place. Only the change of height value y needs to be considered. The coordinates of key articulation points of two knees are $KneeLeft(x, y, z)$ and $KneeRight(x, y, z)$, respectively. When the $KneeLeft.y$ is greater than $KneeRight.y$, the left leg lifting is triggered. Otherwise, the right leg lifting is triggered.

The movement of running in place can be decomposed into the sequence of right knee lifting and left knee lifting, one following another. Figure 7a) shows the process used to determine the movement. Since the image data obtained from Kinect is in motion, the data of a skeleton node obtained is prone to shaking. In order to improve the identification rate, some threshold parameters for fluctuations of knees are added, which can be adjusted for different Kinect sensors. Some machine learning methods are used in the selection of the thresholds. The threshold is set as the scope for two knees' swinging up and down. When the difference between two knees in Y coordinate is greater than the given threshold, running actions are perceived. The speed can be calculated by the frequency of the rotation of two knees.

2.3 Identification of waving

As shown in Figure 6 b), the forearm is lifted upward and forms a vector when waving. The distance in the x -axis between $ShoulderRight(x, y, z)$, the articulation point of right shoulder, and $WristRight(x, y, z)$, the articulation point of the right wrist, and the

distance in the x -axis between $ShoulderRight(x, y, z)$, the articulation point of the right the shoulder, and $ElbowRight(x, y, z)$, the articulation point of the right elbow, are used to judge the action.

The distance between the articulation point of the shoulder and that of the wrist should be greater than the distance between the articulation point of the shoulder and that of the elbow when the

waving action is made. The Y coordinates for all articulation points of the arm should be within a given range of the threshold. Therefore, once the differences of the distance between the shoulder, the elbow and the wrist are calculated, the action of waving can be determined. The differences of distance between articulation points can be calculated using Equation (1) and (2).

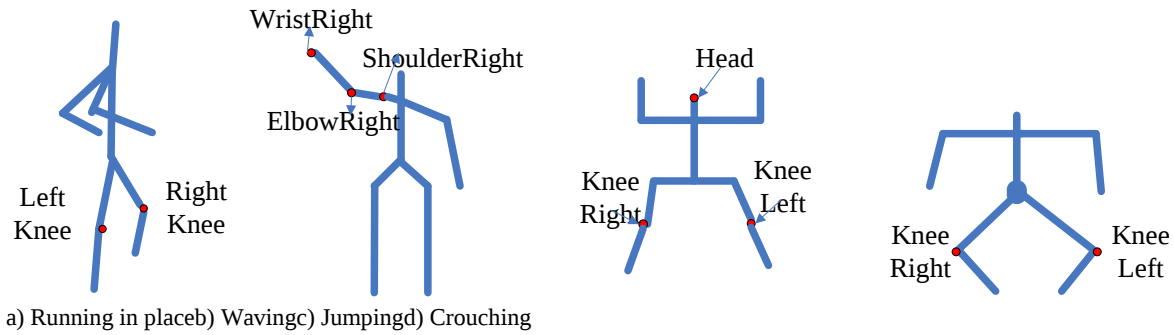


Figure 6:Running action sequence frame diagram

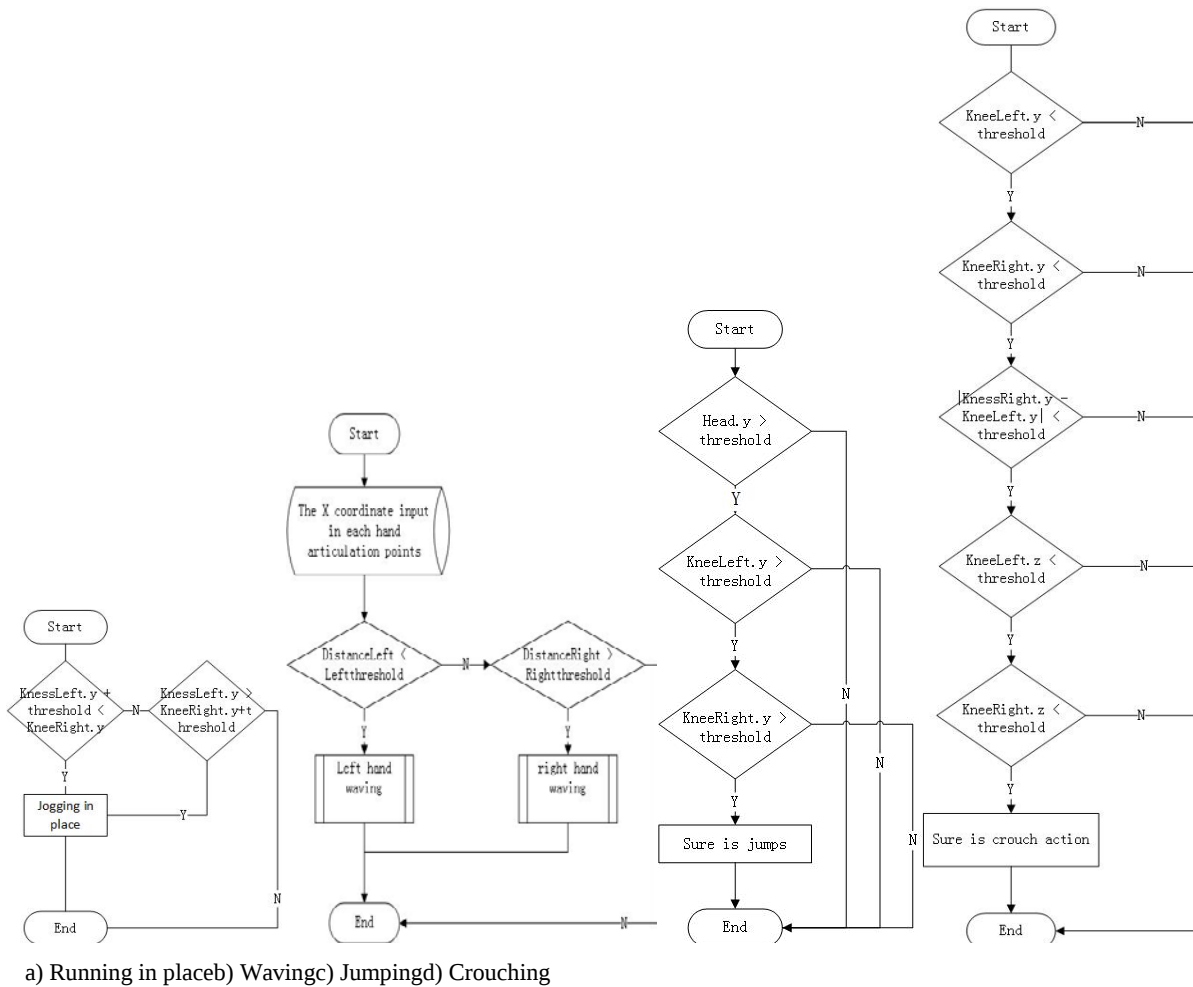


Figure 7:Running action sequence frame diagram

The difference of the distances for the right arm when waving the right hand is

$$\begin{aligned} Dis\ tan\ ceRight &= |WristRight.x - ShoulderRight.x| \\ &- |ElbowRight.x - ShoulderRight.x| \end{aligned} \quad (1)$$

Similarly, the difference of distances for the left arm when waving the left hand is:

$$\begin{aligned} Dis\ tan\ ceLeft &= |WristLeft.x - ShoulderLeft.x| \\ &- |ElbowLeft.x - ShoulderLeft.x| \end{aligned} \quad (2)$$

The flow chart to determine a waving action can be seen in Figure 7b). Only the inputs of x axis coordinates for wrists, arms and shoulders will be sufficient for the next step.

2.4 Identification of jumping

Jumping features the derivation of both of legs from the original position, causing the entire human skeleton moving up. The jumping action can be identified by observing whether the three coordinate positions, the head articulation point, $Head.y$, the left knee articulation point, $KneeLeft.y$, and the right knee articulation point, $KneeRight.y$, deviate from the original position to move up. Fig. 6c) shows the skeleton position of one's jumping. Fig. 7c) indicates the process of determining whether the jumping action is involved.

2.5 Identification of crouching

Crouching aims to avoid high-arched obstacles in running. When the crouching action occurs, both knees go down and deviate from the original position, almost keeping in the same level so that Y coordinates of both knees, $KneeRight$ and $KneeLeft$ remain almost at the same level. The knees go forward, which means that Z coordinates of $KneeRight$ and $KneeLeft$ become less, so crouching can be judged through the Y and Z coordinates which are smaller than the pre-defined threshold values. Figure 6d) shows the skeleton position of crouching and Figure 7d) gives the identification process.

3 System Design

3.1 System components

The above action recognition algorithm, as shown in Figure 7, is used to develop a Kinect-based treadmill system. Kinect somatosensory equipment is designed to obtain a variety of movements in running. PC computers are prepared for the software system within a treadmill to achieve the simulation of movements, the change of running scenes and the interaction with games. Human being's movements are identified through Kinect and our human action recognition algorithm.

These movements are the inputs of the game software in treadmill that are developed based on Unity of PC for further binding. Then all the data will be transferred to three-dimensional human body model in scene to control the running entertainment system.

The system includes Unity3D game engine, Maya3D modeling software, 3Dmax modeling software, Photoshop graphics software, scripting tool Visio Studio. The programming language

C# is used to develop the system. The development process of the entire system is shown in Figure 8.

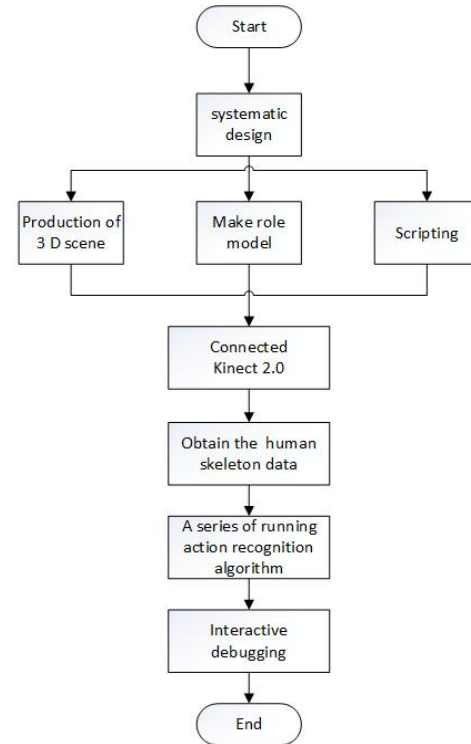


Figure 8: The flow chart of system development

3.1 Game design

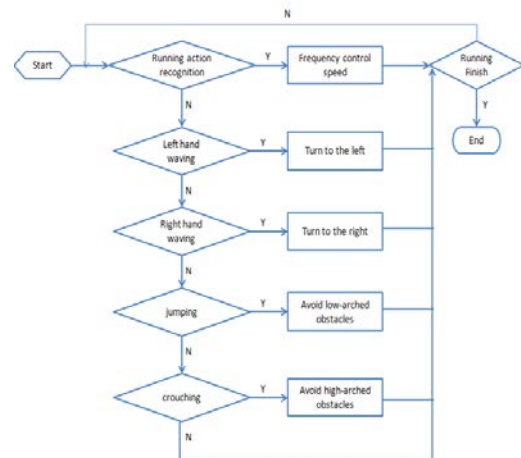


Figure 9: The flow chart of treadmill exercise judgment

This paper also lies on the study of recently proposed motion capture technology [Schmitz et al. 2014] and combines some popular Parkour games to invent a "Parkour Runner" game in the treadmill, which has an advantage in operations in running through Kinect camera system. When playing the game, players can wave their hands to control their roles by changing lanes.

They can also avoid low obstacles and high arch shaped obstacles by jumping and crouching. Needless to say, this design brings much fun in running. The process of the treadmill is shown in Figure 9.

4 User Experience and Analysis

Figure 10 shows the pictures of playing scene and testing scene of running in place by using our system, which is based on Kinect. In the experiment, a user should be in front of the Kinect, 2 meters away, running in place.

In the experiment, a user should face the camera and do a variety of specified movements. By using waving, running, jumping and crouching actions recognized by our algorithm, 100 sets of data

were randomly selected under ideal conditions (a single color background, slow changes of the background and stable lights) and harsh conditions (a multi-color background, fast changes of the background or dark light). Tables 1 and 2 show the results of above 4 actions under ideal conditions and harsh conditions, with the number of nodes related to the human skeleton.

The data from Table 1 and Table 2 indicate that there is no too much difference between the identification under ideal conditions and that under harsh conditions. Nevertheless, the identification algorithms for different movements and the complexity of actions to be identified exerts great impact on the identification rate. The rate under ideal conditions is slightly lower than that under harsh conditions.



a) The game scene b) User testing
Figure 10: Game screen and user test environment

Table 1: Test Result under ideal conditions

	waving	running	jumping	crouching
Sample point	100	100	100	100
Number of nodes defined	3	2	3	2
Identification number	90	92	87	85
Error identification number	10	8	13	15
Recognition number of rejection	0	0	0	0
Success ratio	90%	92%	87%	85%

Table 2: Test Result under harsh conditions

	waving	running	jumping	crouching
Sample point	100	100	100	100
Number of nodes defined	3	2	3	2
Identification number	88	90	82	80
Error identification number	12	10	18	20
Recognition number of rejection	0	0	0	0
Success ratio	88%	90%	82%	80%

5 Conclusions

This paper proposes an action recognition algorithm of running sequence on skeleton binding through human motion characteristics analysis. The algorithm can effectively identify a variety of postures in motion, including running in place, waving, jumping and crouching. Besides, the algorithm is also applied to develop a new interactive virtual treadmill system with the help of Microsoft's Kinect somatosensory equipment which mainly involves in technologies in Kinect picture capture, human skeleton acquisition, and movement capture, the binding of three-dimensional model of human movement, Unity and Kinect data communication and human-computer interaction.

The system has made running no longer boring, gotten rid of bulky hardware devices in the traditional treadmill so that users can bury in running and games naturally through Kinect and computer simulations. This has realized the intended target which targets at further improvements in entertainment and experience conducive to promote in the market.

The work is done in a research project which however has a commercialization potential. There are still rooms to improve with the system developed. One of the future work will be extended the work for rehabilitation and virtual surgery uses.

(1) The algorithm is simple yet effective being able to capture the sequence points or the articulation joints of the moving human skeleton;

(2) The experiment shows promising results to meet the needs of Treadmill based running application and at the same time enhance the fun elements of running using the system.

Acknowledgements

This work was financially supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 61272364), Natural Science Foundation of Guangdong Province, China (Grant No. 2016A030313384) and Zhuhai Public Technology Service Platform of Science and Technology Project (Grant No. 2013D0501990014).

References

ALEXANDROS, A. C. AND FRANCISCO, F. 2014. Optimizing human action recognition based on a cooperative coevolutionary algorithm. *Engineering Applications of Artificial Intelligence: The International Journal of Intelligent Real-Time Automation*, 31.

CMU 2015. Microsoft Kinect - Microsoft SDK.
http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK#Bringing_the_Kinect_SDK_in_to_Unity.
 Retrieved on September 9, 2016.

DIEZ, C. C. AND MELGAR, E. R. 2012. *Arduino and Kinect Projects Design*. Apress L. P. 2012

FABIAN, J. 2014. Integrating the Microsoft Kinect with Simulink: Real-Time Object Tracking Example. *IEEE/ASME*

Transactions on Mechatronics, 19(1):249-257

GONG, D., MEDIONI, G. AND ZHAO, X. 2014. Structured Time Series Analysis for Human Action Segmentation and Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36(7).

HOEY, JESSE, AND LITTLE, J. J. 2007. Value-Directed Human Behavior Analysis from Video Using Partially Observable Markov Decision Processes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence* 29.7(2007):1118-1132.

JÄGER, M., KNOLL, C., AND HAMPRECHT, F. A. 2008. Weakly supervised learning of a classifier for unusual event detection. *IEEE Transactions on Image Processing: A Publication of the IEEE Signal Processing Society*, 17(9), 1700-8.

KJELLSTR, M. H., AND ROMERO J. K. D. 2011. Visual Object-Action Recognition: Inferring Object Affordances from Human Demonstration. *Computer Vision and Image Understanding*, 115(1): 81–90.

LOPEZ, M. T., FERNANDEZ-CABALLERO, A. AND FERNANDEZ, M. A. 2006. Visual Surveillance by Dynamic Visual Attention Method. *Pattern Recognition*, 39(11): 2194–2211

SCHMITZ, A., YE, M., SHAPIRO, R., YANG, R. AND NOEHREN, B. 2014. Accuracy and repeatability of joint angles measured using a single camera marker less motion capture system. *Journal of Biomechanics*, 2014, 47(2).

SONG, Y., TANG, J., LIU, F. AND YAN, S. 2014. Retinex image processing: Improved fidelity to direct visual observation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 24(6).

SUMA, E. A., KRUM, D. M. AND LANGE, B. 2012. Adapting User Interfaces for Gestural Interaction with the Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit. *Computers & Graphics*, 37(3): 193–201.

TIAN G., YIN, J., HAN X. AND YU J. 2014. A Novel Human Activity Recognition Method Using Joint Points Information. *Robot* 2014, 03: 285-292.

WANG L., TAN T., NING, H. AND HU W. 2003. Silhouette analysis-based gait recognition for human identification. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25(12):1505-1518.

XU G. AND CAO Y. 2009. Action Recognition and Activity Understanding: A Review. *Journal of Image and Graphics*, 2009, 14(2).

SIM 模块质量分析系统^①

黄 静¹, 司梦雪², 杨 戈¹, 贺 辉¹, 周 鹏¹

¹(北京师范大学珠海分校 信息与技术学院, 珠海 519087)

²(北京师范大学研究生院 珠海分院, 珠海 519087)

摘 要: 针对智能卡片生产制造过程中的质量检测问题, 提出一种基于 SIM 的质量的在线视觉检测方案, 通过对采集图像光源设计、模块定位以及检测算法的研究, 利用图像处理技术中的边缘检测、特征提取、开闭运算和对象识别等关键技术, 将打光方案和算法设计相结合, 实现了一种利用几何特征匹配的定位算法, 用以检测模块中是否有芯片、是否有污物、生锈、条带严重弯曲、花纹断裂、折痕、背面硅胶偏移、硅胶偏厚、报废模块背面硅胶异常凸出、模块条带的定位孔破损等问题. 测试结果表明, 该系统有效的实现了对 SIM 卡的质量检测.

关键词: SIM 模块; 机器视觉; 在线检测; 硅胶质量; 图像处理

Analysis System of SIM Module Quality

HUANG Jing¹, SI Meng-Xue², YANG Ge¹, HE Hui¹, ZHOU Peng¹

¹(Department of Information Technology, Beijing Normal University (Zhuhai), Zhuhai 519087, China)

²(Zhuhai Branch, Graduate School of Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

Abstract: To resolve the problem of quality detection in the manufacturing process of smart card, an on-line visual inspection scheme based on SIM is proposed. We present a localization algorithm based on geometric feature matching combining the lighting scheme and algorithm design. It is implemented through the design of image's light source collection and research of the positioning and detection algorithm of module. Some key technologies, such as edge detection, feature extraction, opening and closing operation and object recognition are used in this algorithm too. It is useful for detecting if there is the chips, and other problems like dirt, rusts, banding severe bending fracture, decorative pattern, crease, silica gel on the back of migration, silica gel thick, scrapped modules silicone abnormal bulge, module stripe location hole on the back of damage, et al. Test results show that the system is an effective implementation of the quality detection of SIM card.

Key words: SIM module; machine vision; online detection; silicone quality; image processing

SIM 卡(Subscriber Identity Module)是保存移动电话服务, 用于客户身份识别的智能卡. 目前, 随着互联网时代的蓬勃发展, 手机得到普遍的应用, SIM 卡的作用也日益突出. 每一张智能卡在封装启用之前都需要对其质量进行测试, 因而对其检测的要求越来越严格. 目前, 在我国企业主要依靠人眼检测, 工作量大、生产效率低、成本高. 因此, 迫切需要寻找高效、快

速的检测手段^[1].

基于机器视觉的检测中, 国外主要在工农业检测领域中取得了广泛应用^[2-5], 国内, 吴舜娟等人主要对智能卡性能检测的方法做了深入的研究, 提出了智能卡在各种环境下的检测方法^[6]. 胡科杰, 刘强对智能卡生产过程中焊点位置的检测提出了一套基于焊点距芯片边缘距离的自动测量系统^[7]. 程秀芹等针对

① 基金项目: 国家自然科学基金(61272364); 珠海科技计划(2012D0501990006); 广东省学科建设专项资金(2013WYXM0122); 广东省大学生创新创业训练计划(201413177035, 201513177028); 珠海市哲学社科“十二五规划”(2015YB016)

收稿时间: 2016-04-14; 收到修改稿时间: 2016-05-19 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005526]

ISO7816 智能卡电气特性和逻辑特性检测的原理设计了一款新型的智能卡检测仪器,主要应用于智能卡生产线的微电流及逻辑特性参数的测试^[8]。这些研究成果对于智能卡的检测提供了一定的程度的帮助。

然而,在我国目前还没有研发出一套关于 SIM 卡表面缺陷检测的成熟系统。台湾力丞仪器科技有限公司曾研制出一款设备,但其检测的内容只有划痕和污点,内容少,达不到对 SIM 卡质量控制的要求。

本文针对 SIM 卡质量检测问题进行了研究,提出了一种完整的检测方案,与其他传统的质量检测系统相比,本系统使用的非接触式的机器视觉检测,分析了 SIM 模块表面缺陷成像的难点,克服了由于 SIM 模块体积小、花纹精细、表面缺陷复杂等特点造成的定位不准确且速度低的困难,大大的提高了检测速率和精度,降低了生产成本,并改进了过程控制。

1 SIM模块检测系统整体设计

1.1 平台架构

SIM 卡视觉检测系统由工控机、芯片读写器、扫描相机、视觉软件、控制软件和 I/O 控制卡等元器件组成,其中系统的图像采集模块由照明光源、图像传感器和 1394 接口卡等元器件共同组成。

1.2 打光方案设计

SIM 卡正面为金属贴片模块,背面为半透明和反光的硅胶模块。根据此特征,对其正反面分别进行打光设计,正面采用同轴光源,触点在图像中表现为亮区;背面采用低角度环形光源,硅胶在图像中表现为环形暗区。

1.3 系统检测方案设计

该系统如图 1 所示,由 SIM 模块生产流水线 1,同轴光源 2,低角度环形光源 3,照相机 4、5 和计算机图像处理系统 6 组成。系统将 SIM 模块检测设计成一种在线模式,并采用光源对所述 SIM 模块的正面和背面进行照射,当模块条带进给到工作位置,触发两个相机分别抓图,并采集所述 SIM 模块的正面图像和背面图像,送入计算机进行处理,处理时分别对正面图像和背面图像进行不同的图像处理和分析工作,最终得出检测结论。

2 各个模块详细设计

SIM 模块的检测要求为:正面模块上是否有污

物、生锈、条带严重弯曲、花纹断裂、折痕;背面模块中硅胶是否偏移、偏厚、异常凸出,是否有芯片,芯片位置是否发生偏移、模块条带的定位孔是否破损等。

图 2 中分别展示了 SIM 模块的正面图像和 SIM 模块的背面图像。

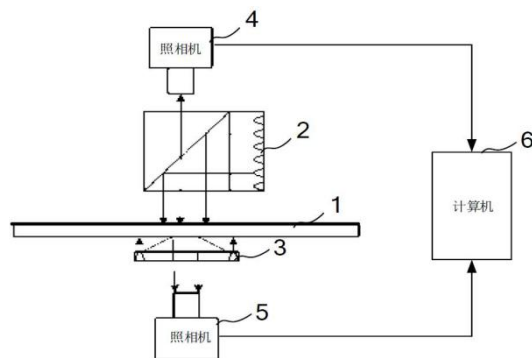
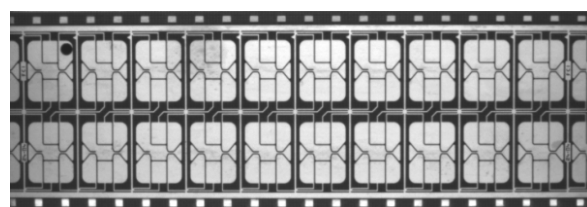
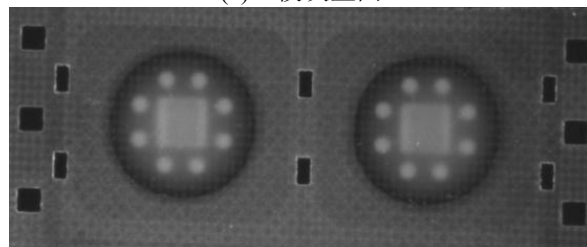


图 1 打光方案设计实体检测设备示意图



(a) 模块正面



(b) 模块背面

图 2 SIM 卡正反面图像

2.1 SIM 卡正面检测方法设计

2.1.1 正面模块定位算法

由于 SIM 卡正面模块触点为固定的几何花纹图案,因此本文采取基于几何特征的匹配算法,优先选择 Canny 算子边缘检测算法^[9]提取图像边缘,把其中的交叉点和线作为特征,再由相关特征进行模块定位,具体步骤如下,流程图如图 3 所示。

(1) 选取二维高斯滤波模板,通过模板对图像进行平滑,以便抑制噪声;其中高斯函数:

$$G(x, y) = \sum_{x=-m}^{x+m} \sum_{y=-m}^{y+m} \exp \left| -\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right|$$

$m = \frac{n-1}{2}$, n 表示高斯滤波器窗口的大小。

(2) 用梯度算子求两个方向的偏导数, 计算梯度的大小和方向; 使用微分算子求出偏导数:

$$G_x = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, G_y = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\text{梯度大小 } |B| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}, \theta = \arctan \frac{B_y}{B_x}.$$

(3) 边缘点由在梯度方向上的梯度局部极大值来确定, 其它非局部极大值的点置 0 (此过程称为“非极大值抑制”);

(4) 确定两个阈值 T_1, T_2 ($T_1 < T_2$), 梯度局部极大值大于 T_2 的点称为强边缘点, 局部极大值大于 T_1 , 而小于 T_2 的点称为弱边缘点. 最后将强边缘点和那些能连通(8 连通)到强边缘的弱边缘点合并, (舍去那些不能连通到强边缘的弱边缘点), 形成图像的边缘点。

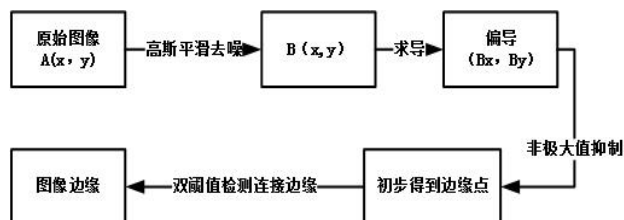


图 3 Canny 算子边缘检测算法流程图

在采集所述 SIM 模块的正面图像后, 首先对图像进行去噪处理, 通过提取图像的边缘来进行阈值分割, 然后, 选择基于灰度图像的角点检测方法^[10]来获取特征值, 本文选取 Harris 算子来进行特征值的提取. 具体实现步骤如下:

(1) 利用水平、竖直差分算子对图像 $I(x, y)$ 每个像素进行滤波以求得 I_x, I_y , 进而求得 M 中四个元素的值:

$$M(x, y) = \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

$$I_x^2 = I_x * I_x, I_y^2 = I_y * I_y, I_{xy} = I_x * I_y$$

(2) 对 M 的四个元素进行高斯平滑滤波, 得到新的 M . 离散二维零均值高斯函数为:

$$Gauss = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

(3) 利用 m 计算对应于每个像素的 Harris 响应值 R , 并对小于某一阈值 t 的 R 置为 0.

$$R = \frac{I_x^2 * I_y^2 - (I_x I_y)^2}{I_x^2 + I_y^2} = \left\{ R : \det M - \alpha (\text{trace} M)^2 < t \right\}$$

其中, $\det M$ 为矩阵 M 的行列式, $\text{trace} M$ 为 M 的直迹, α 为经验常数, 范围在 0.04~0.06.

(4) 进行 5×5 邻域非极大值抑制, 图像中的角点用局部极大值的点表示.

(5) 记录角点在原图像中的位置, 即图像角点的位置所在, 也是本文所提取的特征点.

在经过角点检测提取图像特征点后, 通过选取每一个模块单元的轮廓来实现正面模块的定位.

传统的图像匹配方法是将模板的每一个像素点和标准图像求互相关, 这种方法计算量大, 计算时间长, 很难满足实时性要求高的系统. 因此基于直方图二维图像变成一维信息的特点, 检测系统中通过匹配直方图特征先筛选出一些模板匹配可能性较大的区域, 这样就大大减少了计算量, 节省了系统资源, 具体实施方案如下:

(1) 选取合适的模板, 计算并保存模板的直方图特征;

(2) 从目标图像的零点起, 截取与模板同样大小的子图, 计算其直方图特征;

(3) 设定一个合适的阈值, 计算模板直方图与已检测的子图的互相关, 达到阈值要求, 则保存该子图的坐标信息;

(4) 选取一个合适的步长, 同样截取与模板同样大小的子图, 并计算其直方图特征, 然后与模板特征进行匹配, 直至目标图像扫描完毕;

(5) 保存整个检测过程中符合要求的子图信息, 进入精匹配.

由于直方图仅仅统计了不同灰度值出现的次数而不能反映各个具体像素点在源图像中的真实位置, 因此引入图像的另一个特征——投影特征.

常用的投影方法有水平方向投影与垂直方向投影. 水平方向投影即横向投影是指将每一行图像中的像素点的灰度值进行累加, 累加值除以行宽就得到了该行的投影特征; 而垂直方向投影即纵向投影是指将每一列图像中的像素点的灰度值进行累加, 累加的结果除以列宽, 得到的结果作为该列的投影特征, 具体方案如下:

(1) 选取合适的模板 T (大小为 $M \times N$ 单位为像素), 计算并保存模板 T 的横向与纵向投影 $H(T_i), W(T_j)$;

(2) 以待检测图像的左下角顶点作为起点, 截取与模板同等大小的子图像 S_i , 计算子图像 S 的横向与纵向投影 $H(S_i), W(S_j)$;

(3) 设定合适的阈值, 利用投影相关函数计算模

板与子图像的相关值,如果两者之间的相关值满足阈值要求,则投影特征匹配成功,记录子图的坐标信息,停止该图的检测,进入下一张图;否则进入步骤4;

(4) 选定合适的步长,移动相应的步长之后,继续截取与模板同等大小的子图,重复步骤3,直至待检测图像匹配完成。

定位结果如图4所示,基于直方图与投影特征的匹配算法的执行流程如图6所示。

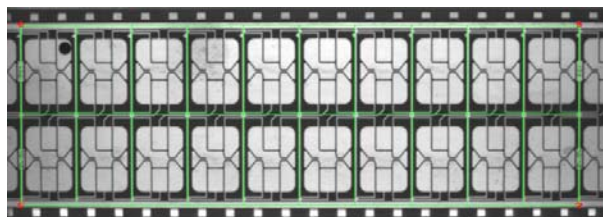


图4 正面模块定位

2.1.2 污染、生锈、花纹划痕弯曲等的检测方法

正面模块定位后,通过模板匹配检测SIM卡正面是否有污染。如图5表示的是含有划痕和生锈的次品。

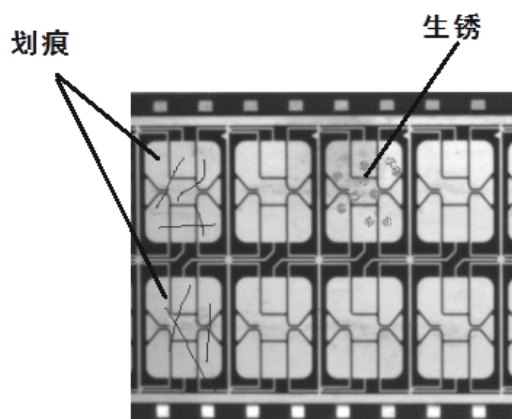


图5 模块正面有划痕和生锈的图像

模板匹配(Template Matching)就是在待匹配图像中尝试着寻找特征相同形状的过程。因此,将模板的中心放在图像的一个点上,然后通过计算图像中有多少个点与该模板点匹配。重复计算这些图像中的点,找到那个最佳匹配点,即计数最大的点,也就是形状(通过模板给出)在图像中所处的位置。

首先,由SIM模块正面图的特点可知,用 R 表示整个图像区域,分割可以看作是把 R 分成均匀大小的 n 个子区域来处理。每个区域投射一个“种子”,利用区域生长法可以进行分割,并对分割的区域进行标注。

然后,将用模板图像和待匹配SIM模块的正面图像作卷积运算,便可以通过模板图像在待匹配图像中获得匹配位置^[11]。

当模块正面出现划痕或锈斑时,模块正面的二值分割也会相应的出现不完整。

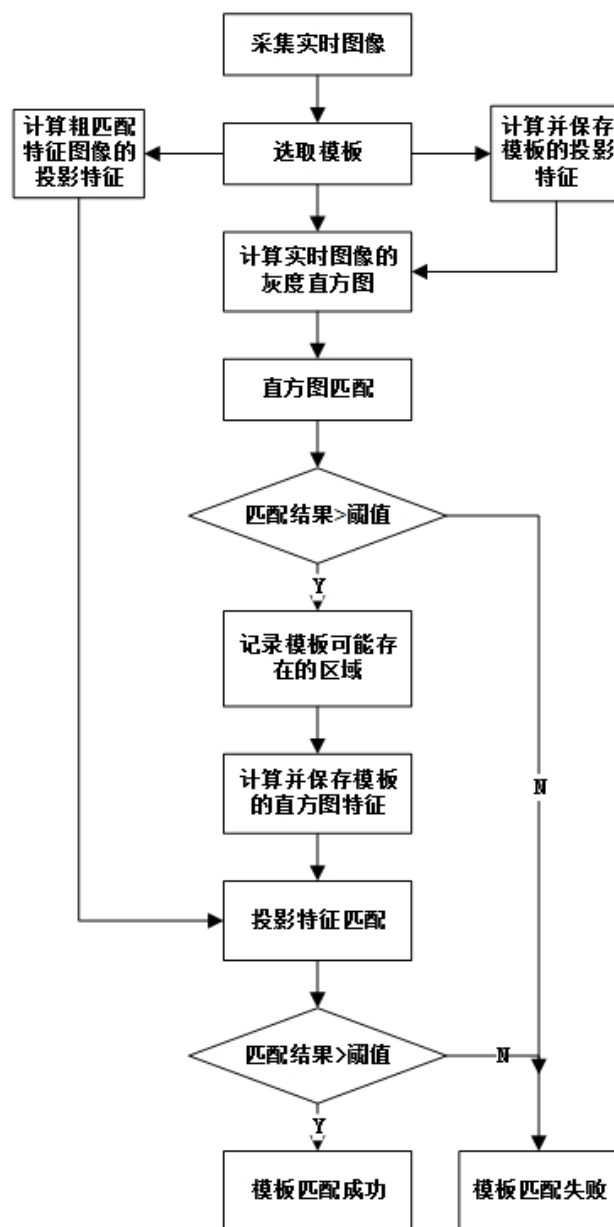


图6 基于直方图与投影特征的匹配算法的流程图

2.2 SIM卡背面检测方法设计

2.2.1 背面模块定位方法

背面模块需要对定位矩形方形孔、废弃孔标记圆、硅胶以及硅胶内封装的芯片进行检测,并判断其位置的正确与否。

由于背面模块几何形状比较少, 硅胶的形状不规则, 一致性差, 故不能使用正面模块定位中的匹配算法. 因此, 本文通过实现检测矩形孔和方形孔来定位模块, 即采取依靠四边形之间相互的距离来实现. 其中主要方法是通过对角点提取后, 根据先验理论运用最小二乘法回归拟合合法来拟合.

首先, 对图像进行滤波去除噪声处理, 然后通过 OTSU 二值分割^[12]进行阈值分割, 利用 Canny 算子进行边缘检测, 再对图像边缘的若干直线的参数通过 Hough 变换^[13]算法进行检测.

Hough 变换的基本原理在于利用点与线的对偶性, 将原始图像空间的给定的曲线通过曲线表达形式变为参数空间的一个点. 这样就把原始图像中给定曲线的检测问题转化为寻找参数空间中的峰值问题, 如图 7 所示.

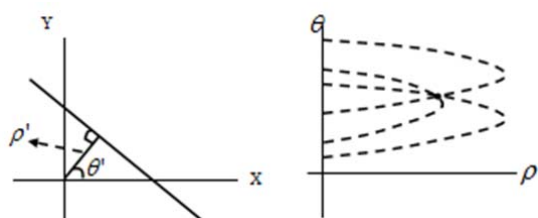


图 7 Hough 变换

平面中任意一条直线可以用极坐标方程来表示, 即可以用 ρ 和 θ 两个参数确定下来, 对于图像空间任意点, 其函数关系为:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

其中 ρ 为原点到直线的距离(即原点到直线的垂直线的长度), θ 确定了直线的方向(即原点到直线的垂直线与 x 轴方向的夹角).

如上图 7 所示, 在图像空间, 直线上一点 (x, y) 转换到参数空间就是一条曲线, 而且图像空间同一直线上的点转换到参数空间的曲线一定相交于一点, 即参数空间各曲线的交点对应着图像空间的一条直线, 这样, 检测参数空间曲线交点就检测出了图像空间的直线.

根据所述直线参数计算 4 条相近或相交的直线是否构成的直角, 并判断所述 4 条相近或相交的直线是否构成符合条件的四边形, 通过该方法可以检测出方形孔和矩形孔是否符合规范, 同时, 为了检测方形孔和矩形孔是否规范, 还可以先由轮廓跟踪算法计算图形中的轮廓, 再对各个连续轮廓做四边形拟合, 看是

否为规范的四边形, 如果是, 说明被检测的方形孔和矩形孔的模型符合检测规范. 从而可以通过分析图像的方形孔和矩形孔的位置与关系来进行定位.

其中, 在四边形拟合的时候要考虑直线的参数, 具体包括所述直线的位置、长度和斜率等.

本文中用到的算法同样的可以对废弃孔标记圆进行判定. 由于在检测到的圆中既包括废弃孔标记圆又包括芯片引脚的圆, 因此, 在识别的时候可以根据二者之间半径的大小不同来进行区分, 当检测圆半径设置较小时, 检测到的是芯片引脚的圆; 当检测圆半径设置稍大的时候, 检测到的圆才是我们需要检测的废弃孔标记圆.

具体方法同检测矩形孔的方法类似, 即检测所述图像边缘中是否存在圆形, 如果是, 则说明正面图像中存在废孔.

效果如图 8 所示, 其中引脚 1 为检测到的废孔, 引脚 2 为不需要检测的芯片引脚.

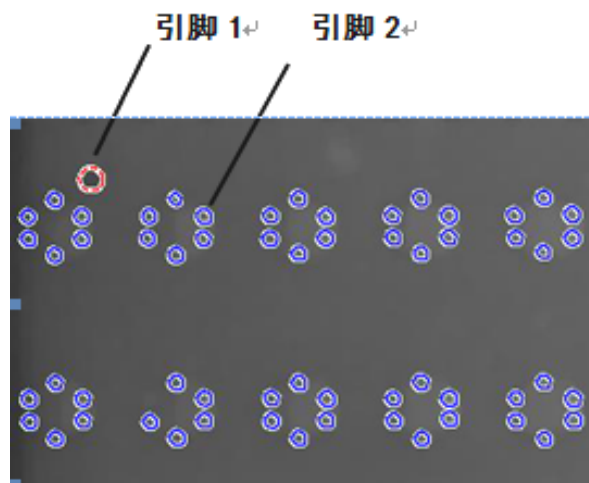


图 8 废弃孔标记圆检测图

2.2.2 硅胶质量分析

SIM 卡背面中间部分在检测之中封上透明硅胶主要作用有: ①起到保护作用, 使得卡中部的孔和芯片不受磨损; ②起到绝缘作用, 防止中心孔和芯片在检测过程中漏点. 图 9 中表示 SIM 卡中间芯孔有无贴上硅胶的图像.

由图 9 可以看出, 检测 SIM 卡背面是否封上硅胶主要是检测外圈是否存在圆形轮廓.

由于模块中的硅胶形状不规则(非完全对称的圆形), 一致性差, 圆的轮廓不明显, 且需要识别的圆形

个数有限,不能直接使用 Hough 变换提取硅胶轮廓。因此,在对硅胶的检测实施中,本文选取模糊识别圆的方法来实现。

首先采用阈值分割法^[14]对背面模块的图像作二值化处理,然后采用边界跟踪算法提取出硅胶的轮廓边缘,提取出来的完整轮廓特征值为一系列有序的边缘点集,对所得到的边缘点集进行多边形拟合,然后归一化处理已经拟合好的多边形,由于圆具有旋转、平移及尺度变换不变性的几何特征,根据多边形的顶点为特征点求取硅胶圆的参数。如果待检测硅胶的几何特征参数大于预先给定的阈值,则被标记为硅胶圆,如图 10 所示。

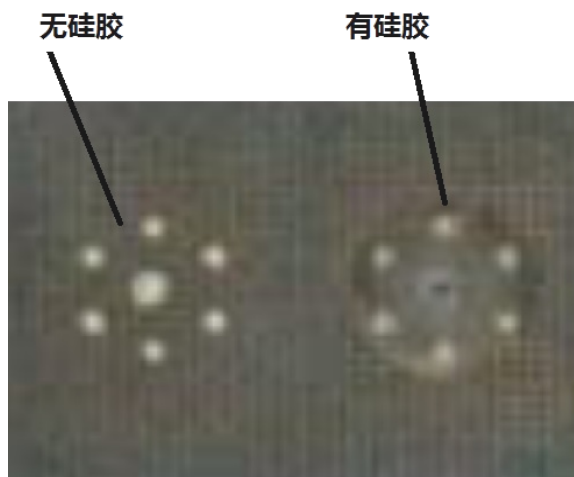


图9 模块背面硅胶比较

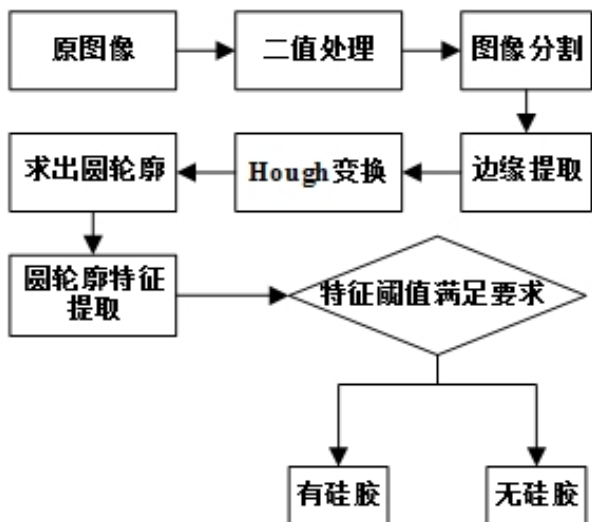


图10 硅胶检测流程图

检测效果如图 11 所示,包括四个子图,左上角是模块的模板背面原图,右上角为硅胶的边缘检测图,

左下角为模板背面硅胶圆轮廓的检测图,右下角为硅胶内芯片的检测图像。

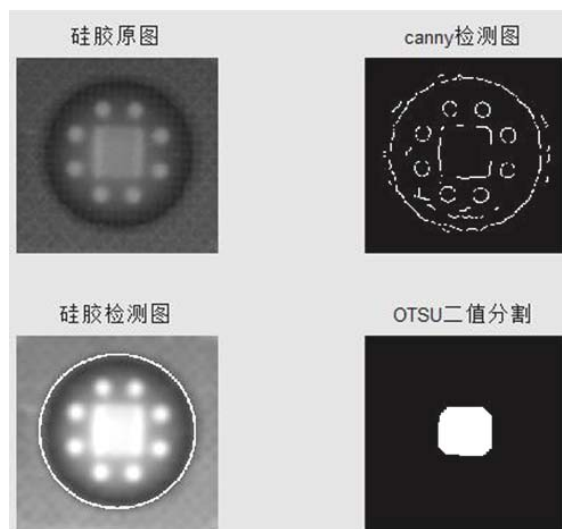


图11 模板背面硅胶及芯片检测图

通过此算法可以检测出没有封住硅胶的模块,此时并自动分选做出标记。图 12 为硅胶不正确时的检测图,左上为无硅胶的原图,右上为边缘检测图像,无法检测出边缘圆,左下为检测内孔,右下显示硅胶内无芯片时 OTSU 二值分割无图像。

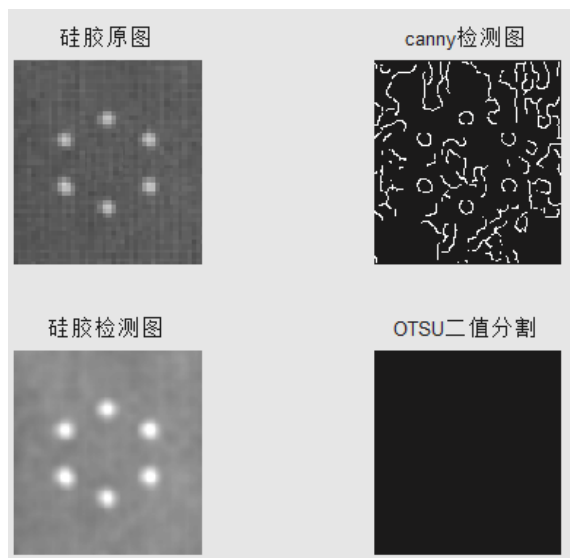


图12 无硅胶的模块检测图

2.2.3 硅胶内芯片有无及其位置的判定

SIM 卡封装的硅胶也会把 SIM 卡芯片封住。硅胶位置和芯片位置是否准确也是质量检测环节的一个重要部分。如图 11 左下角所示,硅胶内芯片为矩形区域

部分, 由于图像中芯片在硅胶中呈现为不同颜色区域(深色区域), 但由于有硅胶封住芯片, 会使得芯片的轮廓变得模糊.

本文检测芯片的算法是先对背面图像作开运算使边缘轮廓变得清晰, 再对其进 OTSU 二值分割, 设置适当的阈值后便可以得到芯片二值化的图像. 在硅胶质量分析计算过程中可以得到硅胶检测圆的圆心, 通过比较质心和圆心的距离范围即可判定芯片和硅胶是否都处于正确的位置, 如果距离范围在预设的阈值内, 则检测为良品. 算法流程如图 13 所示.

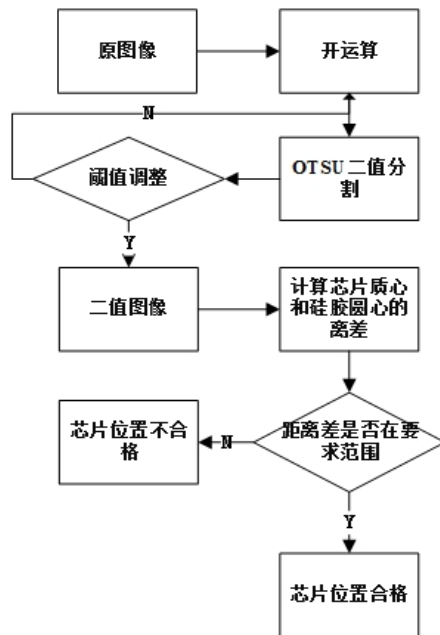


图 13 芯片检测算法流程

当模块背面没有硅胶和芯片的时候, 通过此算法可以检测为废品, 其检测效果如上图 12 所示, 且模块内硅胶和芯片的位置也就无法确定, 此时系统就会自

动分选做出标记(以废弃孔标记圆的方式), 这样就会增加产品的封装成功率.

3 实验分析

本文将视觉技术运用到 SIM 模块质量检测环节, 所设计的技术方案检测内容多、效率较高. 针对 SIM 模块的质量要求, 通过模块正反两面不同的特性, 设计出了不同的打光方案, 并且综合运用多种图像处理的算法. SIM 模块视觉检测系统的测试结果表明检测时间单枚小于 0.5s, 检出率>99%, 误检率<0.3%, 漏检率<0.9%. 使用多种图像处理算法的复杂度, 使得设计和开发完整的视觉检测系统需要的周期长、难度大. 表 1 为视觉检测系统测试的结果.

4 结语

本文研究了基于机器视觉检测 SIM 模块质量的算法, 所提供的方案首次将视觉技术运用到 SIM 卡质量检测环节. 本文所提供的技术方案具有以下几个特点:

- (1) 打光方案与算法设计相结合, 有效平衡光源方案的经济性和检测算法的有效性;
- (2) 系统的检测效率高, 检测速度快, 在节约成本的同时, 改进了 SIM 模块的质量控制;
- (3) 检测流程和操作规范比较容易, 对操作人员的要求不会太高;
- (4) 视觉检测系统安装配置简单, 使得软件系统的可移植性增强;
- (5) 有足够强的鲁棒性, 各个检测算法分块封装, 具有良好的可扩展性和重构性.

表 1 SIM 模块检测合格率报表(首次视觉检测测试)

型号	总数量	首检后			时间		合格率(%)	漏检率(%)	废品率(%)
规格	数量	合格数	漏检数	废品数	总时间(s)	单枚时间(s)			
131011	1202	1172	12	18	252.42	0.21	97.5	1.0	1.5
131012	1561	1515	14	32	468.3	0.3	97.1	0.9	2.0
131013	1851	1832	15	4	647.85	0.35	99.0	0.8	0.2
131014	2043	2020	20	3	817.2	0.4	98.9	1.0	0.1
131015	2437	2404	22	11	1121	0.46	98.6	0.9	0.5
131016	1610	1590	10	10	483	0.3	98.8	0.6	0.6
131017	2561	2530	18	13	1280.5	0.5	98.8	0.7	0.5
131018	740	712	6	22	185	0.25	96.2	0.8	3.0
131019	3054	3014	31	9	1618.6	0.53	98.7	1.0	0.3

131020	3525	3479	37	9	1233.8	0.35	98.7	1.0	0.3
131021	2342	2312	16	14	983.64	0.42	98.7	0.7	0.6
131022	3399	3350	33	16	2379.3	0.7	98.6	1.0	0.5
131023	2863	2824	28	11	1317	0.46	98.6	1.0	0.4
131024	2105	2082	21	2	842	0.4	98.9	1.0	0.1
131025	2413	2396	10	7	1013.5	0.42	99.3	0.4	0.3
131026	4762	4716	41	5	2476.2	0.52	99.0	0.9	0.1
131027	2103	2066	20	17	588.84	0.28	98.2	1.0	0.8
131028	1034	1016	9	9	227.48	0.22	98.3	0.9	0.9
131029	746	738	4	4	141.74	0.19	98.9	0.5	0.5
131030	2151	2127	20	4	451.71	0.21	98.9	0.9	0.2
131031	2085	2065	13	7	688.05	0.33	99.0	0.6	0.3
合计	52727	52025	461	241	20678	0.392	98.5	0.9	0.5

针对 SIM 模块质量要求,综合运用多种图像处理算法,检测时间较短,检出率很高,误检率在正常生产范围内。其中所有的算法设计中的阈值均采用机器学习的办法调试得到。实验效果表明检测算法的有效性,并通过 SIM 卡在线视觉检测样机将该系统作了相关的验证,达到了企业所提出的检验要求。

参考文献

- 李运志,Zhang Q,陈弘毅,党晓辉,李新岗,胡耀华.基于机器视觉的半干枣病害和裂纹识别研究.农机化研究,2016,8(8):120-125.
- Atas M, Yardimci Y, Temizel A. A new approach to aflatoxin detection in chili pepper by machine vision. Computers and Electronics in Agriculture, 2012, 87: 129-141.
- Dowlati M, Mohtasebi SS, Omid M, et al. Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes. Journal of Food Engineering, 2013, 119(2): 277-287.
- EIMasry G, Cubero S, Moltó E, et al. In-line sorting of irregular potatoes by using automated computer-based machine vision system. Journal of Food Engineering, 2012, 112(1-2): 60-68.
- Nashat S, Abdullah A, Abdullah MZ. Machine vision for crack inspection of biscuits featuring pyramid detection scheme. Journal of Food Engineering, 2014, 120: 233-247.
- 吴舜娟,尹文化,冯志新,陈燕.智能卡性能检测方法研究.合成材料老化与应用,2014,43(2):60-63.
- 胡科杰,刘强.智能卡芯片焊点位置的检测系统.机电产品开发与创新,2014,9,27(5):94-96.
- 程秀芹,李永红,王怀恩,翁志能.智能卡测试仪器的设计与开发.技术与应用,2010,6:12-14.
- Worthington PL. Enhanced Canny edge detection using curvature consistency. Proc. International Conference on Pattern Recognition. Los Alamitos, CA, USA. IEEE. Computer SOC Press. 2002. 596-599.
- 郭铎.基于双目视觉的手势识别算法研究与实现[硕士学位论文].沈阳:东北大学,2011.
- 曾文艳,王亚刚,蒋念平,邵惠鹤.基于机器视觉的香烟小包装外观质量检测系统.信息技术,2004,1.
- 崔涛,杨永乐.基于改进的二维 OTSU 算法的图像二值化分割.高教论述,2013,2.
- 朱桂英,张瑞林.基于 Hough 变换的圆检测方法.计算机工程与设计,2008,6:1462-1464.
- Nixon MS.特征提取与图像处理.北京:电子工业出版社,2010.

基于 Kinect 跑步机系统

黄 静¹, 郎 波¹, 张志稳¹, 梁延研²

¹(北京师范大学珠海分校 信息技术学院, 珠海 519087)

²(澳门科技大学 资讯科技学院, 澳门 氹仔)

摘 要: 研发了一种基于 Kinect 的跑步机系统, 并提出了跑步系列动作识别算法。该系统基于 Unity 游戏引擎、3DSMax、Maya、Photoshop 建模和平面设计软件开发, 运用微软 Kinect 体感设备和个人电脑获取人体跑步时各种动作的骨骼点数据, 结合运动特征分析研发了基于骨骼绑定的跑步、挥手、跳跃、蹲下各种动作的识别算法, 通过对人体动作的识别从而实现人机交互的跑步健身游戏娱乐运动。实验数据表明基于骨骼绑定的动作识别算法的有效性, 该跑步机系统硬件设备体积小, 它通过人的肢体动作而不是鼠标键盘来操作跑步机软件, 同时结合了跑步健身和游戏娱乐等功能, 部分代替了传统跑步机的作用, 具有很好的体感交互效果和实用价值, 研究成果可以用于更多的人机互动应用领域。

关键词: Kinect; 跑步机; 动作识别; 骨骼绑定

Treadmill System Based on Kinect

HUANG Jing¹, LANG Bo¹, ZHANG Zhi-Wen¹, LIANG Yan-Yan²

¹(Department of Information Technology, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

²(Faculty of Information Technology, Macau University of Science and Technology, Macao Taipa, China)

Abstract: In this paper, a new kind treadmill system based on Kinect is developed, and running action recognition algorithms are presented. This system is under the development of Unity game engine, 3DSMax, Maya, Photoshop modeling and graphic design software, it obtains various skeletal data of human running action by using Kinect-Microsoft somatosensory equipment and personal computer, skeletal binding based recognition algorithms of running, waving, jumping and squat were given under analysis of movement feature. Interactive running fitness entertainment sports can be implemented in this system through the recognition of human actions. The experimental data shows the effectiveness of action recognition algorithms based on skeletal binding, the treadmill system has the advantages with smaller volume hardware equipment, better software operating method by using human body action instead of mouse and keyboard, and also combines function with the running fitness and entertainment, replaces the traditional treadmill effect in some parts it has the very good somatosensory interaction effect and practical value, the research results can be used for more human-computer interaction application areas.

Key words: Kinect; the treadmill system; action recognition; skeletal binding

1 引言

随着人们生活质量提高, 体感跑步机这一结合了虚拟现实和模式识别等计算机技术的新型设备随之流行起来。它基于体感游戏这一形式, 摒弃了传统的键盘鼠标操作, 让玩家可以用人性的表达方式来进

行游戏, 同时达到锻炼身体的目的。体感跑步机比文献[1-4]开发的在实体健身器材基础上添加了虚拟现实场景的跑步机更具魅力和市场前景。文献[5]开发的跑步机是基于深度图与彩色图像的跑步机游戏交互系统, 动作识别主要基于对深度图进行阈值分割得到前景目

基金项目: 国家自然科学基金项目(61272364); 珠海市公共技术服务平台科技项目(2013D0501990014)

收稿时间: 2016-01-13; 收到修改稿时间: 2016-02-25 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005332]

标的二值掩码实现,但是由于没有更深入地用到人体跑步运动时骨骼点的数据,操作具有较大局限性.文献[6]首次提出用 Kinect 骨骼点数据来识别人的动作,但实验的动作并不是针对跑步运动,方法不适合跑步动作识别.

本文根据 Kinect 的人体骨骼数据和人体运动特征分析,提出跑步序列动作识别算法,并利用这个识别算法设计了一款全新概念的虚拟交互跑步机系统,结合了游戏情节使得用户更具有虚拟现实的沉浸感.本系统既是学术上的尝试,也是对市场需求的积极响应,具有较高的现实意义和市场价值.同时该项体感技术能够继续拓展推广,可用于家庭室内其他健身游戏娱乐系统的开发.

2 骨骼绑定动作识别算法实现

跑步机系统主要针对室内环境开发,由于室内场景和感应设备受限,用户与跑步机体感设备距离一般控制在 1.5~2.5 米之间.人的肢体动作很复杂,运动时也有很多姿势.本文针对跑步机系统中使用的四种人体跑步动作进行分析:原地跑步、挥手、跳跃和蹲下,并抽取出人体骨骼动作的关键点.通过分析这些关键点可将人体跑步动作简化为骨骼动作.本文创新性地设计了一系列基于骨骼绑定的动作识别算法,实现了跑步运动动作的识别.

2.1 人体骨骼数据的提取

人体骨骼数据提取基于微软 Kinect^[7]体感交互设备实现(图 1). Kinect SDK 1.8^[8,9]提供了人体 20 个骨骼关节点数据,人体对应的骨骼关节名称和位置如图 2 所示.



图 1 Kinect 设备

Kinect 定义的空间三维坐标系如图 3 所示, Kinect 将垂直于视野的方向定义为 Z 轴,视野的高为 Y 轴,视野的宽为 X 轴,人体骨骼节点坐标数据基于此坐标系.由于人的体态差异及与 Kinect 的相对位置关系变化,使每个人提取的骨骼节点数据差异很大,这时,利用卡内基梅隆大学开发的 Kinect 的 Unity^[10]插件将 Kinect 识别的人体骨骼绑定到电脑中同一个跑步模

型当中,这样使得因人体差异带来的骨骼数据差异缩小到可以忽略的范围,图 4 反应不同的人体骨骼不同时间绑定到电脑同一个模型上.

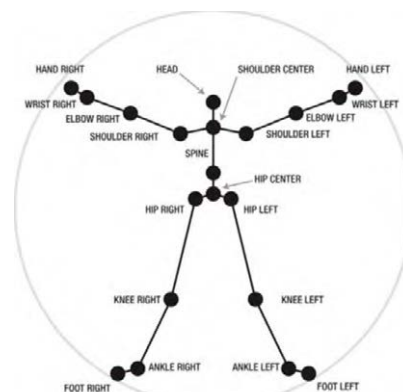


图 2 Kinect 提供 20 个人体骨骼点数据

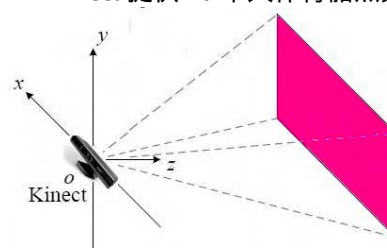


图 3 Kinect 传感器空间坐标系



图 4 不同类型人体骨骼绑定到同一模型

2.2 原地跑步动作识别

原地跑步动作主要根据腿部膝盖骨骼节点的相对位置进行判断识别.如图 5(a)所示,假定人在原地跑步时相对 Kinect 摄像头的深度 z 值保持基本稳定,只需要考虑双腿膝盖关节高度值 y 的时间变化.设左右膝盖关节的坐标分别为 $KneeLeft(x,y,z)$ 和 $KneeRight(x,y,z)$, 当 $KneeLeft.y$ 大于 $KneeRight.y$ 时,触发左抬腿动作,反之触发右抬腿动作.

把原地跑步的动作分解成左右膝盖轮换抬起的动作序列,可用图 6(a)流程进行判断.由于 Kinect 获得的图像数据是运动中的图像,会使得获得的骨骼节点数据会产生一定的抖动.为了提高识别率,加入膝盖上下波动的阈值参数,可以根据 Kinect 传感器的个体差

异进行调整. 阈值的选取采取机器学习的方法. 设 threshold 为左右膝盖 y 坐标上下摆动范围的阈值, 当左右两腿膝盖 y 坐标差大于给定的阈值时则视为有抬腿跑步运动, 同过每帧左右膝盖轮换的频率快慢可以判断跑步速度的快慢.

2.3 挥手动作的识别

如图 5(b)所示在左挥手时, 手的前臂会往上举形成一个挥手向量, 本文算法是通过右肩膀关节点 $ShoulderRight(x,y,z)$ 与右手腕关节点 $WristRight(x,y,z)$ 的 x 轴向距离和 右肩膀关节点 $ShoulderRight(x,y,z)$ 与右胳膊肘关节点 $ElbowRight(x,y,z)$ 的 x 轴向距离来进行判断, 在挥手时, 肩膀关节点与手腕关节点的距离一定大于肩膀关节点与手肘关节点的 x 轴向距离, 且手臂所有关节点的 y 坐标也在给定的阈值范围之内, 因此只要计算出肩膀、胳膊和手腕骨骼点的距离差的大小, 就可以判断有挥手动作. 根据几何关系, 两个距离差通过手臂各骨骼点的坐标计算出来, 如式(1),(2):

右手距离差 $DistanceRight=$

$$|WristRight.x - ShoulderRight.x| - |ElbowRight.x - ShoulderRight.x| \quad (1)$$

同样, 可求出右挥手时的距离差:

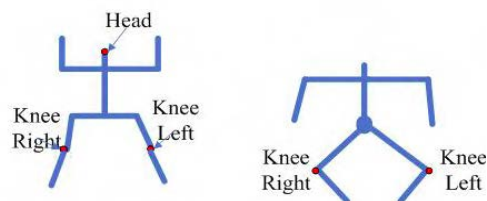
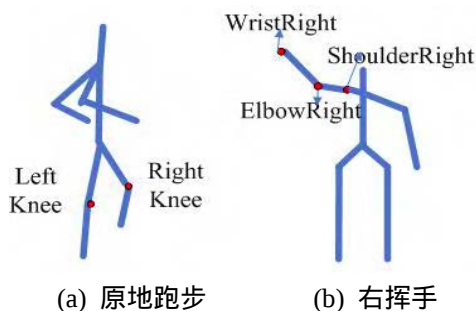
左手距离差 $DistanceLeft=$

$$|WristLeft.x - ShoulderLeft.x| - |ElbowLeft.x - ShoulderLeft.x| \quad (2)$$

挥手判断流程如图 6(b)所示, 输入手腕、手胳膊和手肩膀的 x 轴向坐标值, 分别判断是否为左挥手和右挥手再进行下一步处理.

2.4 跳跃动作的识别

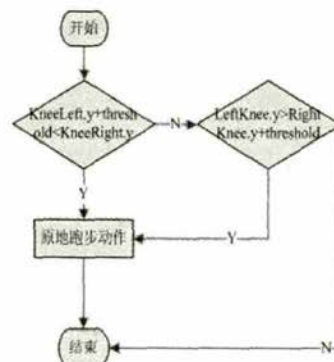
跳跃的特点是两腿都往上偏离了原来的位置, 整个人体骨骼数据都往上移, 所以可以根据头部的关节 y 坐标 Head.y 和腿部左膝盖关节点 y 坐标 KneeLeft.y 和右膝盖关节点 y 坐标 KneeRight.y 是否同时往上偏离原来位置一个距离来判断. 图 5(c)表示了用户跳跃的人体骨架位置示意图. 图 6(c)表示了判断角色是否跳跃的流程.



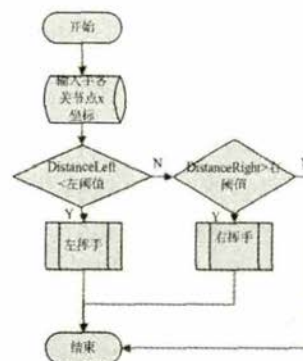
(c) 跳跃

(d) 蹲下

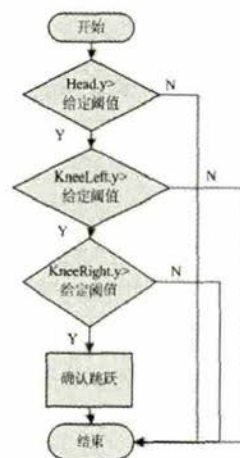
图 5 跑步序列动作骨架示意图



(a) 原地跑步



(b) 挥手



(c) 跳跃

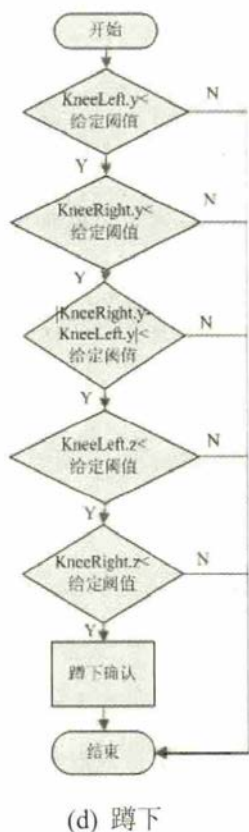


图6 跑步序列动作识别流程

2.5 蹲下动作的识别

蹲下的动作是躲避跑步过程中的高拱型障碍物。蹲下的特点是两腿膝盖都往下偏离了原来的位置，腿膝盖也往下偏离几乎同样的距离，这样左右腿膝盖 KneeRight 和 KneeLeft 的 y 坐标几乎保持在同样的水平位置，并且腿膝盖往前突出，说明腿膝盖 KneeRight 和 KneeLeft 的 z 坐标值减少了一个距离。所以也可以根据腿膝盖 KneeRight 和 KneeLeft 的 y 坐标和 z 坐标是否都小于设定的阈值范围之内来判断。图 5d) 表示了用户蹲下的骨架位置示意图。图 6d) 描述了蹲下动作识别的流程。

2.6 阈值学习

通过具体用户的动作采集，用学习方法得到合理的阈值。本文通过 10 名用户进行上述 4 个基本动作的数据采集，得到了不同用户的不同跑步姿势的数据。由此得到用户输入骨骼节点坐标数据 x_i 和带标签的数据 $y_i \in \{1, -1\}$ ，这里用 1 和 -1 表示是否触发动作识别条件。我们希望设计的系统根据用户输入的数据 x_i 得到正确的触发判断 y_i 。由此我们采用简单的统计来学习得到最佳分离阈值器。一个合理的阈值 t 满足以下条件：

$y_i(\text{sign}(x_i - t)) = 1$ 。通过采集大量的用户数据，我们得到了较合理的阈值，能满足本文的识别算法的需求。

3 系统设计方案

3.1 系统组成

将以上动作识别算法运动到研发的跑步机系统，如图 7 所示，Kinect 体感设备用于获取人体跑步的各种动作，PC 电脑用于支撑跑步机系统软件，并实现跑步角色动作仿真、跑步场景变更和跑步游戏互动娱乐。人的肢体动作通过 Kinect 设备和本文研究的人体动作识别算法得以识别，并传到 PC 电脑中基于 Unity 游戏引擎开发的跑步机系统跑步游戏软件中，进一步地通过骨骼绑定，再传给场景中的三维人体角色模型，从而达到控制跑步娱乐系统的目的。



图7 系统组成

系统开发所使用的软件开发工具包括：Unity3D 游戏引擎、Maya3D 建模软件、3Dmax 建模软件、PhotoShop 图形处理软件、脚本编写工具 Visio Studio、脚本语言 C#。整个系统开发流程过程如图 8 所示。

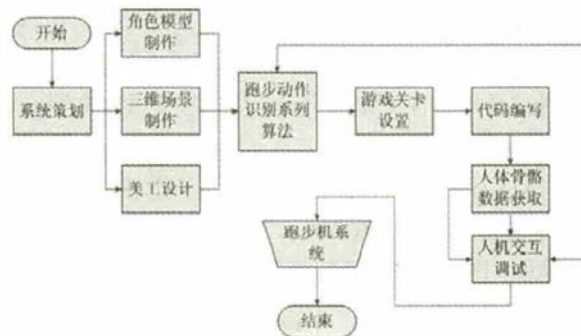


图8 系统开发流程

3.2 跑步机的软件游戏策划方案

本文研究了当前的一些运动捕捉技术^[11]，结合近年比较热门的跑酷游戏，创作了置于跑步机系统内的体感游戏“酷跑达人”。该游戏通过系统的 Kinect 摄像头做出相应的跑步动作进行操作。在游戏中玩家通过

左右手挥动控制游戏角色变道来躲开障碍, 通过跳跃和下蹲来躲避低矮和高拱型障碍物, 这一设计增加了跑步的趣味性. 整个跑步机运动的流程如图 9 所示.

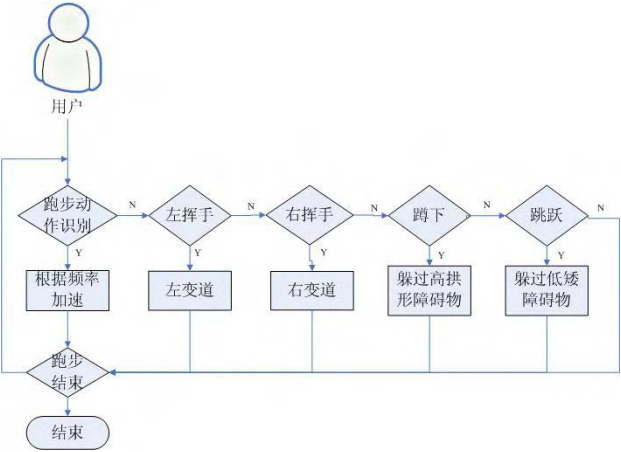


图 9 跑步机运动判断流程

4 用户体验与结果分析

图 10 为用户在本文研发的基于 kinect 的跑步机系统下进行原地连续跑步测试驱动游戏跑步角色响应的系统游戏画面和测试画面. 测试时, 用户站在离 Kinect 设备前大约 2 米左右原地连续跑步.



(a) 跑步游戏画面



(b) 用户测试

图 10 跑步机游戏画面和用户测试环境

实验时用户面向摄像头做指定的跑步各种动作, 利用本文算法识别预先设定的“挥手”、“跑步”、“跳跃”、

“蹲下”等动作分别在理想条件(背景颜色单一、背景变化较缓慢、光照稳定)、苛刻环境(背景颜色复杂、背景变化快、光线偏暗)下的识别结果均随机抽取 100 次形成 100 个随机数据集, 通过实验步骤进行实验, 得出了测试结果. 表 1 和表 2 分别表示跑步机系统中在理想条件和苛刻条件下抬手、跑步、跳跃和蹲下的测试结果, 节点数为人体骨骼相关的节点数.

表 1 测试结果(理想条件)

	挥手	跑步	跳跃	蹲下
样本数	100	100	100	100
定义节点数	3	2	3	2
识别数	92	100	87	85
误识别	8	0	13	15
拒识别数	0	0	0	0
成功率(%)	92	100	87	85

表 2 测试结果(苛刻条件)

	挥手	跑步	跳跃	蹲下
样本数	100	100	100	100
定义节点数	3	2	3	2
识别数	88	100	82	80
误识别	12	0	18	20
拒识别数	0	0	0	0
成功率(%)	88	100	82	80

从表 1 和表 2 中的数据分析来看, 苛刻的识别环境和理想环境识别率差距不大. 而不同动作的识别算法, 待识别动作的复杂程度对识别率影响较大, 苛刻条件下的识别率比理想环境下的识别率略有下降.

5 结语

本文独立创新提出了基于 Kinect 的人体跑步、挥手、跳跃和蹲下的动作识别算法, 在系统中加入虚拟跑步场景、虚拟运动、角色骨骼绑定、人体动作识别等虚拟现实技术、能让使用者在虚拟环境中身临其境的感觉, 增加跑步的真实感.

基于本文跑步动作序列算法而开发的跑步机游戏娱乐系统, 主要涉及了 Kinect 进行图像捕捉、人体骨骼获取、人体动作捕捉、三维人体模型动作骨骼绑定、Unity 和 Kinect 数据通信和人机交互等关键技术. 跑步机系统改变了以往单一乏味的跑步模式, 取消了传统的跑步机笨重硬件设备, 用 kinect 和电脑模拟实现室内跑步的环境, 让用户用自然的人性表达方式进行跑步的同时开展娱乐游戏, 实现了最初的目标. 同时实

验数据分析验证了本文提出的系列动作识别算法的有效性,能够满足跑步机系统需求.该跑步机系统拟在娱乐性、人体体验感方面作进一步的改进,推向市场.

系统提出的相关算法可以拓展推广,而不是仅仅局限于跑步机游戏,可以用于更多的人机互动应用领域,如虚拟球类运动、虚拟康复运动、虚拟手术、虚拟驾驶、机器人控制、智能教学控制系统^[12-15]等场合.

参考文献

- 1 钱克宠,胡维华.虚拟现实技术在跑步机中的设计与实现.计算机仿真,2009,5:259-261,270.
- 2 李春丽,窦少兵,杨先军,姚志明,周旭,孙怡宁.智能跑步机上虚拟场景的设计与实现.仪表技术,2012,9:46-48.
- 3 王永强.基于虚拟现实技术的多功能跑步机系统的设计.科技信息,2010,5:449-450.
- 4 Real-Time Classification of dance gestures from skeleton animation. ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium of Computer Animation. 2011.
- 5 崔怡.基于深度图与彩色图像的跑步机游戏交互系统[硕士学位论文].武汉:华中科技大学,2011.
- 6 田国会,尹建芹,韩旭,于静.一种基于关节点信息的人体行为识别新方法.机器人,2014,3:285-292.
- 7 Diez CC, Melgar ER. Arduino and Kinect Projects Design, Apress L. P. 2012
- 8 余涛.Kinect 应用开发实战:用最自然的方式与机器对话.北京:机械工业出版社,2012.
- 9 Miles R. Learn Microsoft Kinect API. O'Reilly Media, 2012.
- 10 宣雨松.Unity 游戏开发.北京:人民邮电出版社,2016.
- 11 吴华蕾,李晓雯,李建微.运动捕捉技术的跑步运动损伤分析.龙岩学院学报,2013,2:64-67,73.
- 12 顾容,何益明,金丽燕.基于 Kinect 骨骼追踪技术的智能教学控制系统的设计与实现.计算机应用与软件,2013,6:276-280.
- 13 陆奎,周锋.Kinect 在家庭智能监控系统中的应用.微型机与应用,2014,13:13-15+19.
- 14 邱鹏,倪晨,张俊忠,曹慧.基于 Kinect 骨骼信息的中医正骨手法虚拟仿真.山东中医药大学学报,2014,3:202-204.
- 15 陈敬德,赵文丽,梁洪涛,王梓霖,张驰,毛晓波.基于 Kinect 的机器人控制系统.电子设计工程,2014,10:81-85.

BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型原理和系统设计

周买春¹, 肖红玉^{1,2}, 胡月明³, 刘 远¹

(1. 华南农业大学水利与土木工程学院, 广州 510642; 2. 北京师范大学珠海分校信息技术学院, 珠海 519087;
3. 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642)

摘 要: BTOPMC(block-wise use of TOPMODEL(TOPgraphic MODEL, 基于地形的水文模型)with the Muskingum-Cunge method, 分块应用 TOPMODEL 和马斯京根-康吉汇流方法)是一个具有较强物理基础的分布式流域水文模型, 主要用于教学和流域研究, 模型有待软件化, 以便用于流域作业预报和水资源管理。该文采用多层架构体系设计了该模型的计算机系统, 形成了 BTOPMC/SCAU(south china agricultural university), 系统由数据层、模型层、通信层、数据表达层和用户操作层组成, 运行环境采用客户端/服务端模式。提供手动和自动 2 种参数率定模式, 自动率定采用 SCE-UA(shuffled complex evolution developed at university of arizona)全局最优算法, 内置 7 种目标函数。采用 OpenMP(open multi-processing, 开放式多处理)多核并发编程技术在产汇流模块实现了多核并行计算。系统为流域水文作业预报和水资源管理提供了精致的方法和简便工具。

关键词: 模型; 计算机系统; 数据库; BTOPMC/SCAU; 流域水文模型; 分层架构; 模块化

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.019

中图分类号: P332

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-20-0132-08

周买春, 肖红玉, 胡月明, 刘 远. BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型原理和系统设计[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 132—139. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.019 <http://www.tcsae.org>
Zhou Maichun, Xiao Hongyu, Hu Yueming, Liu Yuan. Principles of BTOPMC/SCAU distributed watershed hydrological model with system design[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(20): 132—139. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.019 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

BTOPMC(block-wise use of TOPmodel with the Muskingum-Cunge method, 分块应用 TOPMODEL 和马斯京根-康吉汇流方法, TOPMODEL(TOPgraphic MODEL, 基于地形的水文模型))模型基于 DEM(digital elevation model, 数字高程模型), 应用 TOPMODEL 概念按流域分块进行产流计算和按 Muskingum-Cunge 方法进行流域汇流, 是一个具有较强物理基础的分布式流域水文模型^[1-3]。应用 shuttleworth-wallace 双源模型估算流域潜在蒸散发, 对产、汇流模块进一步改进, BTOPMC 模型已趋于完善^[4]。自开发以来, BTOPMC 模型主要用途包括: 1) 作为水文学家研究与流域水文有关问题的工具, 如 Wang 等^[5]应用 BTOPMC 模型模拟流域次水文过程, 刘远等^[6]利用 BTOPMC 地形模块对基于 HYDRO1K(hydro 1 kilometer)、SRTM3(shuttle radar topography mission 3)和 ASTER GDEM(advanced space borne thermal emission and reflection radiometer global digital elevation model)3 种 DEM 提取韩江流域数字河网进行比较, 万育安等^[7]在 BTOPMC 模型中考虑积雪融雪过程, 刘星等

^[8]研究降雨时间尺度对 BTOPMC 模型参数及洪水模拟的影响; 2) 作为流域水文模拟的教学工具^[9]。然而, BTOPMC 模型还没有应用于流域作业预报和实际管理, 主要是因为 BTOPMC 模型还没有形成一个完整的计算机软件。

软件系统作为水文模型的技术外壳, 是其推广应用的重要技术保障^[10]。为了推进 BTOPMC 模型在实际流域洪水和水资源管理中的应用, 本研究对 BTOPMC 模型进行了系统开发, 形成了 BTOPMC/SCAU(South China Agricultural University)流域水文模型系统。系统由多种数据结构支持, 适用 2 种地面坐标系统(地理坐标和平面投影坐标); 地形模块提供了最陡坡度和最大落差 2 种方法确定网格水流方向, 产流模块提供开关选择适应流域气候特征的产流过程, 汇流模块支持多种河宽计算公式; 可以 7 种目标函数采用 SCE-UA(shuffled complex evolution developed at University of Arizona)全局优化算法自动率定模型参数并支持手动微调; 为了提高大流域模拟效率和缩短模型参数率定时间, 系统采用 OpenMP(open multi-processing, 开源多处理)技术支持多核并行计算和按子流域逐个率定各分块流域的参数, 支持在线自动和手动分块。为了顺应移动办公的技术趋势, 采用“瘦客户端”的设计理念, 客户端负责系统输入以及输出展示, 高负荷的计算由后台服务端完成, 系统采用多层架构模式, 各层分工明确, 层间弱耦合, 便于系统管理与扩展, 为模型的移动版本开发预留了接口并奠定了基础。客户端和服务端的通信基于 EPOLL 机制, 支持多用户高速并发访问。系统支持多种流域管理领域的应用,

收稿日期: 2015-07-13 修订日期: 2015-09-01

基金项目: 国家自然科学基金(41171029); 广东省水利科技创新项目(2009-42)

作者简介: 周买春, 男, 江西高安人, 教授, 主要从事水文学及水资源方面研究。广州 华南农业大学水利与土木工程学院, 510642。

Email: mczhou@scau.edu.cn

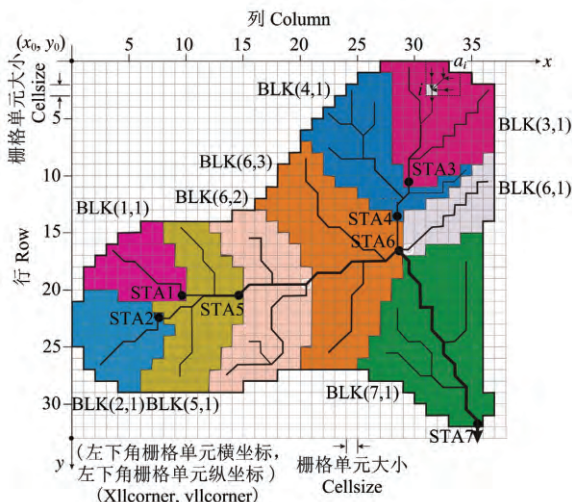
包括: 1) 湿润地区、干旱地区和高原冻土地区水文模拟与流域研究; 2) 大中型流域混合时间步长洪水预报与水资源管理; 3) 分布式流域水文模型教学。

1 BTOPMC 流域水文模型

BTOPMC 模型由地形模块、产流模块、汇流模块和应用模块组成。本文简要介绍其前 3 个模块, 应用模块主要考虑人类活动对水文系统的干预, 或生态环境系统与水文系统的相互作用。

1.1 地形模块

DEM 是地形模块的数据基础, DEM 网格是 BTOPMC 模型水文模拟单元。对 DEM 网格按行、列顺序一维编码, 使二维数据在实际计算时降为一维。对 DEM 填注, 确定栅格水流方向和地形特征。沿水流方向累积汇水面积, 选取河流源头汇水面积阈值提取数字河网。根据水文站分布划分子流域, 根据子流域、土壤和土地覆盖划分参数块 (又称产流块), 参数块按其第一个网格序号的顺序编码, 而子流域 (或水文站) 按汇流面积大小和水流连续性编码。如图 1 所示, 该流域有 7 个水文站 (STA1, ……, STA7), 划分 7 个子流域 (SUB1, ……, SUB7) 和 9 个参数块 (BLK1, ……, BLK9), 子流域按河网水流的汇合相互套合, 最大子流域 SUB7 即为全流域并套合所有子流域, 参数块平铺占满整个流域。



子流域 1 SUB1 (水文站 1 STA1): 参数块 BLK(1,1)
子流域 2 SUB2 (水文站 2 STA2): 参数块 BLK(2,1)
子流域 3 SUB3 (水文站 3 STA3): 参数块 BLK(3,1)
子流域 4 SUB4 (水文站 4 STA4): 子流域 3 SUB3, 参数块 BLK(4,1)
子流域 5 SUB5 (水文站 5 STA5): SUB1, SUB2, 参数块 BLK(5,1)
子流域 6 SUB6 (水文站 6 STA6): 参数块 BLK(6,1), 子流域 4 SUB4, 子流域 5 SUB5, 参数块 BLK(6,2), 参数块 BLK(6,3)
子流域 7 SUB7 (水文站 7 STA7): 子流域 6 SUB6, 参数块 BLK(7,1)

图 1 网格、参数块、子流域及它们的水流拓扑关系

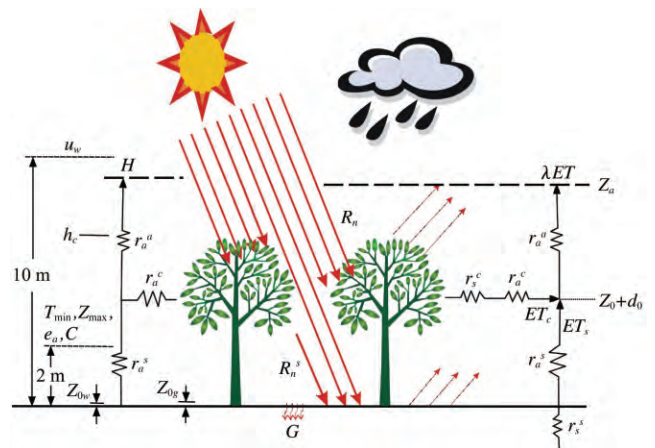
Fig.1 Grids, blocks, subbasins and their flow topology

1.2 产流模块

在每个参数块上应用 TOPMODEL 模型进行蓄满产流计算, 蓄满产流模型是 BTOPMC 模型的内置产流模型, 其他与产流有关的水文过程都是叠加在分块 TOPMODEL 模型之上, 如叶面截留及其蒸发、土壤水分蒸散发过程、积雪融雪过程、土壤冻融过程和超渗产流过程。

1.2.1 Shuttleworth-Wallace 蒸散发模型

水文模拟对潜在蒸散发输入很敏感, 尤其在湿润地区^[11-12]。采用蒸发皿值计算陆面潜在蒸散发需乘以蒸发皿系数和作物系数, 但这两个系数难以获取, 因此通常根据模型来估算潜在蒸散发。潜在蒸散发包括植被截留潜在蒸发 (PET_0) 和根区土壤水分潜在蒸散发 (PET), BTOPMC 采用耦合了植物蒸腾 (ET_c) 和土壤蒸发 (ET_s) 的 Shuttleworth-Wallace 双水汽源模型^[13]来估算动态变化的植被地面潜在蒸散发, 以下简称 S-W 模型。S-W 模型阻力网络如图 2 所示, 陆面蒸发计算为 $\lambda ET = C_c ET_c + C_s ET_s$, 其中 λ 为水汽化潜热, C_c 和 C_s 分别为叶面蒸腾和土壤蒸发的比例^[14], 由 5 个阻力系数 (r_a^s , r_a^a , r_s^c , r_a^c 和 r_s^s) 计算求得。与其他蒸散发模型相比, S-W 模型较为复杂, 参数众多, 主要与海拔高程、气象要素、植被类型、植被形态有关, 而有关植被形态参数大都又与叶面积指数有关。实际截留蒸发按潜在蒸发能力进行直至截留蓄水消耗殆尽, 实际根区土壤水分蒸散发则计算为潜在蒸散发的一部分, 即 $ET = g_{rz} PET$, 其中 g_{rz} 为土壤水分胁迫函数: $g_{rz} = \{1 - \exp[-\alpha_{ET}(S_{rz}/S_{rmax})]\} / [1 - \exp(-\alpha_{ET})]$, α_{ET} 为土壤水分胁迫函数系数, S_{rmax} 和 S_{rz} 的意义见图 3 所示。



注: r_s^c 和 r_a^c 分别为冠层叶片气孔和边界层阻力系数, r_a^s 和 r_a^a 分别为地表到冠层和冠层到参考高度空气动力学阻力系数, r_s^s 为土壤表层阻力系数, 以上所有阻力系数的单位为 $s^{-1} m$; z_0g 为地面粗糙高度, z_0+d_0 为冠层蒸发源有效高度, z_a 为参考高度, $z_a=h_c+2m$, 其中 h_c 为植被高度, 以上所有高度的单位为 m ; R_n 和 R_n^s 分别为冠层处及到达地面的太阳净辐射, G 为土壤热通量, 辐射和热通量的单位为 $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$; ET_c 为冠层蒸腾, ET_s 为土壤蒸发, ET 为总蒸散发, 所有蒸腾蒸发的单位为 $mm \cdot d^{-1}$; H 为显热, $MJ \cdot m^{-2}$; T_{min} 和 T_{max} 分别为日最低和最高气温, $^{\circ}C$; e_a 为实际水汽压, kPa ; C 为云量, 十分为; u_w 为离地面 z_w 处的风速, $m \cdot s^{-1}$; h_w 为其它气象变量的观测高度, 通常取 $z_w=10m$ 和 $h_w=2m$; z_0w 为气象站的地面粗糙高度, m 。

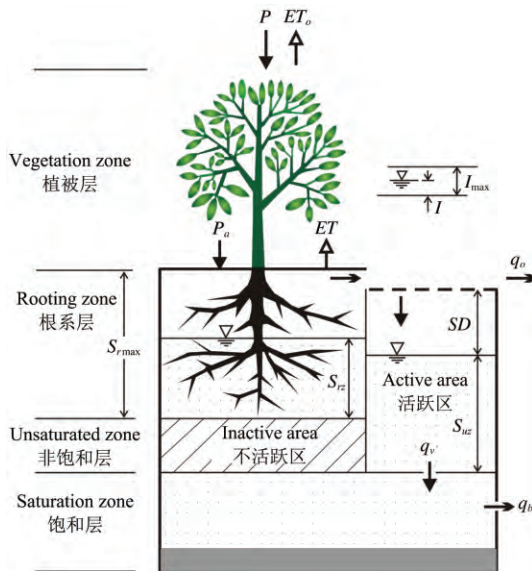
Note: r_s^c and r_a^c are respectively stomata and boundary layer resistances, r_a^s and r_a^a are aerodynamic resistances respectively from surface to canopy and from canopy to reference height, r_s^s is soil surface resistance, all resistances are in $s^{-1} m$; z_0g is ground roughness height, m ; z_0+d_0 is effective height of canopy transpiration source, m ; z_a is reference height, m ; $z_a=h_c+2m$, h_c is vegetation height, m ; R_n and R_n^s are net solar radiation respectively at canopy and at surface, G is soil heat flux, radiation and heat flux are in $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$; ET_c is canopy transpiration, ET_s is soil evaporation, ET is total evapotranspiration, all in $mm \cdot d^{-1}$; H is sensible heat, $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$; T_{min} and T_{max} are daily minimum and maximum temperature respectively, $^{\circ}C$; e_a is actual vapor pressure, kPa ; C is cloudness, tenth; u_w is wind speed at z_w , $m \cdot s^{-1}$; h_w is observation height for other meteorological variables, usually $z_w=10m$ and $h_w=2m$; z_0w is ground roughness height of weather stations, m 。

图 2 S-W 模型蒸散发和热传递网络

Fig.2 Network of evaporation and heat fluxes in S-W model

1.2.2 蓄满产流模型

BTOPMC 模型将流域分块以克服 TOPMODEL 仅适用于中小流域的限制^[15]。对于每个网格单元, 例如如图 1 右上角 BLK1 参数块中的网格 i (上游集水面积为 a_i), 见图 3 所示, 将垂直剖面分为植被层、根系层、非饱和层与饱和层, 根据水量平衡原理和 TOPMODEL 产流概念, 以大气降水及潜在蒸散发为输入, 计算截留蒸发、土壤水分蒸散发、地面径流、地下水补给、侧向出流、各层蓄水状态及地下水位变动。



注: P 为大气降水量, mm; ET_0 为植被截留蒸发, mm·d⁻¹; ET 为土壤水分蒸散发, mm·d⁻¹; $I_{\max}$ 为植被截留容量, mm; I 为植被截留量, mm; P_a 为降落到地面的净雨, mm; $S_{\max}$ 为根系层最大蓄水量, mm; S_{ra} 为根系层蓄水量, mm; SD 为非饱和层缺水容量, mm; S_{ux} 为非饱和层蓄水量, mm; q_o 为地表径流, m³·s⁻¹; q_v 为深层补给, m³·s⁻¹; q_b 为壤中流及地下水出流, m³·s⁻¹。

Note: P is precipitation, mm; ET_0 is interception evaporation, mm·d⁻¹; ET is soil water evapotranspiration, mm·d⁻¹; $I_{\max}$ is interception capacity, mm; I is interception state, mm; P_a is net rainfall at surface, mm; $S_{\max}$ is maximum storage capacity in root zone, mm; S_{ra} is water storage in root zone, mm; SD is water deficit capacity in unsaturated zone, mm; S_{ux} is water storage in unsaturated zone, mm; q_o is overland flow, m³·s⁻¹; q_v is recharge to saturation zone, m³·s⁻¹; q_b is interflow and groundwater release, m³·s⁻¹。

图 3 网格单元土壤剖面分层、蓄水量和水流通量

Fig.3 Water storage and fluxes in soil zones at a grid unit

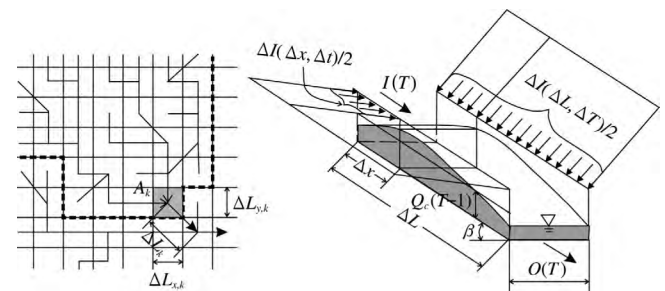
1.3 汇流模块

根据流域 DEM 提取数字河网, 对于某一网格, 如图 4a 所示的阴影网格, 根据单元水流状况, 按精度准则, 用空间步长和时间步长对其进行离散, 如图 4b 所示, 构建自适应 Muskingum-Cunge 方法, 按数字河网自上游往下游汇流。

1.4 模型输入和参数确定

BTOPMC 模型输入数据包括气象要素 (降雨、潜在蒸散发或蒸散发模型要求的气象要素), 下垫面条件如数字地形模型 (DEM)、土壤类型及参数 (土壤质地、饱和含水率和凋萎系数)、土地覆盖及参数 (植被类型、 LAI 、根系深度等), 以及用于模型率定的水文站实测径流数据。模型参数采用 SCE-UA (shuffled complex evolution developed at University of Arizona) 算法^[16]进行最优率定, 然后根据参数值的有效范围对率定结果进行微调^[17], 使

模拟中各水文过程尽量满足水量平衡条件。需要确定的参数包括土壤水分对植被陆面蒸发胁迫函数系数、不同土质的侧向出流系数、侧向出流系数随土层深度的衰减指数和河道曼宁糙率系数。



a. 数字河网

a. Channel network

b. 网格河道的空间离散

b. Discretization on grid unit

注: A_k 为上游集水面积, km², 同 a_i ; ΔL_k 为网格水流路径长度, m; ΔL 为网格河段长度, m, 同 ΔL_k ; B 为河宽, m; β 为河道坡度角, (°); T 为模拟时段序号; ΔT 为模拟时段步长, hour; Δx 为河段离散步长, m; Δt 为时间离散步长, hour; $I(T)$ 为上游来水量, m³·s⁻¹; $Q_c(T-1)$ 为上时段末河槽流量, m³·s⁻¹; $\Delta I(\Delta L, \Delta T)/2$ 为模拟时段河道单边入流, m³·s⁻¹; $\Delta I(\Delta x, \Delta t)/2$ 为离散单元单边入流, m³·s⁻¹; $O(T)$ 为河道出流, m³·s⁻¹。

Note: A_k is upper drainage, km², same as a_i ; ΔL_k and ΔL both are cell channel length, m; B is cell channel width, m; β is channel slope, (°); T is serial number of simulation step; ΔT is duration of simulation step, hour; Δx is spatial discretization step, m; Δt is temporal discretization step, hour; $I(T)$ is upstream inflow, m³·s⁻¹; $Q_c(T-1)$ is channel storage at the end of prior simulation step, m³·s⁻¹; $\Delta I(\Delta L, \Delta T)/2$ is lateral inflow to cell channel in a simulation step, m³·s⁻¹; $\Delta I(\Delta x, \Delta t)/2$ is lateral inflow to a discretization unit, m³·s⁻¹; $O(T)$ is cell channel outflow, m³·s⁻¹。

图 4 数字河网及自适应 Muskingum-Cunge 汇流方法

Fig.4 Channel network and adaptive Muskingum-Cunge routing method

2 BTOPMC/SCAU 水文模型系统架构

BTOPMC/SCAU 水文模型系统自下而上共分为 5 层: 数据层、模型层 (包括数据融合)、通信层 (包括通信层 1 和通信层 2)、数据表达层、用户操作层, 如图 5 所示。上层依赖下层, 下层支持上层。

1) 数据层位于系统的底层, 分为非结构化数据和结构化数据。非结构化数据采用文件形式存储, 既有静态数据如流域空间各种尺度划分 (流域、子流域、参数块和网格), 流域下垫面条件 (数字高程模型 DEM 及其推演的地形特征、土壤类型、土地覆盖), 气象站网 (或温度站网)、雨量站网和水文站 (或水位站) 网的位置、模型参数等, 也有动态数据如遥感影像数据。结构化数据用关系型数据库存储, 包括实测气象要素和水文要素、模拟输出和系统运行日志。

2) 模型层是系统核心, 通过接收来自用户操作层的指令和控制参数, 对流域进行子流域划分、产流计算、汇流计算、参数率定 (包括模拟效果评价) 等工作。模型层在模型启动初始根据需要直接从数据层调用非结构化静态数据, 在运行时调用动态遥感数据, 如果非结构化静态数据发生变化 (如某雨量站由于故障不能及时报送雨量, 基于雨量站网的泰森多边形结构发生变化), 则通过数据融合在线修改。对于以数据库存储的动态数据, 在每一运行时段经模型请求从数据库提取实测值, 数据

融合(包括数据判断、格式转换、非结构化数据与结构化数据融合)后输入模型。模型层采用 C 语言设计,部

署在服务端的服务器 Server 上(目前服务端操作系统为 Linux 系统,也可改用为其他操作系统)。

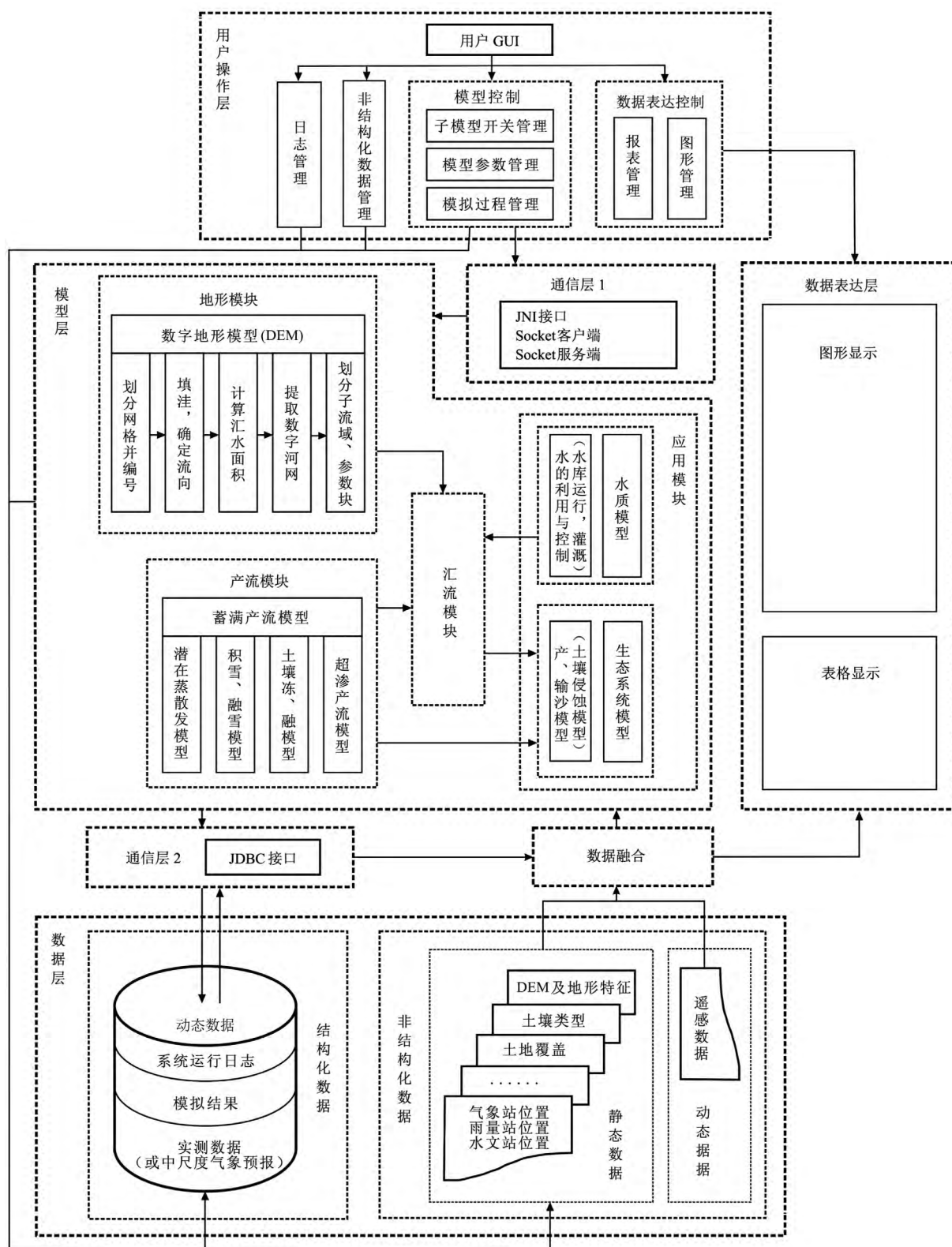


图 5 BTOPMC/SCAU 模型系统架构

Fig.5 System architecture of BTOPMC/SCAU

3) 通信层包括通信层 1 和通信层 2。通信层 1 负责用户操作层(客户端)与模型层(服务端)之间通信,在操作层用户通过可视化操作界面 GUI,向模型层发出请求和输入模型运行控制数据,模型层在接收到请求和控制数据后,在服务端后台执行模型计算。通信层 2 负

责模型对结构化动态数据请求,采用 JDBC(java data base connectivity)接口与关系数据库管理系统通信,关系数据库管理系统将符合条件的数据及时输入到模型层完成模拟,模型模拟结果和运行状态数据也通过 JDBC 接口存入关系数据库。

4) 数据表达层以图形和报表的形式直观显示各种数据, 包括输入数据和模拟数据。显示什么数据, 以何种方式显示, 数据表达层接收来自用户操作层的指令, 通过本层的内置模型以相应的形式表达, 并提供移动、缩放、存储、统计和打印功能。当要显示结构化动态数据时, 需经过 JDBC 接口向数据库请求。非结构化数据则通过读写文件的方式直接访问。

5) 用户操作层直接面对用户, 通过提供人性化、简洁易用的人机交互界面 GUI (graphic user interface), 实现对非结构化数据的管理和操作, 对模型开关 (如是否需要启动积雪融雪、土壤冻融、超渗产流、水库运行等过程)、参数输入或参数率定 (判断需要输入的各种参数并进行检验)、模拟过程及结果输出的控制, 决定数据表达层中的数据 and 模拟日志显示/查看的内容和方式。用户操作层采用 Java 语言设计, 部署在客户端 (client), 在 Microsoft Windows 操作系统下运行。

3 数据及其结构

3.1 非结构化数据

系统的输入数据和输出数据有大量的非结构化数据, 这些数据以文件的形式按照规划好的目录存储, 其中 1) 输入数据包括: 流域地形 (如 DEM) 及分块、河道曼宁系数、土壤类型和参数 (如土壤饱和含水率、残余含水率、剖面侧向出流率)、土地覆盖和植被参数 (如根系深度、冠层形态、蒸腾阻力系数、遥感影像)、水文气象网站 (如测站位置、水位流量关系)、流域初始状态、模型控制文件。2) 输出数据包括: 流域结构划分和地形特征 (如流域范围、网格坡度、水流方向、汇流面积、网格模拟顺序等)、结合地形、土壤和植被生成的数据 (如根系层土壤最大蓄水容量、网格单元和流域分块土壤湿度指数)、Shuttleworth-Wallace 模型输出 (如植被冠层截留和土壤水分潜在蒸散发)、流域状态 (如植被层和非饱和层蓄水量)、模拟径流及流量 (如植被截留和土壤水分蒸发、地面和地下径流、河道内流量和出流量)、模拟评价 (如水量平衡计算、Nash 效率系数)。生成数据是否以文件形式输出或保存, 由用户自行定义。

3.2 结构化数据

结构化数据包括气象站和水文站 (如雨量站、蒸发站、水位站、流量站) 实时实测数据、模拟输出和系统运行日志, 采用关系数据库系统来储存和管理。实测数据有各时段降水量、蒸发量、水位和流量、及各种气象要素 (包括日最高和最低气温、湿度、风速、太阳辐射, 用于 Shuttleworth-Wallace 模型计算潜在蒸散发)。

4 模型内核

对于一个新流域, 按 4 个过程完成其水文模拟, 每个过程所需调用的程序封装成批处理, 在用户操作层通过通信层 1 调用。4 个过程依次为前期数据预处理 (采用 Shell 脚本程序, 地理坐标系统为 y_preprocess_geo.sh, 平面坐标系统为 y_preprocess_la.sh)、流域初始状态生成

(y_mk_inits.sh)、流域水文模拟 (现阶段版本为 3.0, 模型程序为 C 语言, 因此其 Shell 脚本命名为 CBTOPMC300.sh) 和模拟评估 (y_post.sh)。每个批处理中根据需要调用一系列小工具, 每个小工具都是模型的最小功能单位, 完成一个独立任务, 如在前期数据预处理中有一个小工具 y_gn.exe 用以完成流域范围输入、网格大小和坐标原点定义 (需与 DEM 一致), 将流域网格化并按顺序编列一维序列号, 输出序列号文件 (<流域名称>.gn) 并储存到地形子目录 (topo/); y_fill.exe 小工具完成原始 DEM 及填洼参数读入, 定义填洼方式, 输出填洼后生成的新 DEM 文件 (<流域名称>.fil) 并存入到地形子目录 (topo/)。

5 通信结构

5.1 通信层 1

通信层 1 分为 JNI 接口和 Socket 通信 2 部分, 采用 C/C++ 设计, 其中 JNI 接口部署在客户端, Socket 通信在客户端和服务端都有部署。JNI 接口把用户在操作层发送的各种指令传给 Socket 客户端, Socket 客户端通过网络再传给 Socket 服务端, Socket 服务端根据收到的请求指示模型层和数据层执行相应的操作, 并向客户端的数据表达层返回计算结果。Socket 服务端基于 EPOLL 机制, 支持多用户高效并发访问。输入数据也是经由 Socket 客户端和 Socket 服务端上传到服务器, 为了提高传输效率, 系统设计了重传和续传两种传输方式。

用户操作层发给服务端的指令分为 5 种: 启动 Socket 服务、关闭 Socket 服务、连接服务器、发送/接收数据和关闭服务器连接, 其中发送/接收的数据包括文件 (上传/下载)、业务指令及其参数。模型所需的输入数据 (地形数据 (DEM)、土壤数据 (土壤质地、饱和含水率和凋萎系数)、土地覆盖和植被数据 (土地覆盖类型、植被 LAI 和根系深度), 以及用于模型率定的水文站实测径流过程数据) 上传到服务端相应的子目录中; 模型完成模拟评估后的输出数据 (各时段站点输入和模拟结果、各时段子流域状态和产流) 下载到客户端。业务指令目前定义了 6 个, 分别是: 在服务端创建文件夹、获取当前作业主目录、前期数据预处理、流域初始状态生成、流域水文模拟和模拟评估操作, 后面 4 个指令调用模型层已定义好的 4 个批处理。每个业务指令都需要输入参数, 在服务端创建文件夹、获取当前作业主目录 2 个业务指令需要的参数是流域名称。前期数据预处理需要的参数较多, 包括作业主目录、流域名称、DEM 特征 (边界、列、行数、左下角坐标原点、网格大小、无数据代码) 及流域分块所需的参数 (流量站位置) (以文件的形式上传到服务端)、地形处理参数 (流域地势方位、水流方向确定方法、河宽模型)。流域初始状态生成需要的参数为流域初始平均蓄水容量、适用 Muskingum-Cunge 汇流的最小流域面积。流域水文模拟和模拟评估 2 个业务指令需要的参数是流域名称。以上所述的参数 (除流量站位置外) 在用户操作层均提供了可视化输入界面, 用户在界面输

入后通过通信层 1 与相应的业务指令一起以数据包的形式发送至服务端。

5.2 通信层 2

通信层 2 为 JDBC 接口, 负责从数据库中读取模型运行和数据表达所需的动态数据 (包括实时实测水文气象变量和前期模型运行结果), 及向数据库写入当前模拟结果 (包括随时间变化的流域状态、蒸散发和径流过程) 和系统运行状态。通信层 2 采用 Jackess 开源数据库访问引擎, 引擎封装了创建数据库、打开数据库、创建表、删除表、修改表、创建主键、创建索引、插入数据、修改数据、查询数据等方法。

通信层的结构部署及与系统各层之间信息交互过程如图 6 所示。

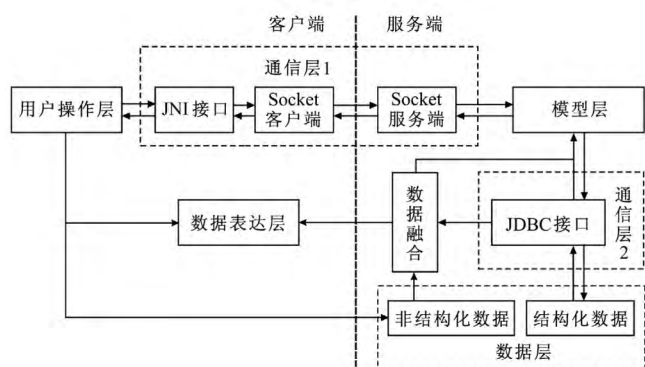


图 6 通信层结构部署和系统各层信息交互

Fig.6 Commication deployment and data passing in system

6 并行计算

在进行参数自动率定的时候, 需要以不同参数值反复运行模型, 并根据目标函数按收敛准则得到一组最优参数值, 这个过程在小流域上需要数小时, 在大中流域上则需要数天。现代计算机硬件发展技术之一是多 CPU 多核技术, 即在一个计算机上安装有多个 CPU, 每个 CPU 内封装多个核, 利用多核实现并发计算可以大大提高模型运行效率。目前并行计算在气象模型方面已经有了长足的发展, 但在水文模型研究方面尚很少应用^[18]。BTOPMC/SCAU 模型系统在 2 个模块进行了并行计算设计: 1) 在产流模块, 因为每个网格的产流过程是独立的, 所以设计了在全部网格间实现多核并发计算。2) 在耗时最长的汇流模块, 多核并发计算在子流域网格间和子流域间 2 个层面实现。子流域网格间多核并发计算: 图 7 所示是一个由 6×6 网格构成的矩形子流域, 箭头为各网格汇流方向, 数字为其集水面积 (以网格数表示)。由于网格间存在水力关系, 下游网格接受上游的水流汇入, 因此需要先完成上游网格的计算才能推进到下游网格。然而, 流域网格集水面积是分级的。图 7 所示, 集水面积为 1 个单元 (网格本身, 为源头网格) 的网格数有 18 个, 这 18 个网格由于不接受上游来水, 相互独立, 完全满足多核并发计算条件。待集水面积为 1 个单元的网格计算完成后, 计算推进到集水面积为 2 个单元的网格。图 7 所示, 集水面积为 2 个单元的网格数有 5 个, 这 5 个网格所接受的上游来水均来自集水面积为 1 个单元的

网格, 且在上一步已经完成计算, 它们之间水流也相互独立, 因此也满足多核并发计算条件。依此类推, 按网格集水面积的大小, 分级实现多核并发计算。图 7 所示, 网格集水面积分为 12 级, 其中 1 级有 18 个网格, 可最大限度实现多核并发计算, 而第 5 级到第 12 级只有 1 个网格, 只能采用 1 个核计算 (与串行计算效率相同), 因此可根据各级集水面积的网格数来申请用于并行计算的核个数。子流域间多核并发计算: 图 1 所示的 SUB1、SUB2 和 SUB3 为一级子流域 (源头子流域), 没有套合其他子流域, 且相互间没有数据交换, 可以实现多核并发计算。待完成一级子流域水文计算后, 多核并发计算推进到二级子流域。依此类推, 完成全流域的多核并发计算。根据韩江流域模拟应用, 仅汇流模块采用最多 4 核并行, 运算效率提高了 2.8 倍左右。

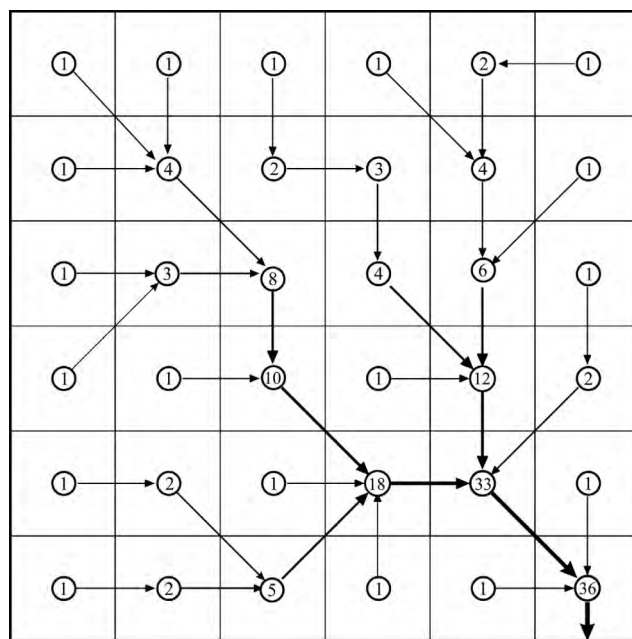


图 7 网络汇流并行计算分级

Fig.7 Classes of parallel computation on cell routing

7 结论

本文在阐述 BTOPMC/SCAU 模型原理的基础上, 根据软件工程设计思想, 结合计算机技术、网络技术、数据库技术, 采用多层架构体系设计了 BTOPMC/SCAU 分布式流域水文模型系统, 具有 5 大特点:

1) 系统采用多层架构, 层次划分明确。系统分为用户操作层、数据表达层、通信层、模型层和数据层 5 层, 层间耦合度小, 各层之间相对独立, 层内的改动不会影响其他层, 容易根据技术的进步对系统进行改进。

2) 系统运行环境为网络模式, 采用瘦客户端的设计理念, 为分布式水文模型系统移动版的设计与开发奠定了良好的基础。

3) 系统在产流模块和汇流模块实现了多核并发计算, 大大提高了模型的运行效率。

4) 通信层的 Socket 服务端基于 EPOLL 机制, 支持多用户高并发访问系统。

5) 系统提供了友好、易用的可视化操作界面。数据

输入采用帧页可视化操作界面, 所有输入一目了然。数据表达层提供了多种方式展示各种数据, 可在线查询子流域或参数块的特征、水文气象站点及雨水情分布、模拟水文过程。

[参 考 文 献]

- [1] Takeuchi K, Ao Tianqi. Introduction of block-wise use of TOPMODEL and Muskingum-Cunge method for the hydro-environment simulation of a large ungauged basin[J]. Hydrological Sciences Journal, 1999, 44(4): 633—646.
- [2] Ao Tianqi. Development of a Distributed Hydrological Model For Large River Basins and its Application to Southeast Asian Rivers[D]. Kofu, Japan: University of Yamanashi, 2001.
- [3] Takeuchi K, Hapuarachchi H P, Zhou Maichun, et al. A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins[J]. Hydrological Processes, 2008, 22(17): 3236—3251.
- [4] Zhou Maichun, Ishidaira H, Hapuarachchi H P, et al. Estimating potential evapotranspiration using the Shuttleworth-Wallace model and NOAA-AVHRR NDVI to feed a distributed hydrological modeling over the Mekong River basin[J]. Journal of Hydrology, 2006, 327(1/2): 151—173.
- [5] Wang Guoqiang, Zhou Maichun, Takeuchi K, et al. Improved version of BTOPMC model and its application in event-based hydrologic simulations[J]. Journal of Geographical Sciences, 2007, 17(1): 73—84.
- [6] 刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于不同 DEM 数据源的数字河网提取对比分析——以韩江流域为例[J]. 地理科学, 2012, 32(9): 1112—1118.
Liu Yuan, Zhou Maichun, Chen Zhijing, et al. Comparison of drainage network extraction from different DEM data sources: A case study of Hanjiang River Basin[J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(9): 1112—1118. (in Chinese with English abstract).
- [7] 万育安, 敖天其, 刘占洲, 等. 考虑积雪的 BTOPMC 模型及其在岷江上游流域的应用[J]. 北京师范大学学报 (自然科学版), 2010, 46(3): 322—328.
Wan Yu'an, Ao Tianqi, Liu Zhanzhou, et al. The BTOPMC model considering snow melt and its application in the upper reaches of the Minjiang River[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2010, 46(3): 322—328. (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘星, 文小平, 黎小东, 等. 降雨时间尺度对 BTOPMC 模型参数及洪水模拟的影响[J]. 水电能源科学, 2012, 30(6): 49—52.
Liu Xing, Wen Xiaoping, Li Xiaodong, et al. Influence of time scale of precipitation on parameters of BTOPMC model and flood simulation[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(6): 49—52. (in Chinese with English abstract)
- [9] http://www.coe.yamanashi.ac.jp/ [2014-09-02].
- [10] 江净超, 朱阿兴, 秦承志, 等. 分布式水文模型软件系统研究综述[J]. 地理科学进展, 2014, 33(8): 1090—1100.
Jiang Jingchao, Zhu A-Xing, Qin Chengzhi, et al. Review on distributed hydrological modelling software systems[J]. Progress in Geography, 2014, 33(8): 1090—1100. (in Chinese with English abstract).
- [11] Stannard D I. Comparison of Penman-Monteith, Shuttleworth-Wallace and modified Priestley-Taylor evapotranspiration models for wildland vegetation in semiarid rangeland[J]. Water Resources Research, 1993, 29(5): 1379—1392.
- [12] Federer C A, Vorosmarty C J, Fekete B. Intercomparison of methods for potential evapotranspiration in regional or global water balance models[J]. Water Resources Research, 1996, 32: 2315—2321.
- [13] Shuttleworth W J, Wallace J S. Evaporation from sparse crops—an energy combination theory[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1985, 11(469): 839—855.
- [14] 刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于 S-W 模型的韩江流域潜在蒸散发的气候和植被敏感性[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 92—100.
Liu Yuan, Zhou Maichun, Chen Zhijing, et al. Sensitivity of the potential evapotranspiration to climate and vegetation in Hanjiang River basin based on S-W model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(10): 92—100. (in Chinese with English abstract).
- [15] Duan Q, Sorooshian S, Gupta V. Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models[J]. Water Resources Research, 1992, 28(4): 1015—1031.
- [16] Boyle D P, Gupta H V, Sorooshian S. Toward improved calibration of hydrological models: Combining the strengths of manual and automatic methods[J]. Water Resource Research, 2000, 36(12): 3663—3674.
- [17] 陆垂裕, 秦大庸, 张俊娥, 等. 面向对象模块化的分布式水文模型 MODCYCLE I: 模型原理与开发[J]. 水利学报, 2012, 43(10): 1135—1145.
Lu Chuiyu, Qin Dayong, Zhang June, et al. MODCYCLE—an object oriented modularized hydrological model I: Theory and development[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 43(10): 1135—1145. (in Chinese with English abstract)

Principles of BTOPMC/SCAU distributed watershed hydrological model with system design

Zhou Maichun¹, Xiao Hongyu^{1,2}, Hu Yueming³, Liu Yuan¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Information Technology, Zhuhai Division of Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China;

3. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Based on a watershed digital elevation model (DEM) and by dividing a large basin into sub-basins or blocks, the TOPMODEL (TOPgraphic MODEL) concepts were applied for runoff generation and an adaptive Muskingum-Cunge method was proposed for runoff routing. A distributed watershed hydrological model was developed with a strong physical basis, named BTOPMC (a Block-wise use of TOPmodel with the Muskingum-Cunge method). Up to now, the model has been applied to watershed research globally and as a teaching tool of hydrological science in some organizations. In order to apply it to operational hydrological forecasts and water resources management over watersheds, a system named BTOPMC/SCAU (South China Agricultural University) was designed, consisting of 5 layers: data management, models, communication, data illustration and user operation. Data management layer laid at the system base, responsible for data storage and maintenance. Data was divided into two types: structured data and non-structured data respectively stored in relative database manage system and files. As a core of the system, models were consisted of modules of terrain analysis, runoff generation, flow concentration and basin application. The terrain module computed static characters of basin ground. The runoff generation and flow concentration modules computed dynamic hydrological processes by integrating meteorological inputs and basin ground characters. In order to improve modeling efficiency, an OpenMP (Open Multi-Processing) programming was used multiple cores of CPUs for parallel computation in the two modules. Based on an epoll mechanism and programmed in C/C++, the communication layer was designed for message passing among other layers and it supported simultaneous multi-users access. Depending on the user's intention it was possible after using some integration tools in the data illustration layer to extract inputs, outputs and some processing results from data layer and intuitively display them in tables or graphs. The user operation layer, which provided a concise GUI (Graphic User Interface), was programmed in Java, so it was able to run in different platforms such as Microsoft Windows, various Unix, Linux and so on. BTOPMC/SCAU was executed in a Client/Server environment where user operation layer and data illustration layer were deployed to clients and models and databases on server. The communication layer passed messages between Clients and Server. In this way, the system can concentrate on the huge burden of hydrological computation, and in the meantime allow large amount of data input and query from many users everywhere for the basin management. Two operation conditions were provided to run the system: calibration and simulation, and the calibration operation supported two methods: manual and automatic ways. In automatic calibration, a global optimization algorithm, SCE-UA (Shuffled Complex Evolution developed at University of Arizona), was used and seven kinds of objective functions could be chosen. BTOPMC/SCAU provided a set of sophisticated methods and convenient tools for hydrological forecasting and water resources management over watersheds. It was characterized with (1) A layered architecture but coupled weakly and allowed easy integration of advanced techniques. (2) Communicated in an epoll mechanism and supported multi-users accesses. (3) Modularized in model layer to include more methods and to develop more applications in the future. (4) Organization of data as non-structural (saved in files) and structural (managed in relative database) with high security, faster retrieval and storage, and accessibility. (5) Parallel computation dramatically enhancing calibration and simulation efficiencies in multi-core systems. (6) Multiple tools for visual queries, on-line statistical analysis, etc.

Key words: models; computer system; database; BTOPMC/SCAU; watershed hydrological model; layered architecture; modularization

肖红玉, 刘 远, 黄韩英, 等. 分布式流域水文模型 BTOPMC/SCAU 地形模块的可视化[J]. 江苏农业科学 2014, 42(11): 410-414.
doi: 10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.145

分布式流域水文模型 BTOPMC/SCAU 地形模块的可视化

肖红玉^{1,2}, 刘 远¹, 黄韩英³, 周买春¹

(1. 华南农业大学水利与土木工程学院, 广东广州 510642; 2. 北京师范大学珠海分校信息技术学院, 广东珠海 519087;

3. 广东省韩江流域管理局, 广东汕头 515041)

摘要: 操作简单、显示直观、逻辑组织好的可视化界面, 可有力促进水文模型的研发、应用、推广和普及。根据分布式水文模型系统 BTOPMC/SCAU 中地形模块对输入的 DEM 数据进行填洼、数字河网提取、子流域划分等工作内容, 开发了一个简单直观、互动性好的用户操作界面, 界面后台采用可扩展的系统架构, 使地形模块工作直接面向用户。经验证, BTOPMC/SCAU 系统的地形模块可视化、人机互动性强、运算速度快, 在韩江流域水文模拟应用中取得了较好的效果, 为模型系统后期整体开发奠定了基础。

关键词: 分布式水文模型; BTOPMC/SCAU 系统; DEM; 地形模块; 韩江流域

中图分类号: S271; S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)11-0410-05

早在 20 世纪 70 年代, 国外就开始了分布式水文模型的研究, 主要有 SHE、IHDM、SWAM、BTOPMC 等模型^[1-6], 80 年代后至今, 在原模型的基础上, 大多数分布式水文模型为适应不同的用途进行了再开发^[7]。随着计算机、软件工程、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、数据库、可视化技术的发展, 水文学家和流域管理人员深刻地认识到, 拥有直观、易操作、互动性强的用户视图界面是研发、应用、推广和普及分布式水文模型必不可少的环节, 是理论与应用之间的桥梁与接口。系统与模型的发展相辅相成, 系统的开发可以极大地促进模型的发展, 使模型走出实验室, 在应用中得到修改和验证。目前, 国外知名的水文模型系统有丹麦水力学研究所(Danish Hydraulic Institute, DHI)的 MIKE 系列水文水资源软件包、奥地利 ESS 公司(Environmental Software & Services)的流域水资源分析及管理系统软件 Waterware、美国 EMS 公司(Environmental Modeling Systems)的流域模拟系统工具 WMS(Watershed Modeling System)等^[8-10], 我国尚缺乏具自主知识产权、大型商业化应用的综合性水文模型集成工具软件。

BTOPMC 以分块的方式应用 TOPMODEL 模型, 结合 Muskingum-Cunge 汇流方法, 集合而成一个具有物理基础的分布式水文模型^[4-6]。Zhou 等应用 Shuttleworth-Wallace 双源蒸散发模型估算流域的潜在蒸散发, 完善了 BTOPMC 模型的产汇流模块, 形成了 BTOPMC/SCAU 模型^[11]。基于 DEM 生成流域数字河网是许多分布式水文模型的基础模块(以下

简称地形模块), 是 BTOPMC/SCAU 模型的基础模块, 目前, 国内外多数研究集中在理论算法和实际应用这 2 个方面, 可视化方面的研究较少。为降低系统的耦合性, 提高灵活性、自适应性和可扩展性, 本研究以关系型数据库作为模块的数据组织管理平台, 基于 MVC 设计模式, 采用面向对象(object-oriented-programming, OOP)开发方式, 实现地形模块的可视化, 不仅可以作为水文学家开展科研工作的有力工具, 也可以成为广大流域管理人员的好助手。可视化后的地形模块拥有良好的图形化用户界面(GUI), 操作简单, 用户只需输入原始 DEM 数据并选取集水面积阈值, 系统将在后台执行洼地处理、流向确定、汇水面积计算、河网生成等一系列操作, 并将提取的数字河网以图像方式直观地呈现, 将地形模块可视化开发的 BTOPMC/SCAU 系统应用于韩江流域, 与实际河网比较, 提取的数字河网精度高, 应用效果好。

1 系统结构

系统总体架构如图 1 所示, 模块、视图和控制器(model, view and controller, MVC)设计模式^[12-13]采用“分治”思想, 将数据的访问和表现进行了分离。

模块(model)是整个系统的核心, 主要作用包括构建地形模块的数据模型和业务规则, 向控制器提供对程序功能的访问, 接受视图的数据查询请求, 当数据有变化时, 通知对此数据感兴趣的视图。由于模块部分需要进行大量的数据处理与计算, 计算速度和运行效率是其生命, C 语言是程序设计高级语言之一, 同时接近机器底层汇编语言, 具有数据处理能力强、数值计算快、结构性好和易可读的优点, 更重要的是 C 语言可与目前主流的面向对象语言 C++、Java、C#配合, 适于开发高效的大型软件系统。本系统模块部分采用 C 语言开发, 经编译后封装成 DLL, 视图通过 JNI(Java Native Interface)接口调用 DLL 请求数据。

视图(view)是模型的外在表现, 是应用系统与外界的接口, 主要功能是与外界交互, 接收用户的输入, 转发给控制器并触发应用逻辑运行, 同时将逻辑运行的结果以某种形式呈

收稿日期: 2014-01-02

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41171029); 华南农业大学校长科学基金(编号: 7600-K07050); 广东省高等学校人才引进专项资金(编号: 粤教师[2008]86 号); 广东省水利科技创新(编号: 2009-42)。

作者简介: 肖红玉(1976—), 女, 江西信丰人, 博士, 副教授, 主要从事水文模拟、GIS 研究。E-mail: Gemini_xiao@qq.com。

通信作者: 周买春, 博士, 教授, 主要从事水文模拟研究。Tel: (020) 85286872; E-mail: mczhou@scau.edu.cn。

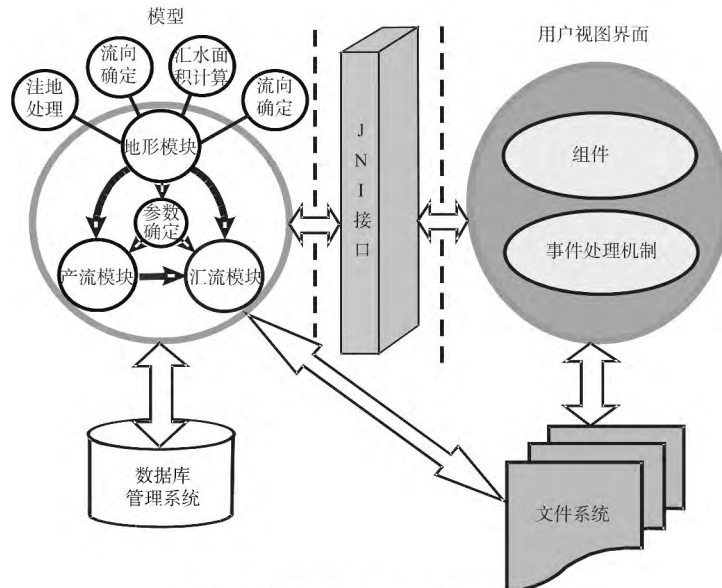


图1 BTOPMC/SCAU 系统架构

现给外界。与模型层不同,视图层只关心数据的输入和表现方式,而不考虑数据的获取和处理方式,因此,操作简便性和界面美观是视图的重点。Java 语言是纯粹面向对象的程序设计语言,具有简单、面向对象、分布式、解释性、健壮、安全与系统无关、可移植、高性能、多线程和动态等特点。本系统视图部分采用 Java 语言、利用 NetBeans 工具进行开发。

控制器(controller)是模型与视图的联系纽带,控制器提取通过视图传输进来的外部信息,并将其转化成相应事件对模型进行更新;同时,模型的更新与修改也将通过控制器来通

知视图,从而保持视图与模型的一致性。本系统控制器由 JNI 接口完成,视图和模块之间通过 JNI 接口交互。JNI 是 Java 本地调用接口,它允许 Java 语言和其他语言进行交互。

表 1 列出了本系统模块、视图和 JNI 接口的组件,为保持程序良好的可读性及一致性,JNI 接口中的函数名称与模块层中函数名称保持一致。通过 MVC 模式,既提高了系统数据的安全性、一致性与业务逻辑的隐蔽性,同时保证了系统的运行速度和效率,系统具有强伸缩性、便于扩展和流程维护等特性。

表 1 模块、视图和 JNI 接口的组件

编号	模块层 DLL 中封装的函数	控制层 JNI 接口函数	视图层各 Java 文件
1	yy_gn; //按一维序列号编列流域 DEM 网格	public native int yy_gn;	ScauHydroApp.java; //系统主程序入口
2	yy_dx dy1 ga; //计算各网格单元的长、宽和面积(地理坐标下适用)	public native int yy_dx dy1 ga;	ScauHydroView.java; //系统主界面
3	yy_fill; //处理洼地	public native int yy_fill;	InputData.java; //新建项目,输入 DEM 文件、选取汇水面积阈值
4	yy_fdir; //确定流向	public native int yy_fdir;	FileLoad.java; //加载 DEM 文件,并创建基础数据库
5	yy_fdir_check; //检查流向	public native int yy_fdir_check;	Preprocessing.java; //通过 JNI 接口调用 DLL 在后台完成填洼等一系列操作
6	yy_face; //计算各网格单元的集水面积(集水网格数)	public native int yy_face;	BasinView.java; //数字河网图形化显示界面
7	yy_basin; //界定流域	public native int yy_basin;	River.java; //河流 JOPO 类,封装流域属性及方法
8	yy_fd2gen; //生成河网	public native int yy_fd2gen;	ProjectStaticClass.java; //系统通用静态函数库
9	yy_asc2png2; //将 ASCII 文件转为 PNG 图像文件	public native int yy_asc2png2;	OpenProject.java; //打开已有项目并加载相关文件和信息
10	yy_mkpng_point_face; //根据网格集水面积文件生成河网图像文件	public native int yy_mkpng_point_face;	DeleteProject.java; //删除已有项目
11			AboutUs.java; //系统简介
12			ImageTask; //JNI 接口函数库

水文模型的输入/输出包括描述流域性质的静态数据和反映流域状态的动态数据,在水文模型的开发阶段,通常以标准的 ASCII 文件储存在本地计算机上,ASCII 文件具有读写

速度快、易编程、较灵活等优点,但也有难组织、不易查询的缺点,尤其在后期数据管理和实时应用很不方便。随着多功能、综合性分布式水文模型的发展,输入/输出数据的多样性和复

杂性大大增加,数据的维护和管理负担很重^[14]。为增强模型的数据管理能力,并考虑到后续产流模块和汇流模块的可视化研究,本系统采用关系型数据库作为输入/输出平台,数据库引擎采用通用的 JDBC 接口。数据库表清单见表 2。

表 2 基础数据库表清单

编号	基础数据库表清单
1	Control; //流域模拟参数控制表
2	MapRange; //DEM 等地图的范围列表
3	LandCover; //土地覆盖信息表
4	Period; //系统模拟起止时间表
5	Precipi; //降水量表
6	PreceStat; //降水量站表
7	QObs; //实测流量表
8	Qstations; //流量站表
9	CorrQobsSta; //校验后流量站表
10	Soil; //土壤信息表
11	SubOutlet; //子流域出口表
12	LogData; //日志数据表

2 理论与方法

BTOPMC 是一个基于 DEM 的分布式水文模型。模型的核心部分包括地形模块、产流模块和汇流模块,其中,地形模块又包括洼地处理、流向确定、汇水面积计算、河网提取、划分子流域等子模块。地形模块系统开发流程如图 2 所示。DEM 是地形模块的基本输入,DEM 网格数据可以通过使用等高线图进行内插取得,也可以通过卫星图像获得。但无论用什么方法创建或获取 DEM,也不管其分辨率如何,都存在天然的和虚假的洼地。由于洼地的存在,会形成不切实际的水流方向,使全流域无法形成一个完整连续的河网。洼地的消除成了地形模块首要解决的问题^[5]。

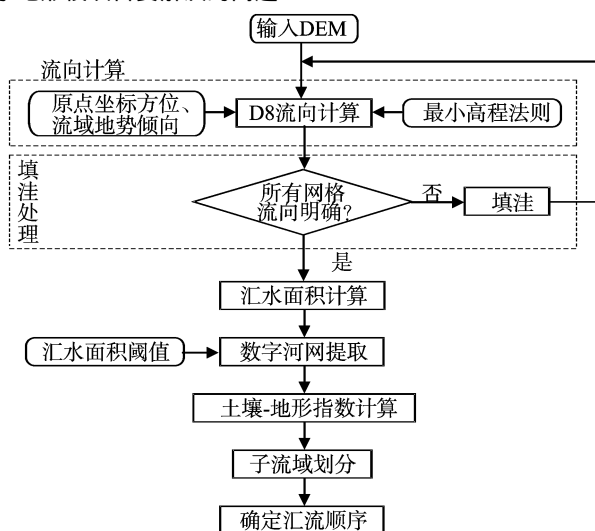


图2 地形模块系统开发流程

2.1 洼地处理

在 BTOPMC 模型中,DEM 的填洼处理采用高程增量迭加法,即按地貌倾斜度采用不同高程增量逐步填洼,每次填洼时,相邻洼地仍然按地貌的总体趋势保持一个辐合坡度^[15]。填洼过程尽量减小修改高差的值,使其足够小以避免产生新的洼地,或最大限度地限制新洼地的产生。填洼后形成的坡

度与地形的实际坡度应一致,避免实际地形被更改为和实际不符的地形。填洼高程增量计算公式为: $d_h(i, j) = h_c [1 - (\alpha_i + \beta_j) / (N_r + N_c)]$, 式中 d_h 为洼地高于相邻的最低网格点的高程增量; (i, j) 为洼地所在网格的行坐标和列坐标; h_c 为通过数值试验确定的一个常数,对于目前常用的 DEM,一般先取 $h_c = 0.1$ m; α 和 β 分别为 x 方向和 y 方向的地形倾斜角度权重系数,倾角越大,权重系数越大,近似取 $\alpha = \beta = 1$ 。在填洼过后,洼地原始高程增大到一个新的高程 h_m , 计算公式为: $h_m(i, j) = h_0(i, j) + dh(i, j)$, 式中 $h_0(i, j)$ 为与洼地 (i, j) 相邻的最低网格点的高程。

2.2 流向确定

采用目前广泛使用的 D8 法来确定栅格的水流方向,每个栅格限定 8 个可能的水流方向(图 3)^[16], 网格单元之间有 3 种可能流程,分别是水平方向(d_x)、垂直方向(d_y)和斜向 45° 方向($\sqrt{d_x^2 + d_y^2}$)。假如分辨率为 $d_x \times d_y$ 的 DEM,点 X 是其中任意一个网格,而不是一个洼地,点 P 所在网格是 X 相邻 8 个网格中最低的一个,根据 D8 法则,点 X 将流向网格 P , 流向代号为 $2^7 = 128$ 。

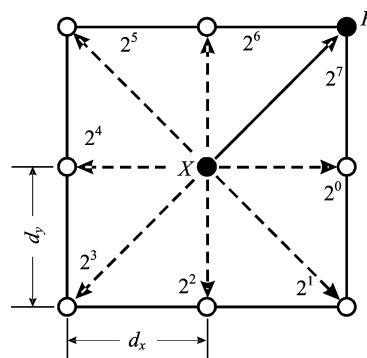


图3 水流方向编码

2.3 汇水面积计算

研究区域内各栅格的上游汇水面积,可以用区域地形曲面的流水模拟方法^[17-18]得到。假定 DEM 每点处有 1 个单位的水量,按照水从高处流向低处的自然规律,根据区域地形的水流方向分布计算每点处所流过的水量数值,便可以得到该区域汇水面积分布。在此过程中,实际上赋予了水流方向矩阵权值 1,如果考虑特殊情况(如降水不均匀)则可以使用特定的权矩阵。从 DEM 到汇水面积的计算过程如图 4 所示。

2.4 河网生成

获得汇水面积分布后,根据选取的河流源头集水面积阈值提取数字河网^[18-19]。基本思想是:凡是汇水面积大于或等于源头集水面积阈值的网格即被定为河道,小于源头集水面积则无法产生足够的径流形成水道。阈值的大小与所提取河网的疏密程度有关,阈值变小,河网密度增大,反之河网密度减小。

通过比较河源密度、河网密度与源头集水面积阈值的关系来确定合理的源头集水面积阈值。河源密度是指流域内河流源头个数与流域面积之比,河网密度是指流域内河网长度与流域面积之比,这 2 个参数能够直接反映出相应流域所提取的河网状况。图 5 所示分别为源头集水面积阈值设定为 2 和 4 时由图 4-c 汇水面积所提取的数字河网。

156	144	138	142	116	98	2	2	2	2	4	8	0	0	0	0	0	0
148	134	112	98	92	100	2	2	2	4	4	8	0	1	1	1	3	0
138	106	88	74	76	96	1	1	2	4	8	4	0	3	6	8	1	0
128	116	110	44	62	48	128	2	2	2	4	8	0	0	0	18	0	1
136	122	94	42	32	38	2	2	2	2	4	8	0	0	1	1	22	0
148	106	68	24	22	24	1	1	1	1	-1*	16	0	2	4	7	35	0

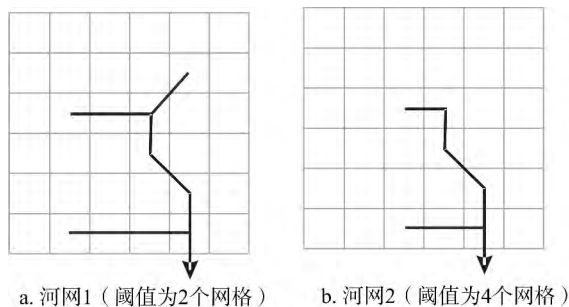
a. 无洼DEM

b. 水流方向

c. 汇水面积(网格数)

水流方向-1*代表汇水区域的出口

图4 DEM及地形计算



a. 河网1(阈值为2个网格)

b. 河网2(阈值为4个网格)

图5 不同河流源头集水面积阈值所提取的数字河网

3 实例研究

3.1 流域概况

韩江流域位于粤东、闽西南(115°13′~117°09′E, 23°17′~26°05′N), 范围包括广东、福建、江西三省部分区域, 其中, 广东省 17 851 km², 占 59.3%, 福建省 12 080 km², 占 40.1%, 江西省 181 km², 占 0.6%, 流域总面积 30 112 km², 是广东省除珠江流域外的第二大流域。韩江主源为梅江, 发源于广东省河源市紫金县乌突山七星东, 在广东省梅州市大埔县三河坝与发源于福建省宁化县武夷山南段木马山北坡的

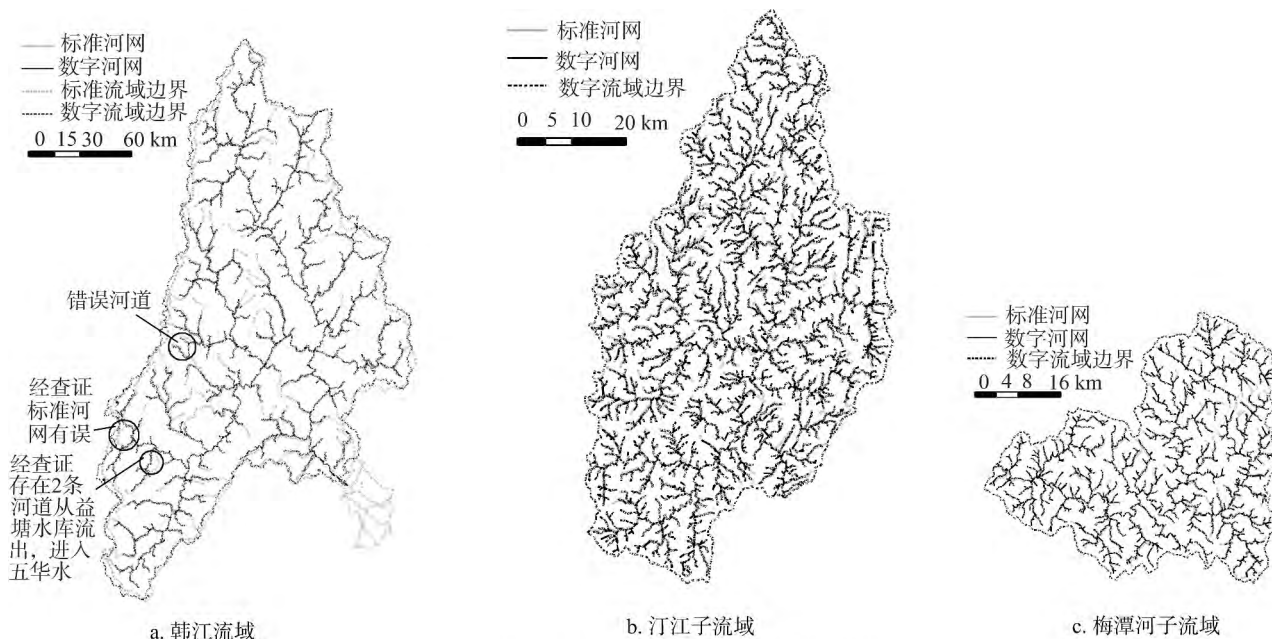
汀江汇合, 三河坝以下始称韩江, 韩江干流经韩江三角洲, 分北、东、西溪在广东省汕头市出南海。

3.2 DEM 数据源

采用 SRTM3(version 4) ^[20] (水平分辨率为 3", 约 90 m) DEM, 覆盖韩江流域范围的栅格数为 2 199 × 3 826(列 × 行), 最大高程为 1 792 m, 最小高程 -15 m, 平均高程 396.9 m, 高程标准差 262.8 m, 出现负高程是由数据误差造成、低于海平面的洼地。

3.3 生成河网及可视化显示

为评估数字河网提取精度, 将其与实际河网(来自地形图)对比。图 6-a 是提取的韩江流域数字河网, 为朝安站以上流域, 源头集水面积阈值为 40 km², 与实际河网吻合良好, 错误河道很少, 数字流域边界与实际边界也基本吻合, 面积误差仅 0.57%; 图 6-b 和图 6-c 分别是韩江流域官庄水文站以上的汀江流域和三河坝水库以上的梅潭河流域数字河网和实际河网对比, 数字河网源头集水面积阈值 1 km², 实际河网从 1:28 万的长汀县地图、1:25 万的大埔县和 1:23 万的平和县地图获得 2 个子流域的数字河网与实际河网吻合良好。图 7 为系统用户界面和显示的数字河网图, 界面左边空白区域留待产流和汇流模块使用。



a. 韩江流域

b. 汀江子流域

c. 梅潭河子流域

图6 韩江流域及其部分子流域数字河网

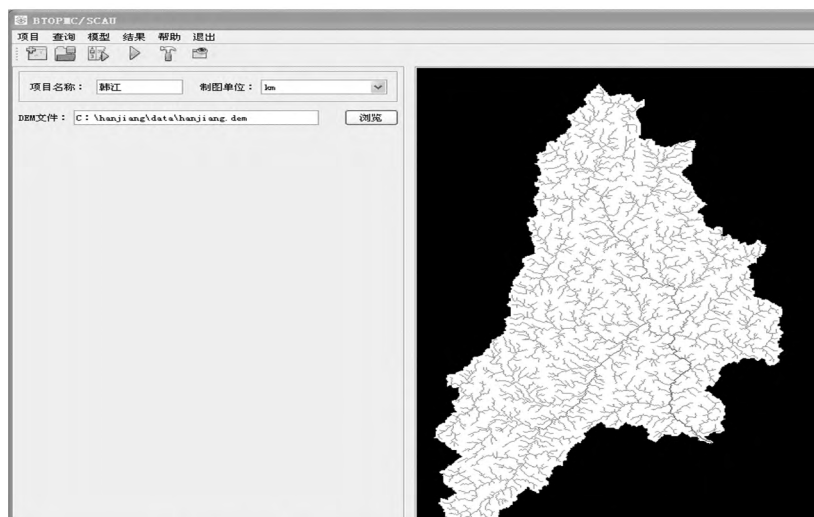


图7 BTOPMC/SCAU模型用户主界面和韩江流域数字河网显示

4 结论与展望

本系统集成了 DEM 洼地处理、水流方向确定、汇水面积计算、数字河网提取等子模块,实现了分布式水文模型 BTOPMC/SCAU 地形模块的可视化。系统具有以下特点: (1) 基于 MVC 设计模式。将系统的模型层(数据层)、控制器和视图层(表现层)分离,提高了系统的结构性与层次的清晰度,体现了高内聚低耦合的软件工程设计思想,系统具有良好的重用性、维护性和扩展性,为后续产流模块和汇流模块的开发提供了预设接口。(2) 采用面向对象编程(OOP)思想和语言。视图层由完全面向对象的 Java 编程语言完成,在设计过程中以对象和类为构造单元,以方法、继承、多态、消息传递为基本机制,对控制软件的复杂性提供了有效手段,利用 Java 跨平台的特性,只需要少量修改,地形模块系统就可以部署在不同操作系统下运行。(3) 采用关系型数据库平台管理模型数据信息,提高了输入/输出数据的规范性、安全性和易操作性,为数据检索、分析和再开发提供了便利。

参考文献:

- [1] Jonch - Clausen T. System hydrologique European: a short description [R]. Horsholm, Denmark: Danish Hydraulics Institute, SHE Report, 1979.
- [2] Morris E M. Forecasting flood flows in grassy and forested basins using a deterministic distributed mathematical model[C]. Hydrological Forecasting, IAHS Publication, 1980, 129: 247 - 255.
- [3] DeCoursey D G. ARS small watershed model[R]. USA: International Institute of Applied Systems Analysis, 1982.
- [4] Takeuchi K, Ao T Q, Ishidaira H. Introduction of block - wise use of TOPMODEL and Muskingum - Cunge method for the hydroenvironmental simulation of a large ungauged basin [J]. Hydrological Sciences Journal, 1999, 44(4): 633 - 646.
- [5] Ao T Q. Development of a distributed hydrological model for large river basins and its application to southeast Asian rivers[D]. Kofu, Japan: University of Yamanashi, 2001.
- [6] Takeuchi K, Hapuarachchi P, Zhou M C, et al. A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins[J]. Hydrological Processes, 2008, 22(17): 3236 - 3251.
- [7] 金鑫, 郝振纯, 张金良. 水文模型研究进展及发展方向[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 197 - 201.
- [8] DHI. MIKE [EB/OL]. [2013 - 11 - 28]. <http://www.mikebydhi.com/>.
- [9] ESS. Environmental software, planning & management [EB/OL]. [2013 - 11 - 28]. <http://www.ess.co.at/WATERWARE/description>.
- [10] Environmental Modeling Systems, Inc. Watershed Modeling System [EB/OL]. [2013 - 11 - 28]. http://www.ems-i.com/WMS/WMS_Overview/wms_overview.
- [11] Zhou M C, Ishidaira H, Hapuarachchi H P, et al. Estimating potential evapotranspiration using the Shuttleworth - Wallace model and NOAA - AVHRR NDVI to feed a distributed hydrological modeling over the Mekong River basin [J]. Journal of Hydrology, 2006, 327(1/2): 151 - 173.
- [12] 任中方, 张华, 闫明松, 等. MVC 模式研究的综述[J]. 计算机应用研究, 2004, 21(10): 1 - 4.
- [13] 陆荣幸, 郝洲, 阮永良, 等. J2EE 平台上 MVC 设计模式的研究与实现[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(3): 144 - 146.
- [14] 陆垂裕, 秦大庸, 张俊娥, 等. 面向对象模块化的分布式水文模型 MODCYCLE I: 模型原理与开发篇[J]. 水利学报, 2012, 43(10): 1135 - 1145.
- [15] 刘远, 周买春, 陈芷菁, 等. 基于不同 DEM 数据源的数字河网提取对比分析——以韩江流域为例[J]. 地理科学, 2012, 32(9): 1112 - 1118.
- [16] O'Callaghan J F, Mark D M. The extraction of drainage networks from digital elevation data [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1984, 28: 323 - 344.
- [17] 李磊, 刘文丰, 徐宗学, 等. 基于 DEM 的分布式水文模型前处理程序开发及应用[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2012, 48(5): 559 - 565.
- [18] 左其亭, 王中根. 现代水文学[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [19] 刘先龙. 基于 DEM 的流域水文网络建立方法研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [20] Jarvis A, Reuter H I, Nelson A, et al. Hole - filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) [EB/OL]. [2013 - 11 - 29]. <http://srtm.csi.cgiar.org>.

The Exploration and Practice of MVVM Pattern on Android Platform

Wei Sun^{1, a}, Haohui Chen^{1, b} and Wen Yu^{1, c}

¹ College of Information Technology, Beijing Normal University Zhuhai, Zhuhai, Guangdong 519085, China

^aasunwei@bnuz.edu.cn, ^bmoon4chen@163.com, ^cwenyu@bnuz.edu.cn,

Keywords: MVVM; RSS; Data Binding; Android

Abstract. How UI designers and business engineers collaborate to development apps on Android platform conveniently and effectively is a difficult problem to tackle when projects get more complicate and need more effort. This paper compared the commonality and variability of MVVM with the commonly used MVC and MVP patterns. An RSS subscription app was designed and implemented by using Data Binding and Rome.jar techniques and the use of MVVM pattern on Android platform was explored. Three key points to solve the problem of bidirectional binding of views and view models were described. Decoupling of Model and View further separated data, logic and view and satisfied the requirements of different format of views for the same model. Therefore, duplicated code was reduced. The more important is that the coupling level of code was decreased for multiple developers. The software design objective of "high cohesion and low coupling" was achieved and efficiently collaborative development was accomplished.

Introduction

With the increase of the scale and the complexity of software to be developed, the modular design principle of "high cohesion and low coupling"^[1] has been the goal for researchers and developers to explore and put into practice. The MVC, MVP and MVVM are three representative models of the MV+X model. These models are common design patterns of the application system and they realize the different degrees of separation of data, logic and view^[2]. This paper analyzed and compared the different working mechanisms of the above three models and explored the use of MVVM model under the Android Operating System (OS) by illustrating the key design points of a RSS subscription app.

Driven by the commercial interests, the environment of getting information has become harsher now. More and more domestic and foreign websites have provided the corresponding RSS services. Users can access the "clean" and targeted information by subscribing the RSS service of website.

Recently, mobile internet industry has gradually penetrated into every corner of our life, which is considered to be a competition in the Red Sea. Because mobile terminals are flow inlets, the data flow is particularly precious. RSS subscription app can greatly reduce the time and data traffic by avoiding users to browse and download a lot of useless information. By using the RSS subscription app service in the mobile terminal, one can get information more convenient and more efficient^[3].

In addition to the traditional functions, an RSS subscription app on the Android platform, with RSS parsing, rich text reading, cloud storage and other functions, will bring users an exciting experience. The main innovative points are as follows:

- Optimizing functions of the RSS subscription app, highlighting the two attributes of the Internet thinking, that is the usability and personalized customizing;
- Adding cloud data storage capabilities;
- Exploring the application of MVVM mode on Android platform in the framework design, which makes the collaboration of interface design engineers and business engineers more convenient and more;
- Following the idea of Google Material Design in the prototype design and studying realization methods of the Design Material style;

Error Analysis Expert System Based on the Takagi-Sugeno Model

NuHua CHENG^a, Wei LV^b, YuHua NI^c, Mei LI^d and Yong CAI^e

Beijing Normal University, Zhuhai

^achengnuhua@bnuz.edu.cn, ^bluwei@bnuz.edu.cn, ^cnisunny@126.com,
^dlimei@bnuz.edu.cn, ^ecaiyong@bnuz.edu.cn

Abstract. The error data obtained from the front-end in-class feedback system would be analyzed and judged by the back-end expert system, and the causes of such errors would be provided and the corresponding after-school exercises would then be automatically pushed to the students by the cloud service platform to increase targeted learning and learning efficiency.

Keywords. expert system; Takagi-Sugeno; Cloud Computing; education; SOA.

1. Introduction

How to improve teacher's targeted teaching and students' enthusiasm and initiative for learning is one of the key issues needed to be addressed during the process of teaching and learning. "Electronic Classroom" and "Physical Studio", popular in America where students are required to think and answer all questions through the man-machine dialogues during the learning process, provides us with good examples. Experiments conducted on the use of "electronic school bag" and the computer-aided teaching and learning through cloud computing technology, undertaking in some districts of Shanghai, prove that student's workload can be greatly reduced and their learning efficiency can be enhanced with the help of the aforementioned technologies. In 2009, a study on the use of the educational cloud service platform was launched and the main content is [summarized](#) as follows.

2. Content of study

1) To increase the interaction between "cloud" and users through the collaboration and sharing of teaching resources. All lecturing slides, in-class exercises and some other related documents of each class are required to be uploaded to the cloud platform, and teachers can re-edit the resources downloaded from the platform and make them a tailored-made version of their own. To achieve such aim, standards of teaching resources need to be established to ensure their effectiveness and being up-to-date.

2) To create an integrated cloud service platform where teaching and learning data can be automatically collected, intelligently processed and analyzed and effectively

applied. Through lightweight, user-friendly cloud computing configuration and the client program, a process-based evaluation system on education quality can be established with the involvements of various stakeholders.

3) To create a student-centered cloud service platform where services such as learning through animation and exercises re-practice can be pushed according to the student's wrong question list. A virtual rewards and credits mechanisms can be adopted to improve the motivation of learning, helping students to establish good learning habits.

4) To adopt a blended learning model which combines online learning and offline school education to help students to obtain knowledge.

5) To solve the inequality in compulsory education from the technical level. By using the educational resources from key schools and senior teachers, the growth process of young teachers can be shortened, and the gap between key schools and non-key schools can also be narrowed.

3. Technology Solution

3.1. Architecture of the platform

The architecture of the platform is shown in Fig. 1. The system structure is divided into four layers, namely infrastructure layer, data layer, support layer, and business layer. The technology plays a central role in the data layer and the support layer and an open and sharing platform was built, while business transaction plays a central role in the business layer and different business systems can be realized in that layer [1].

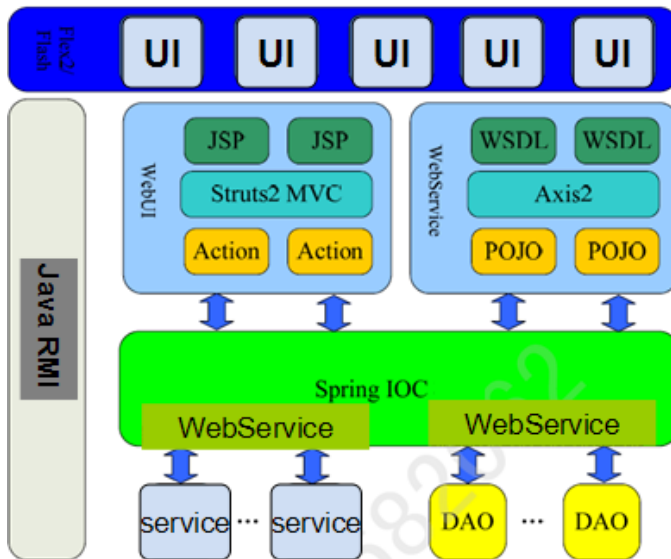


Fig. 1 Architecture of the platform

3.2. Expert system based on Takagi-Sugeno

The expert system [4] is shown in Fig. 2.

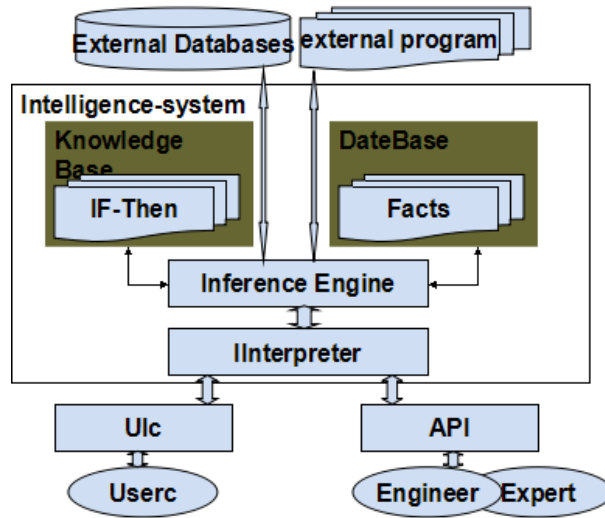


Fig. 2 expert-system

T-S system, composed of N follows rules

Ri: If s_1 is L_1^i and s_2 is L_2^i and ... And s_n is L_n^i

Then $y^i = p_i 0 + p_i 1 s_1 + \dots + p_i n s_n$

$s_1, \dots, s_n$ as the input variables, y_i as the i rule consequents output variables, $L_i^1, \dots, L_i^n$ as the triangle membership function, $p_i 0, \dots, p_i n$ as linear gain.

Output for T-S system, As the activation rule consequent weighted sum.

$$y = \sum_{R_i \in A} \left[\sum_{j=0}^{n_i} p_{ij} s_j \right] \quad (1)$$

TR^i as the rules of the true value, A as collection of all activated rules, $s_0 \equiv 1$.

4. Model design

A four-in-one teaching and learning platform for students, parents, teachers and schools is established and is shown in Figure 3.

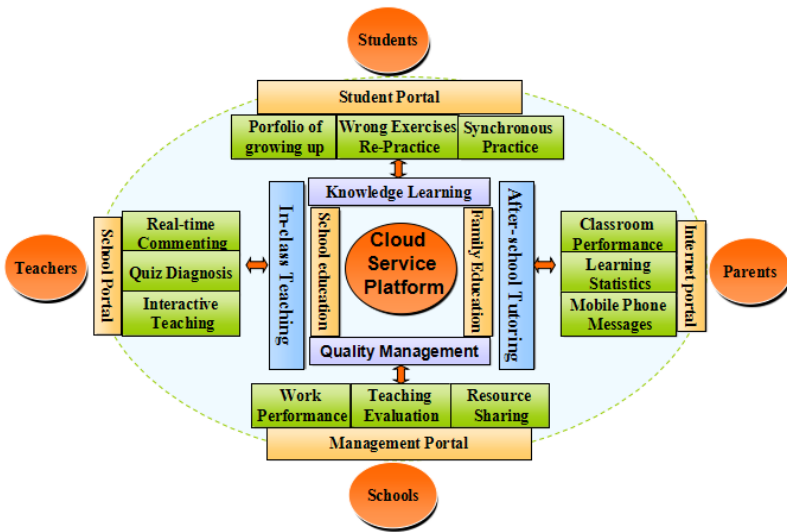


Fig. 3 the Four-in-one teaching and learning platform

Business model is shown in Fig. 3.

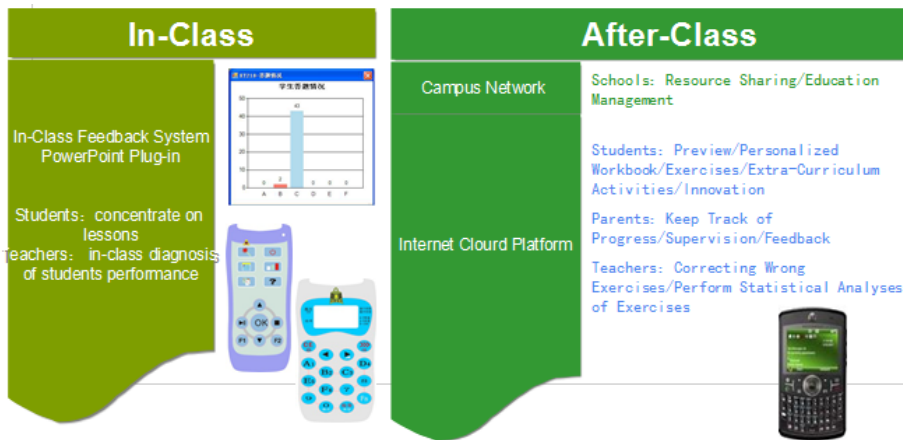


Fig. 4 Business Model

Teachers, students, schools and parents, which respectively correspond to different business functions. [4]

Teachers' individualized teaching:

- Using through PowerPoint Plug-In
- Teaching with Animation
- Controlling the rhythm of the class
- Attracting student's attention
- Checking the missing or
- Performing After-class statistics analysis
- Undertaking individualized teaching

Students' Learning on demand:

- Preview lessons with animation
- Concentrate on study
- One-to One education
- Personalized wrong question lists
- personalized exercise book
- Publishing personal work
- Peer communication
- Immediate reward with credits and virtual pets
- Preview
- In-class exercises
- After-class review

Schools' Sharing Resource:

- Sharing high-quality resource
- Managing with quantitative standard
- Increasing teaching efficiency
- Ensuring the education quality
- Promoting overall quality of students

Parents' Keeping track of the whole learning process:

- Keeping track of learning progress
- Keeping track of learning target
- Keeping track of learning process
- Keeping track of path of growing

The metadata model for an on-demand teaching and learning is shown in Fig. 5.

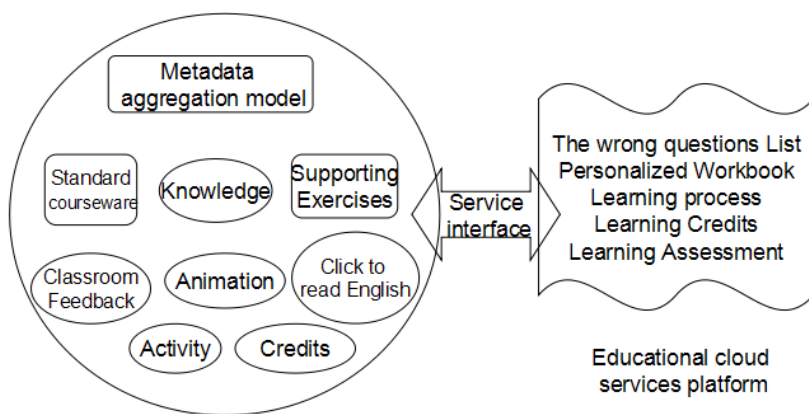


Fig. 5 Meta data model

Meta data model has two sides : the on-demand teaching and on-demand learning.

1) On-demand Teaching

According to the results from the in-class feedback system and the effect of student's learning, follow-up teaching materials can be downloaded from the cloud service platform and be re-edited to support personalized teaching.

2) On-demand Learning

In accordance with the result of in-class interactions, a wrong question list and a personalized workbook can be created and only exercises that aim at correcting those wrong questions need to be practice again. In this way, the traditional exercise-stuffed teaching methods can be break, and the workload for homework can be released. Meanwhile, through the credits and virtual rewards mechanism provided by the cloud service platform, students' enthusiasm for learning would be greatly encouraged, and good learning methods and habits would be developed. [3]

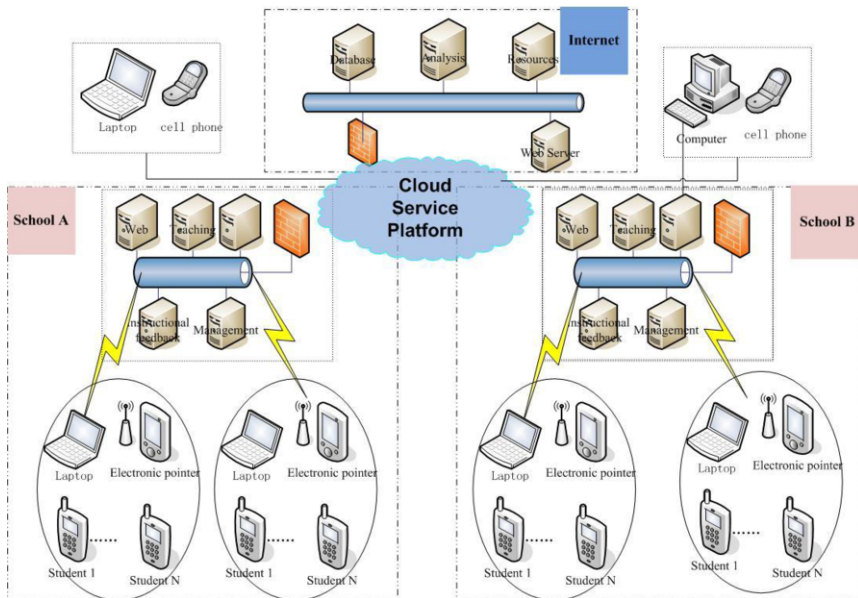


Fig. 6 the topological structure of the cloud service platform

A cloud computing-based distributed architecture with RUP methodology was adopted for the educational cloud service platform. The topological structure of the system is shown in Figure 6. Based on the service-oriented architecture (SOA) the platform can be adapted to the students' new learning methods and learning content, and can also be adapted to the new requirements from parents and teachers. The characteristics of the platform can be summarized as follows:

1) In accordance with the characteristics of cloud computing technology, networks, systems and equipment are transformed into "Infrastructure as a Service (IaaS). Students can not only obtain the quality educational resources of the region, but can also freely access the cloud pool to obtain resources on demand.

2) Through the cloud computing technology, targeted learning services for students would be pushed according to the profiles of students development, students' need can be understood and their curiosity can be fully stimulated. [2]

3) Through the cloud service platform, comprehensive and dynamic services which integrated the need of teachers, students, parents and schools can be provided to students. Related stakeholders can be tightly linked together and targeted strategies can be provided for students' overall development.

5. Implementation

In September 2011, the cloud service platform was firstly used in the six selected classes in Zhuhai No. 1 primary school. After one semester, teachers, students, parents, and school management were satisfied with the experimental results.

In February 2012, the above experiments were extended to 24 classes and then 48 classes later in September 2012. The total student number of the primary school is 2442, while the total number of teacher is 127. Up to present, 1930 classroom lecturing slides have been uploaded, while the downloads reached 32897, and with a total visitor of 37831.

From the result of the experiment, stakeholders can gain benefits from the use of such cloud service platform, in the following ways:

5.1. *Tailor-made lecturing materials and individualized teaching*

From the teacher's point of view, based on the learning feedback of students, materials downloaded from the public teaching database can be re-edited and then such personalized lecturing materials can be uploaded to a personal folder for later use. With such tailor-made resources, individualized teaching can be carried out, and the teaching effectiveness can be increased. [5]

5.2. *Personalized and autonomous learning*

From the student's point of view, through in-class interaction, students' attention is concentrated, the weakness of each individual student is identified, and the result of classroom teaching is uploaded in real time to the service platform. Services such as learning through animation, exercises for wrong question list would be pushed for after-class re-practicing. In addition, the platform can be used as a online showcase for personal or team projects and the communication between students can be strengthened through peer evaluation. The virtual credit and reward mechanism encourages students to work hard and develop good learning habits. [6]

5.3. *School Quantitative management*

From the school administrator's angle, with the platform, the teaching data of each class can be analyzed real-time and targeted guidance can be provided to improve the quality of teachers.

5.4. Resources sharing

From the view of the education management institutions, the results of the teaching can be analyzed and the real-time teaching resources of local schools can be allocated and managed and the high-quality teaching resources can be pushed to the poor and backward areas to promote the common development of education.

5.5. Parent’s real-real information

Through SMS and the cloud service platform, parents can be informed of student’s real-time performance in school, and targeted counseling can be provided for students after class. Such interaction not only improves the efficiency of student learning, but also strengthens the parent-child communication.

After more than one year implementation of such pilot project, the result of a 30% reduction in the teachers’ workload and a 50% increase of students’ enthusiasm for learning and target learning can be achieved. Fewer students suffered from learning difficulties and the feedback cycle of parents can be reduced from two weeks to daily acknowledgment. School management’s quality evaluation can be performed daily rather than waiting to be carried out at the end of the semester. Feedback from students, parents, teachers and schools is satisfactory. Show in table 1.

Table 1 : comparison before and after experiment

Teacher: Xue Ying	Fill in date: Dec 28th, 2012	
	traditional model	cloud service platform
time for in-class exercise	15 minutes	10 minutes
number of exercises	10	20
student's involvement in exercises	70%	100%
time for teacher correcting exercises	40-60 minutes	1 second
average error for correcting exercises	3%	0%
period for teaching and learning outcome	2 days	1 second
resources sharing between parents and schools	0%	100%
period for exercises analysis	2 days	1 second
period for student correcting exercises	3 days	1 day
percentage of targeted exercises practice	50%	100%
period for parent's feedback	15 days	1 day
period of teaching quality management	1 month	1 day
student's initiative for learning	general	strong

student's burden for learning	general	general
teacher workload	heavy	50% less

6. Summary

The four-in-one educational cloud services platform was established to increase targeted learning and learning effectiveness. With the help of the latest cloud technologies, on-demand teaching and learning can be realized, and parents and school managements can be actively involved in the teaching and learning process.

However, the implementation of cloud service platform needs to be a huge systematic project. Through continuous improvement, more schools would be attracted to join the pilot project and the allocation of resources would be optimized, narrowing the gap of education quality between the developed areas and underdeveloped areas.

Acknowledgements

The paper is supported by the National Natural Science Foundation of China:11126039.

References

[1] F. Chang, J. Dean, S. Ghemawat, W. C. Hsieh, D. A. Wallach, M. Burrows, T. Chandra, A. Fikes, and R. E. Gruber. Bigtable: A distributed storage system for structured data. In OSDI, 2006.

[2] R. L. Grossman and Y. Gu. Data mining using high performance clouds: Experimental studies using sector and sphere. In KDD, 2008.

[3] Jounf e L. Fuzzy inference system learning by reinforcement meth od s. IEEE Trans . SMC—— Part C, Applications and Reviews , 1998, 28(3): 338~ 355

[4] Kim M S, Hong S G, Lee J J.Online fuzzy Q-learning with extended rule and interpolation technique. In: Proc.1999 IEEE /RS J Int . Conf. Intelligent Robotics and Systems, Kyongju: South Korea, 1999, 2: 757~ 762

[5] Sutton R S, Bart o A G. Reinforcement Learning: An Introduction. M A: MIT Pres s, 1998

[6] Yan X W, Deng Z D, Sun Z Q. Fuzzy advantage learning. In: Proc. IEEE, 9th Int. Conf. Fuzzy Systems, TX: San Antonia, 2000, 2: 865~ 870



中山大学图书馆

Sun Yat-Sen University Libraries

中国广州市海珠区新港西路135号 Zip: 510275 Tel: 020-84111992 Fax: 020-84036935
135 Xingang Road West, Guangzhou, P.R. China E-Mail: library@mail.sysu.edu.cn Url: http://library.sysu.edu.cn

中山大学国际联机检索中心

检索结果证明

编号: 2014031005

委托检索单位: 北京师范大学珠海分校

检索课题名称: 程努华发表的论文被《科技会议文献引文索引》(CPCI-S 2000~)收录的情况。

1. Cheng NH, Lv W, Ni YH, Yong C: *Intelligence System for Error Analysis Based on the Takagi-Sugeno Model. In AER-Advances in Engineering Research.* | 15 15. Edited by Liu M, Zhang X; 2015: 140-143

关键词:

AU=cheng nh and PY=2015 and Title= *Intelligence System for Error*

检索数据库(文档号):

《科技会议文献引文索引》(CPCI-S 2000~)

检出结果: 1

检索结果:

用上述关键词对《科技会议文献引文索引》(CPCI-S 2000~)进行检索,结果表明,程努华发表的上述论文被《科技会议文献引文索引》(CPCI-S 2000~)收录(详见附件)。

检索员: 王玲

审批者: 李刚

声明: 本证明检索的文献信息均由委托人提供并确认, 如果由于委托人提供信息不实而造成任何后果, 本检索中心概不负责。

中山大学国际联机检索中心

2016年12月19日

Acceptance Letter

International Conference on Computer Science and Software Engineering [CSSE2014]

October 18-19, 2014, Hangzhou,
China

<http://www.iccsse2014.org/>



Dear Author,

Congratulations! It is our great pleasure to inform you that your paper has been accepted for presentation at International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSSE2014), to be held in Hangzhou, China on October 18-19, 2014. This is sponsored by Vico Information and Industry Research Center (VIIRC) and is technically sponsored by some other universities.

Please finish the registration before the deadline, the paper will be included in the conference proceedings, and will be published by DEStech Publications and submitted to EI Compindex and ISTP databases for indexing. Some excellent papers will be selected and recommended to EI or SCI journals.

Please strictly adhere to the format specified in the conference template while preparing your final paper. If you have any problem in preparing the final paper, please feel free to contact us: csse2014@163.com. For the most updated information on the conference, please check the conference website at <http://www.iccsse2014.org/>

Please confirm the following information and note the Paper ID:

Paper ID: C160

Paper title: Design and Implementation of Data Mining System for Error Collection Based on K-means Algorithm

Authors: Nu-Hua CHENG, Wei LV, Yong CAI, Xiao-Yong WU, Yue-Ying XU

Yours sincerely:

CSSE2014 Organizer

July 23th, 2014.



荣誉证书

北京师范大学珠海分校

蓝荣祺杨蕙婷同学：

你（们）的作品《Weludge在线程序代码评测辅助教学系统》荣获第十四届“挑战杯”广东大学生课外学术科技作品竞赛三等奖。

指导老师：肖红玉

特发此证，以资鼓励。



获奖证书

证书编号：201701689

第五届“泰迪杯”数据挖掘挑战赛

三等奖

作品名称：基于节点类型和文本特征的论坛正文提取

作品单位：北京师范大学珠海分校

作品成员：叶彩旭、郑嘉明、陈启伟

指导老师：肖红玉

全国大学生建模竞赛组委会

广州泰迪智能科技有限公司

2017-07-22

北京师范大学 珠海分校
BEIJING NORMAL UNIVERSITY, ZHUZHAI



荣誉证书

蓝荣祺、万志强、姚芝珺、黄颖妍：

你（们）的作品《WeJudge 在线程序代码评测辅助教学系统》在北京师范大学珠海分校第六届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛科技发明制作 B 类中荣获：

二等 奖

特发此证，以资鼓励。

共青团北京师范大学珠海分校委员会



二〇一六年十二月八日

北京师范大学珠海分校学术中心





北京师范大学 珠海分校
BEIJING NORMAL UNIVERSITY, ZHUHAI

荣誉证书

郑东吴 同学：

你们组的作品《北师微学》在第十三届 IT 节之计算机作品设计大赛中

荣获：

二等奖

特发此证，以资鼓励。

共青团北京师范大学珠海分校

信息技术学院委员会

二〇一六年五月



北京师范大学 珠海分校
BEIJING NORMAL UNIVERSITY, ZHUHAI

荣誉证书

蓝荣祺 同学：

你们组的作品《WeJudge 程序设计在线评测辅助教学系统》在第十三届 IT 节之计算机作品设计大赛中荣获：

院长特别奖

特发此证，以资鼓励。

共青团北京师范大学珠海分校
信息技术学院委员会

二〇一六年五月

