亮点

软件工程顶点课程的系统性文献综述

Saara Tenhunen*,Tomi Männistö*,Matti Luukkainen,Petri Ihantola

- 我们的课程特征分类体系基于 ACM/IEEE 顶点课程指南
- 软件工程顶点课程的实现方式多种多样
- 需要开展更多研究，以比较不同的课程实施策略
- 许多顶点课程的时长都短于建议的两个学期
- 许多顶点课程都缺少外部客户

arXiv:2301.03554v1 [cs.SE] 9 Jan 2023

软件工程顶点课程的系统性文献综述

萨拉 滕胡宁*, 托米 曼尼斯托*, 马蒂卢卡宁和 佩特里 伊汉托拉

芬兰赫尔辛基大学

文章信息

关键词：毕业设计项目课程 计算机科学教育 软件工程教育

摘要

背景：高等教育机构旨在帮助计算机科学和软件工程专业的学生为职业生活做好准备。虽然大部分技术原则已在低年级课程中讲授，但团队顶点项目是为学生提供实践经验并培养软技能的常见方式。

目标：本文探讨文献中介绍的软件工程毕业设计课程的特征。本研究旨在综合软件工程毕业设计课程的各个方面及相关经历，从而了解不同方法的优缺点。

方法：在针对 2007–2007 年的系统性文献综述中，我们确定了 127 项原始研究。我们根据这些研究所介绍的课程特征和报告的课程成果对其进行了分析。

结果：我们将这些特征综合为一个分类体系，涵盖时长、团队规模、客户和项目来源、项目实施以及学生评估。我们发现，毕业设计课程通常持续一个学期，并将学生分成 4–5 人的小组，让他们为客户开展项目。在略多于半数的课程中，客户来自课程工作人员之外；课程通常要求学生制作概念验证级别的软件产品，作为主要的最终交付物。这些课程还会在项目开展过程中为学生提供多样化的评估。

结论：本文基于既有研究，为研究人员和教育工作者提供了软件工程毕业设计课程特征的分类。我们还进一步综合了有关毕业设计课程报告成果的见解。本综述旨在帮助教育工作者了解组织毕业设计项目的多种方式，并有效地规划和开设自己的顶点课程。这种特征描述也有助于研究人员进一步开展软件工程毕业设计项目研究。

1. 引言

大学及其他高等教育机构应在学生进入职业生活之前，为他们提供充分的技能和能力。在软件工程相关课程中，这意味着学生需要理解计算机科学中的通用原则和理论（ACM/IEEE 2013年，2014）以及行业所要求的技术能力和知识（Radermacher 等人，2014；Garousi 等人，2019年）。任何应届毕业生也应能够在实践中运用这些技术知识（ACM/IEEE，2013年）。

尽管技术知识和理论大多在基础课程中讲授，但许多院校会开设以团队为基础的毕业设计项目课程，以确保学生能够在工作环境中运用所学知识。“毕业设计课程”通常指完成学位课程的课程（Ikonen 和 Kurhila，2009年）。毕业设计项目的主要目标是让学生实践运用以往课程中更多以理论方式教授的工具、技术、原则和最佳实践（Ziv 和 Patil，2010；Majanoja 和 Vasankari，2018；Panicker 等，2020）。毕业设计项目也被视为教授学生必要软技能的关键方式，例如团队协作（Keogh 等，2007年；Venson 等，2016）、口头和书面沟通（Watkins 和 Barnes，2010）、时间管理（Dupuis 等，2010）、问题解决（Majanoja 和 Vasankari，2018）以及项目管理（Haddad，2013）。在计算机科学（CS）和软件工程（SE）专业课程中，顶点课程通常持续一到两个学期，课程内容包括将学生分成团队，并让他们参与各种软件工程项目（Ikonen 和 Kurhila，2009年；Bowring 和 Burke，2016；Paasivaara 等，2019年）。在这些项目中，学生需要体验软件开发生命周期的各个阶段，从需求征集到软件维护（Keogh 等，2007年）。

鉴于人们普遍认可顶点课程是教授行业相关技能的一种实用方式，许多院校都开设了自己的顶点课程。因此，关于顶点课程及其成果的研究层出不穷。为全面而简洁地呈现软件工程顶点课程的概况，本研究以系统的方式综合了该主题现有的知识。我们认为，这项综述能为教育工作者规划并实施自己的顶点课程提供有效的工具。研究人员也可以借助顶点课程的系统综述，进一步比较不同课程形式的影响。

本研究的结构安排如下。下一节将着

通讯作者saaraten@gmail.com (S. Tenhunen); tomi.männistö@helsinki.fi (T. Männistö*); matti.luukkainen@helsinki.fi (M. Luukkainen); petri.ihantola@helsinki.fi (P. Ihantola) ORCID: 0000-0002-4894-8365 (S. Tenhunen*)

表1软件工程顶点课程系统综述检索

数据库	检索词	Hits
Scopus	TITLE-ABS-KEY(软件 AND 工程 AND 毕业设计 AND 文献 AND 综述)	10
Scopus	TITLE-ABS-KEY(软件 AND 工程 AND 毕业设计 AND 综述)	61
Scopus	TITLE-ABS-KEY(教育 AND “软件工程“ AND 文献 AND 映射)	40
Scopus	TITLE-ABS-KEY(项目 AND 课程 AND 软件 AND 工程 AND 系统性 AND 综述)	20
Scopus	TITLE-ABS-KEY(“计算机科学“ AND 毕业设计 AND 文献 AND 综述)	8
Scopus	TITLE-ABS-KEY(软件 AND 工程 AND 项目 AND 课程 AND 系统 AND 文献 AND 综述)	17
Scopus	TITLE-ABS-KEY(“软件工程“ AND 教育 AND 文献 AND 综述)	182
谷歌学术	软件工程毕业设计系统综述	20 300
谷歌学术	软件工程毕业设计课程特征	31 400
谷歌学术	计算机科学毕业设计文献综述	53 400
谷歌学术	毕业设计文献综述	94 800

重介绍有关软件工程顶点课程的既有文献综述，以及此类课程的一般特征。第3节阐述研究问题和相关方法，包括文章的筛选方式。第4 节呈现文献综述的结果。第5节讨论主要研究发现及其有效性，并提出未来研究的建议。最后，第6 节总结本研究。

2. 先前工作

2.1. 软件工程顶点课程的系统综述

在软件工程教育（SEE）这一大领域，已有许多文献综述。通常，这些综述聚焦于软件工程教育的特定子领域，例如软件工程中的教学方法（Anicic and Stapic，2022）、软件工程教育的实践方法（Marques et al.，2014）、软件工程教育的发展趋势（Cico andJaccheri，2019年；Cico et al.，2021）或全球软件工程教学（Fortaleza etal.，2012）。

由于本研究尤其关注软件工程中的基于项目的顶点课程，我们仔细查找了此前针对这些课程开展的系统综述。检索于2022年5月17日进行，首先使用引文数据库Scopus，其次使用谷歌学术。表1 列出了在两个数据库中使用的检索词。我们检查了Scopus产生的所有检索结果，以确认其中是否包含关于软件工程顶点课程的系统综述；而对于谷歌学术，由于每次检索都会产生数万条命中结果，因此我们浏览了每次检索的前20页（200条命中结果）。此时，检索结果开始变得高度不相关，而且经常重复。根据我们的检索，我们认为，表2 中列出的三篇综述论文，是截至目前围绕这一主题发表的全部论文。表2 还列出了这些综述分别考察的顶点课程特征。接下来，我们将简要介绍这些研究，并讨论开展本综述的必要性。

Dugan Jr （2011年）对本科计算机科学顶点课程相关文献进行了综述。该综述内容全面，涵盖了200篇相关论文，并将其归纳为两大主题：课程问题和项目问题（表2）。其中，课程问题包括与课程总体组织相关的方面，例如课程模式、课程中采用的学习理论以及学生评价。另一方面，项目问题涉及项目的分类与描述，以及项目的实施方式。该类别包括软件流程阶段、项目类型和项目文档等内容。

Martin (2019年) 提供了一篇关于设计信息技术毕业设计课程的系统性文献综述摘要。该综述计划回答若干与顶点课程设计相关的问题，例如项目团队的最佳规模、如何识别和选择合适的项目，以及如何确定课程的正确时长（表2）。据我们所知，摘要中提出的研究尚未完成。

Trevisan 等人(2006年) 对工程毕业设计课程中的评估实践开展了系统性综述。他们尤其关注课堂评估在顶点课程文献中受到关注的程度。论文纳入了 32 篇期刊文章和会议论文，介绍了各种评估技术及其应用。

除了前述三篇文献综述外，Burge 和 Gannod (2009年) 还研究了软件工程和计算机科学毕业设计项目的各个维度。这些维度大致分为两组：项目维度，例如客户身份；以及开发维度，例如项目类型和源代码可见性。他们的研究旨在提供一个分析顶点课程的框架，尤其是从风险和真实性的角度进行分析。虽然他们的分类用途广泛，但这项研究并未包含全面的系统性文献综述。所提出的分类更像是基于经验的方案，因此该研究未列入表2。

据我们所知，目前尚无针对软件工程顶点课程的大规模近期文献综述。由 DuganJr (2011年) 开展的一项调查内容全面，但发表于2011年，因此未涵盖过去十年发表的大量原始研究。此外，该调查未提供有关课程特征的任何定量统计数据，而这些数据能帮助教育工作者或研究人员评估某些方面在实际中的普遍程度。Trevisan 等人 (2006年) 对顶点课程文献进行了综述，但范围仅限于持续评估技术，且发表于2006年。Martin (2019年) 旨在对信息技术顶点设计及其特征开展系统性文献综述，但截至目前，该论文尚未超出最初的摘要——

表 2软件工程顶点课程的系统综述

标题	Year	Ref	调查中考察的课程特征
A 计算机科学毕业设计调查 毕业综合课程文献	2011	(DuganJr, 2011年)	课程相关：模型、学习理论、目标、主题— 学、学生评价、评价。 项目相关：软件过程模型，阶段， 类型、文档、工具、小组、教师管理 工作。
设计信息技术毕业设计课程	2019	（Martin，2019年）	课程时长、新技能学习、项目识别与 识别和选择，团队规模，团队组建， 之后方法、学习成果评估
A 文献综述 on 评估 毕业设计工程中的实践 设计 课程：对形成性评价的启示—— ment	2006	(Trevisan 等人，2006年)	成果、团队和项目指导* 与学生成就的关联

*根据 Martin (2019年) 的调查，这些是原调查中会考察的特征。

——。鉴于此，目前的研究并未提供关于软件工程毕业设计课程通常如何组织以及会产生何种成果的最新概况。这样的软件工程顶点课程概况不仅能为教育工作者规划自己的毕业设计课程提供重要工具，也能为研究人员开展此类课程的比较研究奠定基础。

2.2. 背景：顶点课程特征

《软件工程（SE）学位课程 ACM/IEEE 课程指南》（ACM/IEEE，2014）将毕业设计项目视为软件工程学位课程的必要组成部分，并指出顶点课程的主要目标是确保课程体系具有重要的现实基础。根据 ACM/IEEE (2014)，将现实元素融入课程体系对于有效学习软件工程技能和概念是必要的。《计算机科学（CS）学位课程 ACM/IEEE 课程指南》（ACM/IEEE，2013）与这些观点一致，并指出所有计算机科学课程的毕业生都应至少参与过一个大型项目。这类项目应具有综合性，要求评价潜在解决方案，且规模大于典型课程项目，从而对学生构成挑战。对于学生而言，毕业设计项目通常是其学业的总结，也是毕业前最后几个里程碑之一（ACM/IEEE, 2013；ACM，2009年）。事实上，自20世纪70年代以来，已有数百篇关于这类大型毕业年级项目课程的原始研究（DuganJr，2011年）。

表3ACM/IEEE 软件工程顶点课程建议

CR #	建议
CR 1	项目应持续整个学年，以便 让学生有充足的时间反思经历，并 酌情重试解决方案。
CR 2	在可能的情况下，最好以 小组项目的形式开展。如果评估等因素使 这难以实现，则必须另行安排一个 规模较大的小组项目。
CR 3	在条件允许时，项目应有一位“客户” 而非指导教师，以便学生能够获得 更全面的产品开发生命周期 活动经验。
CR 4	项目应以某种实现形式 作为最终交付物，使学生能够体验—— .....各种软件开发活动，并 充分评价这些经历。理论型 项目（例如制定正式规范） 因此不适合这一角色。
CR 5	项目成果评估应超越概念实现（ 概念实现（“we 把它构建出来，而且它运行正常” (Glass 等，2004）） ，通过走查、访谈， 或简单实验来评估其有效性和 交付成果的局限性。
CR 6	毕业设计项目的评估应考虑 有效地采用了软件工程实践和流程 已采用，包括学生的质量 对经验的反思质量，而不能仅仅 以交付可运行系统为依据。

该ACM/IEEE （2014）还列出了一系列顶点课程应遵循的关键建议。这些建议在表3中逐字列出。我们决定以这些建议为基础，拟定研究问题。它们概述了顶点课程的总体情况，因此为本研究所进行的分类提供了一个有效的起点。

因此，根据这些指导原则，顶点课程具有一些基本特征。它们可以被描述为持续时间较长的大型项目（CR1、CR2），并且最好由团队完成（CR2）。项目应当有客户（CR3），学生预计在课程结束时为其交付某种形式的实际实现（CR4）。因此，学生应参与实际的软件开发活动，而不只是完成教师布置的简单、基于理论的作业（CR4）。对项目成果的评价不应只关注项目是否“能运行”，还应评估交付成果的完成质量（CR5）。最后，课程及其评估应以软件工程实践和流程为重点，并为学生提供充分的机会，让他们反思这段经

历（CR6）。下一节将更详细地介绍我们如何基于这些基本特征推导出研究问题。

3. 研究问题与方法

3.1. 研究问题

毕业设计课程的特征（见第 2.2 节）可以通过多种方式实现。本研究的主要目标是了解大学及其他高等教育机构在实施毕业设计课程方面的差异，从而全面呈现各种课程实施方式。

我们决定以《ACM/IEEE 本科软件工程学位课程体系指南》（ACM/IEEE 2014）为基础，开始探讨这些特征。相关建议列于表 3。尽管其中一些方面（例如团队组建）已在先前的评述中有所讨论，但以往的文献综述略显过时。此外，据我们所知，还没有研究涵盖 ACM/IEEE 建议中提及的所有方面。

关于 CR1，我们关注课程时长，以及原始研究是否说明了选择特定课程时长的理由：

RQ1 软件工程毕业设计课程的时长是多久？特定时长有哪些优缺点？

关于CR2，我们希望了解这些项目是否以团队形式开展、团队如何组成，以及选择特定团队规模背后的理由：

RQ2 软件工程毕业设计课程的团队规模如何？团队规模的选择依据是什么？

根据 ACM/IEEE 的建议（即 CR3），项目应有一位课程教师以外的客户。为项目引入外部视角的另一种方式是外包项目主题。因此，我们的第三个研究问题——软件工程毕业设计课程如何处理项目和客户来源——被分为两个子问题：

RQ3.1 谁担任毕业设计项目的客户？

RQ3.2 项目的创意从何而来？

关于 CR4，我们提出了以下问题： 毕业设计课程中的项目如何实施（*RQ4*）。我们希望了解学生在这些课程中做什么，因此考察了实际的项目实施情况。由于“项目实施”可以有多种含义，我们决定将这一研究问题拆分为更小、更具体的子问题：

RQ4.1 在顶点课程中，学生需要产出哪些制品？

RQ4.2 这些项目经历了怎样的软件生命周期？

研究问题4.3 毕业设计项目的实现技术是如何选择的？

通过RQ4.1，我们旨在了解学生在这些课程中实际产出了什么，以及是否开发了软件。RQ4.2帮助我们了解毕业设计项目是否如课程指南（ACM/IEEE，2014；ACM，2009年）所建议的那样，能够综合体现软件工程实践。最后，了解教育工作者如何选择实现技术，以及这些选择会带来哪些影响，有助于我们深入认识项目实施。

正如CR6谈到评估时所说的，我们最后一个研究问题也询问了：软件工程毕业设计课程如何开展学生评估？（研究问题*5*）。由于评估可分为持续反馈和最终评分，研究问题5也进一步分为两个问题：

研究问题5.1 在软件工程毕业设计课程结束时，如何评估学生？

研究问题5.2 在软件工程毕业设计课程期间，学生如何获得指导（如果有的话）？

我们在此进行这番分析，是想探究评价是否基于多种因素，例如ACM/IEEE，2014所提出的因素，并了解学生是否有充分的机会反思自身经历（Hattie和Timperley，2007年）。

为了全面了解基于项目的毕业设计课程通常如何组织，我们检索了相关研究文章。有人可能会认为，这些课程的特征及任何组织细节都可以从大学和其他高等教育机构的网页中获得。然而，我们不仅想列出课程时长和工作量等特征，还想进一步揭示课程内容。研究的一项重要内容还在于向教育工作者提供有关各种特征的见解。如果不对所选结构和特征进行评价或评估，这一目标便无从实现。

3.2. 检索策略

本研究采用的方法遵循 Kitchenham 和 Charters (2007年) 提出的系统性文献综述方法。初始数据收集通过在科学数据库中查找相关来源完成，这些数据库包括：Scopus、ACM数字图书馆、IEEE Xplore 和 ScienceDirect。我们在这些数据库中进行了一些初步检索，以了解研究文章在描述软件工程相关专业中规模较大的学位 culminant 项目课程时，在多大程度上会使用“capstone”一词及其同义词。结果表明，“capstone”一词在研究文章中广为人知且被广泛使用。该词也曾被 Dugan Jr(2011年) 在其早期研究中使用。因此，第一个检索式就简单地构建为：

表4初始检索结果

数据库	检索字符串	Hits
Scopus	TITLE-ABS-KEY（软件 AND 毕业设计）	762
Scopus	TITLE-ABS-KEY (软件 AND “项目课程“)	262
ACM数字图书馆	[标题：软件]AND [标题：毕业设计]	24
ACM数字图书馆	[关键词：软件] AND [关键词：毕业设计]	32
ACM数字图书馆	[摘要：软件]AND [摘要：毕业设计]	130
ACM数字图书馆	[标题：软件]AND [标题：“项目课程“]	6
ACM数字图书馆	[关键词：软件] AND [关键词：“项目课程“]	7
ACM数字图书馆	[摘要：软件]与 [摘要：“项目课程“]	44
ScienceDirect	（标题、摘要、关键词：软件毕业设计）	22
ScienceDirect	（标题、摘要、关键词：软件项目课程）	12
IEEE Xplore	(“All Metadata“:软件) AND (“All Metadata“:毕业设计)	223
IEEE Xplore	(“All Metadata“:软件) AND (“All Metadata“:“项目课程“)	86

软件 AND 毕业设计

为了全面了解软件工程领域的项目课程概况，我们使用第二个检索式进行了第二次检索：

软件 AND'项目课程'

之所以认为这是必要的，是因为并非所有来源的元数据中都出现了“毕业设计”一词，尽管这些来源显然描述了与本研究相关的课程。使用这两个检索字符串，在每个数据库中依次进行了检索。

Dugan Jr （2011年）在其研究中将“软件工程课程”作为另一个检索词，但我们不希望将范围限制在软件工程学科内，因为相关的软件课程也可能出现在例如计算机科学领域。另一方面，仅使用“软件”和“课程”这两个词会产生过多不相关的命中数。仅 Scopus 就产生了近 30,000 个命中数，其中只有很小一部分与我们的研究相关。

将使用检索字符串从全部四个数据库中找到的论文合并并删除重复项后，共找到 981 篇独特论文。数据库检索于 2022年6月11日和6月12日 进行，依次从 Scopus 开始，随后是 ACM数字图书馆、ScienceDirect，最后是 IEEE Xplore。由于这些数据库中的检索字段和筛选器略有不同，因此对检索字符串进行了调整，以匹配每个数据库的具体设置。不过，在各次检索中，检索字符串的语义保持一致。具体的检索字符串和初始检索结果列于表 4中。由于我们希望确定当前组织顶点课程的方式，四个数据库中的检索范围均限定为从 2007年 到 2022年6月的检索日。我们认为这一时间段足够长，能够全面呈现当前顶点课程的情况。该时间段与 Dugan Jr （2011年）的研究有几年的重叠，但也揭示了该领域过去 11 年中开展的研究，而这段时间以来尚未有系统性综述。经过三个阶段的筛选后，初始集合中最终保留了 127 项主要研究。图 1 总结了检索和筛选过程，以下小节将对其进行更详细的说明。

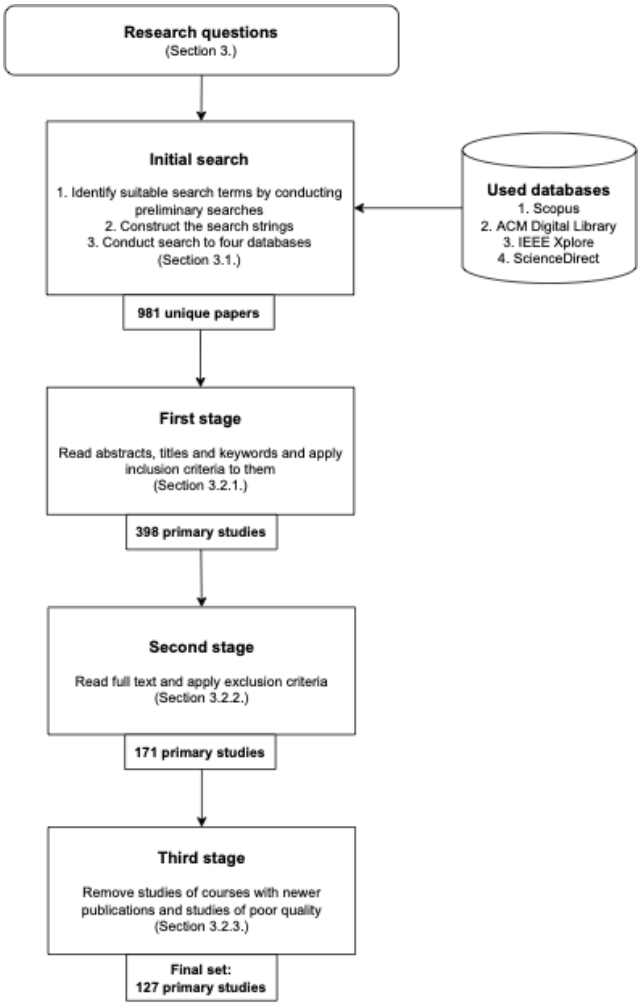


图1： 检索策略

3.3. 论文筛选

第一作者从 981 个初始来源中进行了论文筛选（见图 1）。纳入和排除的具体细节将在下文说明。

3.3.1. 第一阶段——纳入标准

我们阅读了初始论文的标题、摘要和关键词，并依据下文列出的纳入标准（IC1-IC3）进行评估。第一阶段结束后，剩余 398 篇论文。

IC1 标题或摘要明确表明，该研究介绍了软件工程顶点项目或软件工程领域其他大型项目制课程的框架或案例研究。IC2 根据标题或摘要，该研究描述了实施软件工程顶点课程的真实经验。

IC3 标题或摘要表明，该研究评估了课程成果或其特征。

制定第一项纳入标准的目的是将重点特别放在软件工程课程上。初始文献集中有大量文章因第一项标准（IC1）而被排除。这些论文研究的例如是机械工程课程，而这超出了本研究的范围。我们还希望排除纯粹的假设性论文，即研究人员没有展示任何遵循所提出框架或结构的课程。第二项纳入标准（IC2）旨在确保所有纳入的论文都介绍一门真实课程。制定最后一项纳入标准（IC3），则是为了确保所有论文还会评估各种课程实施的成果。

3.3.2. 第二阶段——排除标准

第二阶段针对第一阶段筛选后剩余的 398 篇论文展开。根据对全文的阅读，凡是符合至少一项所列排除标准的文章，均在此阶段予以排除。经过这轮筛选，最终评价保留了 171 篇文章。采用的排除标准如下：

EC1 研究篇幅少于四页 EC2 研究未发表于会议论文集或期刊文章中 EC3 研究全文未提供英语版本 EC4 研究最终并未描述高等教育机构中的软件工程毕业设计课程 EC5 研究无法回答大多数研究问题

EC1 至 EC3 的排除标准旨在确保研究具有足够的质量。根据Kitchenham 和 Charters (2007年)研讨会论文集通常无法为系统综述提供足够的资料。此外，许多最初以简短的研讨会论文集或摘要形式发表的论文，后来也被发现已发表为会议论文集或期刊文章。EC3 涉及作者的语言能力，以及英语作为软件工程相关研究主要语言的地位。这些排除标准导致部分论文在阅读全文之前被排除。

对于排除标准 EC4–EC5，我们对文章内容进行了更仔细的审查，并且在大多数情况下通读全文，以便作出有据可依的判断。排除标准 EC4 和 EC5 与我们的研究目标有关。例如，我们发现许多文章描述的是计算机工程课程，或是在软件工程顶点课程之前开展的小型项目，因此不属于本研究范围，并依据 EC4 将其排除。本阶段排除的大多数论文都符合 EC4。至于 EC5，有些研究描述的是整个课程体系，其中毕业设计课程在研究中只占很小一部分，因此无法为我们的研究问题提供答案。还有一些研究评价的是与软件工程行业相关的工具、方法或框架，而非毕业设计课程本身。在许多此类研究中，毕业设计课程只是研究人员招募研究参与者的一种便利途径，因此不符合本研究的范围。这些研究据此依据 EC5 被排除。

3.3.3. 第三阶段——剔除重复项和低质量研究

第三阶段主要用于从研究中排除重复数据和低质量研究。经过第三阶段筛选后，最终保留了127篇论文。

重复数据——第二阶段后剩余的171项原始研究均描述了现实中的软件工程顶点课程。教育工作者通常会随着时间推移调整课程，以寻找最佳教学方式，因此，这些研究也反映了对课程所做的改变。一些作者还基于同一顶点课程撰写了多篇文章。在这种情况下，我们选取了最新发表的文章。同样，如果一项研究在一篇论文中描述了该课程的多个实例，则在数据提取时选取最新课程实例的主要特征。选取每门课程的最新实例，源于本研究旨在综合顶点课程实现现状相关知识的目标。此外，判断同一课程的两种描述是否有足够差异、因而应作为各自独立的顶点课程纳入研究，这一决定会过于模糊且容易引发不同解读。Kitchenham 和 Charters (2007年) 也指出，不应纳入基于同一数据的多篇出版物，因为这会严重影响研究结果。由于这一处理流程，最终集合中剔除了42项研究。

质量评估 – 除纳入/排除标准外，Kitchenham 和 Charters (2007年）指出，对原始研究进行质量评估至关重要。我们也进行了此类评估，并利用评估结果确保最终数据集具有足够的质量。在此阶段，有两项研究被筛除。从这里开始呈现的任何表格或图表均不包括这两项被排除的研究，因此代表最终的127项研究。

表5 列出了 Dybå 和 Dingsøyr(2008)；Ali 等人 (2010)；Mahdavi-Hezavehi 等人 (2013年) 使用的问题集，我们也用它来评估原始研究的质量。最初，这些问题本应采用

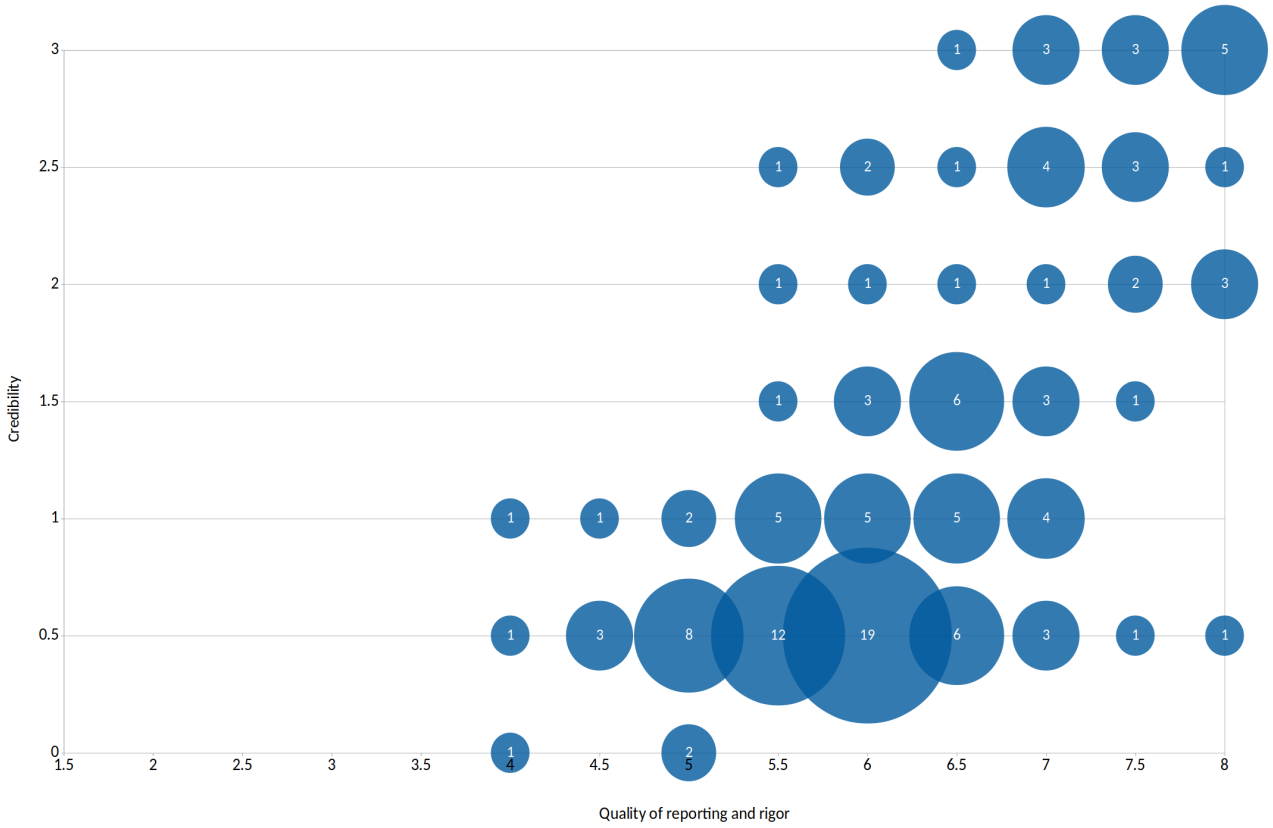


图 2：最终纳入研究的质量评分

二分（“是” = 1 或“否” = 0）量表（Dybå 和 Dingsøyr, 2008），但我们决定采用三点量表：“是”（= 1）、“某种程度上”（= 0.5）和“否”（= 0）。这种三点量表也被 Ali 等人(2010) 和Mahdavi-Hezavehi 等人 (2013年采用，使我们能够更好地评估那些作者只对问题作出部分回答的研究。筛选出的两篇文章质量评分均低于 4。

在评估中，我们决定将前八个问题归为一组，用以代表研究的报告质量和研究严谨性，并将最后三个问题归为一组，用以代表证据的可信度，这与Ali 等人（2010）的做法类似。分组评分见图2，各项研究的单独评分可见https://github.com/article-additions。在报告质量方面，选取的主要研究总体表现不错。数据的收集方式大多交代得比较清楚，研究的相关性也得到了明确讨论。然而，大多数研究欠缺的方面是未能说明样本选择或研究设计的依据。在证据可信度方面，这些研究的表现则相当差。有意思的是，许多原本颇具声誉的研究并未设专门章节，明确讨论研究的局限性，或作者在数据和样本选择中所起的作用。这一点反映在可信度类别的平均分偏低上。

表 5质量评估问题

No.	问题
Q1	开展这项研究是否有合理依据?
Q2	是否充分描述了研究开展的背景（例如行业、实验室环境、所用产品等）？研究是否在该背景下开展?
Q3	是否对研究设计进行了说明并阐述其合理性？
Q4	研究者是否解释了如何确定和选择研究样本（参与者或案例），以及选择依据是什么这种选择的理由是什么?
Q5	是否清楚说明了如何收集数据（例如通过访观点、表格、观察、工具等）？
Q6	该研究是否描述并说明了所采用的数据分析方法?
Q7	是否提供了“足够”的数据来支持研究发现?
Q8	是否清楚陈述了研究发现?
Q9	研究者是否批判性地审视了自身的角色及潜在的——研究问题制定过程中的偏倚与影响、样本招募、数据收集和分析以及用于演示的数据的选择?
Q10	作者是否讨论了其研究发现的可信度?
Q11	是否明确讨论了这项研究的局限性?

3.3.4. 最终论文概述

三个阶段共筛选出127项原始研究，发表于2007年至2022年6月之间。正如图3所示，多年来该领域的研究活动一直相当稳定。值得注意的是，我们于2022年6月检索论文，因此2022年的研究数量并不完整。此外，正如第3.3.3节所述，有42项较早的研究原本符合本研究的条件，但由于已有同一课程的较新研究，因此未纳入最终论文集。这些研究——

因此未纳入最终论文集。这一做法使年份分布偏向时间轴的末端。该图还展示了按研究类型划分的分布。总体而言，73%的研究发表于会议论文集，27%的研究发表于期刊。

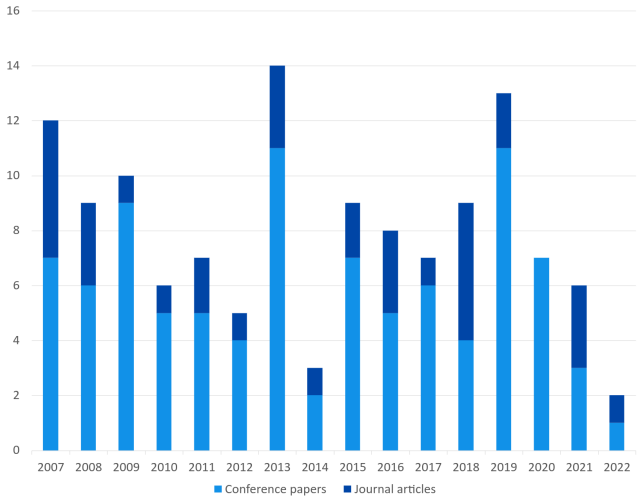


图3： 原始研究的时间线和类型

所有纳入进一步分析的文章均列于附录A表13中，并在本节后文中以表格中的出版物编号（即 S1–S127）引用。

3.4. 数据提取与综合

应用研究筛选流程后，将表6所示的属性从剩余的127项研究中提取到一份通用数据表中。表6 定义了每个提取字段与本研究研究问题之间的对应关系。

表6数据提取表

标识符	字段	RQ
F1	标题	元数据
F2	作者	元数据
F3	Year	元数据
F4	发表场所	元数据
F5	课程时长	RQ1
F6	课程工作量	RQ1
F7	团队规模	RQ2
F8	客户	RQ3.1
F9	项目来源	RQ3.2
F10	产出成果	RQ4.1
F11	项目阶段	RQ4.2
F12	技术	研究问题4.3
F13	学生评估	RQ5
F14	课程成果	RQ1–RQ5
F15	质量评分	QA

提取 F1–F4 的值，用于基本文档记录。F5–F14 涉及研究中呈现的课程及其组织方式。两项研究分别呈现了来自不同院校的多门独立毕业设计课程。对于这两项研究（表 13 中的 S8 和 S93），我们针对其中呈现的每门课程提取了 F5–F14 的条目。对于 F5–F14，我们不仅关注将这些特征量化为统计数据，也希望说明不同课程设计选择所带来的启示。因此，如果研究指出，例如，他们设置了一门为期两学期的毕业设计课程，因为这样能为学生提供充足的学习时间，我们就会记录这两方面的信息：可量化的时长，以及与该特征相关的见解。这使我们能够在第 4 节中更好地分析和讨论课程特征。我们采用数据驱动的主题分析，对作为 F5–F14 一部分提取的定性数据进行综合（Castleberry 和 Nolen，2018）。

从学生视角评估课程的总体工作量和时长时，F5 和 F6 被视为必不可少的指标。很少有来源以月或周为单位给出课程时长（F5）。这些时长均四舍五入为最接近的学期数。课程时长少于 4 个月的归为“少于一个学期”，4 至 6 个月的归为“一个学期”，超过 6 个月但少于 10 个月的归为“两个学期”。

团队规模（F7）包括每个团队的学生人数 .

我们还考察了课程中的项目是否为客户完成（F8）。客户可以是课程工作人员以外的人员，也可以由课程工作人员担任；有些项目则完全没有客户。一些来源呈现了这些类别的混合情况，在这种情况下，我们根据课程中占比最高的客户类别对该来源进行标注。

我们还关注项目主题是如何产生的（F9）。数据提取过程中确定了项目的三个主要来源：课程工作人员、外部客户以及学生自己。研究还发现，各项目有所不同：学生可能共同围绕同一个项目构想开展工作，也可能由每个团队各自解决一个初始问题。

我们提取了学生在课程期间需要产出的所有制品（F10）。这既包括用于课程评分的交付成果，也包括出于项目管理需要而产出的制品，因为在大多数情况下，两者很难区分。我们提取了有关项目阶段的证据（F11），以了解这些课程涵盖了哪些软件生命周期活动。F12 描述了课程中使用的技术。我们发现，大多数研究并未明确列出课程项目所用的全部技术；此外，这些技术可能涵盖任何可用的软件技术。因此，我们根据主要技术选型是由各团队分别决定，还是所有团队使用相同的技术栈，将其分为两类。

我们提取了有关学生在整个课程中的学习过程如何得到评估和改进，以及学生在课程结束时的进步和成就如何得到评估的信息（F13）。为评估所述毕业设计课程特征的优势与劣势，

表7毕业设计课程时长

类别	研究数量	百分比	研究标识符
少于一个学期	10	8%	S16, S18, S40, S46, S55, S61, S78, S94, S99, S113
一个学期	87	66%	S1, S2, S3, S4, S5, S8b, S8d, S9, S11, S13, S15, S20, S21, S22, S23, S24, S25, S26, S27, S30, S31, S32, S34, S35, S36, S37, S38, S42, S43, S44, S45, S47, S48, S51, S53, S54, S56, S57, S58, S60, S62, S63, S64, S65, S66, S67, S68, S69, S70, S73, S74, S75, S76, S77, S79, S80, S81, S82, S83, S84, S86, S89, S90, S92, S93a, S93b, S95, S97, S100, S102, S103, S104, S105, S106, S107, S112, S115, S116, S117, S119, S120, S121, S123, S124, S125, S126, S127
两个学期	32	24%	S6, S7, S8a, S8c, S10, S12, S14, S17, S19, S28, S33, S39, S41, S50, S52, S59, S71, S72, S85, S87, S88, S91, S96, S98, S101, S108, S109, S110, S111, S114, S118, S122
超过两个学期	1	1%	S49
未指定	1	1%	S29

还提取了研究的关键成果（F14）。F15 按第 3.3.3 节所述内容提取，用于质量评估和研究筛选。

4. 结果与分析

本节呈现从原始研究中提取的毕业设计课程特征的定量统计和定性结果。这些特征描述使我们能够回答研究问题，并最终帮助教育工作者规划毕业设计课程。

4.1. 时长（RQ1）

关于课程的实际特征，我们首先考察了报告中这些课程的时长（F5）。绝大多数院校开设的顶点课程为一个学期（表7）。有趣的是，这与 ACM/IEEE（2014）针对本科毕业设计课程提出的建议相冲突；该建议主张毕业设计课程应持续整个学年。然而，令人遗憾的是，并非所有课程体系都能容纳为期一整年的实施 [S117]。毕业设计课程往往需要教学人员投入大量工作，因为他们必须在整个项目期间管理和评估众多团队 [S39], [S112]。学生可能有全职或兼职工作，这使得安排较长的课程更加困难 [S49], [S58], [S73]。学生也认为两个学期的毕业设计课程很费力 [S73], [S109], , 有些学生甚至觉得一个学期的课程也很费力[S23], [S41]。为了提供密集且贴近实际的经验，这些课程中有许多每周至少占用半个工作周 [S18], [S28], [S41], [S69], [S73], [S109], [S127]。这也可能影响学生同时修读的其他课程 [S41], , 从而限制了开设密集、为期一年的毕业设计课程的可能性。

然而，有过两种时长经验的教育工作者，无论是较短还是较长的时长，都转而采用较长的时长，因为他们觉得仅仅几个月不可能达到所需的深度。S6 描述了他们如何改为采用两个学期的毕业设计，因为他们发现一个学期的项目在技能覆盖面和深度方面都不足。S70 由该课程的学生撰写，他们强烈建议将课程从目前一个学期的时长延长至一个学年。S33 曾体验过一个周期（即一个学年的四分之一）和三个周期的课程，并表示，改为较长版本后，所有参与方都给予了压倒性的积极反馈。学生得以获得更多实践经验，运用新的和熟悉的工具及项目管理方法。此外，在团队一年中多次遭遇意外情况——涉及技术和人员两方面——时，他们也学会了如何应对。课程结束后，行业客户获得了更有雄心、打磨得更完善的产品，而课程工作人员则认为，课程的学习目标终于真正实现了。

4.2. 团队规模（RQ2）

为了了解项目小组通常有多少名学生，我们提取了图中每门课程报告的团队规模（F7）。4。因此，如果一项研究提到其课程中的团队由4–5名学生组成，那么这一情况会同时反映在第4列和第5列中。查看图4可以发现，顶点课程几乎总是以小组项目的形式开展。在我们的研究中，只有三所院校允许学生以个人形式完成顶点课程或高年级项目课程 [S11], [S89], [S111]。

团队规模差异很大，从 1 人到 35 人不等。研究发现，在非常小的小组中，例如由 2 至 3 名学生组成的小组，不太可能产生协作软件开发中常见的动态和问题 [S36], [S53], [S56], [S58]。如此小的团队规模

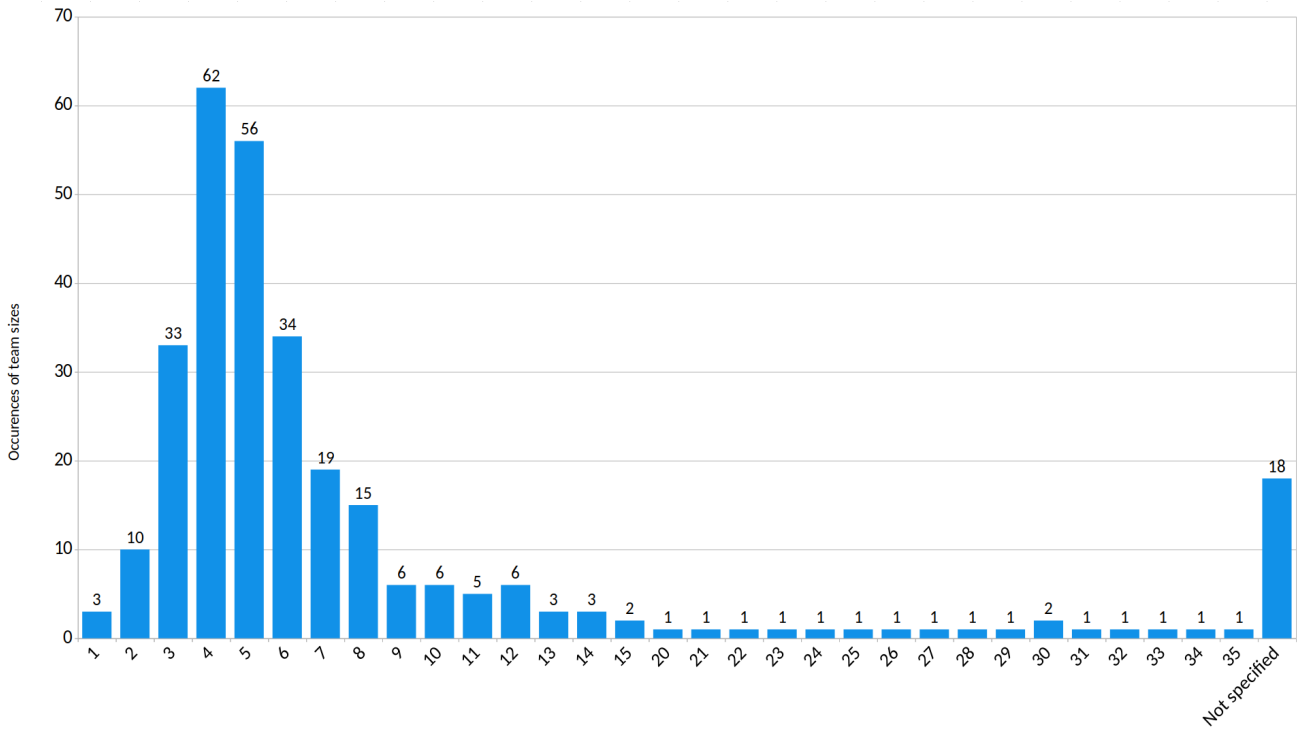


图 4： 顶点课程中的团队规模

并没有带来足够的挑战 [S36], ，而且较小的小组无法在典型的单学期课程中完成大型项目 [S53]。由于每个团队都会带来额外的组织管理开销，在有数百名甚至上千名学生的大型项目中，组建非常小的团队或许也难以维持 [S19]。走向另一个极端时，研究常发现，成员达到 7 人或以上的较大团队会面临其他问题，例如无法全员聚在一起，以及其他管理和协调问题 [S30], [S36], [S39], [S53], [S56],[S78]。据报道，较大的团队中也普遍存在“搭便车”问题：少数学生可能承担起确保整体成功的主要责任，而其他人的少量贡献则可能无人察觉 [S9], [S56],[S58], [S69], [S87], [S121]。在较大的团队中，要确保评分公平，并使工作量和责任分配均衡，需要课程工作人员投入更多关注 [S56], [S87]。

S106 课程的团队规模在我们的研究中位居前列。课程共有 15 名学生，他们都在同一个团队中参与同一个游戏项目。其构想是模拟在多元化团队中进行大规模游戏开发是什么样的，以及打造达到商业品质的游戏需要具备什么条件。作者表示，他们的方法并非完全成功。课程结束后发现，一些学生希望得到明确的指导，而另一些学生则觉得自己希望拥有更多自主权和控制权。作者认为，对于后一类学生来说，他们显然不适应听从构想团队的领导，并且更愿意参与自己设计的项目。不过，作者还提到，

对于任何应届毕业生来说，按照自己的项目构想开展工作都非常不现实，因此他们确实尝试设计了这样一种真实世界的团队合作场景。

大多数教育工作者似乎倾向于在团队规模上采取折中方案，让 4 至 5 人组成一个小组（图 4）。他们认为这一规模恰到好处，能够抵消两种极端规模带来的负面影响 [S36],[S52], [S53], [S56], [S58]。学生自己也表示，对这样的团队规模感到满意 [S56]。此外，也有人提出了其他措施，以应对社会惰化和搭便车等低效且投机性的群体行为。事实证明，开展同行评审能够降低此类行为的风险 [S72],[S98]。课程工作人员还应定期进行监测，以确保团队动态良好 [S69]。这两项措施将在第 4.5 节中进一步讨论。

4.3. 客户与项目构想（RQ3）

4.3.1. 客户（*RQ3.1*）

我们还考察了这些项目的客户由谁担任（F8），以及项目构想从何而来（F9）。近一半的研究（42%）报告称，其毕业设计课程没有课程以外的客户（表 8）。在这些课程中，课程工作人员可能会担任项目的客户或产品负责人；也可能由学生团队自行开展工作，并定期向课程工作人员汇报进展。S6 解释说，由于难以找到合适的客户，他们让教师担任客户。由于该项目规模较小，且位于农村院校，适合开展此类合作的企业和组织既遥远又稀少

表8顶点课程的客户

类别	研究数量	百分比	研究标识符
客户 外部 to the 课程工作人员	76	58%	S2, S3, S4, S5, S7, S8a, S8d, S9, S10, S11, S14, S15, S17, S18, S19, S23, S24, S27, S28, S29, S30, S31, S33, S34, S35, S37, S38, S39, S41, S46, S48, S49, S50, S52, S55, S58, S59, S60, S61, S62, S63, S66, S67, S69, S71, S73, S78, S80, S81, S84, S85, S86, S87, S88, S90, S91, S92, S93a, S93b, S94, S96, S97, S98, S104, S108, S110, S112, S113, S114, S117, S120, S121, S122, S124, S126, S127
课程工作人员充当客户	16	12%	S1, S6, S12, S21, S40, S43, S53, S54, S57, S68, S76, S82, S99, S115, S116, S123
没有客户	38	29%	S8b, S8c, S13, S20, S22, S25, S26, S32, S36, S42, S44, S45, S47, S51, S56, S64, S65, S70, S72, S74, S75, S77, S79, S83, S89, S95, S100, S101, S102, S103, S105, S106, S107, S109, S111, S118, S119, S125
未指定	1	1%	S16

。此外，院校希望拥有所开发产品的知识产权，这也会让潜在客户望而却步。对于那些有条件找到合适客户的院校而言，课程工作人员仍需在前期投入时间和精力，联系这些客户、指导他们拟定项目提案，并将学生分配到相应项目中 [S118]。S42 旨在开设一门课程，让来自五个不同技术和非技术学科的学生共同参与，例如计算机科学和商业信息学。S42 提到，他们需要谨慎安排课程，以满足所有学科的需求。引入外部客户可能无法满足所有学生的学习目标。一些研究还指出，有多个外部客户时，课程成果更难预测。S114 曾遇到过几次项目赞助方未出席与学生每两周一次的会议的情况。这种客户行为严重打击了学生团队的动机，一些毕业设计项目也因客户无法联系而失败。S3、S23、S78 和 S122 也有类似观察，并强调必须找到积极投入的客户，才能确保学生获得良好体验。

尽管这些风险确实存在，仍建议本科与研究生毕业设计项目都邀请课程指导教师以外的外部客户参与（ACM/IEEE，2014

ACM，2009年）。这些客户可以来自大学内部的其他部门 [S7], [S9], [S14], [S52], [S58], [S86], [S87]‚[S94], 本地企业 [S7], [S9], [S86], [S87], [S98], [S110]‚[S122] 或各种非营利组织 [S7], [S9], [S11]‚[S16], [S58], [S110]。已经在行业工作的该项目毕业生也是寻找客户的便捷途径[S35]。与现实客户密切合作也经常获得学生 [S14]‚[S15], [S52], [S73], [S98], [S117] 和组织人员的高度积极反馈[S14], [S35], [S84], [S98], [S117]。研究发现，当学生项目背后有真正有需求的客户时，学生的动机和投入度会提高[S9], [S14], [S15], [S35], [S66], [S73], [S84], [S121]。这有助于让学生觉得经验更加真实可信 [S19]。拥有行业客户能够提升学生的技术和非技术技能，更好地帮助他们为工作生活中将面临的挑战做好准备[S14]。

据报告，这种协作也能为客户带来益处。S35开展了一项研究，旨在了解客户参与此类项目课程的原因。这些原因包括获得量身定制的软件产品、研究新技术，而最主要的原因则是招聘。招聘学生既可以直接从团队中进行，也可以通过提高雇主在学生中的知名度，以更间接的方式实现。其他人也注意到了这一好处；学生被赞助其毕业设计项目的行业合作伙伴聘用，并不少见 [S15]‚[S28], [S35], [S73], [S84], [S114], [S121]。S73报告称，仅仅几年间，就有数百名学生中的至少60人凭借毕业设计项目成果获得了全职或兼职工作邀请。让客户也拥有良好的经验，或许能促使他们日后再次带来项目构想 [S35]。这有助于在未来多年降低客户获取的管理成本。有些组织机构甚至成功吸引到比学生团队数量更多的外部客户，因此能够向参与课程的客户收取少量费用 [S35], [S121]。

;

4.3.2. 项目来源（***RQ3.2***）

除了了解这些项目的客户，我们还调查了这些课程的项目来源（F9）。我们确定了项目来源的三种主要方式（表9）。由于大多数课程都有多个外部客户，这些课程中的项目构想主要源自客户的需求。在这些案例中，组织人员通常会与客户协作进行预筛选和范围界定，

表9顶点课程项目的来源

类别	课程数量	百分比	研究标识符
外部利益相关者 pro-提出项目构想	81	62%	S2, S3, S4, S5, S7, S8a, S8b, S8c, S8d, S9, S10, S11, S14、S15、S17、S18、S19、S23、S24、S27、S28、S29、S30, S31, S33, S34, S35, S37, S38, S39, S41, S46, S48, S49, S50, S52, S55, S58, S59, S60, S61, S62, S63, S66, S67, S69, S71, S72, S73, S77, S78, S80, S81, S84, S85, S86, S87, S88, S90, S91, S92, S93a, S93b, S94, S96, S97, S98, S104, S108, S110, S112, S113, S114, S117, S120, S121, S122, S124, S125, S126, S127
课程工作人员提供项目构想	27	21%	S1、S6、S12、S13、S16、S20、S21、S25、S40、S42、S43、S45、S54, S57, S65, S68, S74, S75, S79, S82, S99, S105, S106, S109, S115, S116, S123
学生自行构思项目构想	22	17%	S22、S26、S36、S44、S47、S51、S53、S56、S64、S70、S76、S83、S89、S95、S100、S101、S102、S103、S107、S111、S118、S119
未指定	1	1%	S32

以确保项目预期切合实际，且项目范围符合预期的学习成果 [S9], [S24], [S35]

, [S52], [S61], [S87], [S90], [S94], [S98], [S121]。毕业设计项目通常不应处于任何外部组织的关键路径上，因为课程旨在为学生提供一个安全的学习环境 [S35], [S52], [S87], [S90], [S121]。一些研究还强调，学生不应为这些客户工作，而应与他们协作 [S9], [S52], [S87], [S121]。因此，项目应保持足够的开放性，让学生能够参与决定项目的开发方式。

17% 的课程中，学生本身是项目构想的主要来源。这些研究指出，如果让学生自行选择项目构想，而不是由教师分配项目，学生会更有动力 [S36], [S53]。根据 S53，如果由团队选择并定义项目，随着软件系统逐步成形，团队成员对项目的投入度和热情也会随之提升。学期结束时，学生会对项目产生强烈的归属感，而不是觉得自己只是完成了又一项作业 [S36], [S53]。不过，这种做法也存在一些潜在问题，教育工作者应当加以注意。S114 指出，不应允许学生将其工作所在公司的项目构想，或自己企业的项目构想带入课程。S114 发现，这会使提出项目构想的学生面临利益冲突，也会让团队其他成员处于不公平的境地。S36 允许学生自行组队并提出自己的项目构想，但指出这可能无法准确反映学生未来职业生活中的实际情况。如果项目构想来自团队本身，那么与需求获取和分析相关的所有复杂性都会消失 [S73], , 使经验变得不那么贴近现实。真实项目会带来各种挑战，例如来自不同外部和内部利益相关者的期望彼此矛盾 [S73]。

在 21% 的课程中，课程工作人员会提供项目规范。一些教育工作者为所有学生团队分配相同的项目构想 [S40], [S45], [S72], [S82] , 甚至在某些情况下，所有学生都在同一个团队中完成完全相同的项目 [S106], [S112]。采用相同的项目有一个好处：为课程工作人员的评分和教学提供一致的依据 [S40], [S59], [S72] , 并为学生提供技术支持 [S40], [S53]。在这种情况下，所有团队都需要应对相同的复杂性、项目管理问题和技术要求，就像在典型的课程设计中一样，从而使经验更具可预测性 [S72]。采用一个项目构想也为团队之间开展竞赛创造了可能，例如，比较哪个团队能做出最佳设计和实现 [S5], [S30], [S37], [S42], [S54], [S72], [S106], 甚至可能面向外部客户 [S30]。这也可能使课程能够更加关注所开发软件的质量 [S5]。S5 在两种方式上都有经验：采用多个项目构想，或只采用一个项目。他们发现，与其同时应付多个项目并只取得部分成果，不如专注于把一个项目做好，这样更有成效，也更有收获。

4.4. 项目实施（RQ4）

我们还旨在了解毕业设计项目是如何实施的，以及这些课程对学生有何要求。为此，我们提取了有关项目实施的各类信息（F10–F12）。

4.4.1. 产出物（*RQ4.1*）

我们希望了解学生在课程（F10）中需要完成哪些类型的制品。我们往往难以判断哪些制品用于最终的学生评估（即评分），哪些制品只是以某种方式用于管理项目。因此，我们

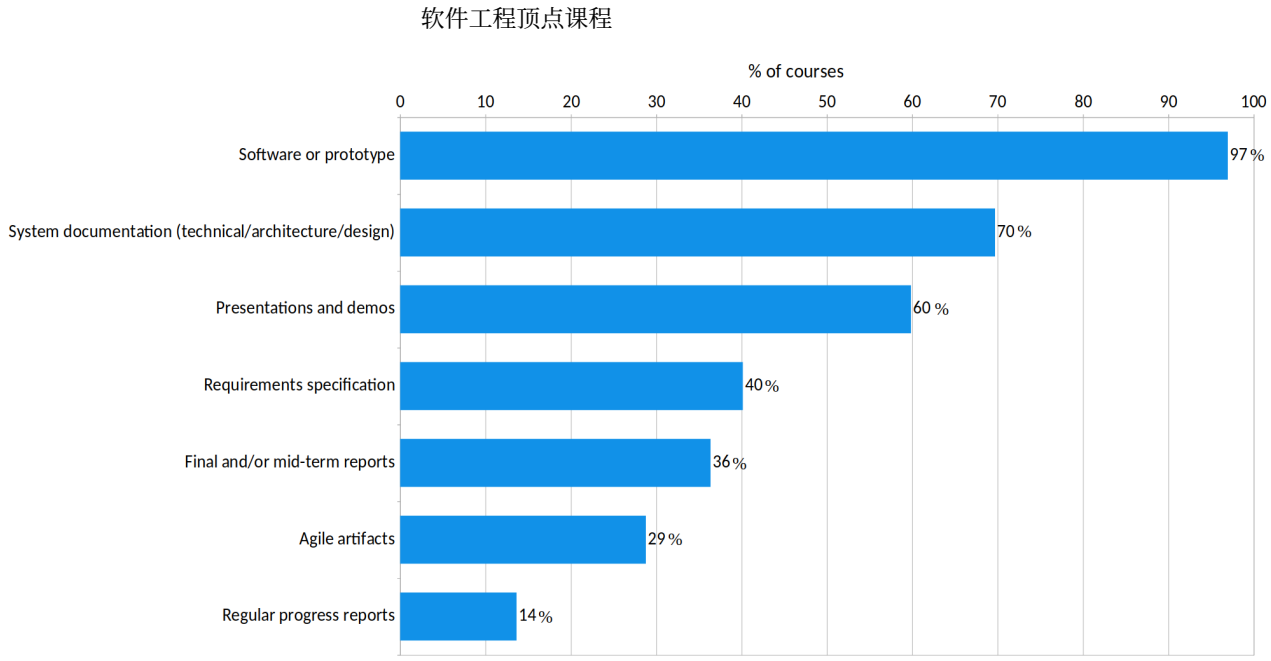


图 5： 学生在顶点课程中最常产出的制品

无法专门列出经过评分的制品。表5 大致展示了文中明确提到的、学生需要完成的制品。

不过，我们能够确定，除三门课程外，所有课程 [S16], [S17], [S103] 都要求以某种形式的软件原型、软件产品或源代码作为最终交付物。在不包含软件制作的课程中，S16开设了一门课程，其过程和最终交付成果侧重于让学生完成各种研究项目，例如测试新的团队协作技术（如结对编程）。对于S17，最终交付成果通常是面向客户组织信息技术部门的解决方案提案；S103则开设了一门跨学科课程，学生可能需要提交软件交付物，也可能提交报告，描述针对既定问题的基于软件的解决方案，例如使用3D引擎创作艺术作品。

大多数研究都提到，软件项目需要提供某种文档（图 5）。实际要求提供文档的课程数量可能多于此处报告的数量，因为我们只统计研究明确提及课程中编写项目文档的情况。在我们所考察的时间范围起始阶段，研究通常采用更偏向“先规划”的软件开发方法，例如瀑布模型，因此非软件制品的数量和详细程度都相当可观 [S2], [S11], [S22], [S70]

文档通常一开始就需要投入大量精力，学生会编制项目计划 [S2], [S68], [S70], 详细设计[S2], [S22], [S52], [S68], 架构计划 [S22], [S68]和测试计划 [S2], [S70]。在后期开设的、更加敏捷的课程中，详尽文档和规划的证据较少。在敏捷项目中，系统文档主要随着项目的推进逐步编写 [S14], [S65], [S94]。这些课程中的学生通常也会制作敏捷制品，例如产品待办列表、冲刺待办列表和燃尽图，用于项目管理和规划 [S6], [S65], [S94]⁋[S124]。

相当一部分研究（60%）明确提到，学生必须向范围更广的受众展示或演示自己的项目，而不仅仅是向项目团队成员展示。这是教学生如何向非技术受众展示和解释其工作的一种方式 [S6]。演示最常见的时间是在学期末，通常会在展会或课堂上进行，并邀请课程的所有利益相关者参加 [S2], [S4]⁋[S6], [S33], [S95]。期末演示的形式多种多样，从海报展示会 [S6], [S28], [S34], [S44] 到软件的现场演示环节 [S89], [S95] ，再到各种演示视频 [S1], [S73], [S118]。有时，学生还需要撰写项目提案或推介，并在开始实现工作之前向教师或全班进行展示 [S87]。在这些情况下，目的是让学生有机会练习推介技能 [S100]。

在课程中，学生通常需要详细说明软件需求。这些需求可以在实施阶段开始之前，写成软件需求规格说明书 [S30]。对于采用敏捷方法的课程，软件需求通常会以用户故事的形式记录在初始待办事项列表中，并随着项目的推进不断更新待办事项列表 [S124]。学生通常也需要在课程结束时，以个人或小组的形式撰写某种报告。报告通常要求学生反思课程期间的学习内容和所采用的软件开发流程 [S6], [S19], [S21], [S24], [S27], [S41]⁋[S63], [S65]。

如何在其他产出物过少与过多之间取得平衡，是一件微妙的事。更多的文档和交付成果让教师有更多机会对学生对软件开发流程的理解进行评分和评估 [S110]。另一方面，文档越多，产品就越少，这可能不符合项目客户的利益 [S49]。事实上，有些教育工作者只要求学生进行基本的时间跟踪并撰写反思性报告，而将大部分交付成果留给外部客户和团队决定 [S24]。

4.4.2. 项目阶段（*RQ4.2*）

我们试图了解这些课程经历了哪些项目阶段和软件生命周期（F11）。软件生命周期模型包含需求收集或征集、规划与设计、开发、测试以及产品维护等阶段，但其出现频率和顺序各不相同（Mishra and Dubey，2013年）。在讨论开发过程和最终产品质量的研究中，项目通常从创意逐步发展为稳健的概念验证或产品，并实现少量核心需求 [S1], [S6], [S7], [S11], [S12] [S16], [S18], [S20]–[S21], [S22], [S26], [S40], [S42], [S45], [S52], [S54], [S55]–[S62], [S64], [S65], [S68], [S79], [S70], [S72], [S75], [S77]–[S78], [S87], [S90], [S94], [S95], [S99], [S100], [S106]–[S107], [S109], [S115], [S118], [S122], [S123], [S124], [S125]

因此，学生能够在这些项目中体验产品规划、设计、开发和测试等阶段。

在有客户（无论外部还是内部）参与的课程中，学生通常需要向客户收集需求（表 9）。不过，有时教师会为学生提供现成的功能或需求列表 [S12]–[S21], [S45], [S79], [S82]，而在一些课程中，学生会自行生成项目提案（表 4.3.2）。在这些情况下，需求收集方面的经验会有所减少。

此外，随着项目从构想推进到概念验证或简单的交付型产品，这些项目通常不包括对现有产品的开发，尤其是不包括开发课程期间处于生产使用阶段的产品。有些课程中的部分项目已进入生产

在课程结束时已准备就绪，但这些成果随后也都移交给了客户 [S5], [S9], [S117]。这种做法使学生无法获得处理现有产品，或处于软件生命周期真正维护阶段的产品的经验。让学生参与自由开源软件（FOSS）项目，是一种新兴的解决方案，旨在弥补这些不足。其理念是让学生接触现有代码库，这些代码库往往规模庞大且结构复杂，就像他们进入行业工作时会遇到的那样 [S8b], [S8c], [S112], [S113]。有些课程也会延续课程中先前的项目，让学生接触由他人编写的代码 [S14], [S15]–[S19], [S38], [103]。这两种做法都让学生有机会维护现有代码，但在我们的研究中仍不多见。

4.4.3. 项目技术（*RQ4.3*）

我们还研究了顶点课程中使用的开发技术，以及这些技术的选择方式（F12）。在多客户课程中，或在项目构想差异很大的课程中，通常会根据项目来选择技术（表10）。在这些案例中，课程工作人员不会为所有项目规定完全统一的技术栈。对于其中一些项目，技术栈取决于客户的基础设施 [S35]；有时，学生也会像管理人员一样，就合适的开发技术作出决策 [S6], [S84]。让团队决定使用哪些工具和技术，能促使学生探索可用选项，并说明其选择的理由 [S6], [S56], [S84]。S84指出，这不仅赋予学生自主权，也让他们为自己的成败负责。不过，尽管大多数技术会根据项目和客户来选择，一些研究仍建议所有项目共用一些基础设施工具和技术 [S12], [S19], [S36], [S65]–[S102]。版本控制 [S6], [S12], [S19], [S29], [S36]–[S67], [S102], 项目管理与通信工具[S19], [S29], [S65], [S67], [S80]，以及用于持续集成和交付的工具，都是此类工具的例子 [S32], [S78]。研究发现，这样做能让项目管理和评价更加容易 [S19], [S29]。另一方面，在教师向学生提供项目需求的案例中，所有项目采用通用开发技术也相当常见 [S42]。有些案例中的评价方法非常注重技术实现，例如，课程评分人员可能会准备一组测试，在每个项目上运行，以确定其质量 [S109]。有些教育工作者会让学生围绕同一项目提案展开竞争，这使得采用通用技术栈有了充分理由[S37]。

4.5. 学生评估（研究问题5）

我们还希望了解这些课程如何进行评估（F13），以及学生在多大程度上有机会反思自己的经历。我们考察了课程结束时的学生评估（第4.5.1节），以及学生在课程期间接受的任何持续指导和反馈（第4.5.2节）。

4.5.1. 课程结束时的学生评估（研究问题*5.1*）

所有明确描述课程评估流程的研究都涉及课程教师参与其中（表 11）。教师通常负责评估学生产出的制品，例如软件产品本身、项目报告和文档 [S118]。然而，随着开发方式从传统方法转向更敏捷的方法，交付的制品数量随着时间推移而减少，教师可用于评估学生对软件开发流程的理解程度的数据点也随之减少 [S110]。此外，顶点课程的许多学习目标都与软技能发展有关，例如团队合作、与客户合作以及管理软件项目的能力 [S6], [S86], [S122]。这些技能通常是在教学人员

表10顶点课程中的开发技术

类别	课程数量	百分比	研究标识符
项目使用通用技术 技术 nologies	33	25%	S1、S5、S8a、S8d、S11、S13、S22、S32、S37、S38、S42、S43、S45、S46、S48、S53、S54、S57、S59、S72、S76、S79、S82、S83、S93b、S99、S105、S106、S107、S109、S112、S113、S124
选项 done 主要 按团队	65	50%	S2、S3、S4、S8b、S8c、S9、S10、S12、S14、S19、S24、S26、S29、S31、S33、S35、S36、S39、S44、S47、S50、S51、S52、S56、S58、S61、S62、S65、S66、S68、S69、S71、S73、S74、S75、S77、S80、S84、S85、S86、S87、S88、S89、S90、S92、S95、S96、S98、S100、S101、S102、S103、S104、S110、S111、S114、S116、S117、S118、S119、S120、S121、S122、S125、S127
未指定	33	25%	S6、S7、S15、S16、S17、S18、S20、S21、S23、S25、S27、S28、S30、S34、S40、S41、S49、S55、S60、S63、S64、S67、S70、S78、S81、S91、S93a、S94、S97、S108、S115、S123、S126

不在场、团队自行开展项目时运用的，因此更难评估这些技能 [S52], [S56],[S86]。因此，几项研究报告称，除了教师对产出成果的评估外，还采用了其他学生评估来源。各种形式的匿名同行评估相当常见（31%）。这些评估让课程工作人员得以了解课程期间的团队动态，并有助于发现社会惰化或搭便车行为[S12], [S86], [S112]。类似地，自我评估通常与同行评估结合进行 [S56] ，或作为项目最终报告中反思的一部分 [S65]。

一些研究报告称，在课程评估过程中会采用客户意见。客户可以填写问卷，对每位学生在课程中的表现进行评估[S86] 或仅评估团队的交付成果或演示，并从客户视角评判其价值 [S35],[S52], [S89], [S127]。与自我评审和同伴评审一样，教育者在为学生评分时，会将客户意见作为补充评估依据（表11）。

4.5.2. 学生持续评估与指导（研究问题*5.2*）

许多研究特别指出，团队不应完全被放任自行完成课程项目，而应在整个过程中得到指导。 [S6], [S9], [S10], [S16],[S18], [S53], [S69], [S72], [S86]根据我们的研究，开展此类持续评估与指导的方式主要有三种（表12）。如果研究没有提及教师或其他人员在课程期间对团队工作发挥积极作用，则归入“未指定”类别。如果课程工作人员只是被动地接收学生进度报告，并在课程结束后评估课程成果，那么这并不属于我们所说的对团队的主动指导。有些课程同时采用多种指导方式，在这种情况下，相关研究会被列入表12中对应的各个类别。只有11%的研究未明确说明课程期间是否设有持续反馈与指导系统。

最方便的做法是让课程工作人员（例如负责的教师或聘请的助教）担任咨询角色（76%）。课程工作人员提供指导的程度因课程而异，甚至同一门课程的不同阶段也可能大不相同。有时，课程工作人员会以更偏向督导的角色进行监督，在出现冲突或团队中有明显未作贡献的学生时介入团队工作 [S6]。另一方面，有些讲师每周都会与学生开会，教师会积极提出解决方案，并在技术问题、非技术问题和团队动态方面为团队提供指导 [S6], [S88]。有些教师甚至更倾向于直接管理团队 [S6]。S38解释说，课程中最成功的改进，是让课程工作人员能够更积极地参与各个团队的工作。学生的成绩有所提高，团队也能够完成软件产品的更多功能。

另一种通常具有互补性的指导形式，是偶尔邀请行业专家参与课程（16%）。当课程项目围绕共同主题展开时，例如游戏行业 [S25], [S106]，这种形式尤其适用。不过，在没有客户关系的情况下，要在此类评估中找到恰当的平衡，有时并不容易。S106 邀请了来自游戏和软件行业的行业专家担任课程顾问。顾问对学生游戏产品的反馈总体上积极且鼓舞人心。教职人员认为，他们的评价说明游戏概念和开发工作现阶段值得肯定；而学生则将这些反馈理解为，原型按展示出来的样子已值得称赞。这造成了一种始终未能真正化解的分歧：学生认为项目已接近完成，而讲师认为项目充其量只是一个粗略草案。

许多作者注意到了让课程工作人员以外经验更丰富的学生指导课程中学生的好处（18%）。例如，这些学生可以是

表11课程结束评估

类别	课程数量	百分比	研究标识符
课程工作人员	93	71%	S1, S2, S4, S6, S7, S8a, S8b, S8c, S8d, S9, S12, S13, S17, S18, S19, S20, S22, S23, S24, S25, S26, S27, S28, S29, S30, S31, S33, S35, S36, S37, S39, S40, S41, S42, S43, S44, S46, S47, S48, S51, S52, S53, S56, S58, S62, S63, S64, S66, S67, S68, S69, S71, S72, S73, S74, S77, S80, S81, S82, S84, S85, S86, S87, S88, S89, S90, S94, S95, S96, S97, S98, S99, S100, S101, S102, S103, S104, S105, S106, S107, S108, S109, S110, S111, S112, S116, S117, S118, S120, S123, S124, S126, S127
学生的同伴评价	40	31%	S2、S4、S7、S8a、S8b、S12、S13、S27、S30、S31、S33、S37, S41, S42, S46, S48, S51, S52, S56, S58, S63, S64, S67, S72, S73, S74, S81, S84, S86, S87, S90, S98, S106, S107, S108, S110, S112, S117, S124, S127
学生自我评价	24	18%	S1, S2, S4, S22, S23, S27, S37, S41, S42, S47, S51, S56, S62, S64, S69, S73, S74, S80, S81, S86, S87, S116, S126, S127
外部项目客户	17	13%	S4, S20, S24, S29, S33, S35, S37, S42, S58, S73, S84, S85, S86, S89, S96, S98, S127
其他	1	1%	S17
未指定	38	29%	S3、S5、S10、S11、S14、S15、S16、S21、S32、S34、S38、S45、S49, S50, S54, S55, S57, S59, S60, S61, S64, S65, S70, S75, S76, S78, S79, S83, S91, S92, S93a, S93b, S113, S114, S115, S119, S121, S122

表12学生持续评估与指导

类别	课程数量	百分比	研究标识符
课程工作人员	99	76%	S2, S3, S4, S6, S8a, S8b, S8d, S9, S12, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S22, S23, S24, S25, S27, S28, S29, S30, S31, S32, S35, S36, S37, S39, S40, S41, S43, S44, S45, S46, S47, S48, S49, S50, S51, S52, S53, S54, S55, S56, S57, S59, S60, S62, S63, S64, S65, S66, S67, S68, S69, S71, S73, S74, S75, S76, S77, S78, S80, S81, S82, S84, S85, S86, S87, S88, S90, S91, S92, S93a, S94, S95, S96, S97, S98, S99, S100, S101, S102, S103, S105, S106, S108, S109, S110, S112, S113, S114, S115, S116, S122, S123, S124, S126, S127
经验更丰富的学生	23	18%	S5、S8a、S12、S14、S17、S19、S35、S40、S48、S58、S61, S68, S81, S85, S92, S95, S104, S105, S112, S113, S118, S119, S121
行业顾问（除项目客户外）	22	17%	S5, S8a, S8b, S8c, S10, S20, S25, S52, S58, S65, S71, S72, S73, S77, S80, S83, S89, S93b, S98, S106, S118, S120
未指定	15	11%	S1、S7、S11、S13、S21、S26、S33、S34、S38、S42、S70、S79, S107, S111, S117

过去一年中亲自完成过项目课程的学生 [S122]。研究发现，这既有利于项目实施，也有助于小组互动：一位积极且知识丰富的指导者，例如，可以帮助学生向客户提出澄清问题，克服对……的恐惧这既愚蠢，又能节省几天或几周 [S122]。

有趣的是，将技能水平相近的高年级学生组成毕业设计团队，符合《ACM/IEEE 本科软件工程学位课程指南》（ACM/IEEE, 2014），但却忽略了真实软件开发团队经验中不可或缺的一部分

：初级和高级职位。一些研究中指出了这种差异 [S19], [S35], [S58], [S98], ，这些研究中的课程实现不再仅仅让高年级学生担任顾问。在这些顶点项目中，经验较少的学生担任初级开发人员，经验较丰富的学生则担任高级开发人员或团队负责人。S19以一种特殊方式组织其毕业设计课程：要求学生在同一项目中修读两个课程单元，一个单元担任初级成员，另一个单元担任高级成员。每个单元持续一个时段（一个学年的四分之一），但这些时段不必连续，以便学生灵活安排学业。要使这种安排奏效，课程中的项目规模较大，属于长期产品，并会在多个学期中不断完善。S19发现，对于初级学生而言，这种安排有助于他们顺利融入项目、提升相关技能，并从高级学生那里获得必要的指导。另一方面，高级学生热衷于指导初级学生，并为他们解答从项目需求到技术栈等方面的问题。S98也将其毕业设计项目分成两部分，分别设置初级和高级职位。他们还安排具有行业经验的教师导师，指导与外部客户合作的学生团队。据S98称，这种课程设计使他们得以创建有效的工业模拟。S98报告指出，学生使用了行业中普遍采用、但大学里很少教授的工具和实践，并得以更深入地培养专业技能和团队合作技能。

5. 讨论

本研究的主要目标是了解高等教育院校如何开展软件工程毕业设计课程。为此，我们通过广泛的文献综述考察了毕业设计课程的特征。首先，我们总结本研究的主要发现，并在适当情况下将其与以往系统性文献综述的研究发现进行比较（第5.1节）。其次，我们在第5.2节提出该领域未来研究的建议。最后，我们在第5.3节讨论研究结果的有效性。

5.1. 主要研究发现

5.1.1. 时长（*RQ1*）

尽管ACM/IEEE (2014) 建议本科软件工程顶点课程应贯穿整个学年，但此处所列的大多数课程都只有一个学期。这与Dugan Jr(2011年) 关于课程模式的研究发现一致。在我们的研究中，介绍两学期顶点项目的研究往往认为，单学期课程在所能提供的技能深度和广度方面有所不足。这些研究指出，较长的课程能更好地帮助学生为软件工程职业生活中可能遇到的经历做好准备。不过，课程通常较短也有一些现实限制，例如课程体系安排紧凑，而且毕业设计需要教职员工和学生投入时间与精力。

5.1.2. 团队规模（*RQ2*）

我们发现，顶点课程通常以大型小组项目的形式开展。不同课程的团队规模差异很大，单个团队的学生人数从 1 人到 35 人不等。Dugan Jr （2011年）认为，文献中对于合适的团队规模尚未达成共识。这与我们的研究结果有些矛盾。在我们的研究中，若干报告了不同团队规模经验的研究发现，每组 4–6 名学生最为理想。我们根据研究结果归纳出的顶点项目平均团队规模也体现了这一点。对于由 2–3 名学生组成的小组而言，没有需要解决的沟通挑战，而且较小的小组通常无法完成规模较大的项目。相比之下，较大的团队往往会在沟通、协调和公平评分方面带来太多问题。较大的团队还需要教学人员投入更多精力，以确保工作分配均衡。

5.1.3. 客户与项目构想（*RQ3*）

在我们的研究中，58% 的研究报告称，学生项目有外部客户（RQ3.1）；在 62% 的课程中，项目依据外部利益相关者的真实需求开展（RQ3.2）。有课程工作人员以外的客户，意味着教师需要投入更多工作；但学生有机会为真实客户开展真实项目，往往会从中受益。研究发现，学生动机的提升，以及课程结束后技能和就业方面的积极影响，是设置真实客户和真实项目的主要原因之一。软件工程本科和研究生学位课程也都被建议采用外部客户（ACM/IEEE，2014；ACM，2009年）。尽管有这些益处，仍有相当数量的顶点课程（42%）由课程工作人员担任项目客户，或者没有客户定期与学生交流。此外，不少课程由教师向学生提供项目规范（21%），或由学生自行撰写项目提案（17%）。这类课程通常减轻了教师的负担，因为教师不必费心寻找多个客户和项目。学生能够自行选择项目主题时，往往也会更有动力。然而，在这些情况下，学生无法体验需求征集，也无法与外部利益相关者共同规划项目，而这些利益相关者可能完全不具备技术知识。Dugan Jr (2011年)提出的分类体系关注的是项目主题，而非项目来源或客户，因此很难评估这些方面多年来是否发生了变化。此外，我们的研究表明，外部利益相关者可以通过多种方式参与其中。未来有必要对此进行更详细的探讨，并评估其影响，正如 Steghöfer 等人所展示的那样Steghöfer 等人(2018)。

5.1.4. 项目实施（*RQ4*）

为了了解项目实施情况，我们首先考察了学生预期需要制作的制品
课程（RQ4.1）。我们发现，在 97% 的课程中，学生都参与开发某种形式的软件产品，并将其作为最终交付物。此外，学生通常还需要产出敏捷开发工件（例如产品待办事项列表和冲刺待办列表）、项目计划和软件文档。因此，这些产出成果体现了全面的软件开发经验这一理念。在我们的研究中，文档的作用与 Dugan Jr （2011年）调查中的作用略有不同。在他们的分类中，核心书面文档包括项目提案、需求文档、项目计划、设计、测试计划和用户手册。另一方面，我们发现，随着课程转向采用更多敏捷开发方法，书面作业的数量有所减少，文档也更多是在整个课程过程中逐步生成，而不是一开始就制定详尽的计划。

其次，我们研究了这些项目通常经历的阶段（RQ4.2）。我们发现，项目通常从一个想法或一份现成的需求清单开始，最终交付项目。在许多课程中，学生从头开始，制作原型或软件产品，并在课程结束时将其移交给客户或教师。因此，学生通常没有维护现有软件产品或使用现有代码库的经验。相比之下 DuganJr (2011年)指出，无论采用何种软件过程模型，常见阶段都包括需求、设计、实现、测试、演示和维护。不过，他们也得出了与我们相同的发现：文献中经常提及维护，却很少详细说明其实际实现方式。因此，尽管维护与行业密切相关，在软件工程毕业设计文献中，它仍然是一个关注度不足的问题。一些教育工作者通过在课程中引入大型项目来解决这一问题，这些项目历经多年持续渐进式改进。还有一些教育工作者让学生为大型开源项目做贡献，但这两种做法仍然只占少数。 Dugan Jr (2011年)没有提到将开源项目用作解决这一问题的办法，而我们提出了这一做法，这表明它可能成为应对这一问题的新兴方案。事实上，我们研究中涉及大型开源项目的研究，均发表于 Dugan Jr (2011年)的调查之后。

最后，我们调查了这些课程中使用了哪些技术，以及技术选型是如何做出的（研究问题4.3）。我们发现，研究大多没有明确说明这些课程中使用的所有技术。我们还发现，大多数课程的技术选型都是根据项目规范和需求做出的。这通常意味着学生需要学习新技术，并为自己的选型进行论证。

5.1.5. 学生评估（研究问题*5*）

关于课程结束时的学生评估（研究问题5.1），我们旨在了解最终课程成绩由哪些部分构成。许多研究在这方面给出的答案并不明确，也没有详细说明评分量规。因此，我们无法得出结论，确定哪些制品或作业构成了最终成绩。不过，我们能够较为明确地确定由谁进行最终评估，以及学生获得反思自身经历的机会有多充分。在所有讨论学生评估的研究中，教师都参与了最终成绩的评定。教师通常会对各类具体交付成果（所开发的软件、计划、敏捷制品、报告）进行评分。这些制品帮助教师了解学生对软件开发阶段的理解程度。少数研究还提到让学生参与评估过程，例如开展自评和同伴评审。这两种方式不仅能让学生在项目工作中更主动地承担责任，也能让教师深入了解每位学生的软技能发展情况。

大多数研究（89%）都明确讨论了课程期间的持续评估与指导（研究问题5.2）。Trevisan 等人(2006年) 的调查聚焦于类似的评估实践，旨在了解工程顶点课程实施课堂评估的频率。他们发现，在1994年到2006年间，所有工程学科中仅有32篇文章讨论了课堂评估方案。尽管他们的研究范围更窄，但过去15年左右，课程期间对学生的指导似乎有所增加。 Trevisan 等人(2006年) 也对此进行了探讨，指出近年来课堂评估的重要性日益受到重视。

我们的研究表明，各种形式的指导或辅导都对学生大有裨益。这提高了项目的成功率，也帮助教师及早发现问题。课程工作人员最常在项目期间为学生提供指导，有几门课程还聘请了助教担任此类职务。一些研究还发现，由经验更丰富的学生为毕业设计参与者提供建议，对两个小组来说都是一段有益的经历。现实中的公司也普遍开展指导活动，毕业生通常会加入一个技能水平各异的现有团队。

5.2. 对实践者和研究人员的启示

大量关于软件工程毕业设计课程的研究表明，毕业设计课程是教育工作者帮助学生为职业生活的各个方面做好准备的一种常见方式。对于希望寻找实施顶点课程方法的教育工作者而言，逐一阅读所有已发表的原始研究，并将其中的经验和证据提炼成具体建议，会非常耗时。针对这种情况，我们概述了顶点课程最常见的特征，以及围绕每项特征可以作出的选择。

ACM/IEEE（2014）对本科软件工程顶点课程提出的首要指导原则是，这些课程应有助于确保课程体系具有坚实的现实基础。顶点项目应当是总结性的学习经历，将迄今所学的所有内容融会贯通，并帮助学生为软件工程职业生活做好准备（ACM/IEEE，2014；ACM，2009年）。有趣的是，我们的研究发现，关于顶点课程的原始研究很少纳入校友或行业客户的经历。当然，了解这一点有助于评估这些课程在多大程度上反映了学生在现实生活中的预期工作。我们希望看到更多研究，探讨这些课程在多大程度上涵盖了学生日后职业生涯中会面临的情况。开展更多受控比较研究也很有价值：改变所述特征之一，并研究其对课程成果的影响。本文所识别的大多数研究都没有提供有关毕业设计课程特征的受控比较结果。

5.3. 有效性威胁

5.3.1. 与系统综述流程的偏离

尽管我们旨在遵循Kitchenham 和 Charters (2007年)提供的指南开展系统综述，但我们的做法与其流程有所不同。在本研究中，研究筛选和数据提取由第一作者而非一组研究人员完成。这意味着一些相关论文可能被排除在外，或者收集到的部分数据可能存在错误。

5.3.2. 入选论文的不准确性与偏倚

任何综述的主要局限性之一，是研究筛选过程中可能存在偏倚。就我们的研究而言，我们仅纳入研究范围相对严格、探讨软件相关顶点课程的研究；例如，我们没有纳入任何关于嵌入式系统或计算机工程课程的研究。不过，我们明确表示，目标仅是描述软件顶点项目。此前由Dugan Jr(2011年)开展的早期调查也采用了类似的检索方式：在软件工程教育和计算机科学教育领域的选定期刊中使用“capstone”和“software engineering course”作为检索字符串。为确保筛选过程尽可能不受偏倚影响，我们详细描述了所采用的检索策略以及纳入与排除标准。这样，我们力求让读者尽可能清楚地了解筛选过程。

原始研究仅代表那些具有值得发表的某些方面或成果的顶点课程。因此，我们的研究样本可能偏向于成功、规划周密的课程，或容易开展研究的课程。我们认为，这不会影响我们描述项目多样性的能力。不过，对于数据中的定量方面（例如设有外部客户的课程所占比例），应谨慎看待，因为某些类型的课程在现实中可能比在软件工程教育研究中更常见。最后，我们也承认，其他相关学科中也开设了类似课程，例如数据科学和计算机工程。不过，我们有意将其他学科排除在本研究范围之外，因为我们希望专门针对与软件相关的毕业设计进行分类并提出见解。ACM/IEEE (2014)建议也专门针对软件工程毕业设计制定，我们据此提出了研究问题。

5.3.3. 数据提取中的不准确性与偏倚

与任何系统综述一样，主要局限性之一是数据提取过程可能存在偏倚和不准确之处。这也是我们的研究中最有可能出现不准确的环节。例如，质量评估由第一作者完成，其对质量的解读可能与其他研究者不同。对于一项研究是否明确讨论了局限性（“是”），还是仅简短提及了研究的某项局限性（“部分是”），不同研究者可能会有不同看法。不过，文中呈现的两个汇总类别——严谨性和可信度——旨在降低单个质量评估问题的影响，并从整体上评价研究。

还值得注意的是，本综述所呈现的原始研究并非专门为提供课程描述或一般课程评估而撰写。一些研究设有专门介绍课程概述的章节，其中可能包含我们所需的课程结构全部细节
此外，一些研究将相关细节分散在不同章节中，也可能没有像我们的类别所暗示的那样明确提及。尤其是关于产出成果和学生评估，描述在详尽程度和清晰度方面差异很大。在这类情况下，需要进行一定的解读。为缓解这一问题，我们尽量使类别保持概括性和描述性，以便读者轻松把握每门课程的大致情况。我们也避免对文本本身作过多解读。例如，如果研究提到学生团队“最多由 5 名学生组成”，我们仍将这些课程归入“未指定”类别。

5.3.4. 顶点课程缺乏第三方评估

通常，至少有一位研究作者以某种方式参与了相关课程的组织工作。此外，相当一部分报告缺乏对作者偏倚的坦诚评价，正如第3.3.3节所示。因此，文献中的软件工程毕业设计课程本质上缺乏真正客观的第三方评估。这一点我们无法改变，但值得指出。我们期待有更多关于顶点课程或软件工程教育整体的研究，其中作者是公正的第三方。

5.3.5. 综述评价

为评价任何系统综述，我们依据四个质量评估（QA）问题提出了**?** 评估标准。下面将简要回答这四个问题。

QA1 — 综述的纳入与排除标准是否

得到了清晰描述且恰当？是的，我们已明确定义并描述了纳入与排除标准。这些标准基于我们的研究目标，旨在确保纳入综述的研究具有足够的质量，并有助于回答我们的研究问题。

QA2 – 文献检索是否可能涵盖了所有相关研究？**?** 说明，如果作者检索了 4 个或更多数字图书馆，并采用了其他检索策略，则满足此项标准。在本研究中，我们确实检索了 4 个数字图书馆，并对我们的检索策略进行了说明，因此满足了此项标准。

QA3 – 评审者是否评估了所纳入研究的质量/有效性？我们确实使用了许多类似 SLR 所采用的问题集来评估所纳入研究的质量和有效性。因此，此项标准也得到满足。

QA4 – 基本数据/研究是否得到了充分描述？我们为所采用的每项研究提供了书目参考文献，从多个角度描述了其研究目标（即每项研究中所介绍的顶点课程），说明了每项研究中的数据收集方式，并综合了报告的结果。因此，可以肯定地说，此项标准也得到了满足。

6. 结论

本研究旨在了解高等教育机构如何组织软件工程毕业设计课程。为此，我们开展了一项系统性文献综述，纳入了 127 项关于软件工程毕业设计课程的原始研究。我们将这些课程的特征综合归纳为一个分类体系，涵盖时长、团队规模、客户与项目来源、项目实施和学生评估。基于对这些特征的理由和结果的综合分析，我们提出了有关课程组织方式的建议，并探讨了每项特征需要权衡的利弊。

毕业设计应帮助实现的主要课程指南是“课程应具有重要的现实基础”（ACM/IEEE，2014）。在我们的研究中，我们聚焦于为实现这一目标而提出的具体建议，并据此制定了研究问题。我们发现，这些课程的主要交付成果是软件实现；对学生的评估依据多种因素，而不仅仅是是否交付了可运行系统；这些课程中的项目几乎总是以小组作业的形式完成。课程期间，学生也常常会获得指导和持续评估，课程工作人员会通过书面与口头反馈，评价他们的进展和交付成果。教育工作者应予以关注的一点是课程时长：实践中课程时长为一个学期，而例如，ACM/IEEE (2014) 建议开设为期两个学期的课程，以便让学生的技能与经验达到足够的深度和广度。相当数量的课程也没有课程工作人员以外的客户，尽管针对本科生和研究生毕业设计，建议引入外部客户（ACM/IEEE，2014；ACM，2009年）。在这些案例中，项目规范由……定。此类安排往往使学生缺少向真实客户征求需求、协商需求并据此实施的经验。此外，项目通常从构思逐步推进到产品，往往不包括维护工作，尤其是对现有项目的维护。这些特点在一定程度上削弱了课程与现实世界的契合度。

参考文献

ACM，2009年。《2009年研究生软件工程》（gswe2009）：软件工程研究生学位课程指南。网址：https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/gsew2009.pdf。ACM/IEEE，2013年。ACM/IEEE计算课程联合工作组：2013年计算机科学课程：计算机科学本科课程指南。网址：https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf(访问日期：2022年4月20日)。ACM/IEEE，2014。ACM/IEEE计算课程联合工作组：2014年软件工程：软件工程本科课程指南。网址：https://ieeecs-media. computer.org/assets/pdf/se2014.pdf。Ali, M.S., Babar, M.A., Chen, L., Stol, K.J., 2010。面向方面编程比较证据的系统综述。《信息与软件技术》52，871–887。Anicic, K.P., Stapic, Z., 2022。软件工程教学方法：系统综述。《IEEE软件》。Bowring, J., Burke, Q., 2016。利用开源社区塑造软件工程课程体系。《交互式学习研究期刊》27，5 26–。Burge, J.E., Gannod, G.C., 2009。毕业设计项目的分类维度，载于：2009年第22届软件工程教育与培训会议，IEEE。第166–173页。Castleberry, A., Nolen, A., 2018。定性研究数据的主题分析：是否真如听起来那么简单？《药学教学与学习动态》10，807–815。Cico, O., Jaccheri, L., 2019。软件工程教育中的行业趋势：系统性映射研究，载于：2019年IEEE/ACM第41届软件工程国际会议：配套论文集（ICSE-Companion），IEEE。第292–293页。Cico, O., Jaccheri, L., Nguyen-Duc, A., Zhang, H., 2021。探索软件产业与软件工程教育的交叉领域——软件工程趋势的系统性映射。《系统与软件杂志》172，110736。Dugan Jr, R.F., 2011。计算机科学毕业综合课程文献调查。《计算机科学教育》21，201–267。Dupuis, R., Champagne, R., April, A., Séguin, N., 2010。通过软件课程提升可获得经验的实验，载于：2010年第七届信息与通信技术质量国际会议，IEEE。第1–6页。Dybå, T., Dingsøyr, T., 2008。敏捷软件开发的实证研究：系统综述。《信息与软件技术》50，833 859–。Fortaleza, L.L., Conte, T., Marczak, S., Prikladnicki, R., 2012。迈向全球软件工程国际教学网络：全球软件工程课程映射，载于：2012年第二届全球分布式软件开发协作教学国际研讨会（CTGDSD），IEEE。第1–5页。Garousi, V., Giray, G., Tuzun, E., Catal, C., Felderer, M., 2019。缩小软件工程教育与行业需求之间的差距。《IEEE软件》37，68–77。Glass, R.L., Ramesh, V., Vessey, I., 2004。计算学科研究分析。《ACM通讯》47，89–94。Haddad, H.M., 2013。单学期计算机科学毕业综合课程：40-60教学法，载于：2013年第10届信息技术：新一代国际会议，IEEE。第97–102页。

Hattie, J., Timperley, H., 2007。反馈的力量。《教育研究评论》77，81–112。Ikonen, M., Kurhila, J., 2009。探索软件毕业设计项目中的高影响力成功因素，载于：第10届ACM SIG信息技术教育会议论文集，第235–244页。Keogh, K., Sterling, L., Venables, A.T., 2007。一种可扩展且可移植的结构，用于开展成功的全年本科生软件团队项目。《信息技术教育杂志：研究》6，515–540。Kitchenham, B., Charters, S., 2007。软件工程系统性文献综述实施指南。技术报告，版本2.3，EBSE技术报告。EBSE，Citeseer。Mahdavi-Hezavehi, S., Galster, M., Avgeriou, P., 2013。基于服务的软件系统质量属性的可变性：系统性文献综述。《信息与软件技术》55，320–343。Majanoja, A.M., Vasankari, T., 2018。关于软件工程毕业设计课程教学的反思，载于：CSEDU (2)，第68–77页。Marques, M.R., Quispe, A., Ochoa, S.F., 2014。软件工程教学实践方法的系统性映射研究，载于：2014年IEEE教育前沿会议（FIE）论文集，IEEE。第1–8页。Martin, N., 2019。信息技术毕业设计课程设计：系统性文献综述，载于：第20届年度SIG信息技术教育会议论文集，第102–102页。Mishra, A., Dubey, D., 2013。不同情境下不同软件开发生命周期模型的比较研究。《计算机科学与管理研究进展国际期刊》1。Paasivaara, M., Vanhanen, J., Lassenius, C., 2019。在毕业设计项目课程中与行业客户协作：客户视角，载于：2019年IEEE/ACM第41届软件工程国际会议：软件工程教育与培训（ICSE-SEET），IEEE。第12–22页。Panicker, R.C., Sasidhar, S., Jien, S.Y., Tan, C.K.Y., 2020。通过毕业设计项目让学生接触前沿问题，载于：2020年IEEE教育前沿会议（FIE），IEEE。第1–8页。Parker, R., Sangelkar, S., Swenson, M., Ford, J.D., 2019。为成功奠基：毕业设计团队组建综述。《国际工程教育杂志》35，1926–1936。Radermacher, A., Walia, G., Knudson, D., 2014。研究毕业生与行业期望之间的技能差距，载于：第36届软件工程国际会议配套论文集，第291–300页。Steghöfer, J.P., Burden, H., Hebig, R., Calikli, G., Feldt, R., Hammouda, I., Horkoff, J., Knauss, E., Liebel, G., 2018。在项目课程中吸纳外部利益相关者。《ACM计算教育汇刊》（TOCE）18，1–32。Trevisan, M., Davis, D., Beyerlein, S., Thompson, P., Harrison, O., 2006。工程毕业设计课程评估实践文献综述：对形成性评估的启示，载于：2006年年度会议与展览，第11–112页。Venson, E., Figueiredo, R., Silva, W., Ribeiro, L.C., 2016。校企协作以及本科生参与现实世界活动的影响，载于：2016年IEEE教育前沿会议（FIE），IEEE。第1–8页。Watkins, K.Z., Barnes, T., 2010。竞争性与敏捷的软件工程教育，载于：IEEE SoutheastCon 2010（SoutheastCon）论文集，IEEE。第111–114页。Ziv, H., Patil, S., 2010。毕业设计项目：从软件工程到“信息学”，载于：2010年第23届IEEE软件工程教育与培训会议，IEEE。第185–188页。

A. 原始研究

表13数据提取的纳入来源

ID	作者	Year	标题	来源标题
S1	Marzolo, P., Guazzaloca, M., Ciancarini, P.	2021	作为学习手段的“极限开发” 敏捷	国际会议 前沿 软件工程
S2	Tan, J., Jones, M.	2008	A 案例研究 课堂的 经验与 基于客户的团队项目	《大学计算科学杂志》
S3	Wong, W., Pepe, J., Stahl, J., Englander, I.	2013	一个用于开发移动端应用的协作式毕业设计 医院 诊所应用程序 通过 一名学生 团队竞赛	信息系统教育期刊
S4	Tappert, C. C.、Stix, A.	2011	硕士阶段真实世界 项目毕业设计课程的十年回顾	信息 系统教育者会议，ISECON 2011
S5	Gotel, O.、Kulkarni, V., Say, M., Scharff, C., Sunetnanta, T.	2009	一种全球性、基于竞赛的模式，用于培养 软件工程教育中的技术技能和软技能	第22届软件工程 教育与培训，CSEE&T 2009
S6	Scott, A., Kreahling, W., Holliday, M., Barlowe, S.	2017	全面的顶点课程体验：超越技术能 力	18th 信息技术教育年度会议 技术教育
S7	Koolmanojwong, S., Boehm, B.	2013	团队软件工程风险探析 项目课程	第26届国际会议 软 件工程教育与培训， CSEE&T 2013
S8abcd	Braught, G. 等	2018	A 关于……的多机构视角 黑客／自由及开源软件 计算机课程体系中的项目	ACM 《计算机教育学报》 tion
S9	Mertz, J., Quesenberry, J.	2019	一种可扩展的社区式体验 式学习模式，通过课程和国际 项目	2018年世界工程教育论坛 - 全球工程 院长理事会，世界工程教育论坛- 2018年全球工程院长理事会
S10	Bloomfield, A., Sherriff, M., Williams, K.	2014	服务学习实习毕业设计	第45届 ACM 计算机科学教育技术研讨会，主题为 Com- puter science education
S11	Brazier, P.、Garcia, A.、Vaca, A.	2007	继承自一个部分实现的软件工程 继承自部分实现的软件 软件工程课程项目	第37届教育前沿年会—— 全球工程
S12	Morales-Trujillo, M.E., Galster, M., Gilson, F., 数学—ews, M.	2021	关于同行评估的三年研究 软件工程项目课程	IEEE教育汇刊
S13	Liang, Z., Chapa-Martell, M.A.	2019	一种自上而下的云端 Web 开发教学方法 在云端的开发	IEEE 教学国际会议 工程评估与学习， 工程，TALE 2018
S14	Murphy, C., Sheth, S., Morton, S.	2017	面向真实项目的两门课程序列 真实客户	计算机科学教育技术融合会议 《计算机科学教育》，ITiCSE 2017
S15	Rusu, A., Rusu, A., Docimo, R., Santiago, C., Paglione, M.	2009	关于学术界—学术界—产业界合作的 使用本地—远程 团队	第40届 ACM 计算机科学教育技术研讨会， SIGCSE’09
S16	Stettina, C.J., 赵, Z., Back, T., Katzy, B.	2013	学术教育 软件工程 实践：迈向规划和改进能力- 基于强化指导和 团队惯例	第26届国际会议 on 软 件工程教育与培训， CSEE&T 2013
S17	Venson, E., Figueiredo, R., Silva, W., Ribeiro, L.C.M.	2016	学术界与产业界合作及其影响 本科生参与 现实世界活动	IEEE教育前沿会议 教育 会议， FIE 2016
S18	Eloe, N., Hoot, C.	2020	适应缩短的学期长度 使用最小可行原型的顶点课程 类型	IEEE教育前沿会议， FIE 2020
S19	Schneider, J.-G., Eklund, P.W., Lee, K., Chen, F., Cain, A., Abdelrazek, M.	2020	在大规模 毕业设计 教育	第42届国际软件 工程大会：软件工程教育 与培训，ICSE-SEET 2020
S20	Ye, H.	2009	An 学术界—行业 协作教学 以及用于软件工程教育的学习模型 教育	第21届软件 工程与 知识 工程， SEKE 2009
S21	Demuth, B., Kandler, M.	2017	一种用于近似项目任务的方法，应用于 大规模软件项目课程	第30届 IEEE 软件工程 教育与培训会议，CSEE&T 2017
S22	Ellis, H.J.C.	2007	对自主学习方法的评估 在研究生网络应用设计与 开发课程中	IEEE教育汇刊
S23	Anslow, C., Maurer, F.	2015	基于小组教学的经验报告 敏捷软件开发项目课程	第 46 届 ACM 计算机科学教育技术研讨会 计算机科学教育
S24	Bareiss, R., Katz, E.	2011	对知识与技能迁移的探索 从正规软件工程课程体系 到毕业综合实践项目	第 24 届 IEEE-CS 会议 on 软件 工程 教育 and 培训， CSEE&T 2011
S25	Stephenson, B., James, M., Brooke, N., Aycock, J.	2016	产业合作关系 游戏开发 顶点课程	第17届信息年会 技术教育

表13接上一页

ID	作者	Year	标题	来源标题
S26	Bell, J.T., Prabhu, A.	2015	一种创新的方式，用于软件工程课程项目，协调学生工作跨多个学期的多个团队之间	IEEE教育前沿会议 教育 会议, FIE 2014
S27	Vasilevskaya, M., Broman, D., Sandahl , K.	2015	大型项目课程评估: 模型、活动-ties，以及经验教训	ACM 计算学报 教育tion，TOCE
S28	von Konsky, B.R., Ivins, J.	2008	评估……的能力与 成熟度Stone 软件工程项目	第十届澳大拉西亚计算机教育会议 - 第78卷
S29	Fontao, A., Gadelha, B., Junior, A.C.	2019	平衡软件工工程教育——基于项目的学习、工具集的方法	IEEE教育前沿会议 教育 会议, FIE 2019
S30	Harding, T.	2007	使用大型团队项目开展顶点课程的益处与挑战	ASEE年度会议暨展览会
S31	Engelsma, J. R.	2014	行业赞助的计算机科学顶点Stone 课程	《大学计算科学杂志》
S32	Matthies, C., Teusner, R., Hesse, G.	2019	超越调查：分析软件开发-用于评估教学工作的……材料	IEEE教育前沿会议 教育 会议, FIE 2018
S33	Ziv, H., Patil, S.	2010	毕业设计项目：从软件工程到“信息学”	第 23 届 IEEE 软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2010
S34	Ruth E. Anderson；Gaetano Borriello, Gaetano; Martin, Hélène; Black , Leonard	2009	毕业设计项目作为社区连接纽带	《大学计算科学杂志》
S35	Paasivaara, M., Vanhanen, J., Lassenius, C.	2019	与工业客户合作的顶点项目课程：客户的 视角tive	IEEE/ACM 第41届国际会议on 软件 工程: 软件 En-工程 教育与 培训, ICSE-SEET 2019年
S36	Adams, R., Kleiner, C.	2016	对国际协作的支持计算机科学毕业设计课程	国际会议 社会计算与社交媒体
S37	Watkins, K.Z., Barnes, T.	2010	竞争性与敏捷软件工程教-育	IEEE SoutheastCon，2010年东南地区会议
S38	Gustavsson, H., Brohede, M.	2019	软件工程中的持续评估使用来自以下平台的公开数据的项目课程GitHub	第15届国际研讨会 on Open协作，OpenSym 2019
S39	Hadfield, Steven M.; Jensen, Nathan A.	2007	设计软件工程毕业设计项目课程	《大学计算科学杂志》
S40	Rong, G., Shao, D.	2012	提供 软件 特定软件过程的 项目高等教育环境中的课程：挑战——挑战与解决方案	第25届 IEEE 软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2012
S41	Nguyen, D.M., Truong, T.V., Le, N.B.	2013	软件工程中毕业设计项目的部署工程教育在维新 大学中作为作为全校项目式学习工作的一部分	计算与工程教学，LaTiCE 2013
S42	Lago, P.、Schalken, J.、Vliet, H.V.	2009	设计一个多学科软件工程项目	第 22 届 IEEE 软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2009
S43	Angelov, S.、de Beer, P.	2017	设计软件的方法	《系统与软件杂志》
S44	R.E. Anderson、B. Kolko	2011	教育领域敏捷项目中的架构设计为资源受限环境设计: A 多学科毕业设计软件工程序列	教育前沿，FIE 2012
S45	V. Leilde，V. Ribaud	2017	过程评估是否推动过程学习？学士顶点项目案例	第 30 届 IEEE 软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2017
S46	Brown, Q., Lee, F., Alejandre, S.	2009	强调软技能与团队发展在教育数字游戏设计课程中	第四届数字游戏基础国际会议FDG 2009
S47	Takala, T. M., Malmi, L., Pugliese, R., Takala, T.	2016	赋能学生打造更出色的虚拟现实应用：一项关于虚拟现实顶点课程	教育信息学
S48	Marques, M., Ochoa, S.F., Bastarrica, M.C., Gutierrez, F.J.	2018	提升学生在……中的学习体验软件工程项目课程	IEEE教育汇刊
S49	De Souza, R.T., Zorzo, S.D., Da Silva , D.A.	2015	通过灵活且协作地使用 Scrum 框架评估毕业设计项目	教育前沿 教育 会议, FIE 2015
S50	Vu, J.H., Frojd, N., Shenkel-Therolf, C., Janzen, D.S.	2009	评估 测试驱动 开发 in an行业赞助的毕业设计项目	第六届信息技术：新一代，ITNG 2009
S51	Laplante, P.A., Defranco, J.F., Guimaraes, E.	2019	研究生软件工程毕业设计课程——课程评述	《国际工程教育杂志》tion
S52	Lederman, Timoth C.	2010	软件工程中毕业设计课程的演变——毕业培训学校	《大学计算科学杂志》
S53	Delgado, D., Velasco, A., Aponte, J., Marcus, A.	2017	演进项目式软件工程课程：一项案例研究	第30届 IEEE 软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2017

表13接上一页

ID	作者	Year	标题	来源标题
S55	Ras, Eric 和 Carbon, Ralf 以及 Decker, Björn 和 Rech, Jörg	2007	经验 管理 用于反思性实践的维基软件毕业设计项目	IEEE教育汇刊
S56	Schorr, R.	2020	关于以下关键成功因素的经验报告 促进学生参与软件 开发小组项目	第四届IEEE世界工程 教育大会，EDUNINE 2020
S57	Longstreet, C. Shaun; Cooper, Kendra	2013	经验报告：可持续的严肃教育游- 戏毕业设计项目	CGAMES'2013 美国
S58	Dupuis, R., Champagne, R., April, A., Séguin, N.	2010	通过实验为……经验增添内容 可从软件课程中获得	第七届质量国际会议 信息与通信技术 nology，QUATIC 2010
S59	Burge, J.	2007	利用 多重性教授可靠性与 毕业设计项目中的可维护性	第20届 IEEE 软件工程 教育与培训大会，CSEE&T 2007
S60	Marshall, L., Pieterse, V., Thompson, L., Venter, D.M.	2016	对学生软件参与情况的探索 工程团队	ACM 计算机学报 教 育，TOCE
S61	Ganci, A., Ramnath, R., Ribeiro, B., Stone, R.B.	2011	探索计算机科学 工程师与视觉传达设 计师在教育环境中的协作	第13届工程与产品设计 教育国际会议，E&PDE 2011
S62	Burden, H.、Steghöfer，J.-P., Hagvall Svensson，O.	2019	通过……促进创业体验 软件工程项目课程	第 41 届软件国际会议 工程：软件工程教育 与培训，ICSE-SEET 2019年
S63	Basholli, A., Baxhaku, F., Dranidis, D., Hatziapostolou, T.	2013	软件工程顶 stone 项目	第六届巴尔干信息学会议
S64	Magana, A. J., Seah, Y. Y., Thomas, P.	2018	在软件工程中运用 Scrum 促进合作学习 一门半毕业设计的系统分析与设计 课程	信息系统教育期刊
S65	Sievi-Korte, O., Systä, K., Hjelsvold, R。	2015	全局与局部——来自分布式 采用敏捷方法的软件项目课程的经验 gies	教育前沿，FIE 2015
S66	Hebig, R., Ho-Quang, T., Jolak, R., Schröder, J., Linero, H., Ågren, M., Maro, S.H.	2020	学生如何体验和评判软件 理解技术?	第28届程序 理解国际会议
S67	Verdicchio, Michael	2021	飓风与大流行病：一份经验报告 关于调整软件工程课程以确 保教学连续性	《大学计算科学杂志》
S68	Włodarski, R., Poniszewska-Marańda, A., Falleri, J.-R.	2022	软件开发流程对 学生计算项目成果的影响：来自两所 大学的故事	《信息与软件技术》
S69	Izu，Cruz	2018	改善信息技术硕士毕业设计的成果 项目	IEEE 教学国际会议 工程教育、评估与学习 工程教育，TALE 2018
S70	Flowers, J.G.	2008	改善毕业设计项目体验：一 软件工程案例研究	第46届东南地区年度会议— 关于XX的会议
S71	Gannod, Gerald C.; Bachman, Kristen M.; Troy, Douglas A.; Brockman, Steve D.	2010	通过毕业设计体验提升校友参与度 体验	教育前沿，FIE 2010
S72	Zilora, S.J.	2015	课堂中的行业仿真项目	第 16 届 ACM 信息技术教育年度会议， 信息技术教育，SIGITE 2015
S73	Spichkova, M.	2019	面向行业的软件工程项目式学 习	第24届 工程 复杂计算机系统 计算机系统， ICECCS 2019
S74	Carvalho, J.A., Sousa, R.D., Sá, J.O.	2010	信息系统开发课程：融合商业、信息技术与信息系统能力 融合商业、信息技术与信息系统能力	2010 IEEE 工程教育变革 : 培养跨学科技能 复杂的全球环境
S75	Palacin-Silva, M.V., Seffah, A., Porras, J.	2018	将可持续性融入软件工程 教育: 毕业设计项目的经验教训 项目	Journal of Cleaner Production
S76	Kumar, S., Wallace, C.	2015	软件项目沟通教学 通过引导式探究与反思	教育前沿，FIE 2015
S77	Zeid, A.	2012	将国际学生竞赛融入 计算机科学毕业设计：经验教训与 最佳实践	教育前沿，FIE 2012
S78	Lundqvist, K., Ahmed, A., Fridman , D., Bernard , J.-G.	2019	跨学科敏捷教学	教育前沿，FIE 2019
S79	Santoso, H.B., Lawanto, O., Purwandari, B., Isal, R.Y.K., Fitriansyah, R.	2018	探究 学生的 元认知 技能 while 从事信息系统开发项 目	7th 世界工程 教育论坛， WEEF 2017
S80	Christensen, E.L., Paasivaara, M.	2022	学习 通过分布式软技能 开发学习	国际软件与系统过程会议及 系统过程与国际会- 议：全球软件工程
S81	Rout, Terence P.; Seagrott, John	2007	在 Stu- 中维护高过程能力 生项目课程	第20届软件工程 教育与培训会议，CSEE&T 2007
S82	Rodriguez, G., Soria, A., Campo, M.	2016	衡量敏捷辅导对学 生表现的影响	IEEE教育汇刊
S83	Linhoff, J., Settle, A.	2009	激励和评估游戏开发 毕业设计项目	第四届数字游戏基础国际会议 数字游戏基础

表13续自上一页

ID	作者	Year	标题	来源标题
S84	Haddad, H.M.	2013	单学期计算机科学毕业综合课程：40-60教学方法	第10届国际会议：信息技术：新一代，ITNG 2013
S85	Fan, Xiaocong	2018	统筹 本科毕业设计项目中的敏捷冲刺评审 本科毕业设计项目	教育前沿，FIE 2018
S86	Fagerholm, F.，Vihavainen, A.	2013	体验式学习中的同伴评估：评估——敏捷软件工程毕业设计项目中的隐性和显性技能	教育前沿，FIE 2013
S87	Vasankari, T.，Majanoja, A.-M.	2019	实用软件工程毕业设计课程 – 面向大型开放式项目的框架，适用于研究生团队	国际计算机辅助教育会议 移植的教育
S88	Karunasekera, S., Bedse, K.	2007	为软件工程毕业生做好准备，迎接行业职业生涯	第20届软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2007
S89	Weerawarana, S.M.，Perera, A.S., Nanayakkara, V.	2012	促进创造力、创新与工程卓越：来自斯里兰卡的案例研究	IEEE 教学国际会议工程教学评估与学习ing, TALE 2012
S90	Fornaro, R.J.，Heil, M.R.，Tharp, A.L.	2007	对十年来赞助式高年级设计项目的反思：学生赢，客户赢！	《系统与软件杂志》
S91	Roach, S.	2011	软件工程项目课程：让学生从中获得最大收益一个项目体验	第24届 IEEE-CS 会议 软件工程 教育 and 培训，CSEE&T 2011
S92	Mäkiaho, P., Poranen, T.	2018	软件开发资本项目中的风险管理石项目	第19届计算机国际会议系统与技术
S93(a,b)	MacKellar, B. K., Sabin, M.，Tucker, A.	2013	扩展 a 以客户为导向的框架 open 源代码软件项目： 一份来自三所学校	《大学计算科学杂志》
S94	Yuen, T.T.	2015	与教育工作者开展Scrum协作：跨部门暑期软件工程毕业设计	计算与工程学习与教学国际会议，LaTiCE 2015
S95	Isomöttönen, V., Daniels, M.，Cajander, Å.，Pears, A., Mc-Dermott , R.	2019	探索全球就业能力：学生能否充分利用支持性学习环境?	ACM 《计算学报》 教育tion
S96	Maxim, B.	2008	严肃游戏作为软件工程毕业设计项目	ASEE年度会议暨展览会
S97	Krogstie, B.R., Divitini, M.	2009	共享时间线与个人体验：支持学生软软件工程团队	第22届软件工程教育与培训会议，CSEE&T 2009
S98	Johns-Boast, L., Flint, S.	2013	模拟产业：一门创新的软件工程毕业设计课程	教育前沿，FIE 2013
S99	Boti, E., Damasiotis, V., Fit-silis, P.	2021	技能 开发 通过 敏捷 毕业设计项目	国际会议 软件工程前沿软件工程
S100	Paiva, S.C., Carvalho, D.B.F.	2018	软件创作工作坊：一门顶点课程面向商业的软件工程教学——ing	第三十二届巴西软件研讨会工程
S101	Saeedi, K., Visvizi, A.	2021	软件开发方法论、高等教育机构与数字经济	教育科学
S102	Smith, T.，Cooper, K.M.L.，Longstreet, C.S.	2011	软件工程高年级设计课程：在毕业项目中运用敏捷游戏开发的经历	国际软件工程会议
S103	Jaccheri, L., Sindre, G.	2007	软件工程学生开展跨学科项目工作与艺术	第 11 届国际信息会议tion 可视化，IV 2007
S104	Krusche, S.，Dzvonyar, D.，Xu, H., Bruegge, B.	2018	软件 剧场—教学 面向演示的原型设计	ACM 计算机教育学报学，TOCE
S105	Budd, A.J.，Ellis, H.J.C.	2008	弥合软件工程之间的鸿沟教师和学生	教育前沿，FIE 2008
S106	Decker, A.，Egert, C.A.，Phelps, A.	2016	Splat! 呃，射击游戏？一项毕业设计的综合项目制作经历	教育前沿，FIE 2008
S107	Kerbs, R.	2007	学生团队协作：一门游戏编程课程	教育前沿，FIE 2007
S108	Tadros, Ibrahem；Hammami, Samir；Al-Zoubi, Khaled	2008	系统开发项目	第3届国际 会议 on 信息与通信技术：从理论到应用
S109	Jarzabek, S.	2013	在以团队为基础的项目课程中教授高级软件设计	第26届 IEEE 国际会议软件工程教育与培训，CSEE&T 2013
S110	Lu, Baochuan；DeClue, Tim	2011	在软件工程毕设课程中教授敏捷方工程毕业设计课程	《大学计算科学杂志》
S111	Cagiltay, N.E.	2007	通过电子游戏开发教授软件工程 by 的方式电子游戏开发： 挑战与机遇	《英国教育技术学杂志》

表13接上一页

ID	作者	Year	标题	来源标题
S112	Tafliovich, A., Caswell, T., Estrada, F.	2019	使用自由开源 软件开发进行软件工程教学：一项经验研究 port	夏威夷国际系统科学年会 系统科学
S113	Paasivaara, M., Lassenius, C., Damian, D., Raty, P., Schroter , A.	2013	教授学生全球软件工程 使用分布式 Scrum 的技能	第35届国际软件工程 会议，ICSE 2013
S114	Khmelevsky, Y.	2016	奥肯那根学院十年的毕业设计项目回顾性 lege：回顾性分析	21st 西部 加拿大 计算教育会议 计算教育
S115	Mahnič, V.	2015	顶点课程作为教授 ag- 的一种方式 通过项目式 学习	《世界 交易记录于 工程与cuntegn 技术教育
S116	Broman, D., Sandahl, K., Baker, M.A.	2012	软件工程项目课程的企业化方法 项目课程	IEEE教育汇刊
S117	Khakurel, J., Porras, J.	2020	真实世界毕业设计项目在 软件工程学生软技能习得中的影响 学生	第 32 届 IEEE 软件工程 教育与培训会议，CSEE&T 2020
S118	Iacob, C., Faily, S.	2020	本科生指导对 学生满意度和参与度、团队合作 绩效以及软件 工程小组项目	第 51 届 ACM 技术研讨会（Com- 计算机科学教育，SIGCSE 2020
S119	Hoar, R.	2014	真实世界网络： 机构信息技术如何影 响毕业设计网络开发课程的实施 课程	19th Western 加拿大 计算机教育会议 计算机教育，WCCCE 2014
S120	Yue, K. B., Damania, Z., Nilekani, R., Abeysekera, K.	2011	自由开源软件在现实中的使用 全球毕业设计项目	《大学计算科学杂志》
S121	Isomöttönen, V., Kärkkäinen, T.	2008	毕业设计中真实客户的价值 项目	第21届软件工程会议 教育与培训，CSEE&T 2008
S122	Mohan, S., Chenoweth, S., Bohner, S.	2012	迈向更好的毕业设计体验	第 43 届 ACM 计算机科学技术研讨会，Com- 计算机科学教育，SIGCSE'12
S123	Rico, D.F., Sayani, H.H.	2009	在软件工程教育中使用敏捷方法 教育	敏捷大会，AGILE 2009
S124	Tribelhorn, B., Nuxoll, A.M.	2021	在软件开 发展课程体系	ASEE 虚拟年度会议暨展 览会
S125	McDonald, J., Wolfe, R.	2008	利用计算机图形学促进跨学 毕业设计课程中的跨学科协作	《大学计算科学杂志》
S126	Ju, A.、Hemani, A.、Dimitri-adis, Y.、Fox, A.	2020	软件工程课程项目应采用哪些敏捷流程 工程课程项目?	第 51 届 ACM 计算机 科学教育技术研讨会，SIGCSE 2020
S127	Bastarrica, M.C., Perovich, D.、Samary, M.M.	2017	学生能从软件工程 顶点课程中获得什么?	第39届 IEEE/ACM 国际会议 软件工程: 软件工程 与教育专题，ICSE-SEET 2017