

基于知识图谱的新兴领域课程教学资源建设

施江勇 唐晋韬 王勇军 张龙

【摘要】新工科建设已进入深化阶段,新的工科专业和工科专业的新要求均需要通过课程建设来落地。本文以人工智能专业为例,介绍了基于知识图谱构建的新兴领域课程教学资源建设模式。通过这种方式,在较短的时间内快速完成了教学资源的建设目标,为新专业和新课程的开设提供了充分保障,同时也探索了一条新兴领域课程教学资源建设的新途径,对于新工科建设具有借鉴意义。

【关键词】知识图谱 教学资源建设 人工智能 新工科

一、引言

1. 课题研究的背景

现代信息技术快速发展,以5G、人工智能、量子技术等为突出代表,信息技术与物理、材料、机械、航空、医学等多学科交叉融合,引领了第四次工业革命,催生了一大批新的产业形态和岗位需求,如量子通信和量子计算、自动驾驶、工业机器人、深空深海探测、疾病自动诊断、病毒溯源和传播预测等等。新工科建设的重要目的之一就是为了应对新一轮科技革命和产业变革^[1],培养面向未来的高素质工程科技人才,其两大内涵——新的工科专业和工科的新要求——都必须通过课程知识体系的新建与重构来实现。专业是人才培养的基本单元,课程是人才培养的核心要素。面对快速发展的科技革命和产业变革,如何通过课程建设,在筑牢学生知识基础的同时提高其创造力和解决复杂工程问题的能力,是摆在新工科建设面前的一个关键问题。同时,在课程建设中还需要考虑如何克服不同地区发展差异、不同学校的师资水平和学生的基础差异,实现不同学科的交叉融合、不同领域的协同建设,培养大批适应我国未来经济社会发展需要、支撑民族复兴大业的工程科技人才。为此,教育部启动了部分新兴领域课程教学资源建设^[2],本文正是其中的一部分工作的总结。

从知识生产模式的角度来看,随着社会变革持续进化,知识生成模式完成了从第一代到第三

代的发展历程。知识生产模式Ⅰ是基于学科的,研究的问题主要由特定学术共同体的学术兴趣所主导,知识连接形式主要是概念之间的点线联系。^[3]模式Ⅱ则强调知识处理在应用中进行,是以知识为基础的问题解决。研究的问题来源于实践需求,知识内容是跨学科的,跨学科间的知识呈现非线性关系和多极化结构。知识生产参与者和知识创造者范围进一步扩大,政府、企业与大学协同进行知识生产,形成“三重螺旋式”合作和知识生产路径。^[4]模式Ⅲ是在模式Ⅰ和模式Ⅱ的基础上提出,既包含两者,又对两者进行重新建构。相比模式Ⅰ的学术导向和模式Ⅱ的产业利益导向,模式Ⅲ更关注社会公共利益,更加强调创新,将公民社会纳入自己的主体范围,形成“大学—产业—政府—公民社会”四重螺旋式的合作和知识生产路径。^[4]

知识生产模型Ⅲ包括共建共享、持续迭代的理念,这与当前的共享经济高度类似。以共享单车、共享充电宝等为代表的共享经济极大地提高了资源的整体使用率,降低了社会总体成本。同时大量用户的使用又制造了大量的数据,利用这些数据可以进一步改进资源的设计、分配和调度方式,提升效果和效率。不同的是,共享经济本质上还是一种租赁关系,租赁方通过出租商品的使用权获得利润,使用者仅需少量的开销就可以满足其需求,是一种互利共赢的经济关系。而知识生产模型Ⅲ则还包含了学术探索导向和公共利

收稿日期:2022-01-10

基金项目:教育部高校人工智能教学资源建设项目“基于群体智能的知识体系构建方法研究”;湖南省学位与研究生教育改革研究项目“网络空间安全学科研究生实践创新能力培养研究”(2019JGZD001);国防科技大学教育教学研究课题“基于问题启发的计算机安全系列金课建设探索与实践”(U2020006)

作者简介:施江勇,国防科技大学计算机学院副教授;唐晋韬,国防科技大学计算机学院教科处副处长、副教授;王勇军,国防科技大学计算机学院计算科学系主任、教授;张龙,高等教育出版社工科事业部主任、编审。

益驱动在内,动机更加复杂,涉及的主体更多。为了充分吸引公民社会参与建设课程教学资源,有必要将传统的基于课程粒度的资源建设模式进一步打破,以降低门槛,提高大众参与度和资源更新速度。

2. 知识图谱建设的动机

知识生产模式的转变一方面是因为经济社会的发展这一经济基础决定的上层建筑的改变,另一方面也反过来促进了经济社会的发展,以小视频、维基百科、开源社区、政产学研用合作、大规模在线开放课程(MOOC)等为代表的知识生产模式极大地促进了知识的生产和更新速度,同时也大大降低了学习的门槛,为整个社会的发展提供了助力。而其中跟课程建设紧密相关的知识生产模式主要包括 MOOC 和虚拟仿真在线实验,分别围绕课程讲授和课程实验开展。下面结合实践分析这两类课程资源建设方法的优缺点。

MOOC 大规模的推广和快速发展打破了大学的围墙,让优质教学资源为不同学校的师生和社会大众提供服务,支撑全民学习、终身学习型社会的建设,取得了丰硕的成果。然而 MOOC 课程建设的组织还是以传统的学校-院系-教研室为主要模式,缺乏跟其他相关院校、产业界的协作。此外,MOOC 以课程为实施粒度,建设周期较长,维护和更新的成本较大。

虚拟仿真在线实验课程则主要侧重于实践能力的培养,解决实际实验环境难以解决的问题,如飞机制造、考古实践、大规模的网络攻防对抗等场景。其通过软件仿真、虚拟现实、增强现实等计算机技术模拟真实的场景,降低了实验的门槛,提高了学生的动手能力。然而,虚拟仿真在线实验往往不够系统,跟理论知识的联系还有待加强。

3. 知识图谱与课程资源建设之间的关系

为此,我们提出将课程进一步划分为若干个知识点,并构建知识图谱。以知识点为粒度、以群体智慧为组织形态的课程资源建设方法,以克服 MOOC 和虚拟仿真实验的缺点,实现知识的按需重组和资源的快速更迭,支撑个性化和交叉复合型课程的构建。具体而言,先构建一个统一的知识体系纲目,然后进一步提取知识点之间的关系,构建知识图谱。知识图谱具有可视化的特点,每个节点代表一个知识点,节点之间的连线代表知识点之间的关系。通过知识图谱可以实现各类资源的有机联系和整合,帮助学生通过多个维度多种方式的资源学习,提高学习的效果。此外,知识图谱图以知识点作为最小粒度,教师在创建教学资源时相对 MOOC 的工作量大大减少,从而能够更

加快速地创建和更新资源,也便于联合各方面的师资力量共同建设教学资源。同时在建设阶段引入企业的工程师力量和实践资源,增强了理论知识与实践的联系,降低了实践教学의 门槛。

当前虽然也有大量围绕知识体系构建方面的研究^[5,6],但较少与课程资源建设相结合,少量与课程建设结合的研究也多是利用已有课程资源提取课程的知识体系。^[7]我们的工作则是先构建知识体系,然后指导课程资源的建设和应用,具有一定的开拓性。下面,将从知识体系的构建、课程资源的建设、课程资源的应用和持续改进四个方面展开介绍。

二、知识图谱构建的方法——以人工智能专业为例

知识图谱构建的主要思路是通过先构建层次化结构的知識树,后挖掘知识点之间的横向和网状关系来实现,其主要目的是为了描述清楚知识之间的关系,并以此作为组织不同类型资源的纲目。

知识树:又称为知识基元分类模型^[8],通过上下级的层次结构组织知识点,上级知识包含下级知识,一般以三层树居多,从上到下称为知识领域、知识单元、知识点,其结构简单,易于切分,可以快速组织力量分工建设,适用于特定领域的知识体系构建,但是对于具有多重归属的交叉领域的知识点缺乏描述能力。以人工智能专业为例,其知识树如图 1 所示。

知识图谱:相比于知识树的层级结构(上下级关系),知识图谱增加了知识点之间的关系类型,如基础、支持、前提、依据、算法实现、实践应用等,呈现为网状结构,并可使用可视化的方式描述知识资源及其载体,挖掘、分析、构建、绘制和显示知识点及它们之间的相互联系。图 2 为人工智能专业知识图谱,可以看出相比图 1,知识点之间的连接要明显增多,对知识点关系的描述更加全面。

为了能够快速构建新兴领域的课程知识体系,实践过程中可以先采用知识树的方式进行初步构建,后期再增加知识点之间的关系描述以形成知识图谱,以更加全面的描述不同领域之间知识的关系。

知识树或知识图谱的构建,一种方法是用机器学习、知识工程等技术手段,通过分析大量的文献和出版物提取知识点和知识点之间的关系,该方法能够快速跟踪前沿技术、构建速度快,但是存在知识点和关系提取不准确、存在偏差的问题。另一类方法则更多依赖领域专家的经验,经过专家充分的讨论形成初步的知识体系,并广泛征求



图 1 人工智能专业知识树



图 2 人工智能专业知识图谱示意图

行业和企业意见以修改完善。该方法构建知识体系的过程相对较长,但是更加精准和权威。由于

课程教学对知识体系的准确性要求很高,所以第二种方法更加适用于课程知识体系的构建。为此,我们综合了两种方法的优点,先通过专家组织编写知识体系,包括知识树结构和知识点的基本介绍,然后使用实体和关系抽取等技术手段分析知识点之间的联系,并围绕知识体系拓展新的内容,不断进行丰富完善,结合可视化手段进行展示,最终得到如图 2 所示的知识图谱。

不同颜色深浅的知识点代表的是不同的知识领域(即通过专家划分的同一类知识单元的集合),知识点的大小代表其跟其他知识点之间的联系度,也反映了其重要程度。如图 3 所示,通过鼠标选择任意一个知识点可以显示跟其关联的所有知识点,通过知识图谱可以发现不同领域之间的知识点也存在很多横向联系,这是知识树结构无法描述的。通过点击任意两个知识点之间的连线可以显示他们之间的关系描述和关系紧密程度(即关联度)。此外,通过关联度阈值调节按钮可

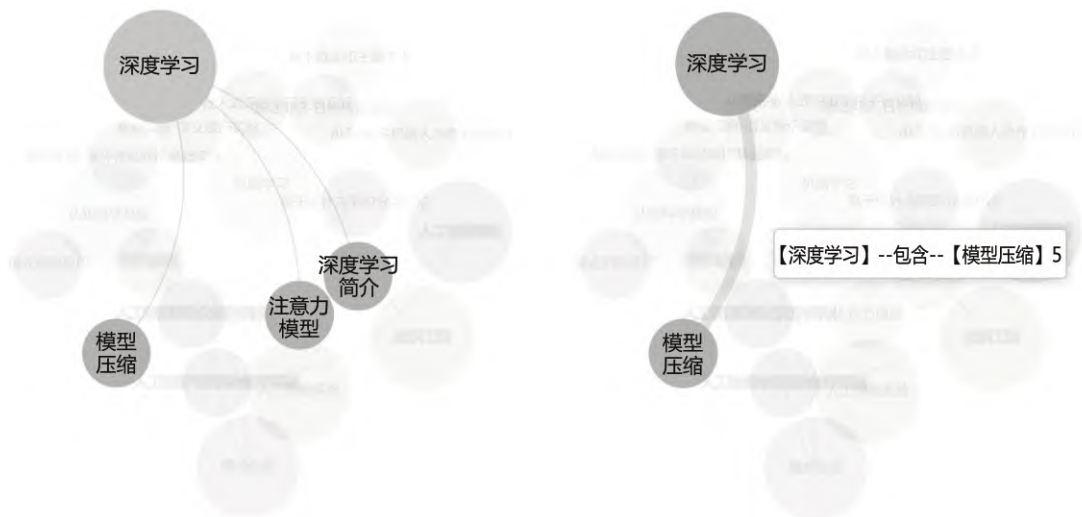


图 3 知识图谱的功能示例

以显示不同粒度的关系。

三、知识图谱在课程资源建设中的作用——以人工智能专业为例

知识图谱的作用体现在课程资源建设组织过程中的多个方面：一方面是通过知识图谱中的关系划分知识点，便于分工实施资源建设；另一方面是通过知识图谱对已有的教学资源进行重新组织，提高资源的系统性；最后是通过知识图谱可以快速对相似资源进行横向对比，便于资源的评选和评价。

在构建知识图谱之后，可以围绕某一个知识点建设多样化的课程教学资源，以尽可能提高学习者对于知识的理解和运用能力，资源类型包括：视频、课件、习题、案例、实验、电子教材、论文、问答等。对于特定领域，还可能包括领域特有的各类实践资源和教学案例。针对不同的资源类型需要制定相应的标准，如视频分辨率、课件的格式、版权的标注、提问的关键要素、报告模板等，以保证资源的基本质量，同时方便后期实现资源的自由组合，构建个性化课程。为了提高质量，可以鼓励多个单位的多位教师共同建设某一个知识点的教学资源，集采众家之长。

课程资源类型和要求包括：

(1) 课件库：包括 PPT 和 PDF 两种格式，PPT 格式面向授课教师共享，PDF 格式主要面向学生发布，标注作者、版权和使用说明信息，引用的图片等资源均标明来源。

(2) 视频库：视频内容宜短小、精炼，围绕核心知识点讲述；视频画面清晰、配置字幕，分辨率满足一定要求；视频格式为通用格式，便于在不同终端播放。

(3) 习题库：包括题目和答案，答案面向教师发布，题目面向学生发布。同时鼓励学生自己命题，让其他学生作答，以提高学生的参与度，同时增加习题库的规模。

(4) 案例库：教学案例编写应遵循真实性、客观性和具体性原则，可从真实事件中提取，也可根据教学内容进行编排，但都要围绕具体的知识点进行。

(5) 实验报告：包括实验任务书/参考示例和实验指导书/报告模板。实验任务书/参考示例主要面向教师发布，实验指导书/报告模板主要面向学生发布。

(6) 实践项目库：通过各类在线实践平台、开源网站进行维护，通过链接的形式进行集中编排和调用。对于编程类项目，可创建自动测试代码以测试编程项目的完成情况。

(7) 问答：主要分两种，一种是答疑，包括线上教学平台（如雨课堂、腾讯会议），另一类是讨论（如微信、论坛等）。多年教学实践显示历届学生中对一门课程会有很多共性问题，可通过积累建立问题库，方便学生自己查找答案；同时也可以让学生回答其他人提出的问题，提高对问题的理解程度，通过讨论进一步加深理解。

(8) 论文阅读报告：论文阅读主要面向高年级本科生和研究生课程，旨在考察学生的学习能力和论文阅读能力，通过规范报告的形式和要素要求，督促学生完成指定任务。同时通过分享和积累不断反馈到教学内容中，增加课程的前沿性。

除此以外，还可根据特定领域的需求建设特定类型的教学资源，以网络安全领域教学为例，可增加下列资源类型：

(1) 漏洞分析库：通过分析最新的和经典的软件漏洞，培养学生的实践能力，增强其安全防护意识。通过多年累计已建立一套较为完整的漏洞分析库。

(2) 安全事件场景分析案例库：通过分析典型安全事件场景掌握网络攻防的基本要素和关键流程，加深对最新技术应用的理解。

(3) 安全工具：网络安全领域涉及到大量的攻防工具，对工具的熟悉和使用是开展实践的基础。安全工具以开源工具为主，在熟悉使用的同时还可以通过分析源代码理解工具的原理，从而培养学生“造工具”的能力。

通过规范课程资源类型和要求，可以逐步拓展配套的教学资源，使得平均每个知识点配套多个资源，如初期的资源类型可以只要求课件、习题、视频，后期进一步拓展到教学案例、实践项目、问答、报告等，以实现边建边用、建用并进的目的。在人工智能专业教学资源建设过程中，通过规范课程资源类型和要求，我们建设了 2000 多个配套的教学资源，平均每个知识点超过 3 个资源，取得了初步成效。

四、知识图谱在课程资源应用过程中的作用——以人工智能专业为例

围绕知识图谱构建的课程资源可进一步用于实际的课程教学，包括“教”和“学”两个方面。

(1) 线上集体备课。知识图谱可以充当导航功能，确定要讲授的知识点后，据此检索相关资源，快速完成备课。同时通过知识图谱上对知识点之间的关系的描述可以厘清讲授内容的前后关系，方便课程内容的组织和体系化建设。此外，清晰的知识结构和资源组织也方便进行分工，实现集体备课的目的。

(2) 学习资源推荐。为满足个性化学习要求,可以通过知识图谱找到相关知识点和学习资源,为学生推荐课前预习的内容;还可以通过知识图谱构建完整的学习路径和资源推荐,提高学生的学习和主动学习能力。例如,在 MOOC 的播放过程中实时进行知识点实体的抽取,并依托构建的知识图谱推荐关联的知识点和学习资源,方便学习者的拓展学习、释疑解惑,如图 4 所示。

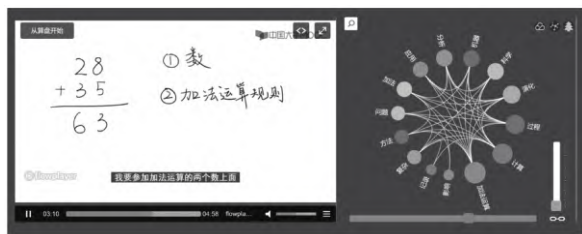


图 4 基于知识图谱关联进行学习资源推荐

此外,基于知识图谱构建的课程资源还可以应用于课程督导,为督导专家提供参考,方便进行规范性检查。课程资源还可以通过知识图谱与毕业能力要求进行关联,从而支撑培养方案的制定和工程教育认证的达成度评价。

五、持续改进

基于知识图谱构建的课程资源建设在实践过程中也遇到了很多问题,这些问题有些需要使用技术手段进行改进,有些则需要从管理层面进行加强。

(1) 使用频率不够导致缺乏反馈和更新:由于部分新开设专业的学生多处于大一、大二阶段,尚未涉及大量专业课内容,因此教学资源没有得到大规模使用。后续应坚持加大资源的建设力度,同时做好教师培训,不断提高资源的使用频率和更新速度。

(2) 资源版本管理困难:课件、视频等资源不同于软件、文本文档类资源,属于多媒体类型。非结构化文档的版本管理是一个技术难题,当前主要采用在文档内部标注的方式体现当前版本和引用的资源版本信息。

(3) 版权归属问题:一方面需要通过在文档内部标注的方式体现参与人员的信息和工作量,另一方面也可以采用区块链等技术手段进行存证,以保护资源版权。此外,还需要明确资源的版权归属和开放使用协议,避免在资源使用过程中出现法律争端。

(4) 激励措施:当前的激励措施主要是通过资源中标注贡献者的工作量进行激励,同时也可以考虑提供经费支持,以及开展优质资源评选活动等方式进行激励。

(5) 资源之间的质量差异、内容衔接问题:由于参与建设人员的水平不一、应用背景也各不相同,因此资源之间的质量存在较大差异,资源与资源之间的衔接不是太通畅。一方面需要制定资源建设的技术标准,另一方面也要加强资源的审核和评估,通过建设单位和专家组织的两重把关,提高资源的整体质量。资源的衔接要以知识图谱为依据,明确资源跟知识点之间的映射关系,以知识图谱对资源进行组织衔接。

(6) 人员的组织与高效沟通:知识图谱构建和资源建设过程中需要进行大量的沟通和讨论,虽然线上平台能够一定程度降低沟通的复杂度,但是参与人员的归属感和积极性依然有待提高。最近教育部高等教育司发布了《关于开展虚拟教研室试点建设工作的通知》^[9],虚拟教学组织可以更加有效地组织全国师资共建新型课程的知识体系和教学资源,并开展师资培训等活动,对于解决该问题具有较好的前景。

六、总结展望

通过分析新工业革命的需求和新工科要求,在知识生产模式的研究基础上,提出了基于知识图谱构建的新型课程教学资源建设方法,以知识树和知识图谱的建设为核心,以群体智慧和机器智能为驱动,开展教学资源的共建共享活动,明确了资源的类型和标准,梳理了建设过程中存在的问题和潜在解决办法,为此类课程资源的建设提供了思路。后期将在使用过程中收集反馈并进行持续改进,并争取更多的资源投入该工作,以共建共享、建用并进、持续迭代的方式提高资源建设的质量。

参 考 文 献

- [1] 教育部,工业和信息化部,中国工程院. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见[EB/OL]. (2018-10-17)[2021-08-30]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201810/t20181017_351890.html.
- [2] 教育部办公厅. 关于启动部分领域教学资源建设工作的通知[EB/OL]. (2020-04-17)[2021-08-30]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202004/t20200417_444280.html.
- [3] 刘焱伟. 新工科建设的“应为”与“可为”[J]. 高等工程教育研究, 2018(6):11-15.
- [4] 谢志远,徐倩倩. 知识生产模式视角下应用型本科特色发展[J]. 高等工程教育研究, 2019(2):124-128.
- [5] 关新,赵璇,郭瑞,等. 行业评价驱动下的产教耦合课程知识体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2021(4):111-117.
- [6] 张勇,杨进才. 基于学科知识图谱的高校教学模式研究[J]. 计算机教育, 2021(6):141-144.

- [7] 安璐,欧孟花,李纲. 数据挖掘课程的知识体系构建[J]. 图书情报知识, 2016(5):4-12.
- [8] 李默妮,吴秋明. 基于知识基元分类模型的一般管理理论知识体系的构建[J]. 科技进步与对策, 2008(1):157-161.

- [9] 教育部高等教育司. 关于开展虚拟教研室试点建设工作的通知[EB/OL]. (2021-07-20)[2021-08-30]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202107/t20210720_545684.html.

The Construction of Curriculum Resources in Emerging Fields Based on Knowledge Graph

Shi Jiangyong, Tang Jintao, Wang Yongjun, Zhang Long

Abstract: The construction of emerging engineering has entered a deepening stage. Both new engineering majors and new requirements of old engineering majors need to be implemented through curriculum construction. Taking artificial intelligence major as an example, this paper introduces the construction mode of curriculum resources in emerging fields based on knowledge graph construction. In this way, the goal of teaching resources construction is quickly completed in a short time, which provides sufficient guarantee for the opening of new majors and new courses. At the same time, it also explores a new way of curriculum resources construction in emerging fields, which has reference value for the construction of emerging engineering.

Key words: knowledge graph; teaching resources construction; artificial intelligence; emerging engineering (责任编辑 黄小青)

《高等工程教育研究》来稿须知

请广大作者关注高等工程教育改革及热点问题,惠赐理论研究方面新颖独到、见解深刻和工程教育实践探索方面有典型创新价值的佳作。请勿一稿多投,以免版权纠纷及给作者和编辑部带来损失。满两个月(收稿之日起)未收到录用通知,稿件即可自行处理。

来稿注意事项:

1. gaogong@hust.edu.cn 为本刊接收投稿的唯一电子邮箱,也是本刊唯一投稿途径。请附 100—300 字的中英文摘要、关键词、工作单位、通讯地址,并另附电子信箱、邮政编码、联系电话。工作单位、通讯地址请用全称。2. 请提供作者信息:职称职务、学位。3. 本刊执行《参考文献著录规则(国标)》(GB/T 7714—2015)。

注释:

① 参见伯顿·克拉克《高等教育新论——多学科的研究》,浙江教育出版社 1988 年版。由于该书研究方法有新的突破,因而在世界广为流传。

② 主要表现为以英美高等教育研究专家为代表的系列著作的引入,如浙江教育出版社出版的“汉译世界高等教育名著丛书”等。

参考文献:

专著:哈里森,沃尔德伦. 经济数学与金融数学[M]. 谢远涛,译. 北京:中国人民大学出版社,2012:235-236.

专著析出文献:周易外传:卷 5[M]//王夫之. 船山全书:第 6 册. 长沙:岳麓书社,2011:1109.

论文集:中国职工教育研究会. 职工教育研究论文集[C]. 北京:人民教育出版社,1985:33.

报告:U. S. Department of Transportation Federal

Highway Administration. Guidelines for handling excavated acid-producing material: PB 91-194001[R]. Springfield: U. S. Department of Commerce National Information Service,1990.

学位论文:马欢. 人类活动影响下海河流域典型区水循环变化分析[D]. 北京:清华大学,2001:27.

期刊论文:PRINCE M J. Does active learning work? A review of the research[J]. Journal of engineering education,2004(3):223.

报纸:丁文详. 数字革命与竞争国际化[N]. 中国青年报,2000-11-20(15).

网络文献:肖钰. 出版业信息化迈入快车道[EB/OL]. (2001-12-19)[2002-04-15]. <http://www.creader.com/news/20011219/200112190019.html>.