

数据库原理中蕴含的临界知识及其应用*

职为梅 朱真峰

郑州大学计算机与人工智能学院, 郑州 450001

摘要 数据库原理课程中涉及大量模型、原理和技术。原理性知识往往具有一定的普适性。本文探讨了数据库原理课程中蕴含的普遍规律(即临界知识),并试着采用临界知识解释计算机学科中的相关知识,以及生产生活中面临的问题。通过对数据库原理课程中涵盖的临界知识的分析、认知和应用,能够加深对本门课程的理解,提升该课程的教学或者学习效果,也能够助推信息学科的不断发

关键字 数据库原理, 临界知识, 数据库教学

Critical Knowledge and its Applications in Database Principles

Weimei ZHI Zhenfeng ZHU

School of Computer and Artificial Intelligence
Zhengzhou University
Zhengzhou 450001, China
iezfzhu@zzu.edu.cn

Abstract—The course on database principles involves many models, principles, and techniques. Fundamental knowledge often has some universality. This article explores the universal laws (i.e. critical knowledge) contained in the course of database principles, and attempts to use critical knowledge to explain relevant knowledge in computer science, as well as the problems faced in production and life. By analyzing, understanding, and applying the critical knowledge covered in the course of database principles, we can deepen the understanding of this course, enhance its teaching or learning effectiveness, and promote the continuous development of the information science discipline.

Keywords—Database Principles, Critical Knowledge, Database Teaching

1 引言

大规模数据处理方面的应用需求,推动了数据库原理和技术的长足发展。到目前为止,数据库方面已经产生了四个图灵奖,数据库也形成了相对成熟的理论和技术。按照CC2001/CS2008的标准,计算机学科可以划分成14个主流领域,数据库涵盖了其中的信息管理部分。在CS2013标准中,计算机学科扩展到18个知识领域,依然包含信息管理领域^[1]。这充分说明了数据库原理及相关技术的重要性。

数据库有一个简洁的定义:持久储存在计算机中的、有组织的、可共享的、大量的数据的集合^[2]。基于这一定义,通过系统化分析,可以使用思维导图将整个数据库原理课程的所有重要概念整合在一起^[3]。

实际上,与此定义相关的概念、原理或技术具有很强的普适性,这些可以被称为临界知识。

***基金资助**: 本文得到国家重点研发计划项目子课题(课题编号2023YFC2206404): 数据处理全生命周期管理关键技术与系统研制资助。

所谓临界知识,是指具有普遍指导意义的规律或定律等;这个概念借鉴了核物理中发生链式反应的临界质量,意味着有些知识也会发生裂变,对人们生产生活具有普遍的指导意义^[4]。

通过分析,我们发现数据库原理中蕴含着系统思维,简约思维,概率思维,底线思维,并行思维,分层思想和等价变换等等,这些都是具有普遍意义的规律或者原则。一旦掌握了这些临界知识,我们就可以将其与本专业其他课程或其他领域的具体应用结合起来,实现快速扩展,达到触类旁通的效果。对于个人发展,一旦培养出这种能够洞察普遍规律的能力,也有助于提升自身的跨界能力。

目前,国内外已经出版多本数据库原理及其应用相关的书籍^[5-9]。其内容一般是在讲解SQL语言的基础上,完成数据库操作和应用,也可结合其他语言进行应用软件开发^[10, 11]。从数据库软件角度而言,SQL Server是主流的数据库平台^[5-11],同时国产软件,如openGauss等^[12],也得到长足的发展。从数据库架构而言,分布式数据库^[9-11, 13]也具有广泛的应用。本文

主要是对数据库中蕴含的普遍规律进行提炼，并分析其在不同学科和生产生活中的应用。

2 重要概念及其内涵

本节分析数据库中的多个重要概念，并试着分析其背后蕴含的普遍规律。

2.1 概念模型

在数据库原理课程中，概念模型采用实体联系图（E-R图）进行刻画。该模型假设：现实世界是由一些称为实体的基本对象和对象之间的联系组成^[2]。简言之，现实世界=实体+联系^[3]。

以经典的关系数据库为例，概念模型和与之等价的关系模型既能刻画实体集中的数据，又能描绘数据中的内在联系，可以保证数据的内在组织性。

事实上，概念模型以实体为基础，同时体现实体之间的联系，隐含着系统思维。当人们观察事物时，如果只看到孤立的实体，就难以看清事情发生的内在原因。如果能够从系统角度出发，把与之相关的更多的因素考虑在内，并理清它们之间的内在关系，随着时间如何演化等等，就能够透过现象看到其本质内容。

从工程角度考虑，数据库原理中的概念模型和关系模型还体现了简约思维，形式上很简单，但功能非常强大。我们也可以陈述为：在能解决问题的前提下，方法越简单越好，也即是，解决问题的方法要简约实用^[14]。简约，也是一种人性化的表现，能够让人们透过眼花缭乱的表象，看到更加质朴久远的内在模式。

2.2 事务与并发

本节分析事务和并发两个相关的概念。

(1) 事务

事务是一系列数据库操作，是数据库应用程序的基本逻辑单元，具有ACID四个特性。我们可以朴实无华地表达其操作的真谛：要么全做，要么全不做（either the entire transaction executes, or none of it does）[15]。事务也是数据库恢复的基本单位。事务的持久特性体现在持久存储中，需要采用日志和数据备份等冗余技术进行实现。

(2) 并发

数据库的并发操作体现了并行思维。这种思维要求人们在认知事务的发展变化时，应考虑其所处的环境因素，从而全面系统地研究诸多事务如何并行演化和相互影响。这也是一种系统思维。另外，各种事务一起执行，什么样的结果可以接受，什么样的不能接

受，这需要一个明确的原则或者标准。从事务内部的众多指令的执行推进情况来看，各个并发事务在宏观上表现为同时向前逐步推进，但所有事务的执行效果必须和以某种顺序方式依次向前推进的结果一样，才是可以接受的；也即是，数据库需要通过并发事务的可串行化来保证多个并发事务的正常执行。可串行化可以保证事务之间的隔离性，看似犬牙交错，实际上每个事务自成一体。这种并发操作的串行化处理也是一种等价变换的标准。当然，并发事务的执行涉及多种调度算法，计算机能够兼顾公平执行与整体效率。

总之，事务与并发体现了系统思维、并行思维和等价变换等，对日常工作和做人做事等也有一定的启示意义。

2.3 查询优化

查询优化算法的目的是减少数据库访问时的I/O操作，从而提高查询效率。为此，和数据模型，事务的可串行化类似，查询优化也涉及等价变换。通过代数式的等价变换，查询优化算法优先处理选择操作，把笛卡尔积转换成连接或者自然连接，必要时添加投影并优先处理，合并相继的选择和投影，减少I/O操作，建立流水线等，最终把初始的查询方式，根据具体的情况，变成更加高效的方式。

事实上，采用I/O操作衡量查询的代价，是一种抓主要矛盾的结果。查询代价包括内存代价、CPU代价、I/O代价和通信代价等。查询代价一般只考虑I/O代价。对众多要素进行整体考查，最终确定关键要素，这是系统思维。进一步结合实际情况，查询优化还需要考虑两种因素：选择和连接等算法的实现，以及各种代数和优化策略。这些都体现了系统思维^[2]。

2.4 模块化与分层

把复杂问题或者系统自顶向下逐层划分成若干模块，这就是模块化。每个模块具有相对独立的功能，经整合能够解决最初的复杂问题。数据库也体现了模块化或者分层思想。数据库一般可描述为持久储存在计算机中的、有组织的、可共享的、大量的数据的集合^[2]。简言之，数据库是数据的集合，其中的数据有持久储存、有组织、可共享和大规模等几个特点。

模块化或者分层在数据库原理中普遍存在。在构建完成全局逻辑模式的基础上，生成外模式和内模式，并通过二级映像实现三者的联系，从而能够实现数据的物理独立性和逻辑独立性。

总之，数据库原理体现了模块化或者分层思想，也更深刻地体现了系统思维。这有助于对数据进行高效管理，提高团队的工作效率等。

2.5 约束

数据库中存在多种约束。数据模型具有三要素：数据结构，数据操作和数据的完整性约束。三要素中，第一个要素刻画静态特征，第二个对应动态特征，第三个强调数据的变化要在一定的约束下进行。数据结构涉及数据类型，这直接关联到存储的空间需求。数据操作包含增删改查。对于关系型数据库，当数据因更新操作（增删改）发生变化时，须保持各关系表之间的内在联系或者一致性，即要保持数据的实体完整性约束和参照完整性约束。在属性的类型约束的基础上，用户定义的完整性约束进一步明确了不同属性的有效的或者合理的取值范围。数据模型的三要素可谓相互制约，自成一体，也体现了系统化思维。

2.6 冗余

数据库原理课程中多处提及冗余。这个概念对于数据库而言，是一种爱恨交加的存在。规范化理论中，正是因为关系表中存在冗余信息，从而会产生各种操作异常，但很多时候不得不保留冗余数据，因为冗余可以实现模式分解之后的有效恢复，或者能够提高查询的效率。这说明关系模型中需要保留一定的冗余。数据库恢复技术中，需要数据库副本和日志文件，这也是一种冗余数据，为了数据库的安全性又必须保留冗余数据。冗余技术体现了安全意识、效率提升、概率思维和底线思维等等。

化及约束等。通过这种深入分析，本节试着寻找其背后蕴含的更加普遍的规律和原则：系统思维、简约思维、底线思维、并行思维、分层思想和等价变换，等等。这种普遍的规律对于深入理解数据库原理课程，以及其他计算机相关的课程，或者对生产生活中的一些问题的处理，都有一定的启示作用，这正是临界知识的魅力所在。在上述分析的基础上，图1给出了以数据库理论课程的临界知识为核心的饼状知识结构图，由内至外共有四层。第一层是核心，第二层是临界知识，第三层是各临界知识对应的模型、方法和技术等，第四层是方法等的相关细节，以便说明各临界知识的具体表现。

3 临界知识的广泛应用

一般地，众多应用的解决方法能够体现出一些更抽象的共性规律，这就是临界知识。换言之，临界知识之所以会成为临界知识，是因为这种知识具有普遍存在性。本节先试着把从数据库原理课程中分析提炼出的临界知识在信息学科、其他学科乃至生产生活的诸多方面进行检验，解释或者应用；第三部分再说明临界知识的提炼过程等内容。

3.1 系统思维方面

关于学习的问题，系统思维意味着应该在知识之间构建联系，从而形成更加深刻和持久的记忆和认知。斯科特·扬在论述整体学习技术中提到联系观点，分别提到比喻，内在化和图表法。在图表法中，主要涉及了三种类型：流程图、概念图和涂鸦^[17]。通过对比，我们发现这里的流程图和概念图借鉴了计算机相关课程中的一些概念；斯科特·扬针对如何学习的问题，对这些概念进行了拓展。学习方法中的概念图如同数据库中的E-R图，能够刻画事物之间的联系。不同之处在于，斯科特·扬的概念图中各种“实体”对应的是不同的观点。通过在不同观点之间建立联系，可以形成知识网，从而加深记忆^[17]。

运用系统思维，也有助于人们保持身心健康。内向的人不爱与人交流，心理上往往容易出问题。内向的人如果能够主动或者被动地认识到人是社会动物，需要与人交往，就有助于改善人际关系，更有助于保持身心健康。在20世纪50年代，内科大夫斯图尔特·沃尔夫(Stewart Wolf)研究了移民到美国宾夕法尼亚班戈城附近的罗塞托小镇的居民，试图找到那里65岁以下罗塞托人几乎从来不看心脏病的原因。沃尔夫深入研究后发现：罗塞托人保持健康的秘密不在于饮食和运动，也不在于遗传基因和地理位置，而在于罗塞托人形成的社会。这个不到两千人的小镇上建有教堂，还有22个相互独立的社会团体；教会和这些社团在团结社会和安抚伤痛方面发挥了重要作用。沃

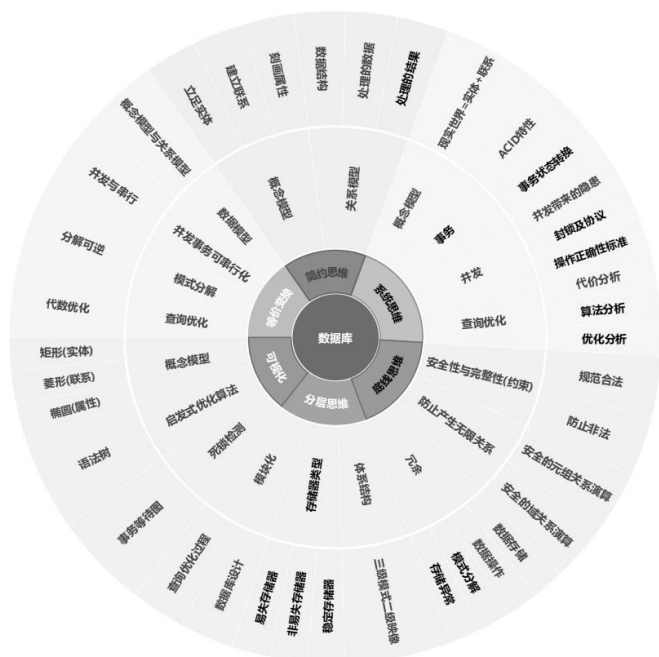


图1 数据库中的临界知识

2.7 数据库中的临界知识

以上各部分涉及数据库中的数据如何实现有组织表示、持久储存、共享、海量数据的高效查询、模块

尔夫的这项工作为医学界研究心脏疾病和健康问题提供了一条全新道路：超越个人的范围寻找原因，要考虑其文化背景，家庭，朋友和家族渊源等。这说明，人类所处的自然环境和社会环境，对人的发展和保持健康意义重大^[18]。

战略层面往往也会运用系统思维。例如，1947年3月18日晚，在国民党军进攻延安，枪炮声清晰可闻，毛泽东、周恩来依依不舍地告别了居住了十年的延安，开始转战陕北。临行前，毛泽东提出：存人失地，人地皆存；存地失人，人地皆失^[19]。不计较一时的失利，反而能够换取整体的最终胜利。一个国家的强盛，靠的也是综合实力。

系统思维在日常生活中也时常会有体现。例如，外出办事时，人们往往会把积攒的多件事串在一起，一趟下来，尽可能地做多件事情，这会在整体上节省人们的时间和精力。对于考生而言，一般地，先易后难的做题顺序，有助于从整体上得到更高的分数。对于马拉松运动员而言，为了顺利完成一项比赛并获得理想的成绩，他(她)需要对身体状况、温度、天气和路况等进行整体评估，计算出适合自己的配速。等等。

3.2 简约思维方面

除了数据库原理中的概念模型等，奥卡姆剃刀原理(Occam's Razor)在计算机学科中也广泛存在。例如，图灵机模型，常常艺术化地绘制成一个长带和附着其上的读写装置。该模型和阿隆佐·邱奇提出的计算模型功能等价，但图灵的通用机模型更加简洁，结果成为制造计算机的理论模型被普遍认可^[20]；最终，计算机界的最高成就奖被命名为图灵奖。这条原理也体现在编程课中。结构化编程中的顺序、选择和循环三种基本结构，形式上很简单，也非常贴近生活，但能够解决任意的结构化编程问题^[21]。在编程课中，一些变量的定义，也能够体现模型的简化思想^[14]。例如，常常把年龄定义成整型变量。事实上，生命不息，年龄不止。更准确的一种定义方式应该是浮点型变量。但这样不符合习惯，不方便交流，也不方便计算。而一年整体提升一岁的做法，非常简洁，能够解决大多数的问题。如果需要更精确的年龄，可以定义结构体变量，包括出生的年月日，甚至时分秒等信息即可。

绘画方面，也存在高效的学习方法。美国教授贝蒂·艾德华认真研究了这个问题：为什么多数人的绘画水平会停留在七八岁的儿童水平？结果发现：与右脑的形象化思维相比，此时左脑的抽象思维开始占上风。绘画能力更需要形象化思维。为了激发出成年人的绘画能力，贝蒂想出了操作简单的倒置绘画法：模拟一幅画时，把这幅画上下颠倒放置，再加上局部遮

挡等，此时，左脑再想习惯性地识别出局部的抽象含义，例如，眼睛，鼻子等，会受到干扰和屏蔽，从而让右脑再次开始工作，聚焦于不同的局部线条和走向，最终完成绘画。与正向放置图画相比，这种简单操作就能够让想学习绘画的成年人绘制出更加逼真的模仿画^[22]。

乘坐地铁时如果观察仔细，会发现地铁车门上安装就绪的螺丝与螺母上会画有一条红线。对于螺丝与螺母的配合使用问题，太紧了会影响零件的使用寿命，太松了又会影响地铁运行时整体的稳定性。这条线的存在，能够使得维护人员方便高效地检测出异常的螺母，从而提高其工作效率。

3.3 底线思维方面

计算机编程的相关课程，如数据结构，也能体现从最坏处着手，争取最好的结果：像时间复杂度，是针对某类问题，在最坏情况下，某算法依然能够保证达到的效果。

冗余技术体现了安全意识和底线思维。这种意识提醒我们要防止小概率事件发生。这种情况的发生往往是无法承受的，一般都会造成重大的生命或者财产的损失。冗余技术能够保证即使数据库系统依附的硬件出了问题，也能够恢复到最近的一致性状态。这种技术也具有广泛的应用。例如，飞机上的全数字电传操作和液压系统，作为关键部件，一般要包含三个相对独立的备份，即三重模块冗余(Triple Modular Redundancy, TMR)^[4]。在特定时期内，如果每个模块出现故障的概率都是 α ($0 < \alpha < 1$, α 的取值一般会在0.5以下)，则三个独立的模块同时出问题的概率就是 α^3 。这样能够显著提升安全运行的概率，即从 $1-\alpha$ 到 $1-\alpha^3$ 。在硬件的设计中，也需要防止因电子元件的故障造成关键系统无法正常运转。为此，工程师可以设计关键功能的冗余系统。

为了做成一些事情，或者达到某个目标时，同时满足的必要条件就是底线。与人交往时，每个人的内心或多或少都有自己的隐私，这是别人不可触及的底线。在民族生死存亡之际，生存下来就是底线。在教育孩子时，有底线的父母，也不会一味地满意孩子的各种要求。

3.4 分层思维方面

在结构化编程中，模块化是对初始问题进行自顶向下，逐层分解的结果，从而对应后续编写的子函数。这些函数具有高内聚，低耦合的特点，功能相对简单，并通过主函数的控制和调用完成复杂的计算^[23]。模块化具有多个优势：首先，模块化可以把原始问题进行化简，便于实现；其次，模块化可以实现代码的复用；再次，模块化有助于分工合作，发挥团队

优势。另外，在算法设计中也有层次聚类算法等；针对不同层次解决问题，或者在设定的分层范围内分析数据的聚合变化。

在计算机网络中，OSI七层协议体系结构包括：物理层，数据链路层，网络层，运输层，会话层，表示层和应用层；综合OSI和TCP/IP的优点，一般采用只有五层协议的体系结构：物理层、数据链路层、网络层、运输层和应用层。这种分层方式简洁明了，有助于将概念阐述清楚^[24]。深度学习模型的一种形式是多层神经网络，不同层次处理不同的任务，目前在计算机视觉、语音识别、自然语言处理、推荐系统等方面都有广泛的研究和应用^[25]。

分层思想也是工业领域通用的标准之一。它有助于简化问题，方便设计和使用。分层思想也是工业发展的自然产物，有助于实现团队合作，划清职责等。分层意味着分工，不同部门可以聚焦处理某个工艺或者部件等，既有助于提高产品质量，也有助于提升整体的工作效率。

人们所处的外在和内在环境中，很多事物都存在分层结构。例如，天文学中地月系统、太阳系和银行系等，具有分层的绕行结构。地理行政区划中，从村委到乡镇、县、地区、省、国家和整个世界，存在层层递进的区域隶属关系。生态系统中，分子是细胞的子系统，细胞是器官的子系统，器官又是身体的子系统。又如军队、行政管理和经济体系等，都具有层次性^[16]。

4 临界知识及教学效果分析

本节进一步分析了临界知识提取，知识迁移和相关教学或者学习效果。

4.1 临界知识的提炼

不同的应用问题，有各自独特的方法或者技术，这些方法往往遵循着相同的内在规律。例如，对于数据库中的数据更新、模式分解和数据库恢复，都用到冗余技术。在数据更新中是为了操作的高效和便捷，在模式分解中是为了实现无损连接，在数据库恢复中是为了保证数据的持久存储。尽管目的不尽相同，但都体现了底线思维。又如，数据库对现实世界进行建模，用到概念模型；结构化编程中有三种基本结构。概念模型直观形象，能够在用户和专业人员之间进行有效沟通，而且，这种模型易于等价转换成机器世界中的模型，如关系模型。结构化编程是为了解决早期编程混乱的问题。尽管关注的是不同的问题，但概念模型和三种基本结构都体现了简约思维：形式简单，便于理解，但功能强大。

4.2 不同层次信息的内在联系

我们也应该注意到，有些案例可以归属到不同的临界知识中。例如，E-R模型，能够同时体现系统思维和简约思维。编译原理或者技术，针对不同的问题，

可以归属于层次思维或者等价思维。对于带约束的优化问题，可以同时归属于系统思维和底线思维。当然，这些不同的临界知识也具有一定的相关性：如前文所述，既然系统包含三个基本特性：适应力、自组织和层次性^[16]，分层思维可以归属于系统思维。为了方便，本文把层次思维单列处理。图2给出了数据库原理中的临界知识在更多领域中的应用，四个层次和图1类似，不再详述。当然，这些临界知识的普适程度，还需要经过更多应用的检验、丰富和进一步提炼。

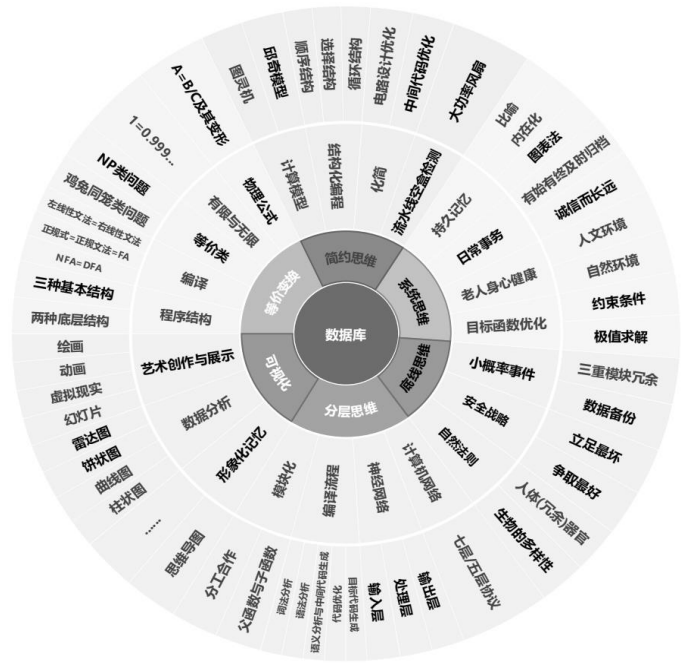


图 2 临界知识的广泛应用

图3展示了系统思维的提炼过程。从不同的应用中提炼方法，乃至临界知识，是一个知识整合、思想升华的过程。这也是一个先厚积再薄发的过程，对于教师，有助于提升传授知识的效果：从广度和深度上同时拓展教材内容。

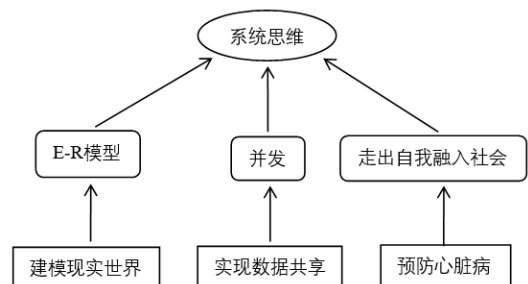


图 3 临界知识提取示意图

进一步地，一旦形成了临界知识，就能够对新的应用问题进行分析，快速找到特效方法，至少有助于给出一种可行的思路。这是一个知识迁移的过程，有助于引导学生接触学科前沿问题，初步培养科研能力。

4.3 知识迁移

临界知识具有普遍意义，这种知识有助于实现知识的迁移。我们一旦发现看似不同事物之间的内在一致性，或者抽象意义上的等价性，只要对其中一类问题存在高效的解决方法，通过知识迁移，具体问题具体分析，就能够触类旁通，达到高效处理生产生活中所面临问题的目的。

图4所示的知识迁移过程与图3相似，不同之处在于部分箭头的朝向需要发生反转，从而体现知识的迁移，而不单单是提炼。迁移可能发生在中间的模式、方法或者技术等层面，如图4中E-R模型向形成长久记忆的概念图方法的迁移；此时不同应用对应的方法之间可以直接借鉴，或者进行改造就能够形成解决新问题的方法。迁移也可能发生在临界知识层面，如图4中系统思维向预防心脏病问题的迁移；这个迁移说明不同应用对应的方法之间没有直接可借鉴的地方，但这些方法在更高的抽象层具有相同的临界知识。对比而言，方法层面的迁移更直观一些，相应的迁移比较容易理解和实现；临界知识比较抽象，这个层面的迁移还需要结合实际问题进行具体分析。

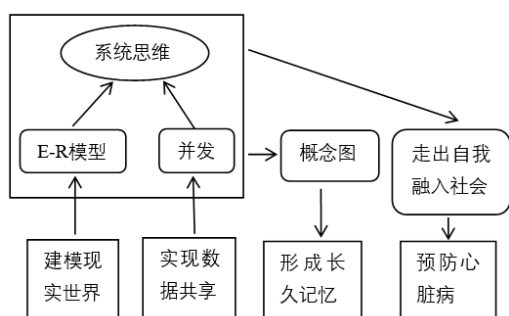


图4 知识迁移示意图

图4中用于数据建模的E-R模型和为了长久记忆的概念图，具有相似的结构，都需要找到一些核心的概念，再把它们进行关联。另外，斯科特·扬描述的概念图^[17]和思维导图也有一定的相似性。这种例子在生活中比比皆是：对联中的上下联具有相同的结构，从上联到下联展现了结构化迁移。开办保姆学校，可以借鉴护士的培养流程^[26]。想减少医疗事故，可以借鉴航空中的飞行数据记录仪：黑匣子^[26]。生产生活中的发明创造，也有许多这种结构性迁移：把传统的旋转式铅笔刀进行放大，削出的连贯的黄瓜皮可用作面膜；把洛阳铲小型化，可以给椰子打洞取

汁；把螺丝钉放大并安装在可旋转的设备上，可以用来劈柴；对花朵进行仿真加工，可以制作塑料花等。

4.4 教学效果分析

在课堂教学中，迁移学习往往借助与课本内容相关或者相似的材料、案例传授知识。这种方法一方面可以活跃课堂气氛，另一方面有助于学生充分理解和掌握相关知识点。

在活跃课堂气氛方面，理工科的教学，常常会显得严谨而缺乏趣味。这大概率是由于专业的背景决定的：在日常的学习中，比如计算机专业中的编程，来不得半点马虎。否则，程序很难通过。长期如此训练，思维自然会愈加严谨。传授知识的过程中，严谨是必要的，同时也应该尽可能吸引学生的注意力。如果任课老师能够从多个学科或者多个案例中对知识点进行阐述，就更有助于提高知识传授的效果^[14]。

另外，真正能够提升学生认知水平的，或许是老师不经意的一两句话。这种点拨之语，更需要老师具备丰富的知识和深刻的思辨能力。例如，老师讲：鸡蛋不清洗看上去不太卫生，但有助于提高免疫力。一个内向的学生可能会因此逐渐学会拥有积极的心态：认识到一些事情表面上容易让人皱眉头，但仔细琢磨，总会发现其可取的一面。

对于这种融会贯通式的讲解过程，知识的传授效果也可以借助于联合概率模型进行分析。假设“怎么都听不懂”是小概率事件，任课教师从三个不同方面对某一难点进行讲解，并用概率 β 值量化能够听懂的效果，并假设三种讲解方式中的 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta = 0.6$ ，则三种方式都听不懂的概率是 $(1-\beta)(1-\beta)(1-\beta) = 0.43 = 0.064$ ，能听懂的概率 $\gamma = 1 - 0.064 = 0.936 = 93.6\%$ 。当 $\beta = 0.7$ 时， $\gamma = 1 - 0.027 = 0.973 = 97.3\%$ 。当 $\beta = 0.8$ 时， $\gamma = 1 - 0.008 = 0.992 = 99.2\%$ 。等等。借助知识迁移进行教学，也体现了冗余思想：只要有一个角度能够听懂或者理解，就能够保障知识的顺利传授，不至于造成知识理解上的崩溃。

上述分析说明，对于书本知识，尤其难以理解的内容，老师如果能够从多个方面进行阐述，就有助于学生更加深入准确地理解和掌握，进而应用相关知识。这种多角度的阐述，需要以临界知识为桥梁和载体，才能够在深度和广度两个维度上提升学生的理解能力及学习效果。这也给教师提出了更高的要求：只有不断提升教学理论水平和教学应用能力，才能够主动适应教学方式的变革，和学生共同成长^[27]。

5 结束语

本文对数据库原理课程中的概念进行了分析和总结，试着找到了一些具有普遍意义的内在规律，即系

统思维, 简约思维, 底线思维, 分层思维和等价变换, 等等。这些思维在许多领域都会有所体现。通过对其进行分析, 在课程上教师能够深入浅出地讲解原理性知识, 有助于培养学生的知识应用能力, 同时提升学生的系统化思维能力和初步的创新力等。另外, 这种临界知识的提炼对于学科本身的发展也有推进作用。本文所示的临界知识, 有待在更多的领域进行检验和完善; 另外, 在探讨如何有效培养学生的基础性创新能力方面也值得进一步加强。

参考文献

- [1] ACM和 IEEE计算机学会 著, ACM中国教育委员会, 教育部计算机类专业教学指导委员会 译. 计算机科学课程体系规范2013[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [2] 范明, 叶阳东, 邱保志, 职为梅. 数据库原理教程[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [3] 朱真峰, 田侦. 基于思维导图的数据库原理课程总体认知分析[J]. 计算机教育. 2020, (4):92-97.
- [4] 成甲. 好好学习: 个人知识管理精进指南[M]. 北京: 中信出版社, 2017.
- [5] 李蓉, 管芳景, 梁宾. MySQL数据库原理与应用[M]上海: 上海交通大学出版社, 2022.
- [6] 秦映, 罗晓霞, 刘颖. 数据库原理与应用: MySQL 8.0[M]. 北京: 清华大学出版社, 2022.
- [7] 叶潮流, 吴伟. 数据库原理与应用: SQL Server 2019[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2022.
- [8] 李岩, 侯菡蓓. MySQL数据库原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021.
- [9] Bob Ward. SQL Server 2022 Revealed[M]. Berkeley: Apress, 2022.
- [10] Tomaž Kaštrun, Julie Koesmarno. SQL Server 2017 Machine Learning Services with R[M]. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2018.
- [11] Ying Bai. SQL Server Database Programming with Java[M]. Cham: Springer, 2022.
- [12] 李国良, 冯建华. openGauss数据库实战指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021.
- [13] 李海翔. 分布式数据库原理、架构与实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.
- [14] 朱真峰, 吴云鹏. 迁移学习在活跃理工科课堂中的尝试——以“C语言程序设计”课程为例[J]. 教育教学论坛. 2021, (16):149-152.
- [15] Abraham Silberschatz, Henry Korth, Sudarshan. Database System Concepts[M]. New York: McGraw Hill, 2009.
- [16] 德内拉·梅多斯 著, 邱昭良译. 系统之美: 决策者的系统思考[M]. 浙江: 浙江人民出版社, 2012.
- [17] 斯科特·扬著, 程冕译. 如何高效学习[M]北京: 机械工业出版社, 2017.
- [18] 马尔科姆·格拉德威尔著, 苗飞译. 异类: 不一样的成功启示录[M]. 北京: 中信出版社, 2014.
- [19] 中共中央文献研究室. 毛泽东年谱(1893-1949)上卷[M]. 北京: 中央文献出版社, 1993.
- [20] 马库斯·杜·索托伊著, 柏华元译. 悠扬的素数: 二百年数学绝唱黎曼假设[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019.
- [21] 唐稚松. 论指令系统的递归性[J]. 数学学报. 1965, (15): 842-860.
- [22] 贝蒂·艾德华著, 张索娃译. 像艺术家一样思考[M]. 海南: 海南出版社, 2003.
- [23] 王瑞民, 卢红星. 程序设计与C语言[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [24] 谢希仁. 计算机网络[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.
- [25] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville. Deep Learning[M]. London: The MIT Press, 2016.
- [26] 罗振宇. 逻辑思维认知篇[M]. 上海: 文匯出版社, 2020.
- [27] 宋金玉, 陈刚, 胡琨. 数据库课程中关系模式规范化设计模块教学体系构建[J]. 计算机技术与教育学报. 2023, 11(4): 31-35.