

第3章

从信号到智慧的体系演变

随着信息技术的迅猛发展,数据已经成为推动现代社会和经济发展的核心资源。今天,数据不仅是简单的数字或符号,它承载着无穷的价值,塑造着我们的工作方式、决策模式,甚至思考方法。当我们深入探讨数据的作用时,常常会通过不同的框架来帮助我们理解其层次和变化。

最传统的分析框架是“金字塔体系”,如图 3.1 所示,它采用层次结构将数据从最基础的信号逐步升华到信息、知识,最终达到智慧。这个体系清晰地揭示了数据如何在不断的加工与转化中,逐渐向更高的层级演变。我们从原始的信号开始,经过处理与筛选得到信息和知识,最终为决策提供智慧支持。这种逐层递进的方式,帮助我们理解了数据在传统分析和决策过程中的作用。



图 3.1 层次金字塔结构图

然而,随着大数据与人工智能技术的崛起,传统的“金字塔体系”已经不能完全满足现代社会的需求。新的“青铜豆体系”应运而生,它重新定义了数据从信号到智慧的转化过程。在这个体系中,数据的源头依然是信号和消息,但随着大数据的积累和人工智能的深度学习,数据迅速进入更高维度的“大数据”和“大模型”阶段,最终聚焦于智能和智慧的生成。在这个新的框架下,数据的价值不再是线性增长,而是呈指数级扩展,呈现出全新的价值面貌。

这一变化不仅是技术进步的体现,更是我们理解和运用数据的方式的革新。数据不再是静态的,它是动态的,随着技术的发展,数据的转化速度和价值生成的

速度也在不断加快。通过这两种体系的对比我们可以更清楚地看到,数据在现代社会中扮演的角色已经发生了深刻的变化,它不仅是资源,更是动力,是推动技术进步、经济发展乃至社会变革的关键。

从提升数据素养的角度来看,理解这两种体系的内涵和关系,能够帮助我们更好地应对快速变化的数字时代。在这个信息化的世界中,掌握如何高效地处理和应用数据,如何从数据中提取有价值的信息,将是每个人、每个组织在未来生存和发展的关键。

3.1 金字塔体系：从感知到理解的演变之旅

从信号到智慧,从感知到理解,这像是人类的一次“思维升华”。最开始,我们仅仅能感受到大自然的“低语”,比如一阵风带来的冷意、一声鸟叫提醒危险。后来,我们学会了把这些信号变成可以互相理解的“消息”,再进一步提炼成可存储、可传输、可处理的“数据”和“信息”。到了近现代,数据不仅帮人们解决问题,还催生了人工智能这种“超级大脑”。让我们从这些分类方法中看看数据如何一步步升级为数字社会的“幕后英雄”。

首先,传统的认知框架和知识体系建立在系统论、控制论和信息论之上,为我们提供了理解和管理复杂事物的重要思维工具。

(1) 系统论:由奥地利科学家贝塔朗菲提出,强调从整体角度理解事物,特别是复杂系统中的各个部分如何相互作用、相互依赖。系统论的核心思想是“整体大于部分之和”,即一个系统的行为往往不能简单地从其单个组成部分的行为推导出来。系统论帮助我们认识到,在面对复杂现象时,需要关注内部各个元素之间的联系与协作,避免孤立地分析个别部分。

(2) 控制论:主要研究如何通过反馈机制来调节系统行为,确保系统在不断变化的环境中保持稳定和平衡。控制论的创始人诺伯特·维纳(Norbert Wiener)提出,任何系统的控制与调节都离不开反馈信息,反馈可以是正向的,也可以是负向的,目的是调整系统的状态,使其趋向理想状态或保持在稳定范围内。

(3) 信息论:主要关注信息的定义、传输、编码与解码等问题,旨在优化信息的存储与传输效率。克劳德·香农(Claude Shannon)的信息论奠定了现代通信技术的基础,提出了信息的“熵”概念,用以量化信息的不确定性,并制定了无损压缩和可靠传输的基本原理。

这些理论为专家系统的诞生和发展提供了理论支持。专家系统的核心目标是模拟领域专家的思维过程,运用计算机的优势进行推理和决策。早期的专家系统主要通过规则推理(基于系统论的整体性原则)来实现决策过程,而在实际应用中,专家系统需要通过不断反馈和调整规则来提高其准确性与适应性,这与控制论的反馈机制相呼应。此外,专家系统需要处理大量的专业知识和信息,确保这些信息

能够被有效存储、编码和传输,这与信息论的核心思想密切相关。

20世纪70年代,专家系统的概念逐渐成形。此时,计算机科学家开始探索如何通过“规则”来表示专家的知识。规则推理的基本思想就是通过规则库(由大量规则组成)来模拟专家的决策过程。专家系统的推理引擎基于规则库中的知识,通过推理过程从已知事实中推导出结论。早期的专家系统多采用前向推理,简单且直接,能够逐步推导出结论。然而,随着应用的深入,研究者也探索了结合反向推理的方法,这为专家系统在解决复杂问题时提供了更灵活的框架。

到了20世纪70年代末至80年代初,专家系统开始有了实质性的应用,最具代表性的例子之一是MYCIN。MYCIN是由斯坦福大学的研究人员开发的一个医学诊断系统,能够根据病人的症状和实验结果推测是否患有细菌感染,并推荐相应的抗生素。MYCIN采用了规则推理的方式,知识库中包含大量医学专家编写的规则。MYCIN的成功展示了专家系统在复杂领域中运用规则推理的强大能力。此时,专家系统也开始被应用于其他领域,如财务分析、企业决策、工程故障诊断等。专家系统的应用范围和效果逐渐证明了其在模拟专家推理、辅助决策方面的潜力。

3.1.1 金字塔体系的逐层解析

1. 信号：世界的低语

信号是大自然与人们沟通的最原始“语言”,信号本质上是来自外界的感官刺激,比如风中摇曳的树叶发出的沙沙声、雷电划破天空的闪光,或者电话振铃时的嗡嗡声。它们并不直接告诉人们具体的信息,而是提醒人们注意某种正在发生的事情。

一个形象的例子:如果你站在海边,看到海鸥低空盘旋,这可能是风暴即将来临的信号。这个现象本身并不包含明确的意义,但它是大自然对环境变化的一种提醒。信号是感知世界的起点,它们是客观世界中各种现象的直接表现,比如光线的变化、声音的振动、电流的波动等。信号往往是连续的,如心电图反映了心脏跳动的电信号变化,广播中无线电波是声音信号的载体。信号是自然界的原始“语言”,但未经过处理,信号通常是模糊和无序的,值得人们去进一步探究。

信号本质上不携带信息,而是激发人类去进一步探究现象的规律。在物理学中,信号常被视为一种载体,代表了物理现象的波动、振动或变化。例如,雷声、光的变化、声音振动、电磁波等,它们是直接的感官输入。一个经典的例子中,暴雨来临时,燕子可能在低空盘旋,这就是一个信号,提醒人们即将发生什么,但它并不明确告诉人们具体的含义。信号的本质是无序的,它要求人们去解码并进一步理解其背后的潜在意义。

在技术领域,信号处理是将这些物理变化转化为可以被设备处理的电子数据。

在现代通信系统中,信号常常以电波或光波的形式传递信息,但这些信号本身并没有内在意义,只有经过分析和转换,才能成为有用的信息。总的来说,信号是感知的起点,它是对外部环境的第一反应,也是人们理解世界的基础。

2. 消息：信号的解读

消息是信号经过采样、编码和解释后的产物,它赋予了信号明确的意义。信号的转化过程是消息传递的第一步,这个过程是将一个模糊的感知信号转化为可以被理解和传递的具体内容。当你听到手机的振动声时,振动本身就是信号,但屏幕上弹出的“张三发来了微信”这条提示,就是将信号转化为消息的结果。

消息是信号的离散化或编码后的形式,是经过一定处理后能够被人类或设备之间相互理解和传递的内容。例如,录音机将声音信号转化为音频文件,这些文件就是消息。日常生活中,人们发出的语音微信或看到的交通灯信号,实际上都是一种消息的表现形式。表达消息的文字常常是人类交流和设备通信的核心载体。

在通信中,消息通常需要遵循一定的“编码规则”才能传递有效的信息。消息是传递意义的工具,但它的意义可能很浅显,或者依赖上下文。例如,古代部落使用烟雾信号传递信息,三缕烟代表“安全”,五缕烟代表“危险”。这就是信号和消息之间的转化。在现代社会,人们通过电子邮件、短信、社交媒体等方式交换消息,这些都是信号的具体表现形式。消息的意义是通过预设的规则和上下文赋予的,这也是它与信号的区别。信号本身是模糊的,而消息则是明确的、能够被传达和理解的内容。

3. 数据：抽象化的信息

当消息被提炼成离散的、可处理的符号形式时,它就成了数据。数据是一组记录下来可以量化和存储的符号,是从消息中提取出来的结构化或非结构化内容,在现代信息系统中,它通常与计算机和存储技术密切相关。举例来说,天气传感器记录的温度值、手机应用中的消费记录,甚至社交媒体中的点赞数,都是数据的表现形式。数据往往是孤立的片段,其本身并不一定有明确意义,但它们是后续处理和分析的基础。举个例子,温度计上显示的“37.5℃”是数据,它记录了一个生理现象,但它没有直接告诉人们该温度是否正常。

数据的本质就是将信息进行标准化和结构化,以便后续的处理和分析。

在现代信息处理系统中,数据常常与计算机技术、存储技术和数据库系统密切相关。例如,手机应用会记录用户的消费记录、购买历史等,这些都是数据。数据的处理通常包括数据清洗、筛选和转换等步骤,将大量的原始信息提取成符合某一需求的数据形式。数据与信息最大区别在于:数据缺乏上下文和解释,必须经过加工才能变成有意义的内容。

4. 信息：赋予数据以意义

信息是通过对数据进行分析、解释和组织,使其具备实际意义的内容。香农的信息论为人们提供了处理和理解信息的数学基础,他认为“信息是通过减少不确定性来增加可预测性的内容”。我们如何衡量信息呢?在信息论中信息的基本单位是比特(bit),即二元选择——“是”或“否”,“0”或“1”。通过比特这一单位,香农的理论让我们能够量化信息的多少,信息量越大,意味着所需的选择和不确定性也越多。信息不仅仅是通过比特来衡量的。香农进一步提出了信息熵(entropy)的概念,用来度量信息源的平均不确定性或随机性。信息熵越高,意味着数据的随机性越大,包含的信息量也越多。

那么,如何将这些数据转化为有意义的信息呢?这一转化过程离不开概率论和统计学的工具。条件熵、互信息和先验概率等概念是其中的关键。具体来说,条件熵用来衡量在已知某些条件下,其他变量的不确定性。它表明,数据的意义往往是依赖于已知的背景条件或假设的。换句话说,数据本身并不直接告诉我们所有信息,只有在结合了其他背景知识后,它才能被有效解读。

除了这些统计工具外,“贝叶斯公式”和“最大似然估计”等方法也常被用于数据的解读与信息的提取。贝叶斯公式基于先验概率和新观测数据进行更新,从而提供更加准确的后验概率估计,而最大似然估计则帮助我们选择最符合观察数据的模型或假设。这些工具让我们能够在复杂的环境中,从大量数据中提取有意义的信息,并为我们的决策提供支持。

实际上,数据的积累不仅仅是提供更多样本,它还使得概率模型变得更加准确。香农的三大定理——信源编码、信道编码和压缩编码——在这一过程中也起到了至关重要的作用。信源编码通过有效地表示信息,减少冗余,使得信息传输变得更加高效;信道编码通过引入冗余,确保信息在噪声较大的情况下能够正确传递;而压缩编码则通过减少数据的存储需求,使得信息处理更加高效。这些定理为信息的生成、传输和存储提供了理论支持,帮助我们在大规模数据环境中更加精确地提取信息。

5. 知识：从信息到洞察

知识是一种更高层次的理解,它来自对信息的提炼、归纳和运用,是对信息的进一步组织和系统化,它体现了规则、模式或规律。知识能够回答“如何做”的问题。例如,通过对大量天气信息的总结,你可能会知道春季穿轻便外套更合适,或者某个地区的气候特点是多雨而湿润。

知识不只是知道“今天交通拥堵”,还包括理解“为什么交通拥堵”,比如因为高峰期车流量过大或因为施工导致车道减少。知识通常是经验和理论的结合,如医

生通过大量病例信息积累的诊断经验,就是一种知识。医生在长期的经验中总结出一个知识点:“儿童的正常体温范围是 $36.9\sim 37.5^{\circ}\text{C}$,超过这个范围可能表明发烧。”这是一种知识,因为它不仅整合了信息,还能指导行动。

知识处理的核心是将散乱的信息进行组织、分析和整合,最终形成具有价值的知识体系。这个过程就像是大海捞针,从大量的原始数据和信息中提取出有用的部分,并通过整理和结构化,使其成为支持决策和行动的資源。而在这个过程中,逻辑就像是知识的“骨架”,它将信息之间的关系和规律连接起来,使得原本松散的信息变得有条理、可操作。比如医生在处理病历时,信息本身可能很零散,患者的症状、检查结果、家族病史等都是信息的碎片。但通过逻辑思维,医生能够将这些信息连接起来,发现潜在的疾病模式,进而得出正确的诊断。

知识处理过程中还包括了知识的验证、更新和去伪存真。随着时间的推移,某些信息可能不再适用,或者新的研究发现了新的数据或方法。因此,知识的处理是一个动态的、持续更新的过程,特别是在快速变化的领域,比如科技、医疗等。对于组织来说,良好的知识处理机制可以帮助确保信息的准确性和时效性,从而提高决策的质量和效率。通过智能化的知识处理工具,如机器学习和数据挖掘技术,现代社会已能更高效地从庞大的信息中提炼出有价值的知识。

6. 智慧：超越知识的视野

知识通过逻辑关系和推理将信息转化为有用的、可应用的智慧。智慧是知识在特定情境下的创造性应用和实践能力,是人们综合利用已有知识趋利避害进行的创造性社会活动,注重对未来的深刻洞察和对复杂问题的系统性理解。智慧不仅包括知道“为什么”和“怎么办”,还涉及预测未来并提出创新的解决方案,如何在不确定和变化的环境中作出最优决策等。例如,智慧是通过交通数据和知识,设计智能交通系统来优化道路资源分配、减少拥堵、提高效率。智慧强调全面、前瞻和动态调整能力。智慧是知识的升华,它超越了眼前的经验,带来了长远的洞察力。智慧代表了对多维度因素的综合考量,并具备预见性,能够通过历史经验和深刻的洞察判断未来的趋势和发展方向。

举个例子,智慧体现在一位经验丰富的投资人看到市场波动时,能够冷静分析背后的长期趋势,而不是盲目跟风。他可能根据知识判断短期的投资风险,但同时基于智慧决定坚持长期持有的策略,因为他看到了更大的潜力。

一个具体的综合例子:某地交通流量监控系统通过传感器收集到的信号(车辆通过摄像头的影像变化)称为消息(车辆动态影像)。从这些消息中提取出数据(车辆数目、车速),然后经过分析得出信息(该路段交通流量较高)。信息是分析后得出的该路段当前车流量较高的结论,知识是总结出高峰期交通拥堵的规律,智慧则是基于这些规律制定错峰出行或优化信号灯的方案(表 3.1)。

表 3.1 层次概念对比表

层次	概念	特点	应用或相关性
信号	信号是物理世界中信息的传递载体,通常以光波、电波或声音形式存在。如《“十四五”大数据产业发展规划》提到新型信息基础设施,包括智能传感器和多模态传感设备,用于采集信号	无语义,原始物理表现;易受噪声干扰;通过信道传输	信号作为数据传输的物理载体,是信息传递的基础,对于数据通信和物联网等领域至关重要
消息	消息是信号解码后的语义化内容。如《国家人工智能产业综合标准化体系建设指南》指出,数据格式和信息提取方法是基础,强调语义融合的重要性	包含基础语义;与上下文相关;依赖解码技术	消息作为数据的具体表现形式,是信息传递的目的和内容,对于通信和信息交换具有重要意义
数据	数据是消息的结构化表示,是大数据产业的核心。如《国家数据标准化体系建设指南》中提到,数据是核心资源,强调其标准化和规范化	可存储、处理;形式多样(如数值、文本、图像等);依赖上下文解读	数据是信息的原始形式,是知识、信息和智能的基础,对于数据分析、决策支持和知识发现至关重要
信息	信息是从数据中提取的有意义内容,用于支持决策。如《新一代人工智能发展规划》指出,大数据智能通过数据提取信息,支持经济社会转型	语义明确;减少不确定性;具有实际应用价值	信息是数据的加工和解释,是知识的基础,对于决策、学习和问题解决具有重要作用
知识	知识是信息的深层总结和系统化处理结果。《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》指出,人工智能利用知识进行推理和应用,实现复杂场景需求	系统性强;应用广泛;支持复杂决策	知识是信息的高级形式,是智能的基础,对于创新、教育和专业发展至关重要
智慧	智慧是基于知识的推理和创造能力。如《新一代人工智能发展规划》中强调,智能是人工智能系统的目标,通过模型算法和自主系统实现	动态适应性;创造性;强调自主决策能力	智慧是知识的高级应用,涉及机器学习和人工智能等领域,对于自动化、预测和优化具有重要作用

信号、消息、数据、信息、知识、智慧——这一层次结构为我们理解和分析信息如何从自然界的原始感官刺激,逐步演变为人类社会中可以操作的智慧提供了一个清晰而深刻的框架。无论在学术研究中还是在实际应用中,这一模型都起到了至关重要的作用,它不仅推动了跨学科的对话和共同进步,更为技术应用、决策支持和教育培训等多个领域提供了宝贵的指导。

从学术角度来看,这一层次结构为信息的层次性和演化过程提供了明确的框架。它帮助我们理解信息是如何从最初的物理信号出发,经过编码、传输、分析,最

终转化为有意义的知识。例如，物理学中的信号处理、信息论中的数据编码与传输、计算机科学中的数据分析与算法应用，都是这一结构中各层次之间转化的具体体现。通过这一框架，我们能够更清晰地看到信息如何从无序的感官刺激（信号）经过处理，最终形成可以指导决策的智慧。而且，跨学科的融合让这些技术在各个领域得以不断创新和完善，实现了不同学科间的深度协作。

从实践的角度来看，这一结构在各行各业的应用中同样具有广泛的指导价值。它强调了信号处理和数据分析在技术领域中的核心地位。在通信技术中，我们需要从原始的电磁信号中提取有价值的信息；在医学影像中，我们依赖数据分析来判断疾病的可能性；在商业智能中，精准的数据分析帮助我们作出市场预测和决策。每一个成功的案例背后，都是这一层次结构的指导作用——它帮助我们 from 杂乱无章的原始数据中提取出清晰的信息，再通过进一步的加工转化为具有实用价值的知识，最终为决策提供支持，形成行动的智慧。

传统上，这一框架被称为“金字塔结构”，即从信号到智慧的逐层推进模型。它在信息学和计算机科学的发展中发挥了重要作用，为我们提供了从原始感官刺激到可操作智慧的渐进过程。

3.1.2 传统的数据要素处理技术

在数据处理技术的发展历程中，“金字塔”体系——控制论、信息论和系统论，为理解和管理复杂的数据提供了重要的理论框架。这一体系强调数据的组织、传输与反馈，是数据要素处理的早期基石，奠定了从数据到智慧转化的理论基础。在这一框架下，涌现出了许多经典技术，其中专家系统和模式识别尤为重要。它们分别从知识表达和模式发现的角度提供了解决方案，是“金字塔”体系在实践中的核心体现，同时也是现代人工智能的理论起源和技术奠基。

1. 专家系统：知识的系统化表达与推理

专家系统是“金字塔”体系中对知识表达与利用的核心技术体现，直接反映了控制论和系统论中的逻辑推理与反馈调节理念。作为一种基于人工智能的计算机程序，专家系统模拟人类专家的知识与推理能力，为特定领域的问题提供解决方案。其构建主要包括知识获取、知识表示和推理机制三个核心环节，旨在将领域专家的经验转化为可被计算机执行的规则和逻辑。

(1) 知识表示：知识表示是专家系统的关键技术。它包含了领域专家总结的规则、事实和领域知识。这些知识通常以“如果-那么”(IF-THEN)规则的形式存储，例如，在医疗领域，输入患者的症状后，专家系统可根据规则库进行推理，得出可能的疾病诊断。这种基于规则的推理机制借鉴了控制论中的反馈调节理论：通过不断分析输入数据并推导输出，系统可以在复杂场景中提供稳定而可靠的决策支持。知识表示是数据向知识转化的关键环节，所有的数据输入都需要映射到已

有规则中才能进一步推理。

(2) 推理机：推理机是专家系统的“智能核心”，它能够根据知识库中的规则对输入数据进行推理，生成新的知识或决策。推理可以分为正向推理和反向推理两种：正向推理是从已知数据出发，沿规则链生成结论；反向推理是从目标结论出发，推断满足条件的前提数据。

专家系统是典型的规则驱动方法，其智慧化过程依赖于领域专家的知识工程。它对数据的处理较为显式，通过规则的严格执行，确保了系统的可解释性。然而，专家系统的局限性在于知识库的扩展性较差，规则的设计需要大量人力，且在应对动态环境和复杂问题时表现有限。

2. 模式识别：从数据中发现规律

与专家系统不同，模式识别技术则以数据驱动的方式，为“金字塔”体系中的信息论提供了实践验证。它强调通过算法从数据中发现隐藏的模式和结构，实现对未知样本的分类或预测，是从数据中挖掘智慧的重要手段。

模式识别的核心技术流程包括数据预处理、特征提取、模式分类和决策反馈。在数据预处理中，系统会对输入数据进行去噪、归一化等操作，以提升数据质量。而特征是数据的关键属性，也是模式识别的核心所在。在模式识别中，特征提取通过数学方法将数据的复杂结构转化为有限的、高维的特征向量。例如，在图像处理中，可以通过尺度不变特征变换(SIFT)提取关键点；在语音处理中，可以通过梅尔频率倒谱系数(MFCC)提取语音的频率特征。

模式分类是模式识别的最终目标，其本质是将样本映射到对应类别中。早期方法包括线性判别分析(LDA)、支持向量机(SVM)等，这些方法利用数学模型在特征空间中寻找模式分布规律。最后，根据分类结果，系统可以作出决策，例如识别目标物体、预测未来趋势等。同时，模式识别系统还支持反馈机制，通过不断优化特征提取和分类算法，提高识别精度。随着技术的发展，神经网络等更复杂的算法引入了非线性分类能力，使模式识别从传统的手工特征提取迈向自动化学习。例如，基于深度学习的语音识别技术能够自动学习语音中的时序模式，不再依赖人工设计的特征，显著提高了准确率。

模式识别技术充分体现了信息论中对信息提取与压缩的思想。它通过提取数据中的核心信息，为智慧的生成提供了可靠依据。同时，随着机器学习和深度学习的引入，模式识别逐渐发展出自适应的学习能力，进一步扩展了其应用场景。然而，模式识别也存在一定的局限性，比如对数据质量高度依赖，特征设计和选择往往需要领域知识。

在“金字塔”体系中，专家系统和模式识别技术分别从知识驱动和数据驱动的角度，为数据要素的处理提供了核心支持。专家系统通过规则化知识表示与推理，将领域知识转化为可执行的逻辑流程；模式识别则通过算法对数据中的模式进行

自动化提取,为分类和预测提供基础。两者共同推动了数据向智慧的转化,为现代人工智能技术的发展提供了早期支撑。在这一体系的启发下,人工智能技术从规则化的知识表达逐步迈向数据驱动的学习模式,走向更广阔的智慧化未来。

3.2 青铜豆体系：从大数据到人工智能的探索

尽管“金字塔”及其带来的专家系统对科学技术发展起到了巨大的推动作用,尤其是在工程、通信、控制等领域的应用。但是随着信息时代的到来,尤其是人工智能技术的兴起,人们逐步意识到,传统的“信号—消息—数据—信息—知识—智慧”框架虽然依然有其重要价值,但它已经逐渐无法适应数字社会中的快速变化和复杂需求。在传统的框架中,数据被视为静态记录,通过人类的分析和推理转化为信息,再进一步形成知识和智慧。这个过程通常是线性的、由人为定义规则和经验驱动的,虽然有效,但相对缓慢且受限于人的处理能力。

正因如此,传统的“金字塔”体系逐渐向新一代的“数据智慧”体系过渡。在这一体系中,数据不再是被动的记录,而是成为推动社会、经济和技术变革的主动资源。通过人工智能技术的模型和算法,数据能够快速生成智慧应用,直接服务于决策和执行。我们将这一模型称为“青铜豆”模型,它形成“信号—消息—大数据—大模型—智慧”由低到高的五层次架构,它能够直观地展示这一转变路径,描述从信号到智慧的递进过程,揭示了每个层次在新“数据智慧”体系中的角色(图 3.2)。



图 3.2 青铜豆及“数据智慧”体系图示

“青铜豆”模型呈现了一个从简单到复杂的演化过程,在这个模型中,每一层的“豆”形象象征着从简单的信号到复杂智慧的逐步累积。这个渐变过程并不是线性的,而是呈指数增长的模式,正如在实际应用中数据量的急剧增加,从最初的简单信号逐渐衍生出大量信息与数据。随着信号处理技术的快速发展,数据量的产生呈指数型增长。以智能驾驶为例,汽车的自动驾驶系统依赖多个传感器采集信号数据。这些信号可以是路面的障碍物、其他车辆的速度、行人的位置等信息。通过