

1. Do you think Information Science significant to you? What do you want to learn from the program?
2. What, do you think, is Information Science (IS)? What is the difference among Information Science, Information Theory, and Communication Theory or Computer Science?

1、信息科学是指以信息为主要研究对象，以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，以信息科学方法论为主要研究方法，以计算机等技术为主要研究工具，以扩展人类的信息功能为主要目标的一门科学。我认为信息科学就是研究信息，找寻信息的规律，利用和总结这些规律，来找到更好更高效的扩展信息功能的方法。

信息科学，上面已经提到了信息科学的概念和定义，它主要以信息为研究对象，这是它区别于其它科学的最根本的地方。

信息理论，通常指经典信息论，仙农提出的信息熵理论。信息论是一门用数理统计方法来研究信息的度量、传递和变换规律的科学。它主要是研究通讯和控制系统中普遍存在着信息传递的共同规律以及研究最佳解决信息的获限、度量、变换、储存和传递等问题的基础理论。

通信原理，通信原理的主要理论体系，即信息论基础、编码理论、调制与解调理论、同步和信道复用等。区别在于通信原理主要的研究目的是如何高效准确的传送消息（数据、语音和图像等）。

计算机科学，研究计算机及其周围各种现象和规律的科学，亦即研究计算机系统结构、程序系统（即软件）、人工智能以及计算本身的性质和问题的学科。计算机科学是一门包含各种各样与计算和信息处理相关主题的系统学科，从抽象的算法分析、形式化语法等等，到更具体的主题如编程语言、程序设计、软件和硬件等。

2、我认为信息科学对我们大学生是很重要的一门学科。首先，我们研究的通信方面与信息科学本身存在极大的关联；其次，信息科学可以看作是一个指南针，为很多的研究指明了方向，那么学习它是从根本上对自己的研究打基础；第三，现在大家对信息科学理解大部分都停留在经典信息论的部分，那么我们需要不断的去发展和学习信息科学，所以说信息科学对于我们来说是很有意义的。2、

1. How should we define the concept of Information?
2. What are the relationship and difference between Shannon Info and the Comprehensive Info?
3. How to reasonably classify Information?
4. How to properly represent Information?

1、信息的定义：香农和韦弗 1948 年在《通信的数学理论》中指出：“凡是在一种情况下能减少不确定性的任何事物都叫做信息（information）”。钟教授对信息的定义：“信息是事物的运动状态及其状态变化的方式。”我认为信息是在事物运动状态中产生的减少不确定性的事物。

2、信息论（Information Theory）是人们在长期的通信工程的实践中总结经验，由通信技术与概率论、随机过程、数理统计相结合而逐步发展起来的一门科学。全信息（Comprehensive Information）是主体关于“事物运

动状态及其变化方式”的表述，包括“状态-方式”的形式、内容和价值的表述。或者把同时考虑事物运动状态及其变化方式的外在形式、内在含义和效用价值的认识论层次信息称为全信息。

全信息理论与经典信息论的区别。从经典信息论对信息的定义中也可以看到其应用的前提条件是，事物状态的变化或事件的发生是随机的可以用概率空间来描述的，从而利用不确定性的计算来计算其信息量。实际事件发生的不确定性通常含有模糊性的因素，而香农理论则无法涵盖。根据全信息理论来看，经典信息论讨论的是语法信息，其目的是应用于通信系统，因此忽略了语义和语用信息，而这种缺陷可能就是导致目前通信系统中信息保密、安全方面问题的根源。经典信息论（香农信息论）认为最基本的通信系统模型如下：信源-信道-信宿。是一个抽象的通信系统的数字模型，忽视了信息的价值，不能涉及到真正意义上的“信息”。全信息的模型则是语法信息（形式）、语义信息（内容）、语用信息（价值）三位一体，将客体，符号和主体联系起来，形成一个具体的模型，充分反映了信息的本质。

3、语法信息（形式）、语义信息（内容）、语用信息（价值）

4、语法信息，就是主体所感知或所表述的事物运动状态和方式的形式化关系。

语义信息，就是认识主体所感知或所表述的事物运动状态和方式的逻辑含义。

语用信息，就是认识主体所感知或所表述的事物运动状态和方式相对于某种目的的效用。

先验信息：观察者关于某事物的先验信息是指他在观察之前通过某种途径所感知的该事物运动的状态和方式。

实得信息：在观察过程中，观察者关于某事物的实得信息，是指他通过观察所新感知到的该事物运动的状态和方式。

实在信息，是指该事物实际的运动状态和方式，这也是在理想观察条件下观察者所获得的关于该事物的全部信息。

Exercises

1. Do you think information measurable? Why and Why not?

2. What is the basic ideas of information measuring?

3. What are the differences in comprehensive information Measuring, compared with Shannon method?

4. How do you think of the indicating parameters, t_n and u_n , for semantic and pragmatic information?

3、

1、我认为信息是可以度量的。信息也是一种事物，世界上的所有的事物在被人理解和应用的方面来讲都是可以度量的，在过去的理论中也有很多学者提出了各种度量信息的方法，所以我认为信息是可以度量的。

2、香农（C. E. Shannon）信息论应用概率来描述不确定性。信息是用不确定性的量度定义的。一个消息的可能性愈小，其信息愈多；而消息的可能性愈大，则其信息愈少。事件出现的概率小，不确定性越多，信息量就大，反之则少。

3、在 1928 年 Hartly 提出了一种度量信息量的方法，就是最早的信息测度方法，即用符号序列数来表示信息量的大小，这种方法排除了主观因素，建立了纯粹化信息测度，这一方法后来由香农的信息熵继承，以香农为代表的经典信息论提出的理论是，事物状态的变化或事件的发生是随机的，

可以用概率空间来描述,根据“事物运动状态或存在方式的不确定性”的大小,来计算其信息量。然而实际中许多事件发生的不确定性不是仅由随机性引发的,还有模糊性的因素。况且随机性事件也不一定都存在概率空间或合适的概率空间。两者都存在根本的缺陷是没有考虑语义和语用信息,

钟教授定义仅仅计及外在形式因素的信息部分称为“语法信息”;计及内在含义因素的信息部分称为“语义信息”;计及效用价值因素的信息部分称为“语用信息”。“综合语用信息”是包括了语法信息、语义信息的语用信息,它综合反映了事物状态变化的外在形式、内在含义和效用价值。钟教授定义了一个“综合效用度”来测度全信息的信息量。

4、在理解语义信息时,我们要解决的是事物各种运动状态在逻辑上的真实程度的描述问题,所以设置了一个“状态逻辑真实度”参量,记为 t ,当 t 等于1的时候状态逻辑度为真, t 等于0的时候状态逻辑度为假,当 t 等于1/2的时候状态逻辑度不定, t 在0和1之间时状态效用模糊。如果某个事物 X 具有 N 个可能的运动状态: $\{X_n, n=1, \dots, N\}$,记状态 X_n 的逻辑真实度为 t_n , t_n 的总和不一定归一。

在描述语用信息时,我们采用效用度的概念来处理事物运动状态及其变化方式的价值表征的问题。设置一个“状态效用度”参量,记为 u ,当 u 等于1的时候状态效用度最大, u 等于0的时候状态效用最小, u 在0和1之间时状态效用模糊。具体来说如果某事物 X 具有 N 个可能的运动状态 $\{X_n, n=1, \dots, N\}$,记状态 X_n 的效用度为 U_n , U_n 的总和不一定归一。4、

Exercises

1. Why can only syntactic information be sensed?

2. Please state the principles of pattern recognition.

3. What are the principles of machine learning? Do you find any problems in present form of machine learning?

4. Do you have any idea to improve the quality of machine learning in general?

1、因为仙农指出,通信工程的基本任务,是在噪声干扰下尽可能准确的复制从发端传来的消息波形,而与消息的内容和价值无关。并且一个实际的消息是从可能消息的集合中随即选择出来的,是一种大量重复发证的统计现象。仙农将信息定义为用来消除不定性的东西,运用非决定论的观点和统计方法,解决了概率型语法信息的定量测度。

2、模式识别的基本原理。

第一,语法信息识别(分类)的基本原理是信息特征的比较。不同那个类别的信息,其特征也不相同。因此,把握了类别特征,原则上就可能准确识别。

第二,识别的准则是:相似而认同,相异而拒斥。因此,建立信息类别相似性(或差异性)的表示和度量是信息识别的关键。

第三,由于环境存在干扰,待识别的信息不理想,信息类别下相似性的表达不完善,因此无论怎样设计信息识别系统,理想的识别是不现实的。

第四,更为有效的信息识别方法,是对全信息的“理解”。

3、机器学习的原理:

第一,及其学习系统必须设置明确的目的,以知道学习的方向;机器学习系统必须有反馈机制,以便通过学习效果与学习目的的比较来改进学习的性能。

第二,及其学习系统硬钢充分利用全信息,使系统能够理解学习的“目的”,并根据全信息作出学习的性能判断。

第三,在系统不能利用全信息的情况下,机器学习就只能采用“大量统计”的方法和“随即凑试”的技术途径。这是目前大多数机器学习的共同特征。

目前存在的机器学习系统都局限于简单的基础学习模式,更多的重复的机械活动的不断叠加和筛选来达到目的,高效的学习模式实现困难,在机器学习没有运用全信息理论的情况下,学习的理论都是单一的语法信息,会阻碍人机交互的发展,如何在学习系统中充分利用全信息来改善机器系统仍然有很长的路要走。

4. 现今的机器学习系统有很多种,每一种都有各自不同的特点,可以根据实际情况运用在不同场合,在对学习质量要求高的场合需要更高效的方法,然而计算机无法真正的模拟人脑的运算方式,通过归纳学习的方式可以部分提高学习质量。通过深度强化学习可以部分达到人类控制的水平。

5、

Exercises

1. Are you satisfied with the statements on the principles of information transferring? Why?

2. What if applying comprehensive information theory in communication? Give examples.

1. 您是否满意对信息传递原理的描述?为什么呢?

信息传递原理又是通常所说的“通信论”是信息科学的分支。信息传递的实质,就是一种事物运动的状态及其状态变化的方式脱离开源事物而附着于另一事物并通过后者的运动将这种状态方式在空间中从一点传到另一点。传统的通信论中普遍强调的是语法信息的传递,而与信息的内容和价值无关,于是将信息的传递的传递理解为概率语法信息的传递。所以我认为这里对信息传递原理的描述是合适的但不够的,通信系统不能仅仅是搬运工,而应该是运动的载体,“由语法信息恢复全信息”的任务落在人的思维上,以后的科学发展将有人工智能系统来完成。

2. 如果在通信中应用的全信息理论?请举例说明。

在通信系统的最佳接收部分我们可以应用全信息理论。首先经典信息论下的最佳接收是事件发生概率为随机,通过条件概率作为决策的依据,通过后验概率决策规则来判断发送端信息。那么在考虑实际问题时,人们不仅要研究差错率的大小,更要研究决策差错所造成的损失或所必须付出的代价。但实际上,倘若发生的决策差错并不引起任何损失,不需要付出任何代价,那么这种差错的概率是大是就无所谓了,引入了全信息理论,即在语法信息的基础上增加了语义信息和语用信息对信息决策规则的影响。以平均信息量损失最小为准则的最佳决策规则,以平均风险为准则的最小平均风险准则,以全差错概率为准则的理想观察者决策规则,以加权差错概率为准则的加权差错概率决策规则。6、

Exercises

1. What is the difference between **signal processing and information Processing**? Give examples.
2. Why cannot increase **syntactic information amount** via information processing? Give examples.
3. What is the relationship between **conventional information and intelligent Information processing**?
4. Do you have the experiences in dealing with **any kind of information processing: signal, conventional, intelligent**? Give one **example or more**.

1、信息不能脱离载体存在，因此，信息处理必须通过载体来处理或操作执行。信息处理通过对载体的处理表现出来，从这里看信息处理和信号处理是相似的。信息处理通常指随即信号处理，而信号处理指非随机信号处理。信息处理是对信息的操作而不是对载体信号本身的处理。例如，我们一串 01 二进制序列是数字信号，我们对二进制序列的编码处理就是做信号处理，在这个过程中我们没有考虑这一串信号所携带的信息是什么，但是当我们考虑到一个事件的发生，并对这个事件做出判断其肯定度，真实度时就是对信息进行了处理。

2、信息分为语法信息、语义信息和语用信息。信息具有相对独立性，可以无限地进行复制，但本身的语法信息不会增加。信息处理是必要的，因为大多数种类的信息的原始的形式可能不好使用，因此信息处理是后续操作的基础。信息处理的唯一目的是使原始形式的信息等被更容易和更好地使用。换句话说，信息处理的作用是使信息能更方便的被使用，而不是增加信息的数量。例如，在通信工程中，语法信息只关注传递的波形，而不关注波形的含义和价值，对波形的处理只不过是减少了噪声对原始波形的干扰，让原有的语法信息能更好的被人们所使用。

3、在人类的大脑中，传统的信息处理海马（古代皮质）和丘脑（旧皮质）中进行。智能信息处理将新皮层的所有感官联合在一起共同处理问题，以产生全面的知识和决策。每当“不确定性”成为问题的关键性因素时，智能信息处理被定义为需要其智能的能力来解决问题，而不是依靠其计算能力。所有的没有不确定性的处理都被认为是传统的信息处理。

4、在本科期间有做过语音信号处理的工作，将语音进行采集、编码、压缩和存储，然后再读取、解压、解码和播放出来，语音信号是模拟的波形，将模拟的波形通过模数转换变成数字信号，然后对二进制序列进行编码处理，从而能够高效的存储，这些都是信号处理的过程，现在有很多语音识别软件，可以识别语音命令来执行相应的操作，这些可以看作是智能信息处理。7.1、

Exercises

1. How do you understand the relationship between **knowledge and information**?
2. Do you agree the first category of the Law of Information Conversion? Why and why not?
3. How do you understand the **primary consciousness, or equivalently awareness**?

1、信息：通常我们说的信息是关于某个事物，知道这个事物现在处在什么样的运动状态以及知道这个运动状态会按照什么方式发生变化。本体论信息是指事物运动的状态和状

态变化的方式本身；认识论信息是指主体所表述的事物运动的状态及其变化方式，包括这些状态/方式的形式、含义和价值。知识是由经验总结升华出来的，知识是经验的结晶。与认识论信息不同在于知识强调的是“事物运动状态变化的规律”，而不是简单的“事物运动状态变化的方式”。认识论信息是具体的，通过人对信息的加工转变成为抽象的知识，同时信息虽然可以被加工成为知识，但信息却不一定就是知识。

2、我同意第一类信息转换规律。因为，本体论信息是一种直观的信息，可以很容易的得到，但不能容易的使用，也是我们说的语法信息。第一类信息转换是信息内部的转换，是语法信息到语义和语用信息的转换，是将复杂的信息转换成有价值的，容易被人使用的信息的过程。例如，一个教室，首先得到的信息是这是一个正方形的空间，长宽高是多少，里面有些什么东西，但人的大脑将这些信息处理转换成为“教室”和“教室可以用来自习和上课”的信息。这样的转换是重要的，是信息处理的基础，只有经过了这些转换，才是真正意义的全信息。

3、你如何理解主意识，或等价意识？这个没有在书中或 PPT 中找到相应的概念。7.2、

Exercises

1. How do you **evaluate** the significance that Law of Information Conversion may have?
2. Try to **check out** the conceptualized algorithms for **three, or more, categories of the information conversion, which are listed in the “Summary” in next pages**.

1、信息转换规律研究具有极其深远的意义。在信息转换的过程中，第一步是对信息进行认知的过程，由信息提炼知识的算法，对知识进行归纳和演绎，从而得到新的知识。我们知道这一步是非常重要的，因为他是沟通全信息理论—知识理论—智能理论之前的桥梁，为简历“信息—知识—智能的转换与统一理论”奠定必要的基础；第二步是通过对信息的认知得到策略，因为认知本身不等与解决实际问题，不解决实际问题就不可能改善人类生存和发展的环境和条件，所以，面对实际的问题，我们要运用科学的信息分析方法，通过综合处理信息、知识和目标来解决问题。以上可以看出不管是在那个方面，信息转换规律对科学的进步和发展或者是人类生活都有着极其重要的意义。研究清楚了这些规律才能更好的解决问题。

2、算法 1：本体论信息→语法信息

- 1) 给定一个变量：X
- 2) 建立一个映射： $X \rightarrow Y$
- 3) 计算映射的误差：
- 4) 如果误差小于某一个值，则映射 Y 是满意的，反之，回到第二步，直到映射是满意的；
- 5) X 是本体论信息，Y 是语法信息。

算法 2：语法信息→语用信息

- 1) 给出问题和相关目标，G；
- 2) 给出 X_n 和 Z_n 的一个优先信息： $\{X_n \xleftrightarrow{G} Z_n \mid n = 0, 1, 2, \dots\}$
- 3) 输入一个新的 X。将 X 与 X_n 做比较。如果 $|X - X_n| = \varepsilon_{min}$

这时设计一个与 X 有关的量 Z_{n0} , 有 $X_{n0} \rightarrow Z_{n0}$.

4) 如果 X 不属于 $\{X_n\}$, 则经由实际经验或计算得到 Z

$Z = k \text{ Cor } (X, G)$.

算法 3: 语法和语用 \rightarrow 语义信息

1) 给出问题 P 和目标 G

2) 通过应用算法 1 获得语法信息 X

3) 通过应用算法 2 掌握语用信息 Z

4) 通过对 X 和 Z 的推导得到 Y 。在最简单的情况下, 推导过程可以简化为“求和”

$$Y \Leftarrow X \cup Z$$

5) 得到的 Y 是与 X 和 Z 相关的语用信息。8、

Exercises

1. Please give your own explanation on the mechanism for information-action conversion.

2. Try to prove the "Information Threshold Criterion" in the designing of control systems.

3. Do you agree the saying that control theory is a part of information science? Why and why not?

1、控制机制就是从信息到行为的过程中, 实现由决策指导行为的执行, 从而将信息通过有效用的行动表达出来。在一个事件中, 决策到执行中起作用的是信息, 通常是有用的经验信息, 而由执行到事件产生则是由行为来决定。换一种方式来说, 就是针对给定的问题、问题的环境和目标, 有效的获得与问题和环境相关的信息, 恰当的处理这些信息以生成相应的知识, 并在目标的引导下由知识再生出求解问题的智能策略, 然后把所生成的智能策略转变成智能行为, 从而成功的解决所面对的问题。其中知识与智能之间的转化是通过形成求解问题的策略来实现的, 而求解问题的策略有事在所求解问题的目标的引导下有相关的知识所生成的。

2、控制的信息阈值法则: 在最简控制模型中, 为了实现有效的控制, 首先必须获得被控对象的信息 (这里以 $H(X)$ 来描述) 和环境信息 (这里表现为干扰, 用 $H(N)$ 来描述), 为了在这种情况下实现 $H(X|Y)=0$ 的控制目标, 控制信息量 $H(Y)$ 必须大于、至少必须等于干扰信息量 $H(N)$ 。如果满足这个条件, 控制目标就可能实现; 反之如果不能满足这个条件, 控制目标就不可能实现。

证明如下: 假定 $H(X|Y)=0; H(X)=H(N)$;

由 $I(X;Y)=H(X)-H(X|Y)$; 得到

$$H(X|Y)=H(X)-[H(Y)-H(Y|X)]=H(Y|X)+H(X)-H(Y);$$

因为恒有 $H(Y|X) \geq 0$ 故有 $H(X|Y) \geq H(X)-H(Y)$;

得到 $H(Y) \geq H(X)$ 即 $H(Y) \geq H(N)$ 。

3、我同意控制论是信息科学的组成部分的说法。N. Wiener 说过: “工程中的控制理论, 不论是关于人、动物还是机器、都不过是信息理论中的一部分”。控制的基础在信息, 没有信息, 没有从信息中加工出来的控制策略, 控制就会是盲目的。信息不但是控制的基础, 更是控制的出发点、前提和归宿——改变控制对象的运动状态机器变化方式, 使之符合控制的目标。控制就是信息的施效, 信息的效用也是为了实现对外部世界的合理控制。抓住信息问题, 即信息的获取、加工和利用, 就是抓住了控制理论的核心和灵魂。所以说控制论是信息理论中的一部分。9、

Exercises

1. Please provide your own understanding on the interrelation between information science and system science.

2. Why do open and closed systems have different behaviors?

3. What are the conditions by which a system can be said a self-organized and how to make a system self-organized?

1、系统科学是以系统为研究对象的基础理论。系统是指互相联系、互相作用并具有一定整体目的和整体功能的诸要素的有机综合体。系统科学与信息科学不同但存在着一定的联系。首先研究对象不同, 系统不等同与信息, 但信息是系统的灵魂; 其次系统科学以系统思想为中心, 侧重研究系统之间的特性, 以及如何优化系统。

2、因为开放的系统会产生自组织 (序化) 行为, 而封闭系统则不会, 从而导致了两种系统的行为差异。

3、一个自组织系统的必要条件是这个系统是开放的, 同时这个开放的系统能够与外部世界进行物质、能量和信息交换, 但这不是系统实现自组织的充分条件。要使系统成为一个自组织系统, 必须保证系统开放之后, 与外部环境交换的结果有利于降低系统的熵值水平, 实际上, 就是要求从外部环境获得必要的信息 (负熵) 来降低系统的熵值水平。系统自组织机制就是在满足一定条件的时候 (由系统序参量的变化来实现这种条件), 系统原有的稳定平衡状态就会产生“二分支”的突变现象, 变为不稳定的平衡状态。在这种情况下, 由于随机力的作用, 有可以使系统由不稳定平衡状态转变到新的稳定平衡状态, 从而实现了自组织。

10、

1、方法论是关于方法的理论。方法论, 就是人们认识世界、改造世界的一般方法, 是人们用什么样的方式、方法来观察事物和处理问题。传统自然科学方法论有一个完整的体系, 包括观察的方法、实验的方法、收集和处理数据的方法、科学抽象的方法、假说检验与理论建构、数学方法等等。科学方法论, 包括培根阐述的实验方法与归纳逻辑、笛卡儿论述的数学方法与演绎逻辑, 以及贝塔郎菲的一般系统论方法与中国曾邦哲的系统逻辑《结构论》。研究各门具体学科, 带有一定普遍意义, 适用于许多有关领域的方法理论是一般科学方法论; 研究某一具体学科, 涉及某一具体领域的方法理论是具体科学方法论。

2、理解方法论是必要的, 也是我们需要去理解和学习的。因为方法论是研究问题的基础, 随着时代的前景, 人们认识能力的提高以及新的研究对象和研究内容的出现, 不断的有新的科学方法论出现和发展, 补充原有方法论的不足, 新城更完善的方法论体系。自 19 世纪末 20 世纪初物理学革命以后, 各门科学都有了突飞猛进的发展。方法论在科学知识中的比重日益提高, 方法论对科学发展的作用也日益显著。所以我们要认识方法论, 研究新的方法论, 不断的掌握认识问题方法和提高解决问题的能力。

3、在信息已经成为当代和未来社会最重要的战略资源之一的环境下, 形成了信息科学方法论, 指导人们对信息资源进行开发、加工和利用, 从而更好的认识和改造世界。信息科

学方法论本身具有独立和相对完整的体系结构，包含三个基本“方法”和两个基本“法则”（1）信息系统更细方法（认识复杂事物的方法）；（2）信息系统综合方法（综合复杂系统的方法）；（3）信息系统进化方法（变革复杂系统的方法）；（4）物质能量信息三位一体准则；（5）结构功能行为辩证相依准则。

一、科学技术发展四大规律

four major laws of science and technology

辅人律：科学技术如何产生，辅助人类扩展认识世界和改造世界的能力，辅助人类扩展争取更好生存与发展条件的能力

拟人律：产生后按照什么规律发展，科学技术的发展方向跟随着人类能力扩展的需求亦步亦趋，贯彻始终。

共生律：发展的结果与人类形成什么关系，人类的全部能力是自身能力加上科学技术产物的能力。

互动律：科学技术与经济社会的相互作用，信息科学和信息技术的发展无可避免地导致信息经济和信息社会的出现。

二、信息过程模型和原理

model and principal of information process

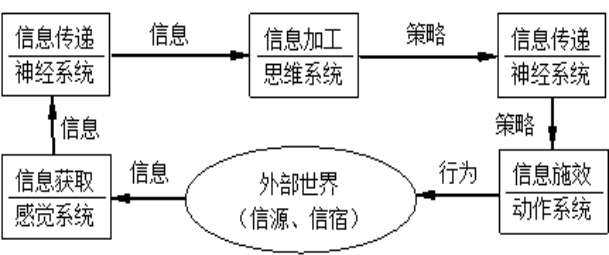


图 1.23 典型（人类）的信息过程信息

信息运动过程有：

- 1、信息获取 - 信息和感知和识别
- 2、信息传递 - 把事物的运动状态和运动方式从空间或时间上的一点传送到另一点
- 3、信息处理 - 对第一类认识论信息进行适当地加工和处理，获得知识，实现认知
- 4、信息再生 - 利用已有的信息来产生新信息，即制定决策（第二类认识论信息）的过程
- 5、信息施效 - 发挥信息的效用，其中最重要的形式是控制
- 6、信息组织 - 对整个系统的优化

原理：

本体论信息：外部世界的问题与环境产生本体论信息

信息获取原理：感知与识别，产生第一类认识论信息

信息传递原理：通信与存储，传递第一类认识论信息

信息认知原理：处理与计算，把第一类认识论信息转变为知识

信息再生原理：综合决策，把知识激活为第二类认识论信息

信息的施效原理 - 控制与显示，把智能策略转化为智能行为

信息的组织原理 - 实施系统全过程的优化

三、本体论信息与认识论信息分别是什么

ontological information and epistemological

information

本体论信息：某个事物运动的状态及其变化方式的自我表述，是一种客观的存在，不以主体的存在而转移
认识论信息：主体所感知（或所表述）的关于某事物的运动状态及其变化方式，包括这种状态/方式的形式，含义和效用，是同时计及语法信息、语义信息和语用信息的全信息。

四、什么是语法信息，语用信息和语义信息？

Syntactic information, pragmatic information, semantic information

同时考虑事物运动状态及其变化方式的外在形式，内在含义与效用价值的认识论层次信息称为全信息。

语法信息：只考虑运动状态及其变化方式的外在形式因素的信息部分；

语义信息：只考虑运动状态及其变化方式的含义因素的信息部分；

语用信息：只考虑运动状态及其变化方式的效用因素的信息部分；

五、信息的特征、性质、功能和分类

characteristics, nature, function, classification of information

信息的特征：

- 1、信息来源于物质，又不是物质本身
- 2、信息来源于精神世界，但是又不限于精神领域
- 3、信息与能量息息相关，但是又与能量有质的区别
- 4、信息可以被提炼成知识，但是信息本身不等于知识
- 5、信息的具体的，可以被主体所感知、提取、识别，可以被传递、存储、变换、处理、显示、检索和利用
- 6、信息可以被复制，可以被共享
- 7、语法信息在传递和处理过程中永不增值
- 8、在封闭系统中，语法信息的最大值不变

信息的性质：

普遍性、无限性、相对性、传递性、变换性、有序性、动态性、转化性

信息的功能：

信息是一切生物进化的导向资源，是知识的来源，是决策的依据，是控制的灵魂，是思维的材料，是管理的基础，其中最重要的功能是可以过一定的算法被加工成知识，并针对给定的目标激活成为求解问题的智能策略，进而按照策略求解实际问题。

信息的分类：

信息 - 语用信息 语义信息；语法信息 - 离散状态 - 有限状态 - 模糊状态 - 模糊信息；明晰状态 - 概率信息；偶发信息；确定型信息

六、全信息与香农信息分别是什么？

Comprehensive information and shanno information

全信息是考虑事物运动状态及其变化方式的外在形式，内在含义与效用价值的认识论层次信息，将客体、符号和主体联系起来形成具体的模型，充分反映信息的本质。

香农信息是凡是在一种情况下能减少不确定性的任何

事物，事物状态的变化或事件的发生用概率空间描述，利用不确定性的多少计算其信息量，是一种概率型的语法信息，忽略了通常含有的模糊性因素，其目的是应用于通信系统从而忽略了语义信息和语用信息。

七、香农信息论对于通信工程与信息科学的意义？

The significance of Shanno information theory to communication engineering and information science

对通信工程的意义：

香农信息论用统计的方法建立了通信系统中信源信息的度量、信道容量的度量以及保障通信系统信息传输有效性和可靠性的编码定理。对通信系统信息规律的揭示和阐释可以说是淋漓尽致，直到今天，通信系统的信息理论仍然没有超出它的框架，通信科学技术工作者至今还享受着它的惠益。

对信息科学的意义：

全信息理论与香农理论的关系就是一种继承与发展的关系：继承了信息论的成功部分，突破了信息论的重大局限（包括统计方法带来的局限，包括忽视语义信息和语用信息所带来的局限），建立了新的理论体系，即全信息理论。

八、信息科学、信息理论、通信理论的区别与联系？

differences and relationship between Information science, information theory communication theory
信息科学是指以信息为主要研究对象，以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，以信息科学方法论为主要研究方法，以计算机等技术为主要研究工具，以扩展人类的信息功能为主要目标的一门科学。信息科学面向智能系统，研究全信息，研究信息全过程的规律。

信息理论，通常指经典信息论，以通信系统为研究方向，以扩展信息传递功能为研究目标，以统计语法信息为研究内容，以信息传递过程为研究内容，以统计方法为研究方法，为研究信息传递理论和设计实际通信系统提供指导，是信息科学的一部分，忽略了信息的内容和价值，也回避了扩展人的思维能力的任务。

通信理论以信息理论为基础，以信息在传递过程中所必须遵循的规律和保证高质量、大容量、高速度传递信息所必须采取的方法和原则为研究内容，以准确迅速安全可靠地把第一类认识论信息从空间某一点传到另一点为研究目标，是研究信息在空间中传递的基本原理，中心问题是传递概率语法信息，与信息的内容和价值无关。

九、信息获取的必要性和充分性？

Necessity and sufficiency of information acquisition

信息获取包括信息感知、信息分类和机器学习。

必要性：世界无时无刻不在产生本体论信息，人们想要认识世界，首先必须能够获得本体论信息，并把本体论信息转化为第一类认识论信息，即需要进行信息获取。

充分性：

①一切事物的本体论信息乃是“事物所呈现的运动状态及其变化方式”，而不是事物本身，因而可以脱离开它的“源事物”而被转换和处理。这是信息可以被获取的根据。

②作为“事物所呈现的运动状态及其变化方式”的本体论信息可以通过该事物与其它事物（人类的感官和机器的传感系统）的相互作用而被后者所感受，条件是后者对前者所呈现的运动状态及其变化方式敏感。

十、信息感知的基本原理

basic approach of information sensing

- 作为事物运动状态及其变化方式的本体论信息可以通过与其他事物的相互作用而被后者所感知，条件是后者对前者的运动状态及其变化方式敏感
- 信息感知的实质是本体论信息向第一类认识论信息的语法信息的转换，它的技术本质是事物运动状态及其变化方式的载体转换
- 由于具体事物运动状态及其变化速度的有限性，信息感知在理论上有可能做到不丢失本体论信息的基本信息
- 无论怎样精巧的设计信息感知系统，它的第一类认识论信息的信息量都不可能超过本体论信息的信息量

十一、信息识别的基本方法有哪些？

Basic approach of Information recognition

- 1、统计识别法：要求出待识模式的某种统计特征（鉴别函数和判决阈），然后通过类比按决策规则做出分类判决。
- 2、语言学识别法：具有明确结构特征的模式可以用适当地形式语言描述，通过检验未知模式能否通过某种文法结构生成，可知道该模式是否与文法对应的模式同类。
- 3、非线性映射方法：提取表征求知模式的特征输入到训练好的神经网络中当输出层第 k 个神经元输出为 1 其他为 0 时，未知模式属于第 k 类

十二、机器学习、模式识别、神经网络之间的关系

relationship between machine learning , pattern recognition , neural network

机器学习：指计算机利用经验改善系统自身性能的行为，专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能，可以面向信息获取、信息传递、信息加工、信息决策和信息施效等等任务，系统类型包括监督学习系统、无监督学习系统等。

模式识别：把表征某种语法信息的一组形式化参量（特征）提取出来与相应地特征模板进行比较并根据他们之间匹配情况的差别来判断该信息所应归属的类别，其原则是相似而认同，相异而排斥。识别过程可以用概率论方法进行定量分析，也可以用启发式的算法进行推断，还可以利用非线性映射关系进行分类。

神经网络：从信息处理角度对人脑神经网络进行抽象，建立某种简单模型，按不同的连接方式组成不同

的网络，试图通过模拟大脑神经网络处理、记忆信息的方式进行信息处理和模式识别。

模式识别是在信息感知的基础上进行的操作，它按照一定的模式识别方法将信息感知系统得到的特征与特征模板进行比较，从而得到类别结果，模式识别的方法可以为神经网络方法，具体算法可以通过机器学习得到。

十三、 认知的基本功能 basic function of cognition

认知，即由信息生成知识，是人类认识世界活动的核心环节，其功能实现的标识是知识的生成，它实现了由信息到知识（由现象到本质）的质变过程，包括由语法信息生成形态性知识、由语法和语用信息生成效用性知识以及由形态性知识和效用性知识生成内容性知识、由已有知识生成新知识。

十四、 计算机信息处理与人与动物认知的差异

differences of cognition between computer information management and humans ,animals

计算机信息处理包括由敏感单元和表示单元组成的信息感知系统和模式识别系统，在感知过程中只感受事物运动状态及其状态变化方式的形式，即语法信息，而没有语义语用信息，从而模式识别过程只能采用大量统计和随机凑试的技术途径来进行。

人类与动物具有全信息感知过程，由感觉器官实现感知信息，由神经系统实现信息传递，由思维器官完成信息处理和知识生成。

十五、 知识与信息的区别与联系

differences and relationship between knowledge and information

本体论信息是指事物运动的状态和状态变化的方式本身；认识论信息是指主体所表述的事物运动的状态及其变化方式，包括这些状态/方式的形式、含义和价值。知识是认识论范畴的概念，表述的是事物的运动状态及状态变化的规律，是信息加工的规律性产物，是第二类认识论信息。

知识直接同认识论信息相联系，而不直接同本体论信息相联系，强调的是“事物运动状态变化的规律”，而不是简单的“事物运动状态变化的方式”，信息虽然可以被加工成为知识，但信息却不一定就是知识。

十六、 知识生成的本质机制，能否提出其他的知识生成机制（形态性知识生成，内容性知识生成，效用型知识生成，推理和决策性知识生成）和算法？

Mechanism of knowledge producing, can you propose other mechanism and algorithm of knowledge(concept, content, value, reasoning and decision making knowledge) producing

知识生成有两种途径，一个是从实践中逐步积累，把所观察的现象的共性核心升华成为概念，把所积累经验的精华上升为理论。另一个途径是由已知的知识通过推断产生新的知识。前者是由信息到知识、由具体到抽象的过程，逻辑上称为归纳，后者是从知识到知识、抽象到抽象的过程，逻辑上称为演绎。两者是相辅相成的知识生成手段。

十七、 知识生成十大算法

1、本体论信息 → 语法信息（感知）ontological - syntactic

- 给定一个刺激 $X=\{x_n|n\in(1,N)\}$
- 建立一个映射 $S, \{x_n\} \rightarrow \{y_n\}$
- 计算映射误差以判断同态或相似关系
- 如果映射误差小于设定值，则认为转换是满意或可以接受的，反之则回到第二步直到满足要求
- X 是本体论信息， Y 是语法信息

2、语法信息 → 语用信息 syntactic - pragmatic

- 给定问题和相关目标 G
- 给出先验知识 $KB, \{X_n \leq G \Rightarrow Z_n | n=0, 1, 2, \dots\}$
- 输入新的 X 并与 X_n 作比较，如果 $|X-X_n|=e_{min}$ ，则将满足 $X_n \rightarrow Z_n$ 的 Z_n 分配给 X
- 如果 X 不属于 $\{X_n\}$ ，则通过实际经验或计算 $Z=kCor(X, G)$ 得到 Z

3、语法和语用信息 → 语义信息 syntactic&pragmatic - semantic

- 给出问题 P 和目标 G
- 利用 A.1 生成语法信息 X
- 利用 A.2 生成语用信息 Z
- 通过对 X 与 Z 的推导得到 Y ，最简单的方法是在 X 与 Z 之间建立有与逻辑含义的映射关系 $Y \leq X \cap Z$
- Y 即是 Z, X 生成的语义信息

4、语法信息 → 形态性知识（概念）syntactic - formal knowledge(concept)

- 观察样本 $X(1)$ ，提取它的特征 $f(1)$ ，将 $X(1)$ 放入集合 C
- 观察样本 $X(2)$ ，提取其特征 $f(2)$ 并与 $f(1)$ 作比较，如果 $f(2)=f(1)$ ，将 $X(2)$ 放入 C ，否则舍弃 $X(2)$
- 把步骤 2 重复 n 次
- 当 n 充分大，可能存在一个稳定的 k 值 ($k < n$)，使 k 个样本具有共性特征 $f(x)$
- 满足特征 $f(x)$ 的 k 个样本构成一个特殊集合，称为 C （概念），概念的内涵即特征 $f(x)$ ，其外延为满足 $f(x)$ 条件的信息样本全体

5、语法信息 → 形态性知识（关系）syntactic - formal knowledge(relation)

- 信息总数为 N ， X 样本被选中的次数为 $n(X)$ ， X 与 Y 同时被选中的次数为 $n(X \cup Y)$
- X 的频率为 $f(X)=n(X)/N$ ， $X \cup Y$ 的频率为 $n(X \cup Y)/N$ ，关系 $X \Rightarrow Y$ 的支持度为 $C(X \Rightarrow Y) = f(X \cup Y)/f(X)$
- 给定最小值 f_0 和 c_0 ，找到满足 $f \geq f_0$ 的集合 $\{A\}$ ，称为高频繁集
- 找到 A 的所有非空子集 a
- 若有 $f(A)/f(a) \geq c_0$ ，则生成关系 $a \Rightarrow (A-a)$

7、语用信息 → 效用性知识(状态差异和差异发展趋势判断)

pragmatic - utility

- 给定问题 P 和目标 G
- 假定语法和语用信息样本集合 {X} 和 {Z} 是有效的
- 应用 A. 4 和 A. 5 得到形态性知识 KF, 根据 G, {X}, {Z} 和推理通过 A. 2 得到效用性知识 Ku
- 输入新样本 X 与 Z, 运行步骤 3, 如果 KF 和 Ku 是稳定的, 则算法停止
- 否则跳到步骤 2, 直到 KF 和 Ku 是稳定的

7、语义信息 → 内容性信息 semantic - content

- 利用 A. 4 和 A. 5 得到形态性知识 KF
- 利用 A. 6 得到效用性知识 Ku
- 基于 KF、Ku 和语义信息 Isem, 内容性知识为 $Kc \leq \cap (KF, Ku, Isem)$

8、经验信息 → 经验性决策 (神经网络 - 权值调整) empirical

- 给定信息, 问题的初始状态 P, 知识和规则库 C 和问题最终状态或目标 G
- 给定必需的先验知识并以合适的形式存于 KB
- 基于信息和知识训练系统生成初始决策并将问题的初始状态转为新状态
- 将新状态与目标进行比较, 计算两者间距离
- 如果距离足够小则停止, 否则转步骤 3 直到距离可以被接受

9、规范知识 → 规范性决策 (专家系统 - 规则序列即控制信息) regular

- 给定信息 PCG
- 给定相关知识并以合适形式存于 KB
- 通过推理产生初始决策并将问题由初始状态转为新状态
- 将新状态与与目标进行比较, 计算两者间距离
- 如果距离足够小、可以接受则停止, 否则转步骤 3 直到距离可以被接受

10、常识知识 → 常识性决策 (自动感知系统) commonsense

- 给定一类问题, 决策对这类问题的输入模式都有匹配的关系, 存储关系 $P \rightarrow A$ 到 KB
- 输入一个问题并识别其模式
- 产生与这个模式相关的动作

十八、 知识生态与进化

knowledge ecology and evolution

知识生态系统表现为两个基本方面: 内部生态系统和外部生态系统

知识的外部生态学规律: 知识由信息经过归纳而生成; 知识在目的的引导下经过演绎而生成成为策略。

知识的内部生态学规律: 知识内部在本能知识的支持下由欠成熟的经验知识通过完善而生长成为成熟的规范知识、又由规范知识和经验知识通过沉淀而生长成为过成熟的常识知识以及由常识知识通过某种复杂的进化机制而生长成为新增的本能知识。

十九、 智能的生成过程

generating process of intelligence

有针对性地获取问题即环境的信息, 恰当地对这些信息进行处理以提炼知识达到认知, 然后在此基础上结合主体的目的信息合理地产生解决问题的策略信息即狭义智能, 并利用所得到的策略信息转变智能行为, 在给定的环境下成功地解决问题, 满意地达到主体的目的, 概括来讲即信息经加工提炼成知识, 知识被目的激活而成智能, 包括四方面的要素 (信息, 知识、策略和行为) 和四方面的能力 (信息获取能力, 认知能力, 决策能力和施效能力)。

二十、 信息转换原理及其必要性

principle of information conversion and its necessity

信息转换原理即信息—知识—狭义智能—广义智能。信息是基本资源, 知识是对信息进行加工所得到的抽象化产物, 策略是由客体信息和主体目标演绎出来的智慧化身, 智能是把信息资源加工成知识, 进而把知识激活成解决问题的策略, 并在策略信息指导下具体解决问题的能力。即信息经加工提炼成知识, 知识被目的激活而成智能。人们通过信息认知过程把获得的信息转变为知识, 形成对外部世界相关事物运动规律的认知, 这一转换十分重要, 因为无知可能导致失败导致遭受淘汰, 但认知本身不等与解决实际问题, 不解决实际问题就不可能改善人类生存和发展的环境和条件, 所以需要信息生成策略来告诉人们采取何种运动状态和状态变化方式来达到预期目的。信息转换规律对科学的进步和发展或者是人类生活都有着极其重要的意义。

二十一、 如何使用模式识别、机器学习等智能方法实现信息的转换?

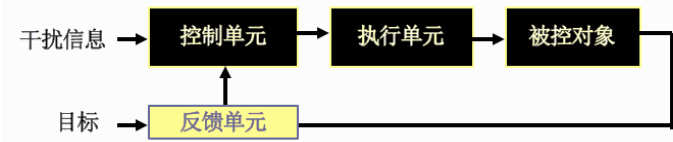
How can we use learning intelligent technology like pattern recognition/machine to realize information conversion?

感知系统感受环境有关事物运动状态及其变化方式得到第一类认识论信息的语法信息之后将响应输入到模式识别系统, 将其中表征这个语法信息的一组特征化参量提取出来与相应地特征模板进行比较, 根据他们之间的匹配情况的差别判断信息所应归属的类别。

输入到机器学习系统的学习与决策系统, 其中有保存语法信息与语义信息之间对应关系的全信息知识库, 根据目的需求从输入中选择适当地信息进行理解和分析, 如果存在一对多的情况, 则计算语义信息量和语用信息量然后选取最大的那个进行解释, 从而将语法

信息转化为全信息，形成相应的策略，然后按照策略控制环境的变化或调节自身的状态以便达到预定的目的，如果控制和调节的结果不能达到目的，就要从感知环节选择新的信息并进行与上述相似的加工决策、控制和调节等过程直到达到目的。

二十二、 信息控制的基本施教机制，适应与学习机制
mechanism of control, adaption and learning



控制信息由于干扰信息、目标信息和被控对象的信息经控制单元加工出来输入到执行单元，实现对目标的不断优化，并通过闭环反馈让控制单元了解控制效果从而使系统稳定工作。这种控制信息总是负载在一定形式的载体上，这种载体以自己的某种参量的变化来表现所载荷的信息，其中信息在整个过程中不发生改变。此外，控制信息量必须大于等于干扰信息量，即满足信息阈值原则。

系统的环境或系统内部的结构发生变化，如果能够满足性能函数 P 的要求，则称系统是适应性的，主要的功能部件为被控单元和控制者，仅根据当时瞬间的性能测度或之前某段时间的平均性能来改变控制参量，在计算新的控制参量时不能完全利用前面各次测量的性能结果。系统的环境发生变化，且经过时间 T 之后，能够满足性能 P 的要求，就称系统为学习系统。学习系统把控制参量的改变引起的性能加以分类一好和坏，然后对于好的性能加以鼓励，对于坏的结果加以惩罚，且具有记忆来充分利用过去的结果确定新的行为。

二十三、 信息自组织的优化原理
system optimization of information self-organizing

一个自组织系统的必要条件是这个系统是开放的，同时这个开放的系统能够与外部世界进行物质、能量和信息交换，但这不是系统实现自组织的充分条件，系统获得自组织的基本前提和关键在于能够从外部环境取得必要的信息一负熵，系统的自组织机制就是在系统满足开放和与外部环境进行适当地物质能量与信息交换（表现为外力、序参量）的条件下，系统原有的稳定平衡状态产生“二分支”的突变现象，变为不稳定的平衡状态，在这种情况下，由于随机力作用，可以使系统由不稳定平衡状态转变到稳定平衡状态，从而实现了自组织，在实现自组织的过程中，序参量起到了指挥者作用，其他子系统都在序参量的指挥下协

同动作，才产生了高度有序化的集体行动。

二十四、 举用信息科学原理方法进行研究的例子
do you have the experiences in dealing with any kind of information processing: signal, conventional, intelligent? Give one example or more.

研究目的：基于关联规则的商品推荐系统
研究方法：搜集 N 个用户的交易数据（本体论信息）并进行处理和提取购买项，统计某商品 A 被购买的次数、和另一商品 B 一同被购买的次数（信息处理），设置最小支持度和最小置信度并进行关联规则挖掘（信息再生），即得到用户买了某商品或商品集合 A 也极可能购买的其他商品集合 B，为单独购买了 A 的用户推荐 B（信息施教），检验被推荐用户是否进而购买了 B，如果推荐的购买转化率高于一阈值则保留该规则，否则则舍弃（信息组织）。

信息科学原理：
第一部分：
1、信息过程：The Content: Information Processes

1.1.2 The Content: Information Processes

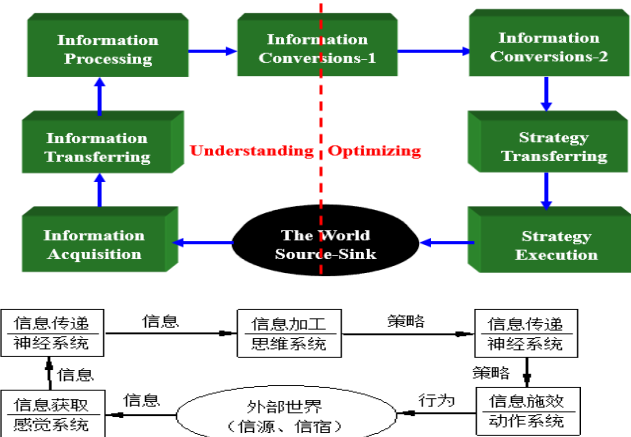
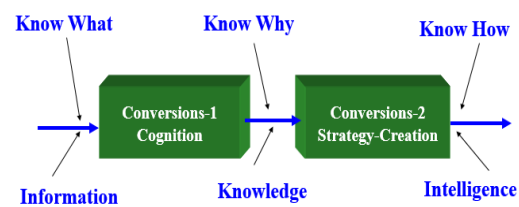


图 1.2.3 典型（人类）的信息过程信息

这个模型指出，人类认识世界和改造世界这个动态的永无停歇的信息活动包括以下一些基本过程：（1）外部世界各种对象不断产生信息的过程（信息源），（2）信息获取（由本体论信息转换为认识论信息）的过程，（3）信息传递（信息在空间和时间上的转移）的过程，（4）信息认知（包括信息的预处理和由信息生成知识）的过程，（5）信息再生（由信息和知识生成智能策略）的过程，（6）信息施教（把策略信息作用于对象和解决问题）的过程，（7）信息组织（系统优化）的过程。

2、信息转换：The Content: Information Conversion



2:



总结起来，信息、知识、智能之间的关系可以这样来表述：信息是基本资源；知识是对信息进行加工所得到的抽象化产物；策略（狭义智能）是由客体信息和主体目标演绎出来的智慧化身，（广义）智能是把信息资源加工成知识，进而把知识激活成解决问题的策略，并在策略信息引导下具体解决问题的能力。即：信息经加工提炼而成知识，知识被目的激活而成智能。

第二部分：

1、全信息与香浓信息 (Comprehensive Info、Shannon Info)

(1) 什么是全信息？

我们把这样同时考虑事物运动状态及其变化方式的外在形式、内在含义和效用价值的认识论层次信息称为“全信息”，而把仅仅计及其中的形式因素的信息部分称为“语法信息”，把计及其中的含义因素的信息部分称为“语义信息”，把计及其中效用因素的信息部分称为“语用信息”。换言之，认识论层次的信息乃是同时计及语法信息、语义信息和语用信息的全信息。

(2) 什么是香浓信息？

Shannon 信息论面向通信工程，决定了它在理论上具有强烈的通信特色。Shannon 在“通信数学理论”一文中明确指出：通信系统的基本问题是：在（统计）噪声背景下，在信息接收端近似地或精确地复制发送端发出的信号波形；信号波形的语义与通信工程无关，因而可以被忽略。

统计通信理论 + 语法信息理论 = 统计型语法信息传递理论

香农信息实际上是一种统计型语法信息传递理论。只考虑语法信息，不考虑语义信息和语用信息。

(3) 香浓信息与全信息的关系

Shannon 信息是一种“统计型的语法信息”，是“全信息”的一种特殊情形。

2、认知的基本功能：

信息认知原理本身所关心的主要问题是，要探索各种有效的机制，以便对信息进行“去粗取精，去伪存真，由表及里，由此及彼”的加工，从大量的原始的信息现象中抽象出具有普遍意义的科学本质，成为可供人们使用的知识。同时，如上所说，在此基础上还要探索各种有效的机制，把知识激活成为解决具体问题的智能策略，发挥信息和知识的效用。

认知有知识生成和知识激活两个主题：人们通过科学实验来发现新的知识（知识生成）；并运用所获得的知识来解决面临的各种复杂问题（知识激活）。

3、本体论信息与认识论信息：

本体论层次的信息 (Ontological Information) 定义：某事物的本体论层次信息，就是该事物运动的状态和状态变化方式的自我表述/自我显示。

认识论层次信息 (Epistemological Information) 定义是：主体关于某事物的认识论层次信息，是指主体所感知或表述的关于该事物的运动状态及其变化方式，包括状态及其变化方式的形式、含义和效用。

4、信息转换的原理：（信息 - 知识 - 智能）
(information-knowledge-intelligence)

总结起来，信息、知识、智能之间的关系可以这样来表述：信息是基本资源；知识是对信息进行加工所得到的抽象化产物；策略（狭义智能）是由客体信息和主体目标演绎出来的智慧化身，（广义）智能是把信息资源加工成知识，进而把知识激活成解决问题的策略，并在策略信息引导下具体解决问题的能力。即：信息经加工提炼而成知识，知识被目的激活而成智能。

5、语法信息 (Syntactic Information)、语用信息 (pragmatic information)、语义信息 (semantic information)：

我们把这样同时考虑事物运动状态及其变化方式的外在形式、内在含义和效用价值的认识论层次信息称为“全信息”，而把仅仅计及其中的形式因素的信息部分称为“语法信息”，把计及其中的含义因素的信息部分称为“语义信息”，把计及其中效用因素的信息部分称为“语用信息”。换言之，认识论层次的信息乃是同时计及语法信息、语义信息和语用信息的全信息。

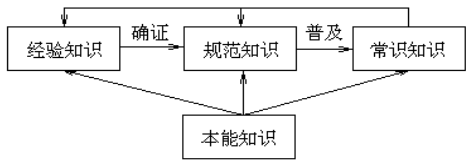
6、形态性知识 (Formal Knowledge)、内容性知识 (Content Knowledge)、效用性知识 (Value Knowledge)：

一切知识，它们所表达的“运动状态和状态变化的规律”必然具有一定的外部形态，与此相应的知识称为“形态性知识”；同时，知识所表达的运动状态和状态变化的规律也必然具有一定的逻辑内同，与此相应的知识可以称为“内容性知识”，最后，知识所表达的运动状态和状态变化的规律必然对认识主体呈现某种效用，几次相对应的知识可以称为“效用性知识”。形态性知识、内容性知识、效用性知识三者的综合，构成了知识的完整概念。

7、知识生态 (knowledge ecology) 与进化：(ppt07(2) 第 6 页开始)

知识生态系统表现为两个基本方面，即知识的内部生态系统和知识的外部生态系统。

内部生态系统：



图：知识的内部生态系统

先天获得的本能知识是一切知识生成的共同基础。经验知识是整个生态链的第一环，是一类“欠成熟”的知识；欠成熟的经验知识经过科学提炼确证，便成为规范知识，成为一类“成熟的”知识；经验知识和规范知识中的一部分经过普及则沉淀成为常识，这是一类“过成熟的”知识。总之，知识是一个生动的生长过程：在认识论信息的激励下，在本能知识的支持下，后天学习积累的知识不断由“欠成熟”到“成熟”再到“过成熟”，这就是生生不息的知识生长过程。

2、外部生态系统：

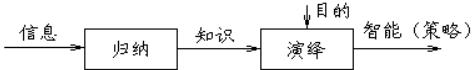


图 4.3.4 知识的外生态系统

一方面，知识是由信息（直接来看是认识论信息，更彻底地看是本体论信息）通过一定的“归纳型学习算法”而生长出来的，与此同时，知识又在目的（更具体地说是目标）的引导下通过一定的“演绎型学习算法”而生长出智能策略（即核心智能或狭义智能）。这就是“知识的外部生态过程”。

8、智能（intelligence）的生成过程：

图 6.1.1 示出了广义智能中“信息-知识-狭义智能(策略)”相互依存、共为一体的关系。这个关系也可以表达为：信息-知识-狭义智能-广义智能，它表现了由信息开始向着智能递进的关系。

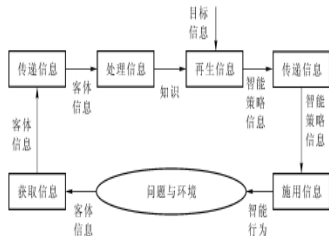


图 6.1.1 广义智能中的“信息-知识-狭义智能”关系

从问题环境中经获取信息并传递后，相应的客体信息到达了处理环节，在这里，客体信息被加工提炼成为相应的客体知识；然后，客体知识与主体的目标信息相结合，产生解决相应问题的智能策略信息，经过传递环节，智能策略信息达到施效环节，或者把智能策略信息转变成为相应的智能策略行为，在智能策略行为的干预下，问题得到解决。

第三部分：

知识（knowledge）与信息（information）的联系与区别：知识的定义：知识是认识论范畴的概念，它所表达的是事物的运动的状态和状态变化的规律。

信息的定义：本体论信息和认识论信息。

联系：知识和信息都关注事物的运动状态，知识是信息的产物。

区别：信息描绘事物具体的“状态变化方式”，而知识是抽象的“状态变化规律”。

知识，是信息加工的规律性产物。知识是一类高级的、抽象的而且具有普遍适用性的信息，不是普通的、粗糙的、具体的信息。知识必然是一类信息，是第二类认识论信息。但是，反过来，信息虽然可以被加工成为知识，但信息却不一定就是知识。

信息科学(Information Science)、信息理论(Information theory)、与通信理论(communication theory)的差别。

信息科学是以信息作为主要研究对象、以信息过程的运动规律作为主要研究内容、以信息科学方法论作为主要研究方法、以扩展人的信息功能(全部信息功能形成的有机整体就是智力功能)作为主要研究目标的一门科学。

信息科学与 shannon 信息论的研究面向和目标不同，也就是两者的学科定位不同。由于两者的研究面向和目标不同，就导致两者在研究对象、研究内容和研究方法上都产生了重大的区别。信息论面向通信系统，因此就只需要研究统计语法信息，完全不需要关心其他形式的语法信息，更不需要关心语义信息和语用信息，而且只需要迁就信息传递过程的有关

规律；而信息科学面向智能应用，就必须研究全信息，研究信息全过程的规律。因此说，信息理论（信息传递）是信息科学（全过程）的一个部分。通信理论，其实是更加具体的一些内容。如香农提出的通信理论，主要就是探讨如何有效，可靠，安全的将信息从一点传输到另一点，而并不关心信息的内容。

表 1.2.1 信息科学与 Shannon 信息论的区别

比较项目	信息科学	Shannon 信息论
研究面向	智能系统	通信系统(智能系统的一个环节)
研究目标	扩展智力功能	扩展信息传递功能(智力功能的一部分)
研究对象	全信息	统计语法信息(全信息的一个特例)
研究内容	信息全过程	信息传递过程(全过程的子过程)
研究方法	信息科学方法论	统计方法(原有方法)

3、信息-知识-智能(information-knowledge-intelligence)转换的原理的必要性：

总结起来，信息、知识、智能之间的关系可以这样来表述：信息是基本资源；知识是对信息进行加工所得到的抽象化产物；策略（狭义智能）是由客体信息和主体目标演绎出来的智慧化身，（广义）智能是把信息资源加工成知识，进而把知识激活成解决问题的策略，并在策略信息引导下具体解决问题的能力。即：信息经加工提炼而成知识，知识被目的激活而成智能。信息、知识、智能的关系，正好符合人类自身认识世界和优化世界活动过程中由信息生成知识、由知识激活智能的过程：因此，信息-知识-智能转换与统一理论具有重要意义。

4、机器学习(machine learning)与信息科学(Information Science)的关系：

不言而喻，机器学习是人工系统获取信息的高级形式。理想的机器学习能力应当能够使人工系统根据自身的目的和环境条件自动地从环境中获取那些有利于达到它的目的的信息。为此，机器必须不仅仅能够感知环境(事物)的运动状态及其变化方式的形式因素，更重要的是，它必须能够理解环境运动状态及其变化方式的含义，能够判断这些状态和状态变化方式对于实现它的目的而言的效用。不仅如此，机器还必须能够懂得它自己的目的是什么，明白它自己现在所处的状态以及这个状态与目的状态之间的差别，明白应当怎样改变自身的状态或改变环境的状态才能缩小这种差别。这就是说，具有这种学习能力的机器系统必定是某种基于全信息利用的系统。显而易见，系统利用全信息的能力越强，它的学习能力(即获取有用信息的能力)也越强。即机器学习应当以信息科学为基础，同时又是信息科学的一种表现形式。

5、香农信息(Shannon info)论对于通信工程和信息科学的意义：

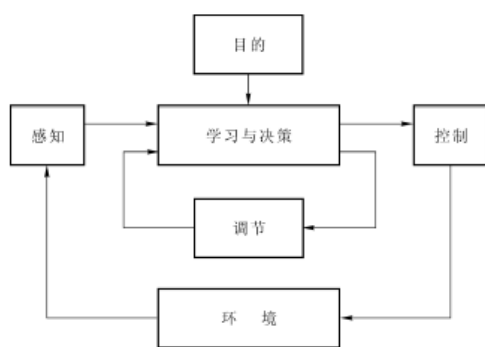
对于通信工程：

香农信息论使得通信系统就把注意力集中于简历信息的形式化理论，即语法信息理论，简化了通信工程的研究。同时，香农信息论注意到了通信问题的随机性质，这使得通信理论转向应用统计的非决定论观点，给通信理论的研究带来了新鲜思想和风格。

对于信息科学：

1、香农信息论是一种统计型的语法信息理论，在具体

8、如何使用机器学习等智能方法实现信息转换



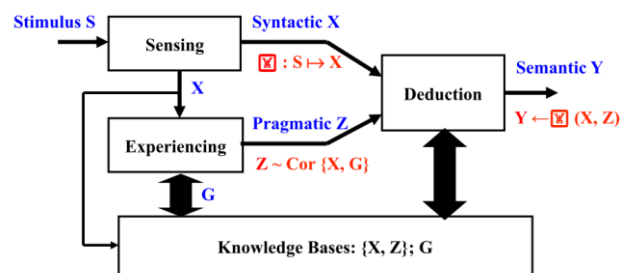
感知系统感受到环境有关事物运动状态及其变化方式,就产生相应的响应输入给学习与决策系统。学习与决策系统根据目的需求从这些输入中选择出适当的信息,并对这些信息进行加工,形成相应的策略,得到语法信息。然后,可以通过酉

$$I = H - 0 = - \sum_{i=1}^N p_i \log p_i \quad (\text{单位})$$

信息和语

语用信息之间的转换关系,即根据 1 个汉字,可以写出各种各样的笔划结构(字,相当于语法信息)与相应的含义(字义,相当于语义信息)互相对应起来。同时,由于存在一个语法信息会对应多种语义信息的情况,需要一个有很强的“理解子系统”来判定哪种解释更合理、更有用。判定的方式是计算它们的语义信息量和语用信息量,从而把语法信息转化为

10、如何获取语义信息？



信息量 (amount of information)

The entropy of a random variable X with distribution p , denoted by $H(X)$ or sometimes $H(p)$, is a measure of its uncertainty. In particular, for a discrete variable with K states, it is defined by

$$\mathbb{H}(X) \triangleq - \sum_{k=1}^K p(X=k) \log_2 p(X=k)$$

KL 散度(KL divergence)

- One way to measure the dissimilarity of two probability distributions, p and q , is known as the **Kullback-Leibler divergence (KL divergence) or relative entropy**.

$$\mathbb{KL}(p||q) \triangleq \sum_{k=1}^K p_k \log \frac{p_k}{q_k}$$

$$\mathbb{KL}(p||q) = \sum_k p_k \log p_k - \sum_k p_k \log q_k = -\mathbb{H}(p) + \mathbb{H}(p, q)$$

where $\mathbb{H}(p, q)$ is called the **cross entropy**,

$$\mathbb{H}(p, q) \triangleq - \sum_k p_k \log q_k$$

11

信息增益

- 1 计算熵

我们检查的属性是是否出去玩。用Excel对上面数据的play变量的各个取值排个序（这个工作簿里把“play”这个词去掉），一共是14条记录，你能数出取值为yes的记录有9个，取值为no的有5个，我们说这个样本里有9个正例，5个负例，记为S(9+,5-)，S是样本的意思(Sample)。这里熵记为Entropy(S)，计算公式为：

$$\text{Entropy}(S) = -(9/14) \cdot \log(9/14) - (5/14) \cdot \log(5/14)$$

- 解释一下，9/14是正例的个数与总记录之比，同样5/14是负例占总记录的比例。 $\log(\cdot)$ 是以2为底的对数（我们知道以e为底的对数称为自然对数，记为 $\ln(\cdot)$ ， $\lg(\cdot)$ 表示以10为底的对数）。在Excel里我们可以随便找一个空白的单元格，键入以下公式即得0.940：

$$=-(9/14) \cdot \text{LOG}(9/14, 2) - (5/14) \cdot \text{LOG}(5/14, 2)$$

- 这里LOG(9/14,2)中的“2”表示以2为底。类似地，如果你习惯用Matlab做数学运算本，公式为

$$-(9/14) \cdot \log_2(9/14) - (5/14) \cdot \log_2(5/14)$$

其中“2”的含义与上同。

- 2 分别以Wind、Humidity、Outlook和Temperature作为根节点，计算其信息增益

可以数得，属性Wind中取值为Weak的记录有8条，其中正例6个，负例2个；同样，取值为Strong的记录6个，正例负例个3个。我们可以计算相应的熵为：

$$\text{Entropy}(\text{Weak}) = -(6/8) \cdot \log(6/8) - (2/8) \cdot \log(2/8) = 0.811$$

-

$$\text{Entropy}(\text{Strong}) = -(3/6) \cdot \log(3/6) - (3/6) \cdot \log(3/6) = 1.0$$

-

现在就可以计算出相应的信息增益了：

$$\text{Gain}(\text{Wind}) = \text{Entropy}(S) - (8/14) \cdot \text{Entropy}(\text{Weak}) - (6/14) \cdot \text{Entropy}(\text{Strong}) = 0.940 - (8/14) \cdot 0.811 - (6/14) \cdot 1.0 = 0.048$$

这个公式的奥秘在于，8/14是属性Wind取值为Weak的个数占总记录的比例，同样6/14是其取值为Strong的记录个数与总记录数之比。