

思维活动网络初探

张荫南

(复旦大学数学系 200433)

人类思维活动探秘

人们热心于探索无垠的宇宙，量子世界的奥妙，生命的密码，等等，然而，世界上最有意思，并且是最不可捉摸的对象可能首推人类的思维活动了(图1)!



图1 人类的思维活动是怎样产生的

我们读懂了自己，了解了别人吗？能不能找到一个框架，或是一个模型将人类的思维活动描述出来，为进一步的研究打下基础。这个框架要简单明了，和人们的直觉一致，同时又能概括熟知的人类思维活动的方方面面。

斯科特·普劳斯在“决策与判断”中指出，决策者并不是孤立地去感知和记忆某个事件，而是根据他们过去的经验和事件发生时的情境去理解和解释新信息。心理学家关于决策与判断的研究给我们建立模型的工作提供了最直接的启示。互联网上每天都在产生着无数的热点、观念、看法等，它们应是人类思维活动的最生动的例证。互联网是我们的老师，它可以帮助大家大致地猜出思维模型的轮廓来。怎样验证我们的理论呢？这一点完全不用担心！我们自己和周围的

人就是很生动、直接的样本，只要读懂自己，理解别人，就能够知道我们的理论是不是有道理。当然，只有模型是不够的，还要找到合适的理论工具去研究它，并得出一些有价值的成果来。这个理论工具就是近年来获得巨大进展的复杂网络理论。

我们要寻找的模型包含的内容主要是：人的思维活动在哪个平台上进行？思维活动是怎样产生的？

互联网的启示

人类作为一个社会总体的思维活动和各种信息组成的网络已密不可分，这个信息网络称为社会信息网。它包含每时每刻都在产生的信息，这些信息的形式各异，文字、图片、视频、数据、符号……来源也不尽相同。

在社会信息网络基础上产生出的万维网(world wide web)是最重要和最有效的信息网络。万维网首要的贡献是给准备放到Internet上的各种信息提供了一个统一的文档格式——网页。万维网还提供浏览器技术，这样我们可以方便地访问网页。人们使用万维网的过程就是浏览一系列网页。换言之，网页是被加工和转换后的信息，没有这种转换，各种不同形式的信息是杂乱和格式不一致的对象，无法进行利用。

万维网的另一个关键设计思想是通过网络的方法组织信息。大家将各自的看法、评论、消息、思想、阴谋、感情、愿望都放到网上去，通过万维网上的交流，形成共识和热点(图2)。

万维网又给各人的思考以巨大的影响。这种人和社会信息网络的相互作用成了本世纪文明进步的发端之一。我们的思维活动与社会思维活动有无相似和共同之处？上述的一切能帮助揭开发生在我们头脑中的思维活动之秘密吗？



图2 万维网将大家联系起来

大脑信息网络和思维活动网络

和社会信息网络类似，在人的大脑中有一个由各种信息组成的大脑信息网络。随着我们感觉和知觉过程，我们通过种种信息通道获得大量的外部信息。当你坐在沙发上收看 CCTV 的节目，观看欧洲杯时，无数的信息以不同的形式涌进你的脑海中，聚集在大脑信息网络里。不但有你看到和听到的，还有大量想到的，感受到的，无论是经验，还是直觉都统统地保存在其中。大脑信息网中的信息所处的状态和社会信息网络中的内容非常类似，它们形态各异，格式不同，怎样将它们进行加工，产生出更高效、更合适的信息呢？

审视自己的思维活动可以发现一个非常奇怪和不被注意的事情，人喜欢自言自语，喜欢用语言描述自己周围发生的一切。我们听到一句话、一段描写时，脑中就会毫不费力地浮现出一幅画面。对于很多直观的感受也可以总结成一句话。伴随人类几千年进化的是人类的语言系统的发展，我们能够对大脑信息网络中的信息文本产生出和它对应的语言文本。因此，在人的大脑中还存在一个语言文本网络！在其中信息文本的格式是统一的，这个网络中节点之间的连接自然天成。它应该就是大脑信息网络的“万维网”，“网页”对应的是“语言文本”。

语言的作用真有这么大吗？请看催眠师是如何工作的。她让你进入半醒的状态，通过交谈，唤醒你对

过去情境的回忆，利用合适的提问，了解你对一些问题的判断和想法。催眠师居然只通过语言就能引导你的思维活动。在催眠的过程中涉及大脑信息网络中的各式各样的信息，它们可能是一张图片、一段音频、一组符号……但是都和对应的语言文本联系起来。

为什么不同格式的文档都能毫不费力地用语言沟通呢？可能的解释只有一个，这就是大脑早就为大脑信息网中的信息文本准备好了对应的语言文本，它是信息文本的索引、描述、理解等。大脑中的语言文本网是一个极其重要的复杂网络，它属于语义网络的范畴，对后者已有大量的研究成果。我们进一步的探讨是要说明，人们对情境的把握体现在与情境对应的由语言文本组成的网络之中。而思维活动其实就是对情境的把握。这样，近年来发展迅猛的复杂网络理论自然地成为研究思维活动的基本工具。我们力图恰当地将各种思维现象用网络的语言描述出来，这可能开启一个新的研究方向。

语言文本网络是我们产生思维活动的平台，今后将它称之为思维活动网络。平台找到后，要解决的关键问题是说明思维活动展开的基本模式究竟是怎样的。下面通过几个实例来进行一番描述。

例1 福尔摩斯探案

柯南道尔塑造了神探福尔摩斯。他是逻辑力量的化身。然而，细心的读者在品赏柯南道尔的大作之余会发现，其实福尔摩斯的过人之处并非逻辑推理，而



图3 福尔摩斯在想些什么？

是他对情境的把握和理解。我们翻开《巴斯克维尔猎犬》慢慢地读下去，为你还原一位神探的真实面貌。福尔摩斯正在慢慢地享用着他的早餐，华生医生仔细地摆弄着昨天来访的客人遗留下的一柄手杖，这是唯一的可说明这位不速之客身份的信息来源。怎样解读它呢？

在福尔摩斯和华生的大脑信息网络和思维活动网络中发生了什么事情呢？他们接触到的情境围绕着遗留下的手杖展开，从华生的话中可见他对手杖的外形，使用的状态有面面俱到的罗列式的描写，这就是他在思维活动网络中产生的文本。顺便指出这是一般人都会做的事。福尔摩斯对情境的切入点却全然不同，他首先关注的是手杖上的一圈很宽的银箍，上刻“送给皇家外科医学院学士杰姆斯·摩梯末，C.C.H. 的朋友们赠，一八八四年”。这个题字是当下情境中最有价值的片断，它在福尔摩斯的思维活动网络中造成一个兴奋点，C.C.H. 意味着什么？摩梯末先生是医生，因此H最自然的解释是医院的缩写，同时符合逻辑地推出C.C. 是医院名称的缩写。他立刻猜到C.C.H. 指的是Charing Cross 医院。皇家外科医学院学士杰姆斯·摩梯末的称谓说明摩梯末只是一个青年医生，他的同事们郑重其事地送给他纪念品，必定是为了纪念某个重要的事件的发生，从手杖的磨损可见摩梯末一直在乡间行医，手杖是一件珍贵的告别纪念品，但摩梯末却将它遗忘了！足见他的粗心。后面的全部结论都是逻辑推理之功，但如果没有前面的兴奋产生，就不会导致逻辑推理的产生，反之没有逻辑推理的工作，也不可能得到深刻的结论。

总之，在思维活动网络中思维活动由在对情境的把握中产生的兴奋而驱动，由逻辑推理得到扩展。

让我们再分析一个经典的实例。

例2 哥尼斯堡七桥问题

故事发生在18世纪的哥尼斯堡城，普瑞格尔河中有两个小岛，人们修建了七座桥梁将美丽的小岛和河岸两边的城区相连。那里风景优美，游人众多，大家热心讨论的一个有趣问题是，能不能不重复地一次将这七座桥梁走遍？讨论是热烈而持久的。但是问题

迟迟得不到解决，直到大数学家欧拉的介入才有明确的结论。

为什么会产生这样不同的结果呢？因为市民与欧拉对情境的把握完全不同。市民们的心目中只有风景优美的地图（图4（a）），这是他们思考的起点，众说纷纭的描写组成的文本存放在他们的思维活动网络上，但始终没有形成有效的思维活动。欧拉的大脑信息网络中虽然也只有七桥的地图，但是数学家的职业天性使他做了一次抽象的处理，将河的两岸和两个小岛抽象化为A、B、C、D四个点，而桥的作用是使不同点之间建立相连关系，因此，可以用连接两点之间的边来表示它，最终欧拉画出了由四个点和七条边组成的“抽象图”（图4（b）），这就是他在自己的思维活动网络中构建的对情境的加工和表达。欧拉在这里跨出的一小步，其实是用图论作为工具研究网络的历史性一大步。

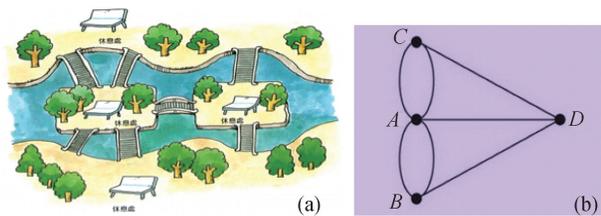


图4 哥尼斯堡七桥的地图（a）和欧拉的图（b）

地图和图给人造成的感觉是不同的，地图中的陆地和桥梁只不过是城市建筑，没有多大区别；而图使人感到点和边是完全不同的对象，这是图造成的一种兴奋。欧拉将目光集中在点上面，对它们的关注形成第一个兴奋点。

为什么不用图的语言将七桥问题表达得更准确呢？用图的语言可将它改述为，能不能用一笔画的方式将欧拉的图画出来？这时，每个节点能被访问几次？被访问的形式如何？这是上面问题的符合逻辑的深化。欧拉心中对情境的把握达到了一个新的境界，对起点、终点、途中经过点给出了重点的关注。

首先看起点，它的被访问形式必定是：出；进、出；进……出，总计奇数次。而终点，必是以进、出；进……进的形式，总计被访问的次数也是奇数。如果起点和终点一致，则它是偶数。对于其他的途中点，它从外

面被首次访问，但决不会停下，因此，它的被访问形式必定是：进、出；进、出……进、出，总计偶数次。

被访问的次数应和该点相连的边数有什么关系呢？这是欧拉感受到的第二次兴奋冲击！因为人们在一笔画过程中产生的对它的访问次数和图中各点相连接的边数的研究肯定会揭示一些重要的事实。

在这个兴奋推动下的逻辑推理可得出结论，被访问的次数应和该点相连的边数相等。从图 4 (b) 可知四个节点相连的边数均是奇数，这岂不是说明途中心点是不存在的？

显然，除了起点和终点，还存在两个途中心点，从而欧拉推出了七桥不可能不重复地走遍的证据。在这里我们欣赏到在思维活动网络上的兴奋和逻辑的合奏！正是这种合奏曲造成了成功的思维活动，使欧拉解决了图 4 (b) 可一笔画的难题。

这里只是提供了一条解决七桥问题的思维活动的途径，以期和大家通过讨论获得一些研究思维活动模式的共识。

读者可能会要求给出上述思维活动模式的更多的证明。其实它们早就存在于各种重要的数学证明之中。

大量的事实和我们自己的感受都说明思维活动网络和互联网是一对孪生兄弟，它们是同类型的复杂网络。近年来，人们对互联网的结构有了长足的理解。这一切都使得我们对目前还缺乏研究的思维活动网络的想象有了可靠的参照，不用完全摸着石头过河了！我们下一步的工作是按照这条路线图向前进。

思维活动网络初探

要了解一个网络应从它的节点之间的连接开始。思维活动网络的节点是形形色色的语言文本，在这里我们将数学语言写成的文本也包含在其中。节点之间的连接来自我们对它们的联想。由节点 A 可很快地联想到节点 B、C、D……从而 A 将它们都激活起来，当 A 通过联想与节点 B 连接起来时，这二个语言文本可通过逻辑和语言的力量合成为新的文本，它是一个新的节点。

在思维活动网络的节点之间的激活是理解思维活动形成机理的关键。思维总是与某个主题相联系，这

个主题对应的语言文本激活了相关的节点，对它们的综合和理解形成一个对思维活动有关键作用的语言文本，称它为情境文本，它体现了思考者在此时此刻对情境的把握。情境文本会通过联想激活很多节点，它们都会和它合成出新的文本，从而对情境文本内容进行修改、增补，这种情境文本的变化度量了该节点我们对情境把握的贡献。当我们对它感到满意时，这个节点成了一个兴奋点，由它出发激活的节点将会修改原有的情境文件，形成新的情境文件。它可能是下一步思考的起点，它会再次激活其他的节点，也可能再次形成一个新的兴奋点。思维活动就这样一步一步地向前进，我们对情境的把握不断深化并改变着，最后达到成功的彼岸。当然，这个思维活动发展的过程可能被中止，或者失败，甚至得出错误的结论。

在这里，我愿意就上面提出的用“满意度”作为选择“兴奋点”的原则作一些说明。

心理学家赫伯特·西蒙将决策的原则定义为第一满意原则，也就是说，我们做出决策和判断的标准并不是建立在理性基础上的“最佳选择”，而是建立在人类心理上的“第一满意选择”。赫伯特·西蒙就因为他的这些创造性的工作在 1978 年荣获诺贝尔经济学奖。

思维活动网络的容量有多大？谁也不知道，但这个网络伴随我们终身，可见其容量在数量级上应与万维网是相当的，它的小世界特性容易被体验到。怎样从我们小区的小黄狗出发联想到美国总统奥巴马呢？活泼可爱的阿黄虽非名犬，但他却是大家的宠物，容易将他和前天电视上出现的俄罗斯送给法国巴黎警方的警犬宝宝联想起来，这个礼物的来由是不久在巴黎发生的恐怖袭击，为此，法国总统将赶往美国去会奥巴马。总之，只通过四次联想，阿黄居然就连接上了奥巴马总统！

思维活动网络的概念还刚面世，尚未进入实证研究阶段，很多重要参数，例如网络群聚系数、平均路径长度……都有待测定。目前可做的事，只是从万维网出发进行一些推想。

互联网中存在少数的枢纽节点，它们决定了网络的结构。思维活动网络的枢纽节点的研究则有助于揭开人类思维活动的一些奥秘。大概哪些节点会成为枢

纽呢？当你在进入某种情境时，通常首先想到的问题是，这是什么？要做什么？这些问题并不会凭空产生，它来自于我们处理问题时的习惯性思维方式，要将事情问清楚，要将目标理清楚。这种思维方式、模式是思维活动网络中的一个枢纽节点，它反复地参与到各种思维活动中。当它和具体的情境文件相连接时就产生上述的问题。当然对于平时思维杂乱，做事没有条理的人，上面的枢纽节点可能不存在，这时他也可能根本不会提出这些问题，而只是就事论事地乱想一气。这种现象在程序开发人员身上常会发生。

每个人在成长过程中都会形成相对固化的思维方式，例如，风险偏好。这些都是他们思维活动网络中的关键节点，极大地影响了思维的进程和结论。三国演义中的“空城计”就是一个精彩的例子。由于马谡的失误，诸葛亮身陷险境，只好摆下“空城计”迎战。城头上，诸葛先生羽扇纶巾，焚香操琴。城门口人流如昔，还有兵士扫街，好一派平和的景象。但是这个情境却使拥兵前来的司马懿倒吸了一口冷气，“这里岂非有诈？”。随着孔明的一声问好，“仲达别来无恙否？”，左右山中又隐约马队之声传出，他对形势的判断急转直下，“撤！不要中了埋伏。”。司马懿生性多疑，又一直认为“诸葛一生唯谨慎”，这种思维模式使得他的感觉转化成为判断。等到醒悟过来返回城门时，诸葛亮早已撤至安全地带，看来在心理学上，孔明更胜一筹。他巧妙地利用了司马懿生性多疑的枢纽节点，配之以辅助的情境，使它发生了作用！

聚团性是指在网络中，同一顶点的邻点之间有更人的可能有边相连，形象地说，朋友的朋友之间很可能成为朋友，这样在网络中会形成各种大小不一的“朋友圈”。在朋友圈中大家的想法容易共鸣起来。在数学研究工作中经常观察到对同一个问题的研究结果和想法自然地形成聚团。老是在这里转，你会感到进展不大，难有实质性的突破，但是如果某一个想法是和另外的问题有关时，它可能提供全然不同的思路。

做过数学研究工作的人都感受过突然闪现的灵感，往往是它们，使你有了突破。怎样来理解这个思维活动的火花呢？

因为我们对情境理解有无大的提高决定了兴奋的强

烈程度，某条弱的关系也可能造成巨大的兴奋，使我们对情境理解有豁然开朗，茅塞顿开之感。这意味着这条弱的关系带来了灵感！自然，可能很多的新链接并没有造成兴奋，那么思考也就呈现出停滞不前的状态了。

想像一下处在孩提时期的我们是如何从对世界只有朦胧了解，后来又是怎样成长为有独立思想和见解的人的，在这个过程中相应的思维活动网络是如何生长的呢？这是一个十分有趣的问题。

在最初的阶段各种外部信息和内部的感知都是以原始的形态存放在大脑信息网络之中，只有当孩子的语言能力形成后，这些原始信息文本被语言描述出来，才在思维活动网络中开始积累了大量的语言文本。

那么，在思维活动网络中的节点又是怎样共生在一起，怎样组成一个大家族的呢？这个大家族中是不是有竞争和淘汰呢？语言能力必然使人具有一定程度的抽象能力。因此，很多语言文本在产生之初就来自于某个共同的主题，例如，小孩从和妈妈接触中产生的许多文本都是在母亲这个主题词之下的，谈起妈妈就会联想起它们！因此，在同一主题词之下的节点彼此会连接起来组成聚团。各种聚团的存在造成网络结构的不均匀性。在聚团的内部谁是核心？聚团是逐步形成的，先到者总是占有有利的地位，后来者总是挑选具有链接数目多的节点进行连接。因此，如果用链接数目来表征节点的强弱，那么，复杂网络生长的第二个原则是，强者愈强，富者愈富。因此，在聚团内慢慢地会形成一批核心节点。核心节点也是语言文本，它们也会形成一些聚团和各自的核心，可以想象最后随着你长大成人，在你的思维活动网络中必然会涌现出数量稀少的枢纽节点，它们都拥有很大的链接数目，对各种思维活动产生关键影响。这些枢纽节点对应人的思维模式、理念等。

结束语

最近贾布尔（F. Jabr）在《科学美国人》上讨论了冥想对大脑的良好影响。冥想自然是一种思维活动，他提供的事实似乎暗示了思维活动网络和人类大脑，这二个复杂网络之间存在的相互作用，这可能是一个极富挑战性的前沿课题。