

机器人(学)可视为进化(论)的延续吗?

Robotics as Continuation of Evolution

K. Mainzer¹(著) 梁 栋²(译)

(德国 Augsburg 大学,教授¹;访问学者²)

一、机器人学和自动机的小文化史

犹如希腊神话中捏土造人的提坦神普罗米修斯,人也致力于使自己成为生命的创造者。普罗米修斯的命运是众所周知的。在他为人类带来人类完成自身的文明所需要的最后一物——火之际,就被宙斯缚在高加索山上,并忍受着宙斯的神鹰所施予的最残酷惩罚。不仅如此,宙斯还通过美貌绝伦的潘多拉带给人类传播一切灾害的“潘多拉之匣”。或许我们还能联想到犹太神话中的犹太大师用黏土所创造的无言的人造假人戈尔木(Golem),Golem在希伯来语中意味着无灵魂的物质(Seelenlose Materie)。在《创世界》一书中按照希伯来语的字母组合,Golem又被塑造为犹太民族的保护神。但是,人

们并未曾想到,当这些 Golem 一旦变得凶悍残暴时,人类将会面临怎样的命运!在根据古斯塔夫·迈林克(Gustav Meyrink, 1862~1932)的同名小说改编的哑剧经典影片“Der Golem”中,这一命运的戏剧性情节得到了深入细致而又令人难忘的刻画。

中世纪在自然研究和炼金术方面走得更远的智者,也在谈论着人类本质的创生,诸如犹太传统中来自布拉格的拉比勒维(Loew Ben Betsabel, 1520~1609)、基督传统中的阿尔伯特乌斯·马格努斯(Albertus Magnus, 1206~1280)。

随着近代科学的兴起,这一思想逐渐得到自然科学技术的支持。首先借助于力学,巴洛克式的玩具钟被视为有生命的自动机模型;随之则是通过电与光:在1879年出版的法文小说《新的梦想》(L'Eve Nouvelle)中,就曾塑造了一位人造女士,这位女士由

参 考 文 献

- [1] 陈景:“原子态与金属态贵金属化学稳定性的差异”(待发表)
- [2] L.L.Sohn, et al, editors:《Mesoscopic Electron Transport》,Dordrecht,1996
- [3] S.Frank, et al, “Carbon Nanotube Quantum Resistors”, Science, 280, 1744, 1998
- [4] Special Issue on Quantum Dot Structures, Japanese J. of Applied Physics, Vol. 38, No1B, 1999
- [5] G.Timp, editor,《Nanotechnology》, AIP Press, Springer - Verlag, New York, 1999
- [6] Y. Wang, et al, “Tunnelling through quantum dot systems: a study of the magneto - conductance fluctuations”, J. Phys. Condens. Matter, 6, L143, 1994
- [7] T.L.Hill:《Thermodynamics of Small Systems》, Dover, New York, 1994
- [8] E. Coronado, et al,《Molecular Magnetism: From Molecular Assemblies to Devices》, NATO AISI Series. E. Vol 321, Kluwer(Dordrecht, 1996)
- [9] D.Givord and M.F.Rossingol, “Coercivity”, p.210, in《Rare Earth Permanent Magnets》, J.M.Coe, editor, Oxford Univ Press(Oxford, 1997)
- [10] G.A.Prinz, “Magnetoelectronics”, Science, 282, 1660, 1998
- [11] 吴征铠,唐敖庆主编.分子光谱学专论.(其中第五篇)李铁津,赵冰,赵新生.纳米材料与二维有序薄膜的分子光谱研究.山东科技出版社,1999
- [12] A.P.Alivisatos et al. “From Molecules to Materials: Current Trends and Future Directions”, Adv. Mater. 1998, 10, No. 6
- [13] G.M. Whitesides, et al, “Complexity in Chemistry”, Science, Vol. 284, 89 - 92, 1999
- [14] H.V.Westerhoff, et al, “Thermodynamics of Complexity”, Thermochemica Acta, 111, 1998
- [15] I.S.Choi et al, “Shape - selective Recognition and Self - Assembly of mm - scale Components”, JACS 1754, 1999
- [16] K.Mainzer, Thinking in Complexity (Springer - Verlag, New York, ed. 3, 1997)
- [17] F.A.Carroll Perspectives on Structure and Mechanism in Organic Chemistry (Brooks/Cole, Pacific Grove, CA, 1998)
- [18] A.Arkin et al. Science 277, 1275 (1997); I.Schreiber et al. J. Phys. Chem. 100, 8556 (1996); A.Goldbeter et al. Biochemical Oscillations and Cellular Rhythms: The molecular Bases of Periodic and Chaotic Behavior (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996)

(责任编辑 蔡德诚)

于通电而复活生机,并被赋予精神和灵魂,从而成为一个迈尔·舍勒(Mary Schelle, 1797~1881)笔下的弗兰克斯坦(Frankstein)的女性对应物。1923年捷克作家卡佩克(Karl Capek, 1890~1938)则虚构了一个机器人家族,因此人类从繁重的劳动中得以解脱。但由于这些机器人最终都被赋予情感,难以忍受其被奴役的地位,从而导致反抗人类统治的起义和暴动。施坦莱耶·库布林科(Stanley Kubrick, 1928~)的科幻经典作品《2001—宇宙历险》(2001—Odyssee im Weltraum)则自始至终展现了一个富有智能和感觉的自动机与其创造者陷入深深冲突中的矛盾情景。

当今,关于人工智能问题,我们更少地谈论铜和铁,而是随着生物技术、基因技术及信息和计算机技术的发展,我们期待着去改变甚至创造新的生命,利用新技术手段去延续新的进化。这不单单涉及到在科幻作品中所描绘的极具威胁性的钢铁怪物,更重要的是涉及到人类自身的发展。伴随着生物技术、计算机技术的发展,我们必将愈来愈密切地嵌入在进化过程之中。显然,这一进化的机遇与危机并存。那么,从当代的视角看,究竟什么才是这一进化的基础呢?

二、进化与生命

我们首先应将视野聚焦于我们今天关于自然的知识上,这些知识正愈来愈大地影响着计算机和技术的发展。150亿年前,巨大的宇宙时间机形成一个在宇宙学尺度上来说按着量子力学规律膨胀的微小初始状态,随之由于引力的作用,形成了星系的物质结构乃至星系。化学元素的产生和湮灭,导致了新事物的产生直至我们今天的自然界。宇宙中的生命并不仅仅限于地球,在前生物进化时期,分子系统在适当的行星条件下形成了物质和能量交换(新陈代谢)、自我复制以及突变的能力,这些特征以分子的形式得以存贮起来。就分子设计来说,生物化学的进展就已初步发掘到了生命进化的足迹。通过DNA密码的基因排序,达尔文关于地球上的物种进化树可以得到较好的解释,突变是DNA密码的偶然性改变并因此导致了进化树中的分岔,选择则成为进化的驱动力。处于这一进化树上的人、苍蝇及酵母只不过更接近于某个分岔点而已。当然,在地球上不存在绝对永恒的进化,偶然事件诸如陨石撞击或者长期的气候变化已经改变了种的小生境(oekologische Nischen)。基于进化的规律性,其它的生命形式有可能在进化的历史进程中不再浮现。

与神经及脑的发展相联系的智能生命的进化,意味着神经细胞自身愈来愈专业化,神经系统使得

学习过程及记忆存贮成为可能。由此产生了独立于个体而又不断发展和完善的工具、语言及文化。因此基于DNA的进化形成了一种更为广泛的再生性。但是如果生命条件和环境条件得以改变,其他智能生命形态的出现也不是不可能的。

当今,人脑被作为一种复杂的神经系统来理解。计算机辅助的PET(Positron-Emission-Tomography)扫描显示出一种在脑区域与感觉、运动、情感、思维和意识密切相关的闪烁的开关电路模式。通过这种观察方法,在适当的时机,我们能够观察到一个病人是如何感觉、如何思维的。当然,这并不是说我们能够观察到他们所思想的及所感觉的是什么。就此而言,一种超复杂数据和通信网络在进化中已逐渐形成。在神经中枢系统,上百亿的神经元组织了人类器官的信号通讯网络。闪烁和不闪烁的神经产生了一种具有二进制的信息流,它们作为信息(如感觉、思想等)被大脑所编译。数据网络并不只限于个别的组织和机体,社会生物学研究表明,动物群体是通过他的群体智能(Schwarmintelligenz)来组织其传输、信号及通讯系统的,在这里没有所谓的监督和指挥中枢系统。在某种程度上,中心指挥是通过各个单一的动物来实现的,至于动物彼此间的交流信息则被存贮在一个化学扩散场中。从分岔蚁街的座落到复杂蚁巢以及等翅目昆虫巢穴的建筑结构都体现了这种超组织的集体行为能力。同样,大脑的单一神经元也不能感觉和思维,而只是在集体的交互作用中才能展现其令人惊奇的大脑功能。

三、人工生命和人工智能

从原始物质到脑以及社会发展的进化状态,已成为当今运算技术、计算机设计和机器人学的模拟范例。借助于量子运算我们已经达到物质的极小单位以及诸如普朗克常数、光速等自然常数的限度。在传统的计算机中,1Bit(比特)相应于两个晶体状态中的一个,0或者1;而一个量子Bit(量比)则相应于两个量子状态中的一个,0或者1,例如:原子核的某个电子处于两个能级中的一个或者某个基本粒子处于两个可能的旋转状态中的一个(上旋或者下旋)。原子或基本粒子的“开关”转换状态遵循量子力学规律并可以呈叠加状态。因此,巨大规模的高速并行运算是可以想象的,因为物质可被“还原”为基本粒子的量子状态并进而“还原”为量子Bit,这在某种程度上表述了“流动”的量子信息。实际上,宇宙的巨大时间机也是自然界的一种量子计算机,其中每种物质都可作为一种运算器而被激活。当然,关于量子计算机的制造在现今的技术上仍然还存在相当大的困难,因为相干的量子状态由于其与环

境的交互作用会发生改变,量子信息的稳定存贮也将是极为困难的。

传统计算机中微晶体管的外部电压控制着电路的通与断,并为此产生 1Bit 序;而对于分子运算的分子开关(如含原子群的苯环),外部电压则通过控制分子的扭转,以决定分子式电路的通与断。分子开关、导线及存贮器允许一个更大的包密度、速度及持续性,但由于其精细性,它们必须通过纳米技术被实现或者由此而引起自我组装。

就分子生物学作为 DNA 运算的模式而言,电子计算机中的数据是通过 0 和 1 所代表的 Bit 序而被译码的;DNA 计算机中的数据则是通过 DNA 代码 A、C、G、T 而被编译,数据处理通过硬盘上的化学反应或在带有酶性生物反应器的微观试管中得以实现,从而 DNA 链相互分离或者形成新的组合。因此,由于大量的并行性,上 10 亿的 DNA 链所负载的数据信息同时在化学反应中被处理,由于大的包密度、反应速度(如:对于 6 克的 DNA,其反应速度为每秒上百万次操作),数据处理将能应用于更为复杂的问题。

所以,现在我们正处于通向人工生命的过渡阶段,即把生命作为一种计算机来理解。这也是莱布尼兹的观点。正如莱布尼兹在他的《单子论》64 节中所述:“生命形式的每一机体都是一种具有神性的机器或者是一种自然的自动机,并且它们无限地超越人工自动机。”这一思想的数学精致化在冯·诺伊曼的细胞自动机中得以实现。它们由有限多状态的细胞组成,细胞处于怎样的状态取决于它们的环境及其局部的相互作用规则。所以无中枢控制的复杂样本或者说复杂系统也能够实现自组织,并且它们的“生长”和“消亡”令人联想到机体的组织形态。通过一种适当的细胞计算机,图林机(Turing-Maschine)意义上的计算机是可以被模拟的,20 世纪 50 年代冯·诺伊曼就已给出了数学上的证明:在一定的条件下,细胞自动机能够自我复制。

实际上,进化的本质方面应该从细胞自动机和遗传算法上去理解,这将在设计中更多地涉及其关键机制的运用,而较少涉及进化的模拟。细胞自动机的基因类型可以通过符合于细胞状态变化的局部规则的 Bit 序被编译。突变意味着个别 Bit 的偶然性改变以及细胞状态变化的某些局部规则的偶然性改变,Bit 序能够通过一种可能的基因技术被分析。选择则是根据细胞自动机的能力去求或者去实现所提出任务的解。遗传算法则负责在一个可能的进化过程中,针对一定的任务实现细胞自动机本身的理想化。

为了使机械手臂能够获得一种(在初态与终态之间的)理想运动,遗传算法已经被移植到机器人中。在第一代机器人中,如果说偶然性的运动程序

还必须被预先地给定,那么每一新生代都将检验其新程序的适应度以期达到最优化。

在下一步,脑和认知研究的成就将成为人工智能和神经运算的楷模。在 40 年代就曾有人建议,把神经细胞作为有限的自动机去理解,它们能够相互“扭转”地模拟神经网络的工作(比如 McCulloch-Pitts Netze)。一种这样的自动机可以通过各异的相互交织的输入通道模拟神经树突,通过一典型阈值模拟细胞体,通过一输出通道模拟轴突。我们知道,在一个每一步都被机器语言中心控制的、固定“扭转”的自动机网络内学习是不可能的,因为学习意味着某一神经网络能够改变其神经元突触(Synapse)联合的强度,以获得更好的运动和感觉。在学习时,一定的神经开关模式在一个自然的神经系统中能够使自身独立地得以建构。具有学习能力的人工智能神经网络正是致力于此——模拟人脑神经元突触的弹性强度。犹如大脑皮层一样,多层神经元能被交叠分层并能交互成为网络。基于多纳尔特·赫伯(Donald Hebb, 1904~1985)关于学习规则的学习算法,按照一个曾经被传承的并被储存的开关模式,神经元突触的联合可以得到加强或削弱。在这种情况下,我们谈论监督式学习,因为每一变化过程都使自己定向在一个预先给定的原型之上。而对于非监督式学习,大脑则自发地把自己的注意力集中于某种特定的事件或行为上,并据此予以分类,如我们感觉的对象等。在机器人学中,神经网络也已经被引入,以便更好地学习在未知领域的运动。就像一个简单的竹节虫一样,把其 6 只腿的运动过程分散地组织成一个反馈性网络,以使自己始终适应于新的环境条件。

神经运算中的学习算法并非是模仿所有自然的学习法则,这涉及到技术上的需要性。在假肢医学中为了能够编译神经脉冲中的运动控制信号而形成运动模式,具有学习能力的神经密码已经被置入。反过来,神经网络中被记录的神经组织信号则被译码进而被应用于运动假肢的控制。神经网络在复杂数据系统中的模式认知中其功能是强大的,典型的认知能力诸如感觉过程中的模式认知以及阅读时的学习方法(如 Nettalk)。

在“情感表达运算”中,神经网络被训练成对感情反应的认知,其目标是无鼠标和键盘的人机界面的改善或完善,也就是说情感通过复杂的学习模式被特征化。比如在医学和精神病学中某些仪器或器械附件的应用就说明了这一点。就此我们已触及到神经生物学、生理学和神经信息学尚未解决的问题。神经网络能产生意识吗?就意识而言,今天在脑研究领域主要是指注意力、自我感觉、自我观察及自我反思等。我们把视觉意识、听觉意识、交谈意识或者运动机能意识区别开来,意味着我们在生理过

程中能够感觉自我。我们现在正在听、看、感觉,等等,但最终我们要思考或反思我们自身,并与回忆一起发展成自我意识。

简单的自我监控预成形态已经在现存的计算机及信息系统中得以实现。在人和动物那里,不断增加复杂性的意识形态在进化的过程中业已形成并不断完善。对于人来说,导致其个体自我意识产生和发展的诸如历史的、社会的、文化的及个人经验等因素起着重要的作用。理论上,一个类似系统的人工智能技术的实现也不是不可能的,但这涉及到伦理学问题。那么,我们应如何把握这一发展的度呢?

四、群体智能和超组织

如上所述,进化中所涉及的并非仅仅是个体,而更多的是群体。我们可以想象一些简单的机器人群体,它们就像叉式装卸机能够推动障碍物(只要其摩擦未超过一定的阈值)或者避开它们。虽然这些简单的机器人并未被相应地程序化,也不能像昆虫一样可以相互交流,但它们却能够在一定的时间内按着一定的序模式共同推动障碍物。在机器人足球赛中,群体智能通过被赋予的人工智能最终可以在机器人足球队中得以实现,其目标在于,机器人足球队员就像我们的足球队员一样,在无中心控制的情况下能够独立地制定出适于新形势的联合比赛战略。就技术而言,甚至我们还可以走得更远。

计算机网络已经成为一个现实,在这一网络中我们得以实现全球性通信和交流。随着技术的发展,首先诞生了全球式的通信网络(如万维网www——“World Wide Web”),其结点在数据包的广泛传导过程中犹如大脑分散的神经元能使自己开启与闭合。在脑、神经网络和www之间的这一类比在某种程度上将被有目的地用于技术发明。由于学习算法常常能够自主地加强和削弱用户所希望的联结,因此而使www可以配置所谓的“神经元突触式弹性”。在“软计算机技术”(Soft Computing)中,大脑的适应能力、学习能力及容错能力将成为进化的学习算法和模糊逻辑的样板。因为在迄今为止的网络中,通过非灵活的搜索器对信息检索的支持导致了信息的非确定性以及令人无奈的信息泛滥。未来,具有流动式智能群体(Agentpopulationen)的群体智能将被用于抑制网络中信息的泛滥。在人工生命潜在的进化过程中,我们将培育具有遗传算法的智群体,使它们在新世代计算机网络中能够改善其适应度以检索适于各个用户需要的有趣信息。首先它们从信息案例中学习用户优先信息;其次在www上搜寻类似信息;最终,如果它们是卓有成效的问题解决者,则将通过其虚拟遗传密码的突变和再组合

使自身得到移植,犹如自然群体间的合作、冲突、共生或共栖等现象都将呈现于互联网的自由猎区。因此,借助于竞赛理论,多智能体系系统的社会学问题在那时也将被加以研究。

群体智能决不仅仅产生于虚拟的现实中。在人类的技术和文化史的发展过程中,我们创造了能够促进和拓展我们的资质、感觉能力、运动能力和劳动能力的工具与技术;当然,最后的技术还是属于那些背景化了的并与技术所支持的过程相统一及一致的技术。我们遵守交通规则,而不必去探究交通导航系统的原理;我们操作各类灯的开关,使用烤箱、闹钟、收音机、电视机以及打电话等,而不必力求懂得电子技术。“无所不在的信息系统”(ubiquitaere Infomationssystem)正是从这里开始。当然,只有当信息技术与像PC机、笔记本电脑等标准计算机的连接障碍能被克服或者超越,并且这种“捆绑”式的功能还能回归其本来应用时,信息技术才能真正称得上“无所不在”。

“灵巧仪”(Smart Devices)作为微小的智能微观过程器被安装在闹钟、微波炉、电视机、立体声设备或者儿童玩具之中,通过传感器它们能够相互通信或者与我们进行摇控式通信,它们并不需要带有鼠标和键盘的计算机界面,而只需要一个既兼顾各自目的而又符合我们日常习惯的适宜的用户界面。它们作为“信息装置”(Information Appliances)被嵌入在工作及居住环境之中。

事实上,我们已经在谈论智能家庭、智能办公室及智能汽车。但就此而言,“信息装置”也还未导致计算机的虚拟现实性,而只是拓展了我们面对日常对象(实在现实)的各种可能性。在这种情况下,并非意味着我们所知的独自或者个别的计算机功能是智能化的,而是意味着人与技术的交互作用带来了所谓的智能系统。如果这类技术得以实施,不仅成千上万的PC机用户能够参与虚拟式的交往,而且物理世界中纷呈的事物也将在互联网上得到系统的管理;但是,他们或者它们也将在互联网中获得大量的数据阴影(Datenschatten)。Datenschatten不仅是一个技术问题,而且也是涉及诸如社会的、法律的及伦理的问题。

总之,“无所不在的计算机技术”是一种跨学科的研究任务。随着信息学、微电子学和材料科学的发展以及经济作为驱动器,人文科学将在一个特有的方式上面对挑战并被要求去寻找既适于人的本性而又不使人感到压抑的信息环境。

也许这种具有“无所不在技术”的、遥控式网络化的超级组织是一种技术乌托邦(Technikutopie),也许它能够在类似于一个集体式的蚂蚁王国中得以实现,但其群体智能将可能在数据阴影和病毒中丧失殆尽。

生物医学材料产业发展现状及前景分析

Present State on Industrial Development of Biomedicine Materials and Its Prospects

王海之 金 怡 钱 旻

(华东师范大学 上海 200062)

材料科学与物理学、化学、生物学及临床科学越来越紧密地结合,并突破旧有科学的狭小范围,诞生了另一个新兴的产业——生物医学材料产业。生物医学材料已经成为生物医学工程的4大支柱产业之一,它为医学、药理学及生物学等学科的发展提供了丰富的物质基础。作为材料学的一个重

要分支,它对于促进人类文明的发展必将作出更大的贡献。

生物医学材料指的是一类具有特殊性能、特种功能,用于人工器官、外科修复、理疗康复、诊断、治疗疾患,而对人体组织不会产生不良影响的材料。现在各种合成和天然高分子材料、金属和合金材

五、进化与机器人学 ——我们怎样面向未来?

在这种技术“脚本”中,我们对未来的期待究竟是什么?是否就像马文·明斯基(Marvin Minsky)所猜测的,我们人将随着神经技术和生物技术的植入及假肢的发展而演变成为机器人?或者,人类将成为一个具有联系其神经系统、物质流通、血液循环的超级有机体?在这种基于技术发展的预测以及在科幻小说中流露出的过度幻想的情结背后,通过技术语言的隐喻暗含了人们难以抑制的恐惧感以及假宗教式的对救世主的期待。

我们的目标肯定是要更加完善地促进技术和进化的发展,但在某种想当然的意义上不加约束地发展。我们决不能把自然之序视为毫无限制的模板。就人的尺度而言,自然界在进化着,但同样也伴随着巨大的损失(从植物与动物种类直至人类胚胎),并非每一尝试都是卓有成效的,令人震惊而又无奈的癌症肿瘤、严重的遗传和神经缺陷就是例子。因此,如果我们研究和发 展人工智能、生物技术和互联网技术,以便能够在希波格拉底的医学传统上促进并有益于我们人类的发展,那么,我们就需要一种由自然、科学和技术均不能完全提供的新的价值定向。

显然,诸方面的关键性协作是必要的,以使虚拟的网络世界不会在某种想当然意义上的发展过程中得以实现。除了专业性协作,可网络化能力及跨学科思想具有重要的意义。这种思想在企业的研

究过程中以及在企业内愈来愈程序化的工作中体现得更为具体。比如作为一个信息学学者,应该也必须去揣摩、学习和领悟媒体教育学家、企业家或者法学家的思维方式,以便能够设计和提供适于市场规范而又被顾客所接受的产品。网络化思想使得团队协作成为可能;语言式交流协作则必须渗透于信息—知识界。就网络中不同的语言而言,其必须满足文化间的交流与协作。也就是说,我们必须考虑社会及文化间的协作,确立并担负起我们的责任。

在哲学传统上,笔者曾经谈过把价值定向作为个性完善的基础。在哲学中这种价值定向与知识的结合被称之为真理(Sophia),实际上它也是各种教育和培养的最高目标。如果这种结合是不成功的,即使我们具有强有力的知识和能力,即使我们已创立了高技术及确定了未来方向,最终我们仍将成为真正的进化失败者。

参考文献

- [1] K. Mainzer, Tinking in Complexity. The Complex Dynamics of Matter, Mind and Mankind. Springer, 1997, 第3版. 可参阅曾国屏中文译本, 北京, 1999
- [2] K. Mainzer, Computer——Neue Fluegel des Geistes? De Gruyter. 1995
- [3] K. Mainzer, Gehirn, Computer, Komplexitaet. Springer, 1997
- [4] K. Mainzer, Computernetze und virtuelle Realitaet, Springer, 1999
- [5] K. Mainzer, “Ubiquitous Computing——Perspektiven fuer Wirtschaft und Gesellschaft”, 《Wirtschaftsinformatik》, 2000.5. P466 – 567

(责任编辑 王宏章)