

对当前神经网络研究的几点看法*

张承福

北京大学物理系

提要 本文对目前国内神经网络研究中存在的一些问题提出几点看法并分析了原因。着重阐述了神经网络研究的目的、意义和特点,研究的艰巨性与长期性,研究方法上该注意的问题等。

关键词 神经网络;反问题;联想记忆;制约优化;非线性映射

1 问题的提出

作为人工智能的神经网络系统研究是从50年代末、60年代初开始的,代表是性工作 Rosenblatt^[1]的感知器(perceptron)和 Widrow^[2]的自适应线性元(adalnei),至今已有30余年历史。在相当一个时期内,研究局限于小的专业人员圈子。80年代以来,以 Hopfield^[3,4]等人的联想记忆网络模型、制约优化网络模型、Rumelhart 等人^[5]的多层前传网络误差反传播算法(BP算法)等为代表的一批优秀工作的出现,掀起了神经网络研究的第二次热潮,研究圈子扩大到各行各业,成为多学科、综合性的交叉研究领域。我国网络研究的普遍展开是从1988年开始的,也已有6年历史了。6年来,研究队伍迅速扩大,至少已有一百多单位、几百科研人员参与,网络研究开始深入到各应用领域;每年在各种会议及杂志上发表的文章总有几百篇之多,可谓队伍不小,文章不少,其中也不乏优秀之作。通过6年努力,人们对神经网络的理解加深了,应用面拓宽了,这是好现象。但同时也应清醒地看到,当前网络研究中也遇到不少困难,暴露出不少问题,有不少误区。对此若不及时引起注意,认真分析与解决,神经网络研究很可能浮于形式和表面热闹,实质原地踏步、徘徊不前。轻则影响研究的顺利发展;重则一旦国际上热潮消退(“潮”总是有涨有落的),可能会烟消云散,只留下一些泡沫。

因此,我们认为现在是该对网络研究的目的、意义、现状、问题及发展方向等作出冷静反思、认真讨论,明确思想的时候了。笔者不能,也不想对国内神经网络研究现状作出全面评价,也不想对国际上的研究状况作评述,尽管不少问题在国外也有所反映。这里,仅就

* 神经网络研究课题受国家攀登计划项目“非线性科学”和自然科学基金重大项目“复杂控制系统理论的几个问题”的资助。关于神经网络系统的一般介绍可参阅本文作者的另一文章——“神经网络系统”(力学进展,1988年第2期)

我们在工作中接触到、感受到的有关国内网络研究中存在的一些问题及其原因，谈几点看法。当作抛砖引玉也好，发难也好，目的是为引起重视，展开讨论，加深认识。如有不妥之处，欢迎批评指正。科学上唯一的权威是客观真理，接近客观真理的办法是执行百家争鸣的方针。看来，现在重新强调这一点很有必要。

我们认为，目前国内神经网络研究的一个重要问题是，研究队伍广有余而精不足；研究工作低层次重复多，真正深入的、有创新的少；打迂回战（或称外围战）的多而打攻坚战少。不少人开始对网络研究感到新鲜，很有兴趣，初尝效果也不错；稍深入感到问题不少，产生疑惑；继而，有人很快失去信心和兴趣，退出研究。“弄潮儿”的存在是不可避免的，在发展初期尤其如此。但如果长期得不到解决，“新手循环”比例过大，则就不正常了。与此相关，许多模型，设想、方法不断被“再发现”；许多玩具性的演示一再被重复，被当作工作（而不是练习）提出来。理论文章出得不少，但有些工作令人感到是“隔靴搔痒”，不到点子上，甚至与神经网络风马牛不相及。有的文章定义定理一大堆，追求系统、完整、深奥，读起来很费劲，读后却有上当之感。应用研究是网络研究的重要方面，很有意义，但不少应用文章只是开了头，作些简单问题的原理性演示，刚显示出有益的苗头，距实际应用目标还甚远，就被当成了总结，写上了句号，等等。

我们认为，产生这些问题，有客观原因，认识上的原因，也有学风问题的影响。客观上，资料缺乏，国际交流困难（从事实际工作的人员几乎无机会直接参与国际交流），国内会议也往往以“拉洋片”为主，真正展开深入学术讨论的机会很少。此外，目前研究队伍以研究生、年青人为主。年青人精力旺，少框框，有闯劲，这是好事，但也有经验不足的弱点，需要指导，但不少导师本人并不直接深入有关研究，对于研究中遇到的问题难以给予中肯的指导，等等。更重要的是认识上的原因，有些人看了几篇文章，对神经网络研究的目的、意义、特点并不真正了解，或一知半解，或尚未入门。对有关研究的现况、存在的问题、任务的复杂性、艰巨性和长期性缺乏思想准备，遇到困难会感到意外，容易退缩，也就不奇怪了。本文将着重谈谈这些问题。

2 神经网络研究的目的、意义

神经网络是借鉴真实神经系统的某些功能，抽象、概括、简化而成的一类数学模型。但不同于一般的抽象数学研究，它有明确的目的性。其目的有既互相相关、又互有区别的两个不同方面。第一方面目的是研究真实神经系统的机理，这是人类长期追求的目标，此研究的进展将为人工智能研究提供源泉，开拓广阔的前景。为此目的，网络模型不能随心所欲，必需受神经解剖学的、生理学的和心理学的实验事实的制约，这是不言而喻的。另一方面是人工神经网络研究（以下有时也简称为神经网络），这是目前研究的主要方面，也是本文讨论的对象。作为人工网络，它借鉴于真实神经系统，但又不受“真实性”的制约。正如人类和动物以步行、爬行方式运动，而人工的运输工具却以滚动方式更有效。因此，人工网络的数学模型有极大的自由度。但是，它必须受一个制约：有明确的目的性，有实际的或潜在的应用价值。离开了这一点，就会成为无源之水，无根之木，只是纯粹的数学游戏。神经网络研究之所以引起广泛关注，热潮持续未衰，其根本原因，或其原动力，就在于它有应用价值，为实际工作中遇到的许多棘手问题的求解提供了新的工具，开创了新的途径。

任何事物、方法都不是万能的，神经网络方法也有其适用范围。不了解这一点，就不可

能用好神经网络。目前网络模型非常多，且仍在发展中。笔者认为，按其适用面来分，大致可分为三大类：

1. 联想记忆及基于联想记忆的模式分类、识别问题，如语言识别、手写体识别、图象识别等等。这些问题的重要性和困难性无须在此多说。在联想记忆方面，人比电脑要强得多，借鉴于大脑某些机理的神经网络方法应能在这方面发挥较大作用，确也有不少工作表明是有效的。作为联想记忆网络，不仅要求网络能“记忆”更多的样本，更重要的是要有好的容错性。此类网络一般都是演化网络（具有更好的容错性），即是一个动力学系统。通常动力学系统研究是以正问题方式提出的，即给定规则，研究其行为、性能。而这里却是以反问题形式出现的，要求贮存样本成为网络的不动点吸引子，而且要求有足够大的、形状合适的吸引域等等。如何构造合适的网络？显然，反问题研究要比正问题困难得多。特别是，容错性与吸引域有关，吸引域研究是关键。

2. 制约优化问题（constraint optimization）的近似求解，如货郎担问题（TSP）等。这是典型的 NP 完备问题。此类问题的严格求解是不现实的（计算时间随问题规模指数地增加），所以发展了很多近似求解方法。神经网络也提供了一种新的近似解法，虽然其效率及优化度并不最好，但由于其大规模并行性、硬件运算的快速性，在某些需要高速反应的特定场合还是很有实用价值的。从动力学角度看，此类问题要求的是网络的全局极小或其近似解。要达到这一点，这些解必需有足够大的吸引域，可见关键仍是吸引域。

3. 非线性映射。一大类实际问题，尽管其具体内容很不相同，但在数学上都可归纳为映射关系， $f: x \rightarrow y$ 或称为“问题-答案”的形式。 x 代表输入，即问题，如分类问题中的特征，系统控制问题中的状态参量，预测预报问题中的历史及现况数据等等； y 是输出，即答案，如分类结果，应加的控制量，预报值等等。这是目前研究最多，应用面最广的一个方面，有必要强调一下此类问题的特点和困难所在。a) 这是反问题，给定的只是某些样本点的映射关系，要求出近似的映射规律 f ，即“从事例得规律”。显然，这比正问题困难得多。b) 一般是非线性映射。因为线性问题的求逆已有系统方法，是已解决了的，无须用神经网络。而非线性映射的反问题则远未解决，有时神经网络发挥一定的作用。c) 一般是高维的、多参数的。低维问题，可用曲线、曲面拟合技术、内插技术等求解，并不困难。实际上，只要数据点能在二维、三维空间标示出来，就不难看出其近似规律来；正是高维问题，难以建立直观形象，因此十分困难。此外，若只有少数参量，作参量空间搜索就可以了；参量一多，搜索工作量指数增加，也就不现实了。d) 一般是高阶问题。低阶问题是较易解决的，如“发烧与炎症”、“闷热与雷阵雨”等等，都具有较强的一阶关联信息，人们容易从中总结出规律来。但是，对于高阶问题（低阶关联信息很弱，主要是高阶关联信息），组合方式指数增加，从事例总结规律是十分困难的任务，许多专家系统遇到的困难也正在于此。总之，神经网络所面临的正是这样一类困难问题，它是否有存在价值也正在于能否在求解这类困难问题中发挥好的作用，成为有效的工具。已有不少成功的例子，但还有大量工作要做。当然，随着研究的发展，不能排除其它方面应用的可能性。

但是，纵观目前国内有关神经网络研究的一些文章，属于“两不靠”（即既不研究真实神经系统，又不考虑实际应用目标）的，或目的意义不明确的，为数不少。以下举几例以资说明：

①单纯追求提高联想记忆网络的贮存容量,忽视容错性的考虑与研究,有的模型几乎没有容错性。要知道,神经网络的贮存容量是远低于普通编码贮存的(但后者无容错性),如果再丧失了容错性,这样的网络还有什么意义?诚然,容错性的研究要困难得多,但这是不能回避的!

②不少人认为多层前传网络的首要问题是学习速度问题,单纯追求提高学习速度和精度。诚然,学习速度是重要的,但将之列为首要则颠倒了主次。我们认为,首要的问题是训练出的网络是否有好的推广性,即能否逼近规律,这是训练的目的。否则,用“列表对应法”是最快捷的,不过没有推广性,不解决问题。目标不同,方法与效果也会完全不同。有的工作用很多神经元、大量可调参数,对于训练很小的样本集,训练很快,精度也很高,可是推广性如何?值得考虑。我们对实际数据的训练经验也表明,过分追求学习的容易和学习精度的提高,偏离内在规律可能更远,效果更差。其实,用曲线拟合为例就能说明这一点。众所周知,用 n 阶多项式可容易地、精确地逼近 $n+1$ 个样本点。但是,实际数据不可避免地存在误差、不确定性,这样的逼近曲线一般振荡剧烈,可能毫无用处。相反,用低阶多项式倒能给出较好的近似规律。从数学上来讲,可认为神经网络方法是数据拟合技术在高维空间的某种推广,其道理是一样的。

这里想对逼近理论再多说几句。逼近理论是研究神经网络逼近非线性映射能力的数学理论,本身是有意义的。有人将它誉为“神经网络的理论基础”,可见其影响颇大。但是,过分的依赖它,不恰当的理解和引用,反而起误导作用,这点应引起足够重视!原因在于两者对问题的提法、目的、要求是有差别的。正如上面所述,目标不同,措施与效果也是不同的。神经网络研究需要有数学理论指导,但是更需要有更多的、更切近实际问题需要的数学理论的指导。这对理论工作者来说,也是一个更高的要求。其它如神经网络的统计理论,自旋玻璃理论研究等,是否也有类似的问题?请读者深思。

③不少理论工作和应用工作有虎头蛇尾、头重脚轻现象。模型、方案、设想讲了一大套,最后则是一、二个低维的,相对简单的玩具式演示例子,以说明其方案的正确性与有效性。这是不行的!首先,简单问题早已有法解决,而且往往比网络方法更简洁,何必硬要套上神经网络框子呢?其次,对简单问题有效,并不能说明对复杂问题也有效,二者可能有质的差别,否则也就不存在困难问题了。作为仿真例子,没有一定的难度,是说明不了问题的。

④网络研究是一门交叉学科,成员来自各行各业,背景知识、方法各不相同。这本是好事,可以互相补充,从不同侧面加深对网络的理解。但是,这里也存在一个“改履适足”与“削足适履”的问题。是改进与发展各自原有的知识、方法,以适应网络研究的目的需要,还是改造网络的目的以纳入自己熟悉的轨道?遗憾的是,后一趋势不乏其例。如:a)优化网络的一个重要困难是易陷于局域极值,为“避免”此困难,有人特意设计出“只有唯一全局极小的网络”。然而,这样的网络有什么意义?其正的困难问题能化成凸问题吗?而凸问题又何需用神经网络求解呢?b)有些工作竭力将网络纳入线性理论轨道。诚然,某些网络模型是线性的,而且一旦纳入线性轨道,求解是容易了。但是这样的网络有多少生命力呢?c)至今仍不断有工作从事神经网络的局域稳定性分析。其实,这是早已清楚的或已解决了的,演化网络的问题并不在于局域稳定性的判别上,而在于吸引子、吸引域的控制与分析上。其次,局域稳定性理论一般都以正问题形式提出:“如果……,则……”,而神经网络

本质上是反问题，这里，“条件”的判别恐怕比直接检验稳定性更困难。d) 将“正统”的非线性研究的特点与方法，如正问题、求特解、低维、少量参数的空间搜索、重点是寻找混沌解……等等硬搬到神经网络研究中来，而忽视了两者在特点上和目的上的差别，等等，不一而足。

总之，只有目的明确，思想一致，才能协同作战，减少时间、精力与金钱的浪费。

3 神经网络研究的艰巨性与长期性

对神经网络研究的艰巨性与长期性缺乏足够的思想准备，也是出现以上种种问题的一个重要原因。神经网络研究的先驱者之一，意大利著名科学家 E.R. Caianiello (1921—) 教授不久以前曾指出，神经网络研究尚处于婴儿期，这是很正确的。对于真实神经系统，目前只了解了极小一部分，对此系统的全面研究和深入了解，是一项长期的、艰巨的、需要几代人努力的任务。就人工网络而言，尽管已有某些产品面市，也只能说是些小玩意儿（小玩意儿有时也是很有用的，如轮子的发明等），但决不等于成熟与完备，还有大量工作要做。

目前神经网络研究中提出的理论课题，如前面提到的演化网络吸引子与吸引域的分析及控制问题，多层前传网络的推广性问题等等，已远超出了“正统”的研究方法范畴，简单套用现有的数学、物理或其它方法，似已不足以解决问题，有待于数学家与其他领域理论研究者的努力，发展出一套适合神经网络研究的工具与方法。可以说，神经网络研究的理论课题面临的是硬骨头，攻坚战，而不是外围战或迂回战。正如去得晚了，想在海边拾取好的贝壳已不可能，只有真正下海才能有所收获。

相对而言，应用研究的面要开阔得多，能够大有作为，但也不是轻易能取得成果的。想要简单编些程序或买些软件上机一运算就取得重要成果，只是梦想。应强调，应用本身是探索，是研究。道理很简单：首先，有待神经网络去解决的正是那些尚未很好解决的棘手问题；其次，神经网络方法只是提供了一种有用的工具，而不是万能钥匙。正如锯、刨、锉是有用的木工工具，但一般人只能作些粗活，想要用以做出精美的家俱，必需有高超的技术，没有多年的磨练是不可能的。又如，“启发式搜索”是朴素的、很有用的思想，但如何用以解决实际问题，取得好的效果，可以说是一种艺术。

4 关于研究方法的几个问题

思想明确了，方法问题有时也是很重要的。这里简单提几点想法。

①处理好解析方法与数值模拟的关系。解析方法固然很重要，传统研究也多以解析为主。但对于非线性问题，目前解析方法的能力是很有限的。就拿较简单的 logistic 映射

$$x_{n+1} = \lambda x_n (1 - x_n)$$

（ λ 是 0—4 之间的参数）来说，其丰富复杂的性质也多半靠数值模拟揭示的。因此，数值模拟是神经网络研究的一种重要手段，不可或缺。正如在科学规律总结之前需要大量实验数据提供信息，规律总结之后需要实验检验一样，数值模拟就是一种实验。如前所述，模拟的问题必需有一定难度与复杂性，否则是说明不了问题的。

②网络方法只是一种工具，而不是人的智能的替代物，至少目前的情况是如此。就拿多层前传网络的训练为例来说，只靠一个“误差函数”的指标来指导训练，对简单问题可以，但对复杂问题，效果不会好。正如教练员想靠一个得分指标指导比赛，指队员靠一个指标指挥战役，效果决不会好。（限于篇幅，此问题将另文进一步讨论）。

③复杂问题的求解需要多种方法、途径的互补,各取所长。对于各个环节,哪种方法最有效就用哪种方法,不搞穿靴戴帽。“拿来主义”要比“排它主义”好,但应为我所需而不是照搬硬套。

④神经网络研究人员来自不同专业,为便于互相交流,理论文章应通俗易懂,尽量少用过于专门的名词、术语、符号(尽管在本专业是通用的),以减少不必要的困难。记得有位科学家说过,重要的理论往往是简单的,这话很有道理。有的叙述理论的文章,定义、定理,条件一大堆,结论却被掩盖得几乎看不见,这是反其道而行之,实在不足取。需知抽象难懂不等于水平高,通俗易懂不等于水平低!

此外,学风问题也需引起足够重视。产生上述种种现象,除了客观的、认识上的、方法上的原因外,学风不良问题也不容低估。如热衷于赶浪潮、赶时髦,只想穿靴戴帽,无志于求真知;追求短期效果,只想“短、平、快”,不愿下苦功;直观问题抽象化,简单问题复杂化,以难懂充深奥,实在不足取。尽管上述现象为数不多,但影响不小。

最后希望有关科研工作的组织领导者深入实际、掌握情况,协调与引导研究方向,真正起组织者与指挥员的作用。面对攻坚战,指挥员的作用更重要!否则,任其自生自灭,潮起潮落,一旦国际上热潮过去,会留下多少东西?值得深思。

以上为一孔之见,有不妥之处,欢迎批评指正。

参 考 文 献

- 1 Rosenblatt F. Principles of neurodynamics. Spartan, New York (1949)
- 2 Widrow B, Hoff M E. WESCON convention record, Part 4 (Aug. 1960) : 99
- 3 Hopfield J J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., **79** (1982) : 2554; **81** (1984) : 3088
- 4 Hopfield J J, Tank D W. Neural computation of decisions in optimization problem. *Biol. Cybern.*, **52** (1985) : 141
- 5 Rumelhart D E, McClelland J L, et al. Parallel distributed processing: Explorations in the micro-structure of cognition. MIT press, Cambridge M A (1986)

SOME VIEWS ON THE CURRENT SITUATION OF NEURAL NETWORK RESEARCH

Zhang Cheng-fu

Department of Physics, Beijing University (Peking University)

Abstract In this paper, some problems existing in current neural network research in China are pointed out and the causes are analyzed. The emphases of the paper are: the aim, meaning and characteristics of neural network research, the difficulties and long-standing of the task, and the points should be noticed in methodology of the research.

Keywords *neural network; inverse problem; associative memory; constraint optimization; nonlinear mapping*