

·读者之声·

我博士科研经历中的 经验和教训

自从2006年12月博士毕业,虽然没有留在高校从事教学工作,但是一直也没有停止和年轻的工程师以及在校学生的交流往来。一个偶然的触动,引发我反思自己博士期间的经验和教训。写此文章,只是希望大家分享一下我的经验和体会,而不是想吹嘘自己。因为,我觉得只有自己的亲身体会,才最深刻。

我博士期间的主要研究方向是非线性系统鲁棒自适应控制,主要的研究对象是空天飞行器,而我当时选择研究的控制理论方法叫轨迹线性化控制(Trajectory Linearization Control)。我的研究任务简单说来就是考虑空天飞行器的飞行特征,为其设计一个足够稳定的飞行控制系统。

轨迹线性化控制方法是美籍华裔教授朱建潮(Jim J. Zhu)在1998—2000年期间最先提出来的。直到2005年我第一次接触时,轨迹线性化控制方法都算是很新颖的一种非线性控制方法,在国际上少有论文发表,而在国内则无人从事过这方面的研究工作。正是因为轨迹线性化控制方法的新颖性,我综合比较了该方法与其他非线性控制方法的优劣,作出一个比较大胆的决定,即不仅要将该方法成功运用于空天飞行器的飞行控制系统设计,还要克服轨迹线性化控制方法可能存在的不足,通过改进它,使它能够应对空天飞行器的飞行特性对于控制系统性能的挑战。之所以称这个决定比较大胆,是因为:第1,我需要自学大量的和艰深的理论知识,这将对我的自学能力和领悟能力的重大考验;第2,在研究的道路上,我将成为一个孤独者。假如在研究的过程中遇到困难,我连找个交流讨论的人都很困难。

研究初期,一切都看似非常的顺利。经过一番努力,我熟悉和掌握了轨迹线性化控制方法并以空天飞行器对被控对象,设计实现了空天飞行器的飞行控制系统。仿真验证时,我发现轨迹线性化控制方法虽然有效,但是鲁棒性不足,即在被控对象存在未知的干扰和不确定性时,整个控制系统会不稳定,并会随着不定性的增大,性能衰减直至最终整个控制系统发散。经过研究,我利用神经网络对未知非线性函数的逼近能力,将

神经网络自适应技术与轨迹线性化控制方法相结合,提出一种新的鲁棒自适应轨迹线性化控制结构。但没有想到我真正的挑战便从此开始:当我经过一系列的公式推导得到完整的鲁棒自适应轨迹线性化控制算法,并用于空天飞行器控制律设计后,一经运行却发现,整个控制系统是发散的!我做了无数次的仿真,修改了无数次的参数,整个控制系统仍然是发散的,整个研究陷入僵局。

本文写到这里才是我最想与大家分享的,我想知道在遇到类似情况时,别人会怎么做。当时为了突破这个难题,我做了如下几件事:

第1,我将相关的非线性控制理论、轨迹线性化控制理论、神经网络自适应控制理论教材和论文,重新阅读了一遍。我做此事的目的,是确认我的思路 and 方向是正确的。

第2,我开始和国内国外的很多专家讨论。包括朱建潮教授在内,我给国内外众多研究非线性系统自适应控制、神经网络自适应控制的专家写过电子邮件,得到过他们的帮助。

第3,我暂时放弃了空天飞行器模型,而转用简单可靠的数学模型作为研究对象。这样做的好处是可以避免空天飞行器数学模型自身带来的不确定性影响整个研究。

第4,我用同样的研究思路,采用不同不确定消除技术,即非线性干扰观测器技术,重新进行理论推导、控制器设计,并成功开发出种基于非线性干扰观测器的鲁棒轨迹线性化控制新方法。

第5,我说服自己的师弟和师妹,为自己建立了一个小的研究团队。我向他们充分阐明了当时的状态,请他们考虑帮助我一起攻克难题。这些师弟和师妹不仅可以和我一起进行更加深入的讨论,同时,他们在仿真中获得的数据,成为我分析的依据,对于我最终解决问题起到很大作用。

做完这些事情,我开始重新研究我的神经网络轨迹线性化控制。最终,我发现了自己的错误:真让人哭笑不得,仅仅是错了一个正负号!原来我在引入别人的神经网络自适应控制思想的同时,想当然地也将别人的自适应调节律引用过来,也就是说,我做了大量的公式推演,但在最后一步,我放松了警惕。而恰恰在自适应调节律问题上,我的自适应

调节律刚刚和别人符号相反。所以,别人的结果是收敛的,我的结果是发散的。

找到并解决这个关键问题之后,我很快达到南京航空航天大学博士毕业要求,顺利地完成我的博士学业。

时隔8年之久,我仍然对当时的情形历历在目,确实印象太过深刻。将经验和教训一并总结,供更多的朋友借鉴和参考:

第1,一丝不苟、严谨细致是重要的科学素质。其实最简单和最直接的解决方案是仔细将公式重新推导一遍,或者请人帮助推导一遍。在科研的道路上,一丝不苟、严谨细致不仅是重要的科学态度,更是重要的科学能力。

第2,重视理论、相信理论是突破困难的根本。理论的重要性就在于它能够宏观层面指引正确的方向,所以当遇到困难的时候,我最先想到和最先实施的就是检查和确认理论分析结果的正确性,尽管走了一些弯路,但解决问题是迟早的事情,而我扎实的理论基础,也得益于当时反复的理论学习和理论推导。

第3,科学研究和解决问题时需要逼迫自己主动一点、再主动一点。从前,性格内向、老实稳重是大多数人对我的评价。然而,因为读博士,因为遇到的困难,我也变得更加积极主动。从博士毕业至今,我逐渐习惯于建设性的思维和积极的行动,而不是无休止地抱怨或者停滞不前。

第4,交流与合作是取得最终成功的重要保证。在攻克难题的整个过程中,我不仅结识了一大批该领域内的科研同行、专家教授,并通过交流与合作,和实验室的师弟师妹结下深厚的友情,我想这是比我取得博士学位更宝贵的东西。

时至今日,作为中国青年科学工作者协会的一名成员,我会更加鼓励年轻朋友能够抓住机遇,投身和推动国家的科学技术发展。希望通过分析自己的经验和教训,给予更多朋友些许启迪,祝愿他们在科学和研究的道路上走得更加顺利。

——中国民用航空上海航空器适航
审定中心高级工程师 朱亮
(编辑 石萌萌)

