**项目名称**：复杂神经网络的理论分析与控制

申报山东省2020年度自然科学奖

**一、提名意见**：该项目针对复杂神经网络的若干理论和应用问题，进行了深入系统的研究，完成了一些很有意义的工作：统一模型描述的复杂神经网络的稳定性分析与控制。

本项目取得了具有国际影响力的原创性研究成果，八篇代表性论文都被SCIE 收录，其中有两篇为高被引论文（含热点论文一篇）。八篇代表性论文的发表杂志的2018年SCI影响因子总和14.333，SCI总被引次数198 次，其中SCI总他引次数196 次。也获得了良好的社会与经济效益。研究工作得到了两院院士、IEEE fellow等在内的国内外知名专家的肯定。

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求，按照要求，进行了公示，根据山东省自然科学奖的申报条件，推荐该项目申报自然科学三等奖。

**二、项目简介**：由于工程技术、环境生态、社会经济等领域中出现的实际系统，一般都受到随机干扰和脉冲刺激的影响，所以对随机性和脉冲性的研究为实际应用的必须，但也带来许多艰深的理论课题。 所以这类复杂神经网络的理论分析和控制就显得尤其迫切。近 10 年来，本课题组在国家自然科学基金、中国博士后科学基金和山东省自然科学基金和国家重点实验室开放课题等多个项目的大力支持下，开展了复杂神经网络的统一建模以及基于统一模型的随机性与脉冲性作用分析和控制研究，为复杂动力系统的控制理论的完善做出重要贡献。项目的主要创新成果包括：

1、提出一种统一模型来描述随机系统、脉冲系统、复杂神经网络以及多种模型共存的复杂动力系统。统一模型是现代控制理论中状态空间法的扩展，它为在统一框架下解决复杂动态系统的分析和综合问题奠定基础。

2、在统一模型的框架下解决了不同类型神经网络系统的脉冲控制器设计难题，突破了以往只能针对同结构神经网络系统设计同步控制器的限制。

3、针对统一模型描述的随机系统，用不动点理论等方法解决了随机稳定与镇定、最优滤波和最优控制的问题，为了解和实现对随机因素的控制奠定了基础。

本项目研究为复杂动力系统提供了一套分析与控制的理论体系。大部分研究成果被收入由科学出版社出版的专著《非线性随机时滞神经网络-稳定性分析与脉冲镇定》中。该专著由中国博士后科学基金全额资助出版，收入《博士后文库》丛书系列。该丛书由原国家自然科学基金委主任、博士后科学基金会理事长杨卫院士题写序言，编委会由包括5位院士在内的25位长江学者、国家杰青等专家组成。研究成果得到国际著名数学家、National University of Ireland 教授Donal O'Regan，IEEE Fellow、欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术院院士曹进德教授，IEEE控制系统协会会议编缉委员会委员、IEEE高级会员英国布鲁奈尔大学王子栋教授，FIEEE、教育部长江学者、香港城市大学首席教授 W. C. HO等学者的高度评价。八篇代表性论文都被SCIE 收录，其中有两篇为高被引论文（含热点论文一篇）。八篇代表性论文的发表杂志的2018年SCI影响因子总和14.333，SCI总被引次数198 次，其中SCI总他引次数196 次。培养了硕士博士等一批优秀人才。主持的科技开发项目《应用神经网络预测基坑变形》也获得了良好的社会与经济效益。

**三、客观评价**：针对创新成果1 和代表性论著3与5。 其中针对代表性论著3，引文中有3篇ESI高被引论文，ESI高被引科学家朱全新等认为该结果是重要的和有使用价值的（见附件11）。针对代表性论著5，其引文中有1篇ESI高被引论文，数学家Mimia Benhadria, Tom as Caraballob 和 Zeghdoudi Halimc引用它多达5处，其中更是完整引用了论著5的整个主要定理，并指出他们工作的目的就是推广论著5的结果到脉冲情况，但是其基本思路和结论仍然是论著5型的，可以说没有论著5就没有他们的相应工作（见附件13）。

针对创新成果2 和代表性论著1、2、4、7和8，目前已被第一完成人收入专著《非线性随机时滞神经网络-稳定性分析与脉冲镇定》（见附件4）中，该专著属于《博士后文库》丛书，由中国博士后科学基金全额资助，由科学出版社出版发行（见附件34）。该博士后文库的编委会由包括5 位中科院院士和8 位工程院院士在内的共25 位专家学者组成（见附件35），序言由原国家基金委主任兼中国博士后科学基金会理事长杨卫题写（见附件36），得到了中国博士后管委会、中国科学院和科学出版社等的大力支持（见附件37）。其学术价值：“一是选题为本学科前沿，涉及本学科研究热点和难点问题，具有重大的理论意义和现实意义。也是国内外比较活跃的研究课题，具有挑战性和创新性。二是研究内容在理论或方法上有创新，具有开拓性，对本学科发展做出了贡献。其有关论文在国内外高级别的刊物上发表，或者尽管论文发表的刊物层次不高，但论文内容达到了国内领先水平。三是书稿的成果和效益显著，其学术价值已得到国内外的承认；其研究成果的应用已取得显著的经济效益和社会效益，引起了同行专家关注”（见附件17）。其中针对代表性论著1，引文中有4篇ESI高被引论文，IEEE Fellow、欧洲科学院院士曹进德教授和意大利数学家Luca Guerrini等也引用了论著1，并做了进一步研究（见附件9）；神经网络专家R. Sakthivel, R. Samidurai 和S. M. Anthoni 认为我们研究随机因素对神经网络动力学行为的影响具有现实意义（MODERN PHYSICS LETTERS B，卷: 24，期: 11，页: 1099-1110，出版年: MAY 10 2010）。针对代表性论著2，引文中有2篇ESI高被引论文，领域专家S. Muralisankar, A. Manivannana 和P. Balasubramaniam 认为我们研究随机因素对时滞神经网络稳定性的影响具有现实意义上的重要性（见附件10）。针对代表性论著4，引文中有6篇ESI高被引论文（其中热点论文2篇）， 本行业专家Ning Li 和Wei Xing Zheng 在其2018 年发表于本专业顶尖杂志《Neural Networks》的论文中指出我们在人工神经网络中引进惯性术语（状态的第二导数），等价地，考虑自感应的影响的工作是重要的（见附件12）。针对代表性论著7，引文中有5篇ESI高被引论文（其中热点论文2篇），长江学者、国家杰青苏宏业等指出这类工作目前仍然是活跃的（见附件15）。针对代表性论著8，引文中有3篇ESI高被引论文（其中热点论文2篇），数学家Alireza Nazemi 和 Atiye Sabeghi 在2019 年的工作中引用了我们的结果，并做了进一步研究（见附件16）；IEEE Fellow、新加坡工程院院士Sam Shuzhi Ge教授在其最近的工作中也引用并推广了它（IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS，卷: 49，期: 9，页: 3420-3431，出版年: SEP 2019）；本行业专家Sunday O. Edeki, Tanki Motsepa, Chaudry Masood Khalique, 和 Grace O. Akinlabivital 认为我们的这个工作是随机神经网络方面至关重要的结果（vital research approaches involving neural networks in relation to stochastic differential equations，OPEN PHYSICS，卷: 16，期: 1，页: 780-785，出版年: JAN 2018）；本行业专家 Rakshit Sarbendu，Ray Arnob，Bera Bidesh K.等也指出我们的结果利用了脉冲控制技术很重要（NONLINEAR DYNAMICS，卷: 94，期: 2，页: 785-805，出版年: OCT 2018）。

针对创新成果3 和代表性论著6，引文中有3篇ESI高被引论文（其中热点论文2篇），数学家Cheng-HsiungHsua和 Jian-JhongLinb刚刚引用它，得到了论著6型主要定理，并指出他们工作用了不同的方法，但是其基本思路和结论仍然是论著6型的（见附件14）。

同时本项目已经获得2018 年山东省高校科学技术奖一等奖（见附件18）。2011 年我们还主持了山东省第九届统计科研重点项目《统计数据质量控制的神经网络法研究》，2013 年顺利结题，并获得了当年的山东省统计科研优秀成果二等奖（见附件19）；我们又将项目部分研究成果编撰为学术专著《非线性随机时滞神经网络-稳定性分析与脉冲镇定》，该专著由中国博士后科学基金全额资助出版，为《博士后文库》丛书系列专著（见附件17）。我们还将部分研究成果服务于社会，2011 年主持了济南同成测绘有限公司的科技开发项目《应用神经网络预测基坑变形》，项目顺利完成，实现了很好的经济与社会效益（ 见附件）。

**四、代表性论文专著目录：**

1. Yingxin Guo, Mean square global asymptotic stability of stochastic recurrent neural networks with distributed delays, Appl. Math. Comp. 2009, 215: 791-795；

2. Yingxin Guo, Global asymptotic stability analysis for integro-differential systems modeling neural networks with delays, Z. Angew. Math. Phys.,2010, 61: 971–978；

3. Yingxin Guo, Shu Tang Liu, Global exponential stability analysis for a class of neural networks with time delays, International Journal of Robust and Nonlinear Control 2012, 22: 1484-1494；

4. Yingxin Guo: Mean square exponential stability of stochastic delay cellular neural networks, E. J. Qualitative Theory of Diff. Equ., 2013, 2013 (34)：1-10；

5. Yingxin Guo, Chao Xu, Jun Wu. Stability analysis of neutral stochastic delay differential equations by a generalisation of Banach's contraction principle, International Journal of Control, 2017，90(8): 1555-1560；

6. Yingxin Guo, Exponential stability analysis of traveling waves solutions for nonlinear delayed cellular neural networks, Dynamical systems, 2017，32（4）：490-503；

7. Yingxin Guo. Global stability analysis for a class of Cohen-Grossberg neural network models, Bull. Korean Math. Soc., 2012, 49(6): 1193-1198；

8. Yingxin Guo, Globally robust stability analysis for stochastic Cohen-Grossberg neural networks with impulse control and time-varying delays, Ukrainian Mathematical Journal, 2017，69(8)： 1049-1060。

**五、主要完成人情况：**

1、郭英新，1969年4月生，曲阜师范大学副教授，博士，硕士生导师。是所有代表性论著的第一和通讯作者。主要贡献：提出一种统一模型来描述复杂动态系统。在统一模型的框架下解决了不同类型神经网络系统的稳定与控制问题，突破了以往只能针对同结构神经网络的限制。并发展了不动点理论方法用来解决了复杂系统的稳定性等基础性问题。

2、许超，1980年4月生，浙江大学教授，博士，博士生导师。代表性论著5 的第二作者。主要贡献： 共同研究讨论了不动点理论在复杂系统稳定性课题方面的应用问题，重要贡献在论著5中体现，该结果被SCI论文大面积引用。

**六、完成人合作情况说明**

项目组2位完成人共同完成代表性论著5。