|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 学科代码与名称 | 1102045 | 生物数学 |
| 学科评审组代码与名称 | 010 | 数学 |
| 成果登记号 |  |

**高等学校科学研究优秀成果奖**

**自然科学奖**

推 荐 书

|  |  |
| --- | --- |
| 项 目 名 称： | 半连续动力系统与生物资源管理的数学方法 |
| 第一完成单位： | 信阳师范学院 |
| 通 信 地 址： | 河南省信阳市南湖路237号 |
| 电 话： | 0376--6393630 |
| 邮 政 编 码： | 464000 |
| 推 荐 时 间： | 2018年7月9日 |

# 高等学校自然科学奖推荐书

### （2018年度）

## 一、项目基本情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学科评审组： | 数学 |  |  |  |  |
| 项目名称 | 中文名 | 半连续动力系统与生物资源管理的数学方法 |
| 英文名 | Semi-Continuous Dynamical System and Mathematical Methods of Biological Resource Management  |
| 主要完成人 | 宋新宇，黄明湛，郭红建，陈兰孙 |
| 主要完成单位 | 信阳师范学院，中国科学院数学与系统科学研究院，大连理工大学 |
| 推荐单位（盖章）/推荐专家 | 信阳师范学院 |
| 主题词 | 半连续动力系统；生物资源管理；控制策略；稳定性 |
| 学科分类名称 | 1 | 生物数学 | 代码 | 1102045 |
| 2 |  | 代码 |  |
| 所属科学技术领域 | 生物数学 |
| 任务来源 | D1-国家自然科学基金；D2-其它基金；C-省计划； |
| 具体计划、基金的名称和编号：（不超过300字） |
| 国家自然科学基金4项: 脉冲生物动力系统稳定性与周期解(10471117) 、 状态脉冲及脉冲微分方程边值问题研究与应用（10771179）、 茶树害虫防治与半连续动力系统 (11171284 ) 、 水库水质生物治理的系统生态学模型研究（11371306）；教育部留学回国人员科研启动基金项目1项：脉冲生物动力系统的稳定性和周期解([2005]55号)；河南省科技创新杰出人才支持计划项目1项：脉冲微分方程的几何理论及应用(104200510011) ；河南省高校杰出科研人才创新工程基金1项：环境管理与流行病控制模型的研究(2005KYCX017)；河南省高校科技创新团队支持计划1项：生物数学创新团队(2010IRTSTHN006) ； |
| 发明专利（项） | 授权: |  | 申请: |  | 授权的其他知识产权（项） | 0 |
| 项目起止时间 | 起始：2001.01.01 |  | 完成： | 2014.11.11 |

　　　　　教育部科技发展中心制

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

## 二、项目简介

|  |
| --- |
| 本项目属于微分方程与半连续动力系统、生物数学研究领域。本项目针对生物资源优化管理问题，致力于研究多因素耦合的生物演化过程与控制方法，探讨各类时滞、生长阶段、人为干预与收获等因素对生物资源动态平衡的影响，为生物系统结构刻画及其功能的表征提供新方法，为生物资源的保护、开发、控制和评估提供科学依据与理论支撑。在理论上，完善和改进了微分方程的一些已有结论，并将其推广到具有脉冲效应（定时和状态）的生物动力系统；进一步推动了半连续动力系统（以下简称SCDS系统）理论的发展，形成一些新的研究方法，使SCDS系统的应用领域更加广泛。在应用上，探究了生物资源调控的各类策略及其可行性，解析了一些生物学现象产生的原理，为生物资源管理研究提供了新思路、新方法，为实践中的策略选择提供了科学理论指导。本项目的主要研究成果有：1. 研究了带有阶段结构、资源收获、环境变化等因素的时滞动力系统的动态平衡规律，阐明了系统的耗散性、持续性以及周期行为，改进了微分方程的一些已有结论，为系统的动态平衡研究提供了新方法。2. 突破了生物资源管理建模传统思路的限制，将脉冲微分方程应用于多个领域：在带有脉冲干预的种群关系中，找到了种群消亡和持续生存的阈值条件，且证实综合害虫防治效果优于单一治理形式；率先提出了“有限时间”资源管理，并找到了该管理模式下收获周期和力度对种群数量的影响。3. 首次构建并研究了微生物培养中带有状态反馈脉冲控制的恒浊器模型，在此基础上首次提出了“半连续动力系统（SCDS）”的概念，研究了其动力学性质、分支理论、复杂性等问题，还将平面SCDS系统理论拓展到高维SCDS系统。4. 首次将半连续动力系统用于糖尿病治疗中的胰岛素管理，提出了胰岛素药物注射策略：胰岛素注射总量固定时，开环控制下优先选择短周期小剂量的注射形式；闭环控制下选择长周期大剂量的注射形式。5. 利用半连续动力系统研究了生物资源状态反馈控制的可行性和周期性，构建了资源管理系统的新机制，从理论上证明了状态反馈脉冲输入或输出情形下会出现的多种复杂的动力学现象。本项目的研究成果主要发表在Mathematical Biosciences，SIAM J Appl Math，J TheorBiol，Nonlinear Anal-Real World Applications，Appl Math Model，Nonlinear Dynam 等国际期刊，影响因子最高为3.464。10 篇代表性论文被 SCI 期刊他引 301 次，WOS平台数据库他用370 次。项目部分成果曾获SIAM Nugget推荐。著名杂志Letters in Biomathematics主编OlcayAkman、NRI首席科学家SirajumMunir、英国格林威治大学自然资源研究所首席科学家Robert A. Cheke教授等评价我们的工作是“One of the first attempts”、“addresses some critical challenges”、“a key challenge to design an artificial pancreas”，“two novel mathematical models”等。本项目完成人担任中国生物数学学会理事长和常务理事及国际 SCI期刊主编等职务。宋新宇教授于2004年-2015年间在三届中国生物数学会议、五届中日及中日韩生物数学会议、两届中意应用数学会议上作大会邀请报告，且连续四年（2014-2017）入选Elsevier中国高被引学者榜单。陈兰孙研究员在2012数学类全球高引用率作者排行表中排名第35位，且作为大会主席曾多次主持相关国际会议并作特邀报告，在学术界产生了较大影响。 |

## 三、重要科学发现

**1. 重要科学发现**（限5页）

2001年至今，本项目组成员致力于微分方程理论及其在生物数学领域的应用研究，强调问题产生的实际背景，涉及生物可再生资源种群管理、疾病控制等多个领域，微分方程的数学理论和生物学应用学科的交叉性强。在生物资源优化管理方面，建立了多因素耦合的种群演化理论与控制方法，解决了生物动力系统的一些关键的数学问题及研究方法，为生物系统结构的刻画、功能的表征与控制提供了新的思路，为可再生生物资源的保护和开发提供了科学理论依据。同时，这些应用研究进一步促进了半连续动力系统理论的完善和发展，使之不断扩展其应用研究领域，并取得一些重要研究成果，因此该项目形成了从应用研究到理论研究再到应用研究的数学方法。

本项目的主要研究内容及重要科学发现主要体现在以下几个方面：

1. **研究了带有阶段结构、资源收获、环境变化等因素的时滞动力系统的动态平衡规律，阐明了系统的耗散性、持续性以及周期行为，改进了微分方程的一些已有结论，为系统的动态平衡研究提供了新方法。（代表性论文[1]、[2]，[4]）**

种群动力学是生物数学的一个重要分支，有着两百多年的悠久历史，它的发展和各种生物现象的定性研究是相辅相成、相互促进的。早期建立的动力学模型往往都忽略了种群的大小、形态、行为特征、环境因素、种群间作用以及人类干预等。随着定性研究的深入，Hastings 在1983年建立了经典的阶段结构捕食模型，Aiello和Freedman于1990年建立著名的单种群时滞阶段结构模型，但将阶段结构、收获，环境因素等考虑到种群关系中来的研究并不多见，在理论上和方法上都不完善。

⚫ **提出了系统动态平衡研究的新方法**

项目组第1，4主要完成人在2001年研究了一类两种群时滞阶段结构的竞争系统，考虑了对成熟阶段种群资源的收获，找到了正平衡态全局渐近稳定的条件，种群收获的临界条件以及最优收获量。在理论部分，推导获得了带有阶段结构的单种群时滞模型在各种条件下的吸引子，改进了单种群动力系统已有的理论，这一结论成为后期大批学者研究种群动力系统的重要工具。此外，在正平衡点的的全局稳定性论证中，该文献构建了迭代方法，这也成为生物数学学者广泛使用的研究系统动态平衡的方法。

代表性论文发表在Mathematical Biosciences 170(2001) 173-186，影响因子1.246（代表性论文1），文章自发表以来，SCIE他引次数达到115次，WOS平台数据库他引次数达到161次。

⚫ **在害虫综合治理研究中率先引进环境变化因素的影响**

项目组第1主要完成人在周期变化的环境中构建了捕食者-食饵系统，并将种群的阶段结构、成熟时滞、多种食饵的交互作用和人类的干预形式等考虑进来。将环境的周期变化因素引进害虫的综合治理模型中，这在之前的研究中并不多见。项目组完成人结合离散，连续和脉冲动力系统的相关理论及非线性泛函理论，并运用计算机数值模拟技术，在动力系统模型的周期解，稳定性，系统的持续生存以及种群资源的收获策略等方面展开深入的理论研究，丰富了现有的动力系统理论，为系统的动态平衡研究提供了新方法。

代表性论文发表在Journal of Theoretical Biology 242(3)(2006) 683-698，影响因子：2.113（代表性论文2）。文章自发表以来，被SCI 他人正面引用26次，引文分布于10多种国际学术期刊。其中著名国际杂志Letters in Biomathematics及Spora, A J. of Biomathematics的主编OlcayAkman教授在他们的成果Journal of Theoretical Biology 442（2018）110-122中公开评价该文“**One of the first attempts** to investigate environmental effects in IPM models is seen in Song and Xiang (2006)”。

1. **突破了生物资源管理建模传统思路的限制，将脉冲微分方程应用于多个领域：在带有脉冲干预的种群关系中，找到了种群消亡和持续生存的阈值条件，且证实综合害虫防治效果优于单一治理形式；率先提出了“有限时间”资源管理，并找到了该管理模式下收获周期和力度对种群数量的影响（代表性论文[2-4]、[9-10]）**

在种群资源管理中，外在的人为干预行为会严重影响种群的发展，传统的种群资源管理模型将人为干预看作是连续行为，但是人们的很多干预行为相对于种群的整个发展过程相对短暂。项目组第1,4主要完成人在种群资源管理决策问题研究中，突破了传统的建模思路，将人为的收获或管理看作脉冲行为，构建了多个考虑带种群生长特征、环境因素和脉冲式管理措施的模型，在各种不同的管理措施下，寻找种群消亡以及持续生存的阈值条件，并证实在害虫治理过程中，综合合理使用生物化学方法的防治效果要优于单一形式的防治。

代表性论文有Chaos, Solitons and Fractals, 29(5) （2006）1121-1136 (影响因子：2.213)、Journal of Theoretical Biology 242(3)(2006) 683-698(影响因子：2.113)、Chaos, Solitons and Fractals, 33(2)（2007） 463-478 (影响因子：2.213)、Nonlinear Analysis-Real World Application 9(1)（2008）64-79(影响因子：1.659)。

Nonlinear Analysis-Real World Application 9(1)（2008）64-79（代表性论文3）自发表以来，被SCI 他人正面引用60次，引文分布于20多种国际学术期刊；Applied Mathematical Modelling 33(1)（2009）211-223（代表性论文4）自发表以来，被SCI 他人正面引用24次，引文分布于10多种国际学术期刊；Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 14(5)（2009） 2301-2309（代表性论文9）自发表以来，被SCI 他人正面引用17次，引文分布于10多种国际学术期刊。

为了回答农业科研工作者在实践中提出的有限时间控制问题，项目组第3,4主要完成人还构建一系列带有初值和边值条件的脉冲微分方程以研究种群资源的有限时间管理问题。重点研究了在管理者的脉冲式干预下，短期管理目标能否实现的问题，给出目标能够实现以及不能实现的状态条件，并估计了目标能够实现时的人为干预时间，即脉冲式干预时刻。代表性论文有Rocky Mountain Journal of Mathematics 38 (38)（2008）1403-1420(影响因子：0.330)、Nonlinear Analysis Real World Applications 10 (2)（2009）840-848(影响因子：1.659)、Applied Mathematics & Computation  217 (2)（2010）677-684(影响因子：2.3)、[Nonlinear Analysis Real World Applications](http://xueshu.baidu.com/usercenter/data/journal?cmd=jump&wd=journaluri%3A%284894a7c9963c369c%29%20%E3%80%8ANonlinear%20Analysis%20Real%20World%20Applications%E3%80%8B&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_f_para=sc_hilight%3Dpublish&sort=sc_cited) 11 (1) （2010）163-171(影响因子：1.659)。

1. **首次构建并研究了微生物培养中带有状态反馈脉冲控制的恒浊器模型，在此基础上首次提出****了“半连续动力系统（SCDS）”的概念，研究了其动力学性质、分支理论、复杂性等问题，****还将平面SCDS系统理论拓展到高维SCDS系统。（代表性论文[6]、[8]）**

微生物培养工业中常用连培养工艺，这种培养工艺用于描述生产过程中微生物发生的过程，常用连续发酵的Chemostat模型。然而微生物发酵培养装置有一定的缺点，在发酵室中若微生物浓度过高，则会出现两种不良后果：产物遏制减慢发酵速度及产生病毒。为此，实际生产中常在发酵室外壳添加装置根据微生物浓度状态通过加水与否的操作来调整微生物浓度。本项目组第3,４主要完成人依据微生物发展模式率先构建了一系列状态反馈脉冲控制的微生物培养模型，论证了相应系统阶1周期解的存在性，并确定周期解的相对位置，也探讨了高阶周期解的存在性，从理论上证实特定条件下系统的吸引域可以是周期解也可以是一个平衡点。（代表性论文：Journal of Theoretical Biology 260（2009）502-509、Journal of Mathematical Chemistry46（2009）1074-1086、Nonlinear Dyn 58（2009）525–538、Journal of Applied Mathematics and Computing33（2010）193-208）。

在上述研究的基础上，本项目组主要成员根据状态反馈脉冲控制系统的结构，首次提出了“半连续动力系统（SCDS）”的概念，并致力于“半连续动力系统”在相空间中的动力学性质，例如平衡态、周期解、极限环、奇异环、同宿轨、异宿轨、分支性质以及复杂性等，不断挖掘“半连续动力系统”与“连续动力系统”和“离散动力系统”的动力学性质的相同点和不同点。本项目组在传统的连续动力系统的基础上，探讨和建立了“半连续动力系统”基础理论，给出了SCDS系统后继函数理论及其应用方法、周期解与极限环的定义、周期解轨道稳定性的判定、SCDS系统的Poincare-Bendixson定理等；发现了“半连续动力系统”有许多与“连续动力系统”完全不同的性质，例如：对于二维“连续动力系统”的相轨道只存在于相平面上，而“半连续动力系统”的轨道会具有环面动力学性质。

项目组第3,4主要完成人从应用问题出发演化出了半连续动力系统几何理论，并应用这一理论研究了多个应用领域中生物资源开发和控制过程中的周期现象。此外，在实际应用模型的研究过程中，建立了阶 1 同宿异宿分支和脉冲环面动力系统的基本理论与分析方法，探讨了中心型和鞍点型半连续动力系统的周期解的存在条件以及旋转向量场中的阶2周期解等。项目组第4完成人还进一步将平面SCDS系统理论拓展到高维SCDS系统，从理论上探究“高维半连续动力系统”的基本性质与基本理论，推演了“高维半连续动力系统”的定义，利用“流”、“轨线的极限集”等得到高维SCDS系统的一些极限性质和稳定性结论

代表性工作发表于北华大学学报12（2011）1-9、系统科学与数学32(2012)265-276、Nonlinear Dynamics73(1-2)(2013)815—826、International Journal of Biomathematics, 6(2013)1350031等。其中，代表作北华大学学报12（2011）1-9自发表以来被SCI他人正面引用26次，引文分布于多种国际学术期刊，主要完成人陈兰孙研究员多次被邀请参加国际、国内重要学术会议，介绍半连续动力系统的理论。

1. **首次将半连续动力系统用于糖尿病治疗中的胰岛素管理，提出了胰岛素药物注射策略：胰岛素注射总量固定时，开环控制下优先选择短周期小剂量的注射形式；闭环控制下选择长周期大剂量的注射形式。（代表性论文[5]、[7]）**

经过对半连续动力系统在害虫治理和种群资源管理领域的研究，积累和丰富了半连续动力系统的理论和研究方法。在研究过程中，发现对糖尿病患者进行血糖闭环控制下的胰岛素治疗过程同样具有半连续性质，对该过程的研究，仍然用到半连续动力系统理论及方法。

在糖尿病的胰岛素治疗领域，人工胰脏是一个理想的治疗设备，又称为闭环式胰岛素泵系统，由胰岛素泵、连续血糖监测装置（CGM）和微型电脑组成，并由智能程序控制以根据患者血糖水平自动调节胰岛素剂量的电子生化仪器系统。它工作时能在糖尿病病人体内发挥真实而健康的胰脏的内分泌功能，并能自动地将体内葡萄糖浓度控制在正常范围内。根据人工胰脏的构造，它的一个重要组件即是人体血糖的实时监测系统，正是根据该系统反馈的血糖水平，人工智能地调整胰岛素泵的注射行为。项目组的第1,2,3完成人应对于人工胰脏的血糖监测系统建立了多个状态反馈脉冲控制的微分方程模型去模拟人体内血糖-胰岛素的调节机制。代表性论文发表在SIAM Journal on Applied Mathematics 72（2012) 1524-1548上，这是半连续动力系统首次运用于糖尿病的治疗研究，文章利用微分方程几何理论证实了阶1周期解的存在性及稳定性，此外在后继的研究中，项目组第1,2完成人又将半连续动力系统用于糖尿病危重病人的治疗建模中，设置两类状态控制线，依据血糖状态控制血糖水平不能过高或过低。从理论上找到了经历两次脉冲注射的阶1周期解的存在性，并确定了系统的吸引域（代表性论文发表在Int.J.Biomath.07(2014) 1450035）。

为了评估不同治疗方式下，胰岛素的注射策略对1型、2型糖尿病的治疗效果，项目组地1,2,3主要完成人利用脉冲微分方程理论和半连续动力系统理论建立并研究了胰岛素泵和人工胰脏中胰岛素的脉冲给药模型，讨论两个模型的动力学行为，并将相应结论转化为实践中的应用。研究给出了不同治疗方式下胰岛素的注射策略：在日注射总量固定的前提下，周期脉冲注射胰岛素（胰岛素泵）时，短周期小剂量的注射比长周期大剂量注射有更好的控制血糖效果；状态反馈脉冲注射胰岛素（人工胰脏）时，大剂量长周期注射有更好效果。

代表性工作发表于SIAM Journal on Applied Mathematics 72（2012) 1524-1548、SIAM Journal on Applied Mathematics 74(6)（2014） 1763-1785、Int.J.Biomath.07(2014) 1450035。

SIAM Journal on Applied Mathematics 72（2012) 1524-1548发表后，即获得了“SIAM Nuggets”的推荐（SIAM共有16种期刊，截止该论文发表时，仅有19篇论文获得了“SIAM Nuggets”的推荐，该文被赋予“SIAM Nuggets”称号向广大读者推荐，是一项很高的学术荣誉）。英国皇家热带医学与卫生学会资深会员、NRI（Natural Resources Institute）首席科学家SirajumMunir教授在2013年关于反馈计算的国际研讨会上评价我们的工作“It addresses some critical challenges for designing an artificial pancreas”，国际著名杂志IEEE Transactions 的主编、IEEE 会士Lance Kaplan教授在2014年实时系统研讨会上评论我们的工作“a key challenge to design an artificial pancreas”，英国格林威治大学自然资源研究所首席科学家Robert A. Cheke教授在他们的文章中评价我们的工作是“proposed two novel mathematical models”等。

1. **利用半连续动力系统研究了生物资源状态反馈控制的可行性和周期性，构建了资源管理系统的新机制，从理论上证明了状态反馈脉冲输入或输出情形下会出现的多种复杂的动力学现象。（代表性论文 [6]）**

从上个世纪70年代起，应用数学模型研究农业害虫的治理就成为生物数学领域的研究热点。打农药以及释放天敌等措施实施的时机一直成为争议的焦点。 项目组成员基于不同应用领域的实践操作情况，将状态反馈控制应用于可再生资源的收获、农业害虫的治理等问题中去。项目组第２,4完成人在捕食与被捕食种群作用中，分别考虑以捕食者以及被捕食者的种群状态作为是否实施收获的标准，且全面研究了对捕食者和食饵两类生物资源的收获策略。在研究过程中，发掘出同宿环、异宿环的等奇异环的存在性，并找到了奇异分支现象发生的条件以及高阶周期解的存在性。

本项目组第１,２,4主要完成人依据农田害虫的数量构建了多个状态反馈脉冲控制的害虫治理模型，具体模式有：单一喷打农药进行治理、综合喷洒农药和释放天敌治理、释放病毒和病虫治理等。基于害虫发展状态所构建的半连续动力系统涉及到单一状态控制和多状态控制。对所建系统的定性分析，确定了阶1周期解存在和稳定的条件，阶k周期解的存在与不存在性，寻找到不同治理标准下系统的吸引域，并从特殊案例里构建了旋转向量场，丰富了半连续动力系统的理论。

代表性工作发表于Nonlinear Dynamics73(1-2)(2013)815—826、International Journal of Biomathematics, 6(2013) 1350031、Mathematics and Computers in Simulation, 82（2011）318-331、International Journal of Biomathematics, 8(2015) 111-122。

Nonlinear Dynamics73(1-2)(2013)815—826（影响因子3.464）自发表以来，被SCI他人正面引用9次，引文分布于7种国际核心期刊，包括诸如Philosophical Transactions of The Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences、International Journal of Bifurcation and Chaos、Nonlinear Analysis-Real World Application等国际主流期刊；引文作者包括国际混沌动力学领域创始人之一、英国阿伯丁大学复杂系统和生物数学研究中心主任Celso Grebogi 教授，伦敦帝国学院J. Newman教授，德克萨斯大学达拉斯分校O. Makarenkov 教授等。

**2. 研究局限性**（限1页）

在项目的整个实施过程中，项目组始终贯彻的数学方法是从应用研究到理论研究，再回到应用研究中去。在这一技术路线下，项目组取得了重要成果，但研究中也存在着一些局限性，需要在今后的工作中加以突破，具体如下：

（1）将平面SCDS系统理论拓展到高维SCDS系统时，研究结果尚不完善。例如，所提出的半连续动力系统几何理论更多地应用于二维平面系统，对于三维以及更高维系统的应用相对较少。对于三维几何空间，该理论有其研究的几何载体，项目组在今后的研究中需要在理论上进一步探索，形成系统的数学方法，使之方便有效地应用于实际问题。

（2）扩大和延伸SCDS系统的应用：例如在人类疾病的控制、流行性疾病控制策略的制定；生化制药系统的最优化控制；经济调控策略，如政府政策性调控对经济发展的影响等。

（3）将脉冲微分方程理论和半连续动力系统理论应用于实际问题中时，已构建了成熟的数学方法去研究周期脉冲和二维系统里的状态反馈脉冲行为，但对于非周期定时脉冲、二维状态脉冲结合时滞现象以及高维的状态脉冲，适用的研究理论并不多，这也将是项目组今后的工作重点。

## 四、第三方评价

本项目给出的研究成果和所应用的数学方法已被国内外同行广泛采用和引用，并得到多位国际同行专家的高度肯定。

1. **国际同行的公开评价：**

（1）SIAM Journal on Applied Mathematics 72（2012) 1524-1548（代表性论文[5]）获得了“**SIAM Nuggets**”的推荐,推荐文中评价到“In a paper published today in the SIAM Journal on Applied Mathematics, authors Mingzhan Huang, Jiaxu Li, Xinyu Song, and Hongjian Guo propose **novel mathematical models** for injection of insulin in type 1 and type 2 diabetes”。

（2）著名国际杂志Letters in Biomathematics及Spora, A J. of Biomathematics的主编OlcayAkman教授在他的多篇文章引用代表性论文[2]，其中在文章Journal of Theoretical Biology 442（2018）110-122中的公开评价是“**One of the first attempts** to investigate environmental effects in IPM models is seen in Song and Xiang (2006)”。

（3）NRI（Natural Resources Institute）首席科学家SirajumMunir教授在2013年关于反馈计算的国际研讨会上的公开评价是　“On the other hand, [4] proposes mathematical models for impulsive injection of insulin for diabetes mellitus. Their model determines the insulin injection by closely monitoring the glucose level when it reaches a threshold value. It **addresses some critical challenges for designing an artificial pancreas**.＂（文献[4]即是代表性论文[5]）。

（4）国际著名杂志 IEEE Transactions 的主编、IEEE 会士（Fellow）Lance Kaplan教授在2014年实时系统研讨会上评论我们的工作“Huang et al. designed a mathematical model to determine the insulin injection by closely monitoring glucose level when it reaches a threshold, **a key challenge to design an artificial pancreas** [11]”。

（5）英国格林威治大学自然资源研究所首席科学家Robert A. Cheke教授在文章Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 22（2015）478-491中的评价是“Recently, Huang et al. devised **a new mathematical model** with open-loop control considering impulsive injection of insulin either periodically or by monitoring the plasma glucose concentration level [13].”、“Huang et al. proposed **two novel mathematical models** with impulsive injections of insulin or its analogues for type 1 and type 2 diabetes mellitus [13]”。

（6）芬兰赫尔辛基大学Sandip Banerjeeb教授在他的文章Applied Mathematics and Computation 182（2）（2006）1385-1398中的评价是“They deal with the optimal harvesting and stabilityfor a two-species competitive system with stage-structure [10]”（文献[10]即是代表性论文[1]）。

（7）英国利物浦赫普大学Atulya K. Nagar教授在Applied Mathematics and Computation 238（2014）511-526中的公开评价是“Guo and Chen have studied the dynamics of impulsive harvest of predator using following predator–prey model with distributed delay [26]”。

（8）法国国家农业研究院Mohamed-Mahmoud OuldSidi教授在Agronomy For Sustainable Development 31（2011）571-588中的公开评价是“Guo and Chen (2009) presented a kind of time-limited pest control of a Lotka–Volterra model with impulsive harvest, i.e., withdrawing a number of pests from the system at a convenient time, described by the initial and boundary value problem of impulsive differential equations.”

（9）英国国王学院O. M. Doyle 教授及英国布里斯托尔大学 Krasimira Tsaneva-Atansaova 教授在IEEE Transactions on Biomedical Engineering 60（2013）735-742中的公开评价是“In a recent paper [29], the differential equation (mechanistic) models are used to demonstrate that insulin delivery can be modeled based on both, periodic (open loop),and state-dependent (closed loop) control techniques.” （文献[29]即是代表性论文[5]）。

（10）IEEE Transactions on Automatic Control 副主编、IEEE会士（Fellow）、墨西哥科学院通讯院士（Corresponding Member of the Mexican Academy of Sciences） Claude H. Moog教授在Automatica 55（2015）125-131中的公开评价是“These inputs can be approximated as impulses whenever insulin bolus is injected, and are adjusted based on discrete glycemia measurements from blood samples taken at various times during the day (Huang, Li, Song, & Guo, 2012)”。

（11）International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing 主编、利物浦希望大学数学院主任Atulya Nagar教授在Applied Mathematics and Computation 238（2014）511-526中的公开评价是“Guo and Chen have studied the dynamics of impulsive harvest of predator using following predator–prey model with distributed delay [26].” （文献[26]即是代表性论文[9]）。

（12）印度伯拉理工科学学院B. Dubeya 教授在Nonlinear Analysis Real World Applications 4（2003）625-637中的公开评价是“Song and Chen [31] discussed the optimal harvesting policy and stability for a two-species competitive system and derived conditions for the existence of a globally asymptotically stable positive equilibrium and a threshold of harvesting for the mature population.”。 （文献[31]即是代表性论文[1]）。

**2． 主要工作被应用/引用情况**

本项目的研究成果曾被多位来自不同国家、不同科学领域的国际著名学者引用，如：

⚫Celso Grebogi：国际混沌动力学领域创始人之一，国际著名非线性动力学专家、巴西科学院院士、第三世界科学院院士、六世纪院士、英国阿伯丁大学复杂系统和生物数学研究中心主任，2016 年获汤森路透引文桂冠奖。

⚫Sirajum Munir：英国皇家热带医学与卫生学会资深会员、英国皇家昆虫学会资深会员、NRI（Natural Resources Institute）首席科学家、英国高等教育学院会士，英国生态协会会员。

⚫Olcay Akman：伊利诺伊州立大学教授，国际杂志Letters in Biomathematics主编、国际杂志Spora, A J. of Biomathematics主编、Frontiers in Systems Biology的副主编、Biomath Communications副主编。

⚫Jim M. Cushing：美国亚利桑那大学数学系教授，国际差分方程协会会长、美国数学学会会士，国际著名杂志Journal of Biological Dynamics 主编。

⚫ Claude H. Moog：IEEE Transactions on Automatic Control 副主编、IEEE会士（Fellow）、墨西哥科学院通讯院士（Corresponding Member of the Mexican Academy of Sciences）。

⚫ Agarwal, Ravi P.：美国德克萨斯农工大学教授、Journal of Inequalities and Applications 主编、Advances in Difference Equations 主编、Boundary Value Problems 主编、Fixed Point Theory and Applications 主编、Applied Mathematics and Computation 副主编。

⚫Jianhong Wu：加拿大约克大学杰出研究教授（University Distinguished Research Professor），加拿大数学会会刊Canadian Mathematical Bulletin的主编、Differential Equations and Dynamical Systems of the American Institute of Mathematical Sciences系列丛书的主编、曾获加拿大工业与应用数学学会研究奖。

⚫Xinzhi Liu：加拿大滑铁卢大学教授，国际杂志DCDIS Series A: Mathematical Analysis的主编， DCDIS Series B: Applications and Algorithms的副主编。

此外，申请者的研究工作受到了广泛的关注，曾于2004、2008及2012年在三届中国生物数学会议上作大会邀请报告，2006、2008、2010、2012、2015年在中日及中日韩生物数学会议作大会邀请报告，2012、2014年在中意应用数学会议作大会邀请报告。

项目的研究成果还被下列著作引用：

⚫ Khan, Qamar J. A.，Benkherouf, L ，Smaoui, N. Stability and Optimal Harvesting in a Stage Structure Predator-Prey Switching Strategy: Birkhäuser Basel,2008.

⚫ S Djebali，L Gorniewicz，A Ouahab. Existence and Structure of Solution Sets for Impulsive Differential Inclusions: a Survey: 2012 Edition. Torun, Poland.

⚫ Stamova, I ,Stamov, G . Applied Impulsive Mathematical Models: Springer, 2016.

⚫ Zhang, Q; Liu, C; Zhang, X. Bifurcations and Control in a Singular Biological Economic Model: Springer, London, 2012.

## 五、论文、论著目录

|  |
| --- |
| **1.　不超过10篇代表性论文、专著** |
| 序号 | 论文、专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者(中文名) | SCI他引次数 | 他引总次数 | 是否国内完成 |
| 1 | Optimal harvesting and stability for a two-species competitive system with stage structure/ Mathematical Biosciences / Xinyu Song，Lansun Chen | 1.25 | 2001(170):173-186 | 2001-04 | 陈兰孙/宋新宇 | 115 | 161 | 是 |
| 2 | The prey-dependent consumption two-prey one-predator models with stage structure for the predator and impulsive effects/Journal of Theoretical Biology/Xinyu Song，Zhongyi Xiang | 2.11 | 2006(242):683-698 | 2006-10 | 宋新宇/宋新宇 | 26 | 30 | 是 |
| 3 | Dynamic behaviors of the periodic predator-prey model with modified Leslie-Gower Holling-type II schemes and impulsive effect/ Nonlinear Analysis-Real World Application /Xinyu Song，Yongfeng Li | 1.66 | 2008(9): 64-79 | 2008-02 | 宋新宇/宋新宇 | 60 | 63 | 是 |
| 4 | A stage-structured predator-prey model with disturbing pulse and time delays /Applied Mathematical Modelling /Xinyu Song, Meiying Hao, Xinzhu Meng | 2.35 | 2009(33) : 211-223 | 2009-01 | 宋新宇/宋新宇 | 24 | 29 | 是 |
| 5 | Modeling impulsive injections of insulin: towards artificial pancreas / SIAM Journal on Applied Mathematics/Mingzhan Huang, Jiaxu Li, Xinyu Song, Hongjian Guo | 1.67 | 2012(72): 1524-1548 | 2012-10 | 宋新宇/黄明湛 | 26 | 30 | 是 |
| 6 | Periodic solutions and homoclinic bifurcation of a predator-prey system with two types of harvesting/ Nonlinear Dynamics / Mingzhan Huang, Shouzong Liu, Xinyu Song, Lansun Chen | 3.46 | 2013(73): 815-826 | 2013-07 | 宋新宇/黄明湛 | 9 | 9 | 是 |
| **1.　不超过10篇代表性论文、专著** |
| 序号 | 论文、专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码年(卷):页码 | 发表年月 | 通讯作者/第一作者(中文名) | SCI他引次数 | 他引总次数 | 是否国内完成 |
| 7 | Modeling impulsive insulin delivery in insulin pump with time delays / SIAM Journal on Applied Mathematics / Xinyu Song, Mingzhan Huang, Jiaxu Li | 1.67 | 2014(74): 1763-1785 | 2014-11 | 宋新宇/宋新宇 | 3 | 3 | 是 |
| 8 | Periodic solution of a chemostat model with Monod growth rate and impulsive state feedback control/ Journal of Theoretical Biology /Hongjian Guo, Lansun Chen | 2.11 | 2009(260):502-509 | 2009-10 | 郭红建/郭红建 | 14 | 15 | 是 |
| 9 | The effects of impulsive harvest on a predator-prey system with distributed time delay/ Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation / Hongjian Guo, Lansun Chen | 2.78 | 2009(14): 2301-2309 | 2009-05 | 郭红建/郭红建 | 17 | 21 | 是 |
| 10 | Time-limited pest control of a Lotka-Volterra model with impulsive harvest / Nonlinear Analysis-Real World Application / Hongjian Guo, Lansun Chen | 1.66 | 2009(10): 840-848 | 2009-04 | 郭红建/郭红建 | 11 | 14 | 是 |

**注：**①影响因子均为 2016 年的；②“他引”：引用文献作者中有被引论文作者之一者，视为自引，其它情况视为他引。

**五、论文、论著目录**

|  |
| --- |
| 2.上述代表性论文被他人引用代表性引文、专著目录（不超过10 篇） |
| 序号 | 被引论文、专著名称/刊名/作者 | 引文名称/刊名/作者 | 影响因子（引文） | 引文发表年月 |
| 1 | Optimal harvesting and stability for a two-species competitive system with stage structure/ Mathematical Biosciences / Xinyu Song，Lansun Chen | A model for fishery resource with reserve area / Nonlinear Analysis-Real World Application / Dubey, B; handra, P ; Sinha, P | 1.66 | 2003-10 |
| 2 | The prey-dependent consumption two-prey one-predator models with stage structure for the predator and impulsive effects/Journal of Theoretical Biology/Xinyu Song，Zhongyi Xiang | Model selection for integrated pest management with stochasticity / Journal of Theoretical Biology / Akman, Olcay; Comar, TD; Hrozencik, D | 2.11 | 2018-04 |
| 3 | The prey-dependent consumption two-prey one-predator models with stage structure for the predator and impulsive effects/Journal of Theoretical Biology/Xinyu Song，Zhongyi Xiang | On impulsive integrated pest management models with stochastic effects / Frontiers in Neuroscience / Akman, Olcay; Comar, TD; Hrozencik, D | 3.57 | 2015-04 |
| 4 | Dynamic behaviors of the periodic predator-prey model with modified Leslie-Gower Holling-type II schemes and impulsive effect/ Nonlinear Analysis-Real World Application /Xinyu Song，Yongfeng Li | Effect of seasonality on the dynamical behavior of an ecological system with impulsive control strategy / Journal of The Franklin Institute-Engineering and Applied Mathematics / Yu, Hengguo; Zhong, Shouming; Agarwal, Ravi P.; Sen, Syamal K.  | 3.57 | 2011-05 |
| 5 | Modeling impulsive injections of insulin: towards artificial pancreas / SIAM Journal on Applied Mathematics / Mingzhan Huang, Jiaxu Li, Xinyu Song, Hongjian Guo | Observability criteria for impulsive control systems with applications to biomedical engineering processes / Automatica / Rivadeneira, Pablo S.; Moog, Claude H | 6.13 | 2015-05 |
| 6 | Modeling impulsive injections of insulin: towards artificial pancreas / SIAM Journal on Applied Mathematics / Mingzhan Huang, Jiaxu Li, Xinyu Song, Hongjian Guo | Model-based control of plasma glycemia: Tests on populations of virtual patients / Mathematical Biosciences / Palumbo, P.; Pizzichelli, G; Panunzi, S; Pepe, P; De Gaetano, A | 1.25 | 2014-11 |
| 7 | Modeling impulsive injections of insulin: towards artificial pancreas / SIAM Journal on Applied Mathematics / Mingzhan Huang, Jiaxu Li, Xinyu Song, Hongjian Guo | Bridging Paradigms: Hybrid Mechanistic-Discriminative Predictive Models / IEEE Transactions on Biomedical Engineering / Doyle, Orla M.; Tsaneva-Atansaova, K; Harte, James; Tiffin, Paul A.; Tino, Peter; Diaz-Zuccarini, Vanessa | 3.58 | 2013-05 |
| 8 | Periodic solution of a chemostat model with Monod growth rate and impulsive state feedback control/ Journal of Theoretical Biology / Hongjian Guo, Lansun Chen | Conditional confined oscillatory dynamics of Escherichia coli strain K12-MG1655 in chemostat systems / Applied Microbiology and Biotechnology / Ofiteru, Irina Dana; Ferdes, Mariana; Knapp, Charles W.; Graham, David W.; Lavric, Vasile | 3.34 | 2012-04 |
| 9 | The effects of impulsive harvest on a predator-prey system with distributed time delay/ Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation / Hongjian Guo, Lansun Chen | Smooth centre manifolds for impulsive delay differential equations / Journal of Differential Equations / Church, Kevin E. M.; Liu, Xinzhi | 1.99 | 2018-08 |
| 10 | Time-limited pest control of a Lotka-Volterra model with impulsive harvest / Nonlinear Analysis-Real World Application / Hongjian Guo, Lansun Chen | Model-based design of integrated production systems: a review / Agronomy for Sustainable Development / Ould-Sidi, MM; Lescourret, F | 4.50 | 2011-07 |

## 六、近五年教学与人才培养情况

|  |
| --- |
| **1.授课情况** |
| 课程名称 | 授课对象 | 总课时数 |
| 常微分方程定性与稳定性理论 | 应用数学专业硕士一年级 | 648 |
| 非线性生物动力系统 | 应用数学专业硕士二年级 | 270 |
| 常微分方程 | 本科生二年级 | 234 |
|  |  |  |
| **2.指导研究生情况** |
| 指导博士生 | 毕业人数：1人 | 指导硕士生 | 毕业人数：10人 |
| 在读人数：1人 | 在读人数：6人 |
| **3.编写教材情况** |
| 教材名称 | 是否主编 | 是否国家规划教材 | 出版社 | 出版时间 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| **4.教学成果获奖情况** |
| 获奖教学成果名称 | 获奖时间 | 等级 | 奖项名称 | 授奖部门（单位） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

注：仅限第一完成人

## 七、本项目成果曾获科技奖励情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 获奖项目名称 | 获奖时间 | 奖项名称 | 奖励等级 | 授奖部门（单位） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 本表所填内容是指本项目科技成果曾经获得的科技奖励，具体为： 1. 经登记的社会力量设立的科技奖励； 2. 厅、局、地级市设立的科技奖励；3. 国际组织和外国政府设立的科技奖励；4. 其他科技奖励。 |

## 八、完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 宋新宇 | 性别 | 男 | 排名 | 1 |
| 出生年月 | 1961.12 | 出生地 | 河南省信阳 | 民族 | 汉 |
| 身份证号 | 413001196111033052 | 党派 | 中国共产党 | 国籍 | 中国 |
| 行政职务 | 数学研究所所长 | 归国人员 | 否 | 归国时间 |  |
| 工作单位 | 信阳师范学院 | 所在地 | 河南信阳 | 办公电话 | 03766391060 |
| 家庭住址 | 河南省信阳市浉河区南湖路237号 | 住宅电话 |  |
| 通讯地址 | 河南省信阳市信阳师范学院数学与统计学院 | 邮政编码 | 464000 |
| 电子信箱 | xysong88@163.com | 移动电话 | 13837607508 |
| 毕业学校 | 中国科学院数学与系统科学研究院 | 文化程度 | 研究生 | 毕业时间 | 2001.06 |
| 技术职称 | 教授 | 专业、专长 | 应用数学 | 最高学位 | 博士 |
| 完成单位 | 信阳师范学院 |
| 所在地 | 河南省信阳市 | 单位性质 | 大专院校 |
| 曾获科技奖励情况 | 无 |
| 参加本项目起止时间 | 自2001-01-01至2014-11-11 |
| 本人对本项目主要学术贡献：（限300字） |
| 作为项目研究工作的主要组织者和参与者，制定和贯彻实施项目总体研究方案，对《重要科学发现》中所列第 1 -4项发现均做出了创造性贡献，是第 [1-7] 篇代表性论文的作者。主要学术贡献为：（1）开展半连续动力系统基础理论的研究，构建同宿分支理论，阶1周期解的稳定性方法；（2）推广半连续动力系统的应用领域，将半连续动力系统首次应用于糖尿病治疗领域；（3）研究了周期环境因素，阶段结构、时滞和脉冲效应对种群资源收获策略的影响。 |
| 声明 | 本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。本人签名：　 　　 　年 月 日 |

## 八、完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 黄明湛 | 性别 | 女 | 排名 | 2 |
| 出生年月 | 1982.11 | 出生地 | 河南省南阳 | 民族 | 汉 |
| 身份证号 | 411302198211054248 | 党派 | 中国共产党 | 国籍 | 中国 |
| 行政职务 | 方程教研室主任 | 归国人员 | 否 | 归国时间 |  |
| 工作单位 | 信阳师范学院 | 所在地 | 河南信阳 | 办公电话 | 03766391735 |
| 家庭住址 | 河南省信阳市浉河区南湾建业森林半岛34号楼2单元 | 住宅电话 |  |
| 通讯地址 | 河南省信阳市信阳师范学院数学与统计学院 | 邮政编码 | 464000 |
| 电子信箱 | huangmingzhan@163.com | 移动电话 | 15978569539 |
| 毕业学校 | 中国林业科学研究院资源信息研究所 | 文化程度 | 研究生 | 毕业时间 | 2016.07 |
| 技术职称 | 副教授 | 专业、专长 | 应用数学 | 最高学位 | 博士 |
| 完成单位 | 信阳师范学院 |
| 所在地 | 河南省信阳市 | 单位性质 | 大专院校 |
| 曾获科技奖励情况 | 无 |
| 参加本项目起止时间 | 自2012-01-01至2014-11-11 |
| 本人对本项目主要学术贡献：（限300字） |
| 代表性论文[5-7]的作者，本项目研究工作的主要参与者。（1）在糖尿病的胰岛素治疗研究中，从理论和数值上构建了开环及闭环控制下胰岛素的注射策略。（2）利用数学模型研究了内分泌系统三个生理时滞对人体血糖水平的影响及其在临床上的应用。（3）将半连续动力系统应用于双收获形式的生物资源管理，构建了资源的收获策略，并找到了同宿分支现象发生的条件。 |
| 声明 | 本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。本人签名：　　　　 年 月 日 |

## 八、完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 郭红建 | 性别 | 男 | 排名 | 3 |
| 出生年月 | 1972.06 | 出生地 | 河南省信阳 | 民族 | 汉 |
| 身份证号 | 410205197206012017 | 党派 | 中共党员 | 国籍 | 中国 |
| 行政职务 |  | 归国人员 | 否 | 归国时间 |  |
| 工作单位 | 信阳师范学院 | 所在地 | 河南信阳 | 办公电话 | 0376-6393516 |
| 家庭住址 | 河南省信阳市浉河区南湖路237号 | 住宅电话 |  |
| 通讯地址 | 河南省信阳市信阳师范学院数学与统计学院 | 邮政编码 | 464000 |
| 电子信箱 | xbghj@163.com | 移动电话 | 13837683213 |
| 毕业学校 | 大连理工大学 | 文化程度 | 研究生 | 毕业时间 | 2009.06 |
| 技术职称 | 教授 | 专业、专长 | 应用数学 | 最高学位 | 博士 |
| 完成单位 | 信阳师范学院 |
| 所在地 | 河南省信阳市 | 单位性质 | 大专院校 |
| 曾获科技奖励情况 | 无 |
| 参加本项目起止时间 | 自2001-01-01至2014-11-11 |
| 本人对本项目主要学术贡献：（限300字） |
| 代表性论文[8-10]的作者，本项目研究工作的主要参与者。（1）将半连续动力系统应用于微生物培养模型，找到了状态反馈控制下微生物浓度的稳定态形式。（2）研究了脉冲收获以及生长时滞在种群关系中的作用，建立了各种群消亡和持续生存的阈值条件。（3）研究了种群资源的有限时间管理，提出了有限时间内保持资源可持续发展的收获方式。 |
| 声明 | 本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。本人签名：　　　　 年 月 日 |

## 八、完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 陈兰孙 | 性别 | 男 | 排名 | 4 |
| 出生年月 | 1938.07 | 出生地 | 福建浦城 | 民族 | 汉 |
| 身份证号 | 110108193807261451 | 党派 | 中共党员 | 国籍 | 中国 |
| 行政职务 |  | 归国人员 | 否 | 归国时间 |  |
| 工作单位 | 中国科学院数学与系统科学研究院 | 所在地 | 中国北京 | 办公电话 |  |
| 家庭住址 | 北京市海淀区知春里15栋楼508 | 住宅电话 | 010-62557762 |
| 通讯地址 | 北京市海淀区知春里15栋楼508 | 邮政编码 | 100086 |
| 电子信箱 | lschen@amss.ac.cn | 移动电话 | 13358556656 |
| 毕业学校 | 南京大学 | 文化程度 | 大学本科 | 毕业时间 | 1961 |
| 技术职称 | 研究员 | 专业、专长 | 应用数学 | 最高学位 | 学士 |
| 完成单位 | 中国科学院数学与系统科学研究院 |
| 所在地 | 中国北京 | 单位性质 | 大专院校 |
| 曾获科技奖励情况 | 无 |
| 参加本项目起止时间 | 自2001-01-01至2014-11-11 |
| 本人对本项目主要学术贡献：（限300字） |
| 代表性论文[1]，[8-10]的作者，本项目研究工作的主要参与者。（1）完善和发展了半连续动力系统的几何理论。（2）研究“半连续动力系统”的全局动力学性质：平衡态、周期解、极限环、奇异环、同宿轨、异宿轨、分支性质以及复杂性等。（3）将平面SCDS系统理论拓展到高维SCDS系统，构建“高维半连续动力系统”的基本理论。 |
| 声明 | 本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。本人签名：　　　　 年 月 日 |

## 九、完成单位情况表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 信阳师范学院 | 所在地 | 河南省信阳市 |
| 排名 | 1 | 单位性质 | 大专院校 | 传真 | 0376-6390801 |
| 联系人 | 荣宪举 | 联系电话 | 0376-6393630  | 移动电话 |  |
| 通讯地址 | 河南省信阳市浉河区南湖路237号 | 邮政编码 | 464000 |
| 电子信箱 | kjczgk@xynu.edu.cn　 |
| 对本项目的贡献： |
| 作为完成单位，信阳师范学院对该项目的主要贡献有：1.为该项目提供良好的工作环境：包括实验用房、人员、设备等；2.提供充足的可供查阅的资料、文献等；3.从管理和服务上保证项目的顺利完成；4.对项目成员提供福利、住房等。 |
| 完成单位（公章）  年 月 日  |

## 九、完成单位情况表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中国科学院数学与系统科学研究院 | 所在地 | 北京市 |
| 排名 | 2 | 单位性质 | 大专院校 | 传真 | 86-10-82541972 　 |
| 联系人 | 汤浩 | 联系电话 | 010-82541770 | 移动电话 |  |
| 通讯地址 | 北京市海淀区中关村东路55号 | 邮政编码 | 100190 |
| 电子信箱 | htang@mass.ac.cn |
| 对本项目的贡献： |
| 作为主要完成单位，我院对该研究方向及该项目组的研究工作历来十分重视，一直给与大力支持，为其提供了良好的工作环境和充足的研究资源，保证并创造了研究工作所需的各种条件。 |
| 完成单位（公章）  年 月 日  |

## 九、完成单位情况表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 大连理工大学 | 所在地 | 辽宁省大连市 |
| 排名 | 3 | 单位性质 | 大专院校 | 传真 | 0411-84691725　　 |
| 联系人 | 孔凌 | 联系电话 | 0411- 84707602 | 移动电话 |  |
| 通讯地址 | 大连市凌工路2号 大连理工大学主楼 | 邮政编码 | 116023 |
| 电子信箱 | kling@dlut.edu.cn |
| 对本项目的贡献： |
| 作为主要完成单位，我校对该研究方向及该项目组的研究工作历来十分重视，一直给与大力支持，为其提供了良好的工作环境和充足的研究资源，保证并创造了研究工作所需的各种条件。 |
| 完成单位（公章） 年 月 日  |

## 十、推荐单位意见

|  |
| --- |
| 推荐意见：（限600字）生物数学团队是我校的一支高素质、高学历的优质科研队伍，具有优良的研究传统和学术传承，也取得了非常突出的成果，在国内外有很好的学术影响。自 2001 年以来，该项目组一直致力于生物资源管理策略和半连续动力系统理论及应用的研究，发表SCI期刊论文160余篇，最高影响因子为3.464，单篇SCI他引最高115次。项目组主持了 10 余项国家自然科学基金及省部级项目的研究工作，取得了一系列研究成果，得到了国内外同行广泛认可。本项目的研究成果是该研究组自 2001 年以来的十多年研究工作的系统总结，具有系统性和创新性，使我校在这一领域的研究居于领先水平，并获得了一定的国际影响力，吸引了大量的国际合作。经审核，申报书及附件的所有内容均属实。鉴于该研究成果的系统性、创新性、学术界公认程度和国际影响力，我校同意推荐本项目申报“2018 年高等学校科学研究优秀成果奖自然科学奖”。 |
| 声明：我单位严格按照有关规定和要求，对推荐书内容及全部附件材料进行了严格审查，确认该项目符合《高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）奖励办法》规定的推荐资格条件，推荐材料全部内容属实，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形。我单位承诺将严格按照有关规定和要求，认真履行作为推荐单位的义务并承担相应的责任。校学术委员会主任（签章） 推荐单位（公章） 年 月 日 年 月 日 |

## 十一、主要附件

1．代表性论文、专著（不超过10篇）

2．上述代表性论文、专著被他人引用的情况（不超过10篇）

3．检索报告结论

4．知情同意证明

5．完成人合作关系情况汇总表（模板见附表1）

6．国外合作作者说明

7．其他证明

附表1

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者（本项目排名） | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 论文合著 | 1、4 | 2001年 | Optimal harvesting and stability for a two-species competitive system with stage structure/ Mathematical Biosciences | 代表性论文[1] |  |
| 2 | 论文合著 | 1、2 | 2012年 | Modeling impulsive injections of insulin: towards artificial pancreas | 代表性论文[5] |  |
| 3 | 论文合著 | 1、2 、4 | 2013年 | Periodic solutions and homoclinic bifurcation of a predator-prey system with two types of harvesting | 代表性论文[6] |  |
| 4 | 论文合著 | 1、2 | 2014年 | Modeling impulsive insulin delivery in insulin pump with time delays | 代表性论文[7] |  |
| 5 | 论文合著 | 3、4 | 2009年 | Periodic solution of a chemostat model with Monod growth rate and impulsive state feedback control / The effects of impulsive harvest on a predator-prey system with distributed time delay / Time-limited pest control of a Lotka-Volterra model with impulsive harvest | 代表性论文[8-10] |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**关于完成单位合作关系的补充说明**

项目组第3主要完成人郭红建系信阳师范学院教师，在2006-2009年曾于大连理工大学攻读博士学位，项目组第四主要完成人陈兰孙系中国科学院数学与系统科学研究院研究员，在此期间陈兰孙研究员受聘于大连理工大学“海天学者”特聘教授，故由他们承担的本项目的部分工作完成于大连理工大学，如代表性论文[9]和[10]，郭红建教授所署名的第一完成单位是大连理工大学，而代表性论文[8]，[9]和[10]，陈兰孙研究员署名的单位是大连理工大学。