

专业方向 随机运筹学

编号 \_\_\_\_\_

# 中国运筹学会科学技术奖 终身成就奖申报表

申 报 人 徐光輝

工作单位 中国科学院数学与系统科学研究院

中 国 运 筹 学 会 制

|                  |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                               |        |      |        |
|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|--------|
| 姓 名              |                                                           | 徐光輝                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 身份证号码                                                                                         |        |      | 照 片    |
| 学 历              |                                                           | 大学毕业                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 学 位                                                                                           |        |      |        |
| 专业专长             |                                                           | 随机运筹学                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                               | 专业技术职务 | 研究员  |        |
| 单<br>位           | 名 称                                                       | 中国科学院数学与系统科学研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                               |        |      |        |
|                  | 通讯地址                                                      | 北京市海淀区、中关村东路 55 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |        | 邮政编码 | 100190 |
|                  | 联系电话                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                               |        | 传 真  |        |
|                  | 电子信箱                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                               |        | 手 机  |        |
| 在国内外学术<br>团体任职情况 |                                                           | <p>《中国运筹学会》秘书长（1984~1988）、<br/> 《中国运筹学会》理事长（1988~1996）、<br/> 《中国运筹学会》名誉理事长（1997~）、<br/> 《亚太运筹学会联合会》(APORS)副主席（1985~1988）、<br/> 《亚太运筹学会联合会》主席（1989~1991）、<br/> 《国际运筹学会联合会》(IFORS)副主席（1992~1996）、<br/> 《亚太运筹中心》学术委员会主任（1905~2004）、<br/> 《运筹学学报》副主编；</p> <p>中国科学院应用数学研究所学位评定委员会主席（1984~1998）、<br/> 中国科学院研究员资格评审委员会委员（1987~1988）、<br/> 中国科学院首届数学学科专家委员会委员（1993~1997）、<br/> 联邦德国洪堡基金会研究员（1980~1982）、</p> |                                                                                               |        |      |        |
| 简<br>历           | 何年何月至何年何月                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 在何单位（学校）任何职（读何专业）                                                                             |        |      |        |
|                  | 1953~1957<br>1957~1962<br>1962~1978<br>1978~1982<br>1982~ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 北京大学数学力学系毕业<br>中国科学院数学研究所实习研究员、<br>中国科学院数学研究所助理研究员、<br>中国科学院应用数学研究所副研究员<br>中国科学院数学与系统科学研究院研究员 |        |      |        |

| 曾获奖励情况                       |                         |                                 |                |       |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------|-------|
| 获奖时间                         | 获奖项目名称                  | 奖项名称                            | 奖励等级（排名）       | 授奖部门  |
| 1978                         | 全国科学大会<br>成果奖           |                                 | 越民义先生<br>为首运筹室 | 国家    |
| 1978                         | 中国科学院<br>重大成果奖          |                                 | 越民义先生<br>为首运筹室 | 中国科学院 |
| 1980                         | 冶金部科技成果奖                |                                 | 越民义先生<br>为首运筹室 | 冶金部   |
| 1984                         | 中国科学院一等奖                |                                 | 越民义先生<br>为首运筹室 | 中国科学院 |
| 1990                         | 全国科技图书奖                 | 《随机服务<br>系统》                    | 一等奖，独立         | 国家    |
|                              |                         |                                 |                |       |
|                              |                         |                                 |                |       |
| 获基金项目资助情况                    |                         |                                 |                |       |
| 获基金资助项目                      | 基金名称                    | 资助时间及方式                         | 完成情况           |       |
| 国家自然科学基金面上项目<br>批准号：19071082 | 随机优化与逼近                 | 1991.01.01-1993.12.31<br>0.8 万元 | 完成、结题          |       |
| 国家自然科学基金面上项目<br>批准号：19371083 | 随机系统逼近理论与<br>算法研究       | 1994.01.01-1996.12.31<br>2 万元   | 完成、结题          |       |
| 国家自然科学基金面上项目<br>批准号：19671088 | 计算机系统与通讯<br>中的随机网络及优化研究 | 1997.01.01-1999.12.31<br>7.6 万元 | 完成、结题          |       |
|                              |                         |                                 |                |       |
|                              |                         |                                 |                |       |
|                              |                         |                                 |                |       |

## 主要科学技术成就、贡献、影响等

申报人徐光輝研究员是我国随机服务系统研究领域的开拓者和领导者,在随机服务系统的瞬态特征、稳态特征、算法、系统逼近以及实际应用诸多方面都做出了奠基性、有国际影响的一系列学术工作。特别地:

**在瞬态特征研究方面:**从二十世纪五十年代开始,随机服务系统瞬时性态就成为国际上研究的焦点,瞬时性态研究的深度与难度大大超过稳态特征的研究,包括美国科学院院士、斯坦福大学 S. Karlin, 英国皇家学会院士、剑桥大学 D. Kendall 等在内的国际著名学者纷纷投入此研究,但只获得了单台和简单多台系统的结果,而对多台系统仍束手无策。经过多年的刻苦努力,徐光輝研究员终于完成对  $GI/M/n$  系统类的一系列工作,获得了系统全部特征如队长、等待时间等统计规律,成为迄今为止对该类系统最完整、最深刻的结果。

**在稳态特征研究方面:**复杂随机服务系统稳态分布的逼近理论是近几十年来国际运筹学、信息科学、计算机科学等领域最活跃的方向。国际权威学者、美国普渡大学的 M. Neuts 开创了矩阵几何(Matrix-Geometric)解析逼近理论,对无穷小生成元为矩阵块结构的马氏过程作了系统的研究,但对重要的首达时间的研究只获得了某些特殊情形(如拟生灭过程)的结果。徐光輝与他的学生何启明(1991)首次提出状态逼近法,由此解决了一种重要类型  $GI/M/1$  型马氏过程在有限初始向量下的首达时间问题,为求解多种随机模型与网络的稳态分布提供了有效的算法。

**在算法研究方面:**马氏过程算法研究对实际应用有极为重要的意义、它是将理论研究成果应用到实际问题的一个桥梁,多年来受到国际多个领域专家的重视。美国、加拿大、荷兰等国学者长期从事马氏过程瞬态解与首达时间算法的研究,但只获得了带有有限状态空间的一般马氏过程与带有可数状态空间的特殊马氏过程的结果。徐光輝与他的学生袁学明(1994、1995)利用行列交叉截尾技巧,突破性地解决了带有可数状态空间一般马氏过程的瞬态与首达时间的算法问题,使这两个长期未决的问题获得了圆满解决。而且由此还将徐光輝与何启明关于  $GI/M/1$  型马氏过程首达时间问题拓广到任意初始情形,并克服了另一主要类型  $M/G/1$  型过程处理中的难点,使 M. Neuts 的矩阵结构马氏过程首达问题得到彻底的解决。稍后,徐光輝等又开始多维马氏过程的研究,国际上对于多维过程,即使平稳性态时也都只能处理其中一维可数(称为水平),而其它维都有限(称为位相)的情形。徐光輝与他的学生徐德举(1996、1999)研究了多维可数状态马氏过程的瞬态解与首达时间,都给出了具有一致误差的算法,使多维可数马氏过程瞬态解与首达时间的算法问题也得到了圆满的解决。在 2000 年,徐光輝等进一步解决了马氏更新过程首达时间的问题,得到了具有一致误差的算法,将 M. Neuts 等学者对特殊过程的研究推广到一般过程,使更广泛的一类随机排队与网络的一些性能指标计算问题得到了完美的解决。

**在系统逼近研究方面:**徐光輝与他的学生张汉勤对随机逼近理论中的重要方向强逼近理论进行了开拓性的研究(1990~1993)。由著名学者、两位美国工程院院士、斯坦福大学的 D.L. Iglehart 和哥伦比亚大学的 W. Whitt 等开创的随机服务系统弱收敛理论

在二十世纪七、八十年代一直是国际研究的热点，取得了极为丰硕的成果，八十年代后期，著名学者、加拿大皇家学会院士，卡尔顿大学的 M. Csörgö 等发展了更新过程强逼近，它比弱收敛更为广泛和深刻，受到国际学者的普遍关注。徐光輝与他的学生张汉勤于 1990 年起在国际上率先开始了排队过程与网络的强逼近研究，先后完成了对多渠道系统、优先权系统、串联开网络、一般开网络等随机排队系统的强逼近理论的一系列工作，得到了相关随机过程的各种更为深刻的强逼近理论，同时使 Iglehart 与 Whitt 等一系列关于弱收敛理论的经典结果都成为这些更强结果下的推论。

**在随机网络研究方面：**徐光輝与他的学生刘西锁、何启明（1989~1994）提出了匹配系统与网络的新概念、构建了新的模型，对通信理论、计算机科学与自动控制领域中具有基础性意义的各类系统与网络进行了深入的研究，揭示了复杂网络结构的内在规律，并运用逼近理论研究中已获得的上述成果，克服了高度复杂网络分析中的各种难点，获得了各类匹配网络的系统成果，并给出了便于数值计算的有效算法。徐光輝与他的学生曹成铉（2000）还将多维可数马氏过程首达时间的结果用于匹配排队网络中忙期与非闲期的计算，得到了有效的具有一致误差的算法。此外，对随机运筹学中的更新过程、存储过程及计算机性能分析等研究，他们也获得了各种极限定理、判别准则、首次放空、响应时间等结果。这方面的研究成为解决其它问题的关键工具。

**在实际应用研究方面：**徐光輝研究员长期从事电讯、水利、铁路、矿山等关于优化、设计与决策方面课题的建模、设计、管理等有关应用研究，为实际部门提供了决策支持。其中特别是矿山过程管理模型成果，比国际现有模型更为完善，计算更为简洁可行。通过大量数据收集，计算机仿真与数值计算，为矿山技术设计与管理提供了科学决策依据。特别的、徐光輝研究员提出的基于系统原始数据的统计分析、建立随机排队系统、从而进行分析、进而找出优化决策，这一方法在国际上领先了相当长一段时间。时至今日、人们基于数据来建立随机模型还是沿用这个方法。

**培养人才与普及教育：**徐光輝研究员在从事如上关于随机服务系统的瞬态特征、稳态特征、算法、系统逼近以及实际应用诸多方面研究工作的同时，还培养了一批活跃在国际、国内运筹学领域知名学者，并于 1990 年获中国科学院优秀研究生导师奖。徐光輝研究员还积极从事运筹学教学和普及工作。他教过中国科学技术大学 1958、1960 与 1963 级三届运筹专业学生，这些学生中很多人都已成为各部门从事运筹学或相关领域研究的教授、博导、所长、院长等。改革开放后、徐光輝研究员又相继在中国科学院研究生院、清华大学、海军工程学院等多次为研究生、青年教师讲课，为海军、机械、煤炭、航空等部门以及运筹学会、系统工程学会等所组织的培训班授课。直到退休前后，他还在为中国科学院数学与系统科学研究院博士生多次讲授统一的学位课程。徐光輝研究员总是针对不同听课对象，力求讲授深入浅出，他所讲授的内容颇受学生喜爱，影响、培养了当时一批人。听其授课的学生现已是一些领域的资深专家、院士。其专著《随机服务系统》是随机运筹学领域的经典著作，曾获 1990 年全国优秀科技图书一等奖。他主编的《运筹学基础手册》是当今从事运筹学及相关领域研究的学者所喜爱的参考书之一。

**学术工作的客观评价和影响：**徐光輝研究员在随机服务系统的理论研究工作在国际上颇具影响，成为随机运筹学领域的国内外教科书与专著常常所引用的经典工作之一。在 1977 年美国纯粹数学与应用数学访华团为美国科学院撰写的《访华团报告书》评价到：“在应用数学方面、中国在诸如排队论等领域已十分敏捷地达到了这些领域的前

列”。【注：国内通常把“排队论”称之为“随机服务系统”】他的实际应用研究工作成果被美国两大矿业公司在为中国矿山承担总体设计项目时，作为有关部分设计的基础。

徐光輝研究员的成就与贡献受到各国学者的赞誉与好评，在我国改革开放早期、连年应邀赴日本、丹麦、比利时、荷兰、德国、美国等国多次访问讲学及合作研究，在国际运筹学与管理科学大会（ICORMS'90）等多种国际会议上作大会报告或邀请报告。森村英典（国际随机服务系统领域权威、日本运筹学会前主席）称赞其工作“你们的工作是走在世界前面的”。国际著名学者、日本三根久对徐光輝专著倍加赞赏，认为是“世界第一流的”并与森村等多次邀徐光輝访问日本京都大学、东京工大、东京大学等。美国著名学者 M. Neuts 要求将徐光輝著作译成英文出版，列入他主编的《纯粹与应用概率》丛书。2007 年，为庆贺徐光輝研究员七十寿辰而召开的国际学术研讨会上，美国哥伦比亚大学讲座教授、美国总统奖获得者、美国工程院院士姚大卫在特邀报告中深情地回顾说，徐光輝研究员的专著当年是如何引导他进入排队论研究领域的，他从国内到国外，始终将书珍藏在身边。Jensen 聘任徐光輝为丹麦科技大学客座教授，并作为国际通讯协会（ITC）创始人与主席多次邀徐光輝出席该协会历届国际会议。

基于其学术业绩、他多次受国际、国家级和省部级的一些学术奖励委员会所聘，担任评奖、晋级等工作。同时受聘担任多种国际运筹学领域杂志期刊的编委和顾问、长期担任《运筹学学报》副主编。他作为主要贡献者之一，获全国科学大会成果奖、中国科学院重大成果奖、冶金部科技成果奖、中国科学院科技成果一等奖等。

**对《中国运筹学会》发展与壮大的贡献：**在中国与国际运筹学会的组织管理中，徐光輝研究员付出了极大的精力，贡献殊甚。他长期担任《中国运筹学会》秘书长、理事长，《亚太运筹学联合会》副主席、主席，《国际运筹学联合会》副主席等领导职务。从 1980 年开始、在越民义研究员和许国志研究员领导下，他就参加了学会成立的筹备工作、并当选为《中国运筹学会》首届理事。他在担任理事长期间、与其他常务理事一道，经过长期不懈努力、中国运筹学会终于在 1991 年获批成立，成为具有法人资格的全国性一级学会。从此为运筹学在我国的发展、为中国运筹学走向世界打下一个很好的基础。他代表中国运筹学会、发起和组织成立了《中国运筹学会》作为创始国之一的《亚太运筹学联合会》，并当选为副主席，韩国副总理兼《韩国运筹学会》会长罗雄培博士当选为主席。在他任《亚太运筹学会联合会》主席期间，在大阪、雅典、北京等地多次主持召开理事会，讨论决策联合会的有关工作，并在会上会下协调各方在工作中出现的矛盾和问题，保证了理事会的合作与团结。同时，他与章祥荪研究员等又一起筹划成立《亚太运筹中心》，作为亚太各国乃至国际的运筹学领域合作研究与交流的一个基地。1992 年徐光輝当选为《国际运筹学会联合会》副主席，这是该会成立 30 多年来我国代表首次进入领导机构，从此更加密切了中国运筹学会与国际运筹学界的联系。

综上所述、申请人徐光輝研究员在其近六十年的学术生涯中，不但在运筹学、主要是随机运筹学的很多领域做出了一系列重要工作，而且也培养了一批当今活跃在国内外运筹学领域的优秀学者，同时为中国运筹学的发展做了诸多值得同仁感激和敬仰的重要贡献。

## 发表论文、专著的情况

专著:

《随机服务系统》，科学出版社，北京，1988

论文:

徐光輝，GI/M/n 系统中大量服务的排队过程，《数学学报》，第十卷（1960），182-189

徐光輝，GI/M/n 系统中大量服务排队过程的等待时间分布，《数学学报》，第十四卷（1964），796-808

徐光輝，排队过程 GI/M/n 的瞬态性质，《数学学报》，第十五卷（1965），91-120

徐光輝，随机服务系统理论及其在计算机设计中的应用，《计算机应用与应用数学》，第一期（1975），33-43

徐光輝，随机服务系统 GI/M/n 的 k 阶忙期，《中国科学》，1977，60-68

徐光輝，组合计算机系统中存储系统的平均响应时间，《应用数学学报》，第一卷（1978），137-144

徐光輝，随机服务系统综述，《数学进展》，第十期（1981），3-11

徐光輝，随机模型的一个算法研究，《科学通报》，1998，1009-1012

徐光輝、董泽清，矿山采掘过程的数学模型，《数学的实践与认识》，第四卷（1974），26-37

徐光輝、颜基义，随机服务系统中的首达时间，《应用数学学报》，第三卷（1980），34-40

徐光輝、颜基义，随机服务系统中的首达时间（II），《应用数学学报》，第五卷（1982），25-35.

徐光輝、王荣鑫，随机服务系统的逼近理论，《运筹学杂志》，第五卷（1986），30-42

徐光輝、董泽清、曹晋华、程侃，应用概率：领域与模型，《数学进展》，第十五卷（1986），347-366

徐光輝、刘西锁，广义标准系统的比较与连续性，《数学年刊》，9A(1988), 737-742

徐光輝、何启明、刘西锁，匹配服务系统的平稳性态，《应用数学学报》，第十三卷（1990），39-48

徐光輝、何启明，带有多级服务的无穷多服务台系统，《高校应用数学学报》，第六卷（1991），413-419

徐光輝、张汉勤，开排队网络的强逼近，《中国科学》，1992, 29-39

徐光輝、袁学明， $M(x)/M/1 \rightarrow Ph/1/K$  排队系统，《高校应用数学学报》，第七卷（1992），422-432

徐光輝、袁学明, 有限等待空间、两服务台串联排队系统的稳态分析, 《系统科学与数学》, 第十二卷 (1992), 317-325

徐光輝、许德举, 二维可数状态马氏链的瞬态解, 《科学通报》, 1996, 1359-1362

徐光輝、许德举, 二维可数状态马氏链的首达时, 《科学通报》, 1997, 9-12

徐光輝、刘彦佩、程侃编《运筹学基础手册》, 科学出版社, 北京, 1999

Guang-Hui Hsu, K. Bosch, Finite Dams with Double Level of Release. 《Z. Oper. Res. Ser. A-B》 Vol.27(1983), A83–A106.

Guang-Hui Hsu, Qiming He, The Residual Life for Alternating Renewal Process, 《Asian-Pacific Journal of Operational Research》, Vol. 7 (1990), 76–81.

Guang-Hui Hsu, A Survey of Queueing Theory. 《Annals of Operations Research》, Vol.24 (1990), 29–43.

Guang-Hui Hsu, Rongxin Wang, Hanqin Zhang, Strong Approximations for Multiple Channel Queues, 《Journal of Applied Probability》, Vol.27(1990), 658-670.

Guang-Hui Hsu, Qi-Ming He, The Distribution of the First Passage Time for the Markov Processes of GI/M/1 Type, 《Stochastic Models》, Vol.7(1991), 397-417

Guang-Hui Hsu, Hanqin Zhang, Strong Approximations for Priority Queues: Head-of-the-Line-First Discipline, 《Queueing Systems》, Vol.10(1992), 213-234.

Guang-Hui Hsu, Qi-Ming He, Xisuo Liu, Matched Queueing Systems with a Double Input. 《Acta Math. Appl. Sinica》 (English Ser.) Vol.9 (1993), 50-62

Guang-Hui Hsu, U. Jensen, The Matched Queueing Network PH/M/c→PH/PH/1. 《Queueing Systems》, Vol.13(1993), 315-333

Guang-Hui Hsu, U. Jensen, Optimal Stopping by Means of Point Process Observations with Applications in Reliability. 《Mathematics of Operations Research》, Vol.18(1993), 645-657

Guang-Hui Hsu, Qi-Ming He, Matched Queueing System M•PH/G/1. 《Acta Math. Appl. Sinica》 (English Ser.) Vol.9 (1993), 104-114

Guang-Hui Hsu, Qi-Ming He, The Matched Queueing System GI•PH/PH/1. 《Acta Math. Appl. Sinica》 (English Ser.) Vol.10 (1994), 34-47

Guang-Hui Hsu, Xue-Ming Yuan, Transient Solutions for Denumerable-state Markov Processes. 《Journal of Applied Probability》, Vol.31(1994), 635-645

Guang-Hui Hsu, Hanqin Zhang, A New Proof of the Invariance Principle for Renewal Processes. 《Sankhya》, Ser. A, Vol.56(1994), 375-378.

Guang-Hui Hsu, Xue-Ming Yuan, First Passage Times and their Algorithms for Markov Processes. 《Stochastic Models》, Vol. 11(1995), 195-210

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Guang-Hui Hsu, Xue-Ming Yuan, First Passage Times: Busy Periods and Waiting Times. 《<i>Science China</i>》, Ser. A. 38 (1995), 1187–1201</p> <p>Guang-Hui Hsu, Rongxin Wang, Hanqin Zhang, Heavy Traffic Limit Theorems for a Sequence of Shortest Queueing Systems, 《<i>Queueing Systems</i>》, Vol.21(1995), 217-238.</p> <p>Guang-Hui Hsu, De-Ju Xu, Transient Solutions for Multidimensional Denumerable State Markov Processes. 《<i>Queueing Systems</i>》, Vol.23(1996), 317-329</p> <p>Guang-Hui Hsu, Algorithms for Markov Stochastic Models. 《<i>Chinese Sci. Bull</i>》, Vol.44 (1999), 97-100</p> <p>Guang-Hui Hsu, De-Ju Xu, First Passage Times for Multidimensional Denumerable State Markov Processes. 《<i>Chinese Sci. Bull</i>》, Vol.44 (1999), 970-980</p> <p>Guang-Hui Hsu, Cheng-Xuan Cao, Busy Periods for a Matched Queueing Network. 《<i>OR Transactions</i>》, Vol.4(2000), 22-32</p> <p>Guang-Hui Hsu, Xue-Ming Yuan, Quan-Lin Li, First Passage Times for Markov Renewal Processes and Applications. 《<i>Sciences China</i>》, Vol43(2000), 1238-1249.</p> <p>Cheng-Xuan Cao, Guang-Hui Hsu, Poisson Traffic Processes in Pure Jump Markov Processes and Generalized Networks. 《<i>Journal of Systems Science and Complexity</i>》, Vol.13(2001), 438-446</p> | <p style="text-align: center;"><b>科技成果应用情况或技术推广情况</b></p> <p>徐光輝研究员成功的应用他在排队论的理论研究成果来解决马鞍山矿山的矿石采掘的优化调度问题，为马鞍山矿山企业带来了可观的经济效益、得到企业的认可。并由此与他的同事一道在 1980 年获得了《冶金部科技成果奖》。</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|