

离散数学及其应用教育部重点实验室工作总结报告

(2013 年 2 月 20 日)

实验室名称： 离散数学及其应用教育部重点实验室

主管部门： 福建省教育厅

依托单位： 福州大学

实验室概况： 在迅速发展的计算机科学技术及信息技术等领域，离散数学是重要的基础学科和支撑学科，它的发展和影响是一个国家科学技术发展水平的重要因素。以福州大学“离散数学与理论计算机科学研究中心”为依托的离散数学及其应用教育部重点实验室于 2007 年 7 月获教育部批准立项建设。目前，实验室共有固定研究人员 27 人，其中教授 16 人，副教授 4 人。实验室由马志明院士担任学术委员会主任，范更华教授担任实验室主任。实验室位于福州大学铜盘校区。2007 年 11 月完成了实验室装修一期工程；2009 年 3 月完成了二期装修工程，达到“环境优美、设备一流”。按国际研究所标准建设基础设施，为每位研究人员及来访学者提供 40 平米宽敞办公室及一流科研设备。为每位研究生提供一个工作位及台式电脑。已建成无线网覆盖实验室 3000 平米的科研、办公场所。重视网络建设，保证网络高速畅通。订购相关专业的国外数据库及原版图书，已基本建成一流的专业图书资料室。

一、 实验室现有三个研究方向：图论与组合数学、大规模集成电路设计中的数学方法、优化理论与算法。

二、 本年度实验室在研科研项目国家 973 计划课题 1 项，国家自然科学基金 7 项，其中重点项目 1 项，面上项目 2 项，青年项目 4 项。教育部重点项目 1 项，高等学校博士学科点专项科研基金 1 项。新增国家自然科学基金 7 项，其中面上项目 3 项，分别是：

1. 超大规模集成电路布局的 e11-1 模优化模型及其算法研究 (61170308)，朱文兴。

2. 有色噪声下基于噪声约束最小均方估计的语音增强算法 (61179037), 夏又生。
3. 非曼哈顿结构下带粒子群优化的 VLSI 总体布线算法研究 (11141005), 陈国龙。

青年项目 4 项, 分别为:

1. 基于视觉注意力机制的机器人认知视觉感知系统 (61105102), 于元隆
2. 无线传感器网络中任务调度的并行联盟生成与博弈分配策略 (61103175), 郭文忠
3. 图的拉普拉斯谱及相关拓扑指标 (11101087), 刘剑萍
4. 不含某些子式的拟阵结构 (11201076), 陈容

实验室成员刘剑萍主持的“图谱理论及其相关问题”获福建省自然科学二等奖。

三、实验室不仅是高水平科学研究中心,也是高层次人才培养基地。实验室以应用数学、计算机应用技术省级重点学科,国家集成电路人才培养基地,离散数学“211工程”建设重点学科,应用数学博士点以及两个一级学科硕士点(数学、计算机科学与技术)为支撑,形成具有一定规模的离散数学高层次人才培养体系。实验室将充分利用自身的条件,围绕主攻方向,提升开放层次,促进学术交流与合作,使实验室整体研究水平达到国内领先水平,某些研究方向达到国际先进水平,为国家及福建地方建设做出突出贡献。本年度培养博士研究生 3 名,硕士研究生 25 名。

四、年度科研成果

实验室在各个研究问题方面开展了深入地研究工作,在课题研究中取得了一些很好的研究结果。本年度课题组研究成员在国内外重要专业刊物上发表 SCI 收录论文 32 篇, EI 收录 5 篇,主要研究成果如下:

(1) VLSI 中的图论与优化算法研究工作

在大规模集成电路设计理论研究方面,课题组在开展拟定研究工

作的同时，进一步加强与集成电路设计研发机构的合作，先后派出课题组成员和博士研究生共计9人次到北京华大九天软件有限公司，了解我国目前唯一的集成电路设计工具“九天”EDA的研发进展，并针对该项研发所提出的多项实际研究问题，从理论和实际两个方面都提出了解决方案。

1) 北京华大九天软件有限公司正在着力开发的自动化对称布线软件中，由于当前国内外对对称布线的系统研究非常少，在实际布线过程中存在线网需要对称布线的问题。该问题目前都是采用手工布线，只能解决布线层和已布线网数比较少的情况，还经常出现找不到问题的解的情况。课题组研究了该问题，证明了H-V模型下对称布线问题等价于在有效连通图中找所有引脚对应点的一棵斯坦纳树问题，并提出一个解决对称布线问题的算法。该算法适合无网格且水平和垂直布线层交替出现的模型，经过修改还得到在一层中既可以水平布线又可以垂直布线的模型下的对称布线问题的方法。这项研究为自动化对称布线软件的开发提供了一个方法和理论保障。

2) 研究了超大规模集成电路标准单元的布局问题。布局是超大规模集成电路物理设计的关键步骤，影响了芯片的可布线性、性能和功耗。我们研发了一个标准单元布局器，其中包含了全局布局和详细布局两个阶段。在全局布局阶段，我们用非线性规划方法和最优聚类技术对电路聚类，在解聚类阶段用迭代改进技术确定每个单元的位置，同时缩短线长。在详细布局阶段，我们构造一个快速合法化算法把全局布局的解合法化，并用单元序消除策略改进合法化后的解。用IBM standard cell benchmark circuits和Peko standard cell benchmark suite2对所构造的布局工具做测试，实验表明该布局工具可以在合理的时间内得到高质量的布局结果。

3) 研究了与集成电路设计相关的若干理论问题。在与电路划分问题密切相关的图划分问题研究中，研究了最小平衡划分问题，在一般图类上给出了一个紧的上界，将这一结果应用于平面图类上，得到了平面图最小平衡划分很好的上界。

4) 构造了图的max-cut问题和max-k-cut问题的动态凸化算法，计算实验表明了算法的性能是这两个问题当前性能最好的算法之一。

利用B*-tree表示法，构造了矩形装箱问题的启发式装箱策略，构造了改进该策略的一个局部搜索算法。实验表明算法可以有效地求解矩形装箱。研究了带一个连续变量的0-1背包问题，构造了快速分支定界算法；构造了非凸混合非线性整数规划问题的动态凸化算法。实验验证了算法的有效性。

(2) 图论与组合研究工作

课题组开展了关于图的平衡划分，图与超图的谱理论拟阵分解，Ramsey 理论，图染色的研究工作，取得了多项有意义的结果。

1) 在离散数学中，一个常见的现象是对连通度较低的结构很适合用数学归纳法但却没有很多有用的性质，而那些连通度较高的结构虽然有很多好的性质却不能用数学归纳法。因此，如何找到一个二者的最佳结合点便成为了一个大家关注的问题。1连通拟阵很显然可以分解成2连通拟阵。Cunningham和Edmonds证明了通过运算“2-sum”任意2连通拟阵可以像树一样地分解成一系列的3连通拟阵。在这篇论文中，我们证明了任何元素个数大于等于9的3连通可表示拟阵，通过运算“reducing”可以像树一样地分解成一系列的序列4连通拟阵和三类特殊的拟阵。序列4连通是一个介于3连通和4连通之间的连通度，它弥补了对4连通拟阵不能用数学归纳法的缺憾，也具备了3连通拟阵不具备的好的性质。该论文发表在组合顶级杂志“J. Combin. Theory Ser. B”上，审稿人称该文“of high quality”，“of interesting and will be useful to other researchers . Moreover, the methods used are good”。

2) 图的线性荫度是指将图分解成线性森林的最小数目，在 1984 年，Akiyama 提出了注明的线性荫度猜想，在 2008 年, Wu 等人证明了平面图满足线性荫度猜想，我们对平面图上的线性染色进行了考虑, 猜测如果平面图的最大度至少是 6, 则其线性荫度可以完全确定, 并且证明了如果平面图的最大度至少是 8, 其线性荫度可以完全确定, 从而猜想只剩下最大度等于 6 或者 7 的情形, 同时, 我们给出了该类图的一个线性染色, 其时间复杂性是 $O(n \log n)$ 。

3) 图的无圈边染色问题是著名数学家 Alon 提出的，在 2001 年，

Alon 等人利用概率方法给出了无圈边色数的上界。在其证明过程中，因为小圈会以很大的概率出现两种颜色，因此其上界较难改进，我们利用类似的思路考虑的围长较大的图的无圈染色问题，从而改进其上界，同时，我们利用组合方法考虑的不含三角形的系列平行图的无圈染色问题，确定了该类图的无圈边色数。在 2001 年，Alon 等人给出了无圈边染色猜想，我们验证了不含短圈的平面图上的情形。

4) Remasy 理论的研究是一一直是图论研究的热门问题，我们研究了非对角 Remasy，证明了存在一个正整数 C ，使得下面成立：如果 $N < Cn^2 / \log n$ ，对于 N 个顶点的完全图的任意红蓝 2-染色，或者存在红色的三角形，或者存在蓝色的完全二部图 $K_{n,n}$ ，结合已有结果，从而完全决定了 $R(K_3, K_{n,n})$ 。

五、 学术交流

2012 年 11 月 2 日--6 日，由中国系统工程学会模糊数学与模糊系统专业委员会（国际模糊系统协会中国分会）主办，由福州大学承办的第十六届全国模糊数学与模糊系统学术会议在福州大学学术交流中心--怡山大厦隆重举行。

本次会议由中国模糊数学与模糊系统专业委员会名誉主任委员、中国科学院院士刘应明教授担任大会主席，由专业委员会主任委员、四川大学罗懋康教授担任程序委员会主任，由实验室主任范更华教授担任组织委员会主任，由专业委员会秘书长、四川大学张德学教授和福州大学校长助理、科技处处长陈国龙教授担任组织委员会副主任。参加大会的代表有来自全国高等院校、科研院所等 60 多个单位的专家学者和研究生 200 多人。本次会议得到了全国模糊数学和模糊系统领域的专家和学者的大力支持，共收到学术论文 110 余篇，经专家评审，其中 42 篇论文发表在专业委员会杂志《模糊系统与数学》2012 年第 4 期和第 5 期上，18 篇论文发表在杂志《数学的实践与认识》2012 年第 19 期上。在本次会议期间，代表们进行了广泛的学术交流。9 位专家分别作了精彩的大会报告，24 位代表在分组会上进行了学术交流，内容涉及模糊数学的理论研究及应用等领域。本次学术会议学

术氛围浓厚，交流广泛，达到了国内模糊数学界相互交流最新研究成果的目的。

2012年12月7日至11日，实验室主办“2012年离散数学国际研讨会”，40多位国内外离散数学专家应邀参加了会议，在本次会议期间，代表们进行了广泛的学术交流。20位专家分别作了精彩的学术报告，内容涉及离散数学的理论研究及应用等领域。本次学术会议学术氛围浓厚，交流广泛，达到了国内离散数学界相互交流最新研究成果的目的。

2012年12月14日至16日，实验室主办了“International Workshop on Image Processing and Inverse Problems”国际学术会议，共有70多位国内外学者参会。

在本年度，共有10余位国内外知名学者到校访问，并作报告和进行合作研究，其中包含美国乔治亚理工大学教授郁星星，复旦大学教授朱洪，南开大学教授向开南等。