科 学 通 报
第38卷 第2期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1993年1月

软件自动化的智能化途径

吕 建 徐家福
(南京大学计算机软件研究所，南京 210008)

关键词 软件自动化、智能、机器学习

近年来，国际上软件自动化的研究又取得了进展，对软件设计过程和所需知识的认识不断深化，其形式化工作也有了一定的发展，在此基础上出现了一些比较成功的软件自动化系统，其中有些在特定的领域内接近了人的水平。如CYPRESS/KIDS系统[1]、STRATA系统[2]和MEDUSA系统[3]等，这些系统尽管各自在某一方面取得了进展，但有一共同的弱点就是适应性较差，系统往往只能适用于设计者预先考虑过的问题范围甚至局限于专门问题，影响了软件自动化的推广应用。问题症结在于现有软件自动化系统尚不具备智能，即缺乏自学习能力，系统不能自动从解题实践或用户实例中获取算法设计知识。特别地，在需人工干预时，系统并不能自动从人工干预中获取知识，以后遇到同样的问题，必须重复同样的人工干预过程。

本项研究是针对上述问题，采取"理论研究"和"实验性系统构作"相结合的方法，在已实现的算法设计自动化系统NDADAS基础上，开展软件自动化的智能化技术研究，以期在归纳推理，类比推理，解释学习用于软件自动化方面取得进展，提高软件自动化系统的智能化水平。

1 主要结果

1.1 类比程序推导的形式体系[1)]

目前所见类比自动程序设计工作尚停留在对一般方法的探讨或应用面很窄的实验性系统，缺乏形式化研究，难以全面应用于软件自动系统。为此，我们从形式化的角度对类比程序推导加以研究，建立了基于类型论的类比程序推导的形式体系，具体地说：(1) 提出了一种能一致地表示程序，规格说明及其间推导的程序推导演算PD-Cal，讨论了其操作语义及性质，用该演算描述了一阶逻辑，程序推导方法及各种数据类型，并证明了这种描述的合理性。(2) 定义了基于泛化的类似对应关系，据此给出了一种类似匹配方法，并证明了类似对应所有的良好性质。(3) 基于PD-Cal，形式定义了类比程序推导过程，给出了类比程序推导的规则及类比程序推导的例。说明了通过类比推导所得的程序相对于其规格说明的部分正确性。

1.2 自学习软件自动化系统NDSAIL[2)]

自学习软件自动化系统NDSAIL以算法设计自动化系统NDADAS为基础，提出适合于软件自动化机器学习模型和技术，采用语义约束和演绎构造的方法较好地解决了解释学习中操作性准则与归纳结论正确性的自动确认等问题。使系统具有问题分解方法学习能力，基本算法学习能力和优化方法学习能力，系统的解题能力能够在运行过程中自动提高。

NDSAIA系统由监控机制、求解机制、学习机制、推理机制和知识库五部分组成。其中学

1992-05-19收稿。

1) 吕建国，基于类型论的类比程序推导研究，南京大学博士论文，1991。

2) 费宗铭，软件自动化的学习机制，南京大学博士论文，1991。

习机制由算法构架学习和基本算法学习两部分组成；优化方法学习部分含于求解机制中．结构如图 1 所示．

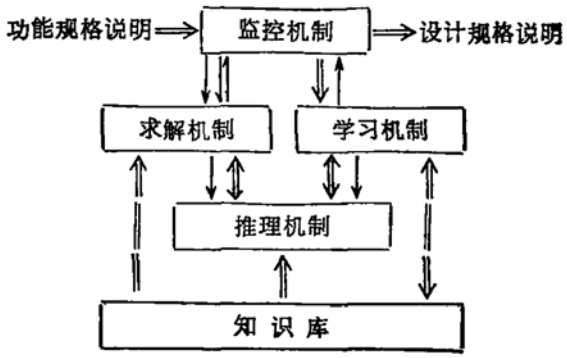

图 1

⇒数据流，　→调用关系

（1）算法构架学习机制接受用户提供的示例，即问题描述及其相应的设计规格说明，自动生成适用于一类问题的算法构架，也就是问题分解方法的形式化描述，供问题求解机制在解题时用作模板．

（2）基本算法学习机制接受不带功能规格说明的算法描述，生成相应的功能描述，作为基本算法放入知识库．

（3）求解机制针对输入的问题，生成相应的设计规格说明，结果由 NDAUTO 系统生成可执行代码．

（4）优化机制是求解机制中的一个模块，它对已产生的抽象算法，自动构造运行实例，以此来学习可能的优化方法，对算法进行优化．

（5）监控机制提供两部分功能，一是作为交互式工作的人机界面，一是控制系统工作状态和流程．

（6）推理机制为系统学习和求解机制提供基本推理支持．

（7）知识库存放系统实现其功能所需的知识包括系统通过自学习获得的算法分解和基本算法知识．

归纳起来，NDSAIL 系统具有以下特点：

（1）实现了软件自动化系统的自学习功能，系统可自动提高自身的能力．（2）在一个相当复杂的对象上实现了解释学习，目标概念是算法构架．（3）较好地处理了学习结果的可操作性．（4）可以保证学习结果的正确性．

2 结　论

围绕软件自动化的智能化途径，我们提出了基于类型论的类比程序推导形式体系，研制并实现了自学习软件自动化系统 NDSAIL；用类比程序推导的形式体系描述了命题逻辑、自然数类型及 Fold/Unfold 程序转换方法，并用类比方法从求和程序导出求阶乘程序．NDSAIL 系统通过了求阶乘表、排序、多项式求值、求序列中区段最大和值等 20 个实例．

结果表明，机器学习技术应用于软件自动化可解决现有软件自动化系统缺乏自适性的问题，尽管工作难度颇大但前景较好，值得进一步研究，进一步工作包括具类比学习功能的软件自动化系统的构作与学习结果可用性的判别等．

参　考　文　献

[1] Smith, D. R., *IEEE Trans. on Software Engineering*, 1990, SE-16(9):1024—1043.
[2] Lowry, M. R., in *Proceedings of the 10th IJCAI*, 1987, 1904—1010.
[3] McCartney, R. D., in *Proceedings of NCAI*, 1987, 154—159.