

城市现有建筑物震害预测与 防御对策系统的研究与应用

杨玉成

(国家地震局工程力学研究所)

[摘要] 本项研究建立了两个智能系统:(1)多层砌体房屋震害预测专家系统,用于对该类房屋单体的易损性评估和震害预测;(2)城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统,用于房屋群体的震害预测、人员伤亡和经济损失评估、高危害房屋类型和高危害小区识别,以及决策减灾目标和相应的对策。在该项研究中,知识丰富是建成实用化智能系统的先决条件,师法自然是设计知识工程的基点,应用实践使系统得以进一步的扩展和完善。现已证实系统的推理是可靠的,结果是可信的,决策是有效的。本项研究是国家自然科学基金重大项目“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”中的子项目之一,并在30个子项目的总结评比中获得第一,为全A级优秀项目。经专家鉴定,研究建立的两个系统均达到国际先进水平。

一、研究目标和成果

我国是个多地震国家,根据震害经验,地震造成生命和财产损失的主要原因是建筑物的破坏和倒塌,且城市的损失远大于乡村。在房屋建筑中,多层砌体房屋量大面广,且在地震中易遭破坏。因此,必须做好城市现有房屋建筑的群体震害预测和多层砌体房屋的单体震害预测,以有效地减轻和防御我国的地震灾害。这是我国防震减灾工作中的一项迫切而繁重的基础工作,工作量浩繁,数据信息量大,影响因素多,且要求有知识面宽、经验丰富的专家参与判断和提供决策分析意见。基于这两方面,在国家自然科学基金“七五”重大项目“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”的三级子项目“城市现有建筑物的震害预测与防御对策系统”中,我们确定研究两个智能系统:(1)用于多层砌体房屋单体震害预测的专家系统 PDSMSMB-1 和(2)用于城市现有房屋群体震害预测的智能辅助决策系统 PDKSCB-1。

系统 PDSMSMB-1 的目标是:使具有一般土建知识的技术人员能具有与专家同等水平,来预测现有或拟建的各类多层砌体房屋遭到不同烈度地震时的震害,评价预测房屋的易损性、地震危害度和抗震设防的满足程度,进而作出决策分析,以有效地减轻和防御地震灾害。系统 PDKSCB-1 的目标是:以数据库和知识库为基础,对整个城市现有房屋建立起一个震害预测系统,为人们精确记忆、有效管理和快速处理大量的数据信息服务;支持具有一般土建知识的技术人员和震害防御管理人员能以专家同等水平,来预测城市在遭受不同地震影响时现有房屋群体的工程震害、人员伤亡和直接经济损失;识别高危害房屋类型和高危害街坊小区,编制相应的震害潜势分布图件;对城市发展的未来状态进行动态预测和抗震防灾决策分析,辅助政府和有关部门的决策者制定减灾目标及应采取的相应对策,以有效地减轻潜在地震灾害损失。

本文于1993年2月2日收到。

本项研究在1992年1月“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”重大项目的30个三级子项目的总结评比中,被评为两个全A级子项目之一,并列第一。所建立的上述两个智能系统分别于1990和1991年通过科学技术鉴定,均达到国际先进水平。

二、开发过程

多层砌体房屋震害预测专家系统PDSMSMB-1的开发过程,分为四个阶段:

1. 雏形阶段 1986年夏,在同美国斯坦福大学土木工程系Blume地震工程中心进行合作研究时,笔者设计了多层砌体房屋震害评估系统(雏形)的知识工程。次年春,由美方合作者编写这个系统的程序DESMUMB。该程序用Fortran语言编写,在微机上运行,但将知识工程中设计的人机对话采集信息改为输入数据文件,并将预测震害的网络系统删减为树状因素关系。DESMUMB是PDSMSMB-1的前期工作,其知识工程也仅为雏形^[1]。

2. 演示阶段 吸取更多领域专家的经验,充实和改进了知识工程的雏形,于1988年用HProlog语言编写了VESMSMB程序,实现了汉字化和人机交互,但仍未实现影响因素的网络关系,且预测的对象较局限,运行时间也较长。VESMSMB属PDSMSMB-1的演示阶段^[2]。

3. 试用阶段 把该知识工程由易损性评价和震害预测延伸到地震危害度评估和决策分析,并重新设计系统程序,用批处理命令管理基本模块和网络系统,用Fortran语言解决计算问题。PDSMSMB-1经系统内因素关系的考核和震例检验,于1989年5月开始使用^[3]。

4. 实用商品化阶段 该系统经推广使用,实现了两种形式的商品化:(1)“来料加工”,即用户按系统的人机对话说明填写好信息卡,交操作员或用户自行操作;(2)有偿提供软件使用。

城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统PDKSCB-1的开发过程,大致分为三个阶段:

1. 人-机系统的初建阶段 1987年建立了基于关系数据库的城市现有房屋震害预测人-机系统,将所需的信息包容在数据库系统中,并建立起相互间的关系。为便于采集全套数据信息,该系统首例用于8万多人口的小城市三门峡^[4,5]。

2. 从基于数据库到基于知识库系统的中试阶段 建立震害预测的知识库系统,使震害由在基于关系数据库的人-机系统中作为数据输入供检索统计用的信息,跃居为在知识库系统中的知识作为系统在自行推理过程中所利用的信息而提供其预测的结果。经应用于湛江和厦门两个30多万人口的城市震害预测,从中得到检验,进一步改善和扩展了知识库系统^[6]。

3. 智能辅助决策系统的建立和应用 通过三个城市的实践,该系统由以数据库为基础的人-机系统,发展成以知识库为基础的城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统PDKSCB-1,并由对现状的震害预测延伸到对未来状态的动态预测、辅助决策减灾目标及相应的防御对策。1989—1990年,PDKSCB-1系统应用于150万人口的城市太原、无锡和铁岭。1991年该系统在国际上公开发表^[7-10]。

三、知识工程的设计思想

领域知识丰富是建成实用的智能系统的先决条件,也是设计好知识工程的基础。而精心设计知识工程,实现知识的获取和提炼、知识的表达和利用以及系统的构成和推理,是建成实用的智能系统的关键。

本研究建立的两个系统的知识工程,都是由领域专家自行设计的。知识工程的设计特点是

不拘泥于通用的规则和结构形式,着力于“师法自然”,以求智能系统取得“胜于自然”的效能。这样设计知识工程虽比通常采用现成的外壳费劲,技术难度也大,但使建立的智能系统既能充分反映出专家的知识、经验和思维逻辑,推理自然成章,合乎工程常规,又能发挥出计算机智能的优势。即,使智能系统既能达到专家级的水准,又具有超越人类专家的智能能力。

对知识工程的设计,国内外学者可能受传统思想影响而有所不同,犹如建造园林,欧美传统是建规则园,而我国古园林推崇自然。在中美合作研究多层砌体房屋震害评估系统时,笔者认为,按当时通用专家系统外壳设计知识工程(雏形),不可能有效地表达该领域的专家知识和经验,因而按领域专家处理该问题的推理逻辑设计了一个复杂网络关系。就当时的专家系统技术而言,这是超前的,故直到1988年底在PDSMSMB-1系统中才实现。我们认为,倘若能按实际需要设计知识工程,从而建造出一个不是“花架子”的而是真正实用的智能系统,并促使智能技术的进一步开发和应用,才正是我们着意追求的,即使难度大点、时间长点,也是值得的。

这两个系统在起步时,知识工程的雏形是有所不同的。PDSMSMB-1系统有一个完整的雏形,在开发过程中只是局部充实和改进知识库系统,延伸扩展震害程度评估和决策分析;而PDKSCB-1系统初建的框图最终虽无大的改动,但开始时只是数据库系统,在应用实践中发展为知识库系统,并由对现状的预测延伸到对未来状态的动态预测和决策减灾目标与对策。因此,在智能系统的开发过程中,进一步充实、扩展和完善知识工程的设计也是十分必要的。

四、应用实践

这两个系统已在我国得到广泛应用。PDSMSMB-1系统现已用于太原、无锡、铁岭和山东省十个市县的房屋震害预测;湖北的三个厂、天津和日照港务局、本溪的中小学和大同矿务局变电所房屋震害预测;克拉玛依市房屋震害预测和抗震鉴定;石臼海关和中国银行办公楼和住宅震害预测与加固方案的选择;以及在北京的地矿部阅览室、全国工商联办公楼和住宅的震害预测、抗震鉴定和加固方案的选择。应用PDKSCB-1系统的城市规模,有8万多人口的三门峡,30多万人口的湛江和厦门,150万人口的太原;地理位置,从中原到东南沿海,及华北等地区,还在无锡和铁岭应用了本系统中的部分子系统;城市的设防烈度从6度到8度皆有应用。

实际应用表明,这两个系统有着重大的社会效益和经济效益,可为编制抗震防灾和减轻灾害规划、合理使用和节省抗震设防与加固经费、制定减灾目标及相应对策和应急响应预案,以及为地震保险等提供科学依据,对改善城市的抗震设防状态和公众对地震安全保障的心理状态都有着十分显著的作用。

五、结 语

1. 知识丰富是本项研究最为突出的特点。我国有着大量的房屋建筑震害资料,丰富的抗震防灾经验,历经1966年邢台地震和1976年唐山地震的领域专家,本课题组长期从事震害调查、结构抗震、震害预测和城市抗震防灾的研究和实践。因此,这两个系统的专家知识十分丰富,有成熟的经验可循,系统的可靠性高。

2. 知识工程由领域专家自行设计,以师法自然而又胜于自然为建造知识工程的基点。

3. 系统的建立是在实践中逐步发展和完善的,这两个系统均经试用阶段到实用化,具有可信度高、决策有效、实用性强的特点。

4. 系统服务对象明确,内容全面,设置大众化,具有功能齐全、适用面宽、使用简便、便于接受、便于管理的特点。

本研究表明,在震害预测和防震减灾领域中,开发人工智能系统的应用是行之有效的。本研究还得到国家地震局和建设部的联合资助。

参考文献

- [1] 杨玉成,多层砌体房屋震害评估系统雏型及其在美国的应用,世界地震工程,3(1987),45—51.
- [2] 杨玉成,杨丽萍等,多层砌体房屋震害预测专家系统,计算结构力学及其应用,6,2(1989),17—23.
- [3] 杨玉成、李大华、杨雅玲、王治山、杨柳,投入使用的多层砌体房屋震害预测专家系统,地震工程与工程振动,10,3,83—90.
- [4] 杨雅玲、杨玉成,城市震害预测中的房屋数据库,第二届全国地震工程学术会议论文集,1987年,1108—1113页;世界地震工程,1(1988),28—32.
- [5] 杨玉成、杨雅玲、王治山、吕秉志,用人-机系统方法预测三门峡市现有房屋震害、人员伤亡和直接经济损失,地震工程与工程振动,9,3(1989),91—103.
- [6] 王治山、杨玉成、杨雅玲,城市震害预测高危害房屋类型和高危害小区的搜索技术,第三届全国地震工程会议论文集,1990年,1917—1922页;世界地震工程,4(1990),42—46.
- [7] 杨玉成、王治山、杨雅玲、李大华、杨柳,城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统,工程建设中智能辅助决策系统(国家自然科学基金重大项目1990年度论文汇编)同济大学出版社,39—48页;地震工程与工程振动,12,1(1992),77—89.
- [8] Yang Yucheng et al., An Expert system for Predicting Earthquake Damage to Urban Existing Buildings, Proceedings of International Symposium on Building Technology and Earthquake Hazard Mitigation, Kunming, China, March 1991, pp140—147.
- [9] 杨玉成,对震害预测指标体系的建议,世界地震工程,4(1991),9—13页.
- [10] Yang Yucheng et al., An Expert Evaluation System for Earthquake Damage, Proceedings of 10th WCEE, Madrid, Spain, July 1992, pp6307—6310.

RESEARCH AND PRACTICE OF KNOWLEDGE-BASED SYSTEM FOR PREDICTING EARTHQUAKE DAMAGE TO URBAN BUILDINGS AND ITS FORTIFYING COUNTERMEASURE

Yang Yucheng

(Institute of Engineering Mechanics, State Seismological Bureau)

Abstract

Two Knowledge-based systems have been put into operation for predicting earthquake damage to buildings in this research. The first can be used to evaluate vulnerability and predict earthquake damage to multistory masonry buildings. The second can be used to predict earthquake damage to existing building stocks in a city, to evaluate casualties and property losses, to identify high risk subareas and high risk building types, to decided the goal of disaster mitigation and its countermeasures. A wealth of domain knowledge is the prerequisite to develop the two systems and the fashion that model oneself after natural is the basic point of the design of knowledge engineering. The two systems has been progressively developed, further improved and extended in the practice and it has been proved that the inference is reliable, the results are right and the decision making is efficient.