

# 基于分布式网络体系结构的鱼病诊断智能系统的实现\*

温继文<sup>1</sup>, 傅泽田<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 经济管理学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学 教育部精细农业系统集成技术重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 结合鱼病诊断知识和鱼病诊断专家经验, 以人工智能理论为基础, 采用 B/S/S 技术开发基于分布式网络体系结构的鱼病诊断智能系统。将鱼病诊断知识库的设计分为问题识别、知识概念化、知识形式化、知识实现和知识测试等五个阶段, 并根据鱼病诊断流程和核心算法设计了鱼病诊断推理机制, 最后对鱼病诊断的功能模块设计做了详细介绍。该智能系统的建立将有益于科学诊断和防治鱼病。

**关键词:** 鱼病诊断; 智能系统; 分布式网络; 知识库; 推理机

中图分类号: TP182; TP302 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2006)02-0031-04

## Realization of Fish Disease Diagnosis Expert System Based on Distributing Network

WEN Ji-wen<sup>1</sup>, FU Ze-tian<sup>2</sup>

(1. School of Economics & Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory for Modern Precision Agriculture Integration, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on researching on fish disease diagnosis knowledge and expert experience, combining with B/S/S network technique, fish disease diagnosis expert system based on distributing network was constructed. In order to obtain effectively fish diagnosis knowledge and establish general, reliable and accurate knowledge database, repository design was divided into five stages, such as problem identify, knowledge conceptualization, knowledge formalization, knowledge realization and knowledge testing. Reasoning was designed according to the process of fish disease diagnosis and com arithmetic. At last, fish disease diagnosis function module was recommended in detail. Fish disease diagnosis expert system will be beneficial to scientific diagnosis and prevention fish disease.

**Key words:** Fish Disease Diagnose; Expert System; Distributing Network; Repository; Reasoning

目前, 我国鱼病诊断专家比较缺乏, 农民的科技素质较低, 对鱼病发生的规律认识不够, 加上渔业养殖户比较分散, 因而在鱼病诊断与防治过程中, 常常由于现场缺乏专家或专家到场不及时造成损失, 形成了领域专家知识的供给和生产需求之间的传播瓶颈, 制约了渔业工厂化养殖健康有序的发展<sup>[1]</sup>。

为解决渔业病害频繁发生而领域专家缺乏的矛盾, 使鱼病达到及时诊断、适时防治的效果, 本研究在对鱼病诊断知识和鱼病专家诊断经验进行总结的基础上, 以人工智能理论为基础, 与主流的 B/S/S 技术相结合, 研制开发以 Windows 2000 Server 为系统平台的基于分布式网络体系结构的鱼病诊断智能系统。用户通过在浏览器端输入鱼体的表面症状及其相关环境信息, 系统在服务器端按照一定的诊断推理方法进行智能处理, 并将处理结果返回给用户, 以辅助用户诊断决策。

该系统通过现场调查、目检、镜检、病因分析和防治五个步骤完成了“症状 - 疾病 - 病因”的鱼病诊断求解, 并将模糊数学、节约覆盖集理论和现代优化算法相结合构建鱼病诊断推理

机制, 有效地解决了具有多种不确定性的多疾病、多病因的鱼病问题, 为科学地监测、预防、诊治鱼病提供了技术支持<sup>[2]</sup>。

### 1 系统网络体系结构与开发环境设计

#### 1.1 系统网络体系结构

在鱼病诊断智能系统的网络设计中, 首先考虑的是实用性和易于操作、管理和维护; 其次要采用技术成熟的网络技术和设备; 第三, 网络选用的通信协议和设备符合国际标准。也就是说, 要使网络的硬件环境、软件环境、操作平台之间的相互间依赖减至最小, 建成的网络系统必须具有良好的可扩充性和升级能力, 并且必须以最低成本浪费为前提。

以上要求正是分布式网络体系的优点所在, 所以选用分布式网络体系为基本网络结构(图 1)。系统网络应用环境以 Win 2000 IIS 为网络 Web 服务器, SQL Server 2000 为网络数据库。

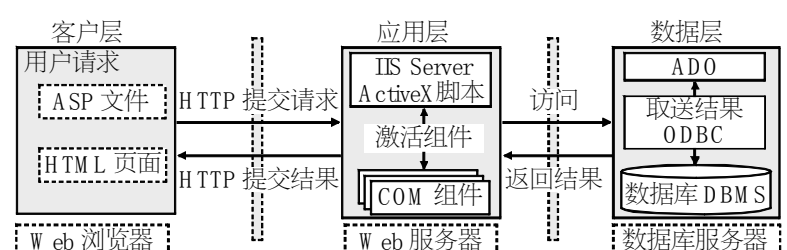


图 1 鱼病诊断系统的三层分布式网络体系结构

收稿日期: 2004-12-07; 修返日期: 2005-04-06

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2002AA243031); 农业部高技术重点资助项目(2000 农-1); 天津市农委资助市校合作项目

## 1.2 系统网络软件开发环境

(1) 用户软件环境即客户层, 主要使用微软公司的 Internet Explorer 6.0, 其优点在于可以直接与 Internet 进行无缝连接, 下载数据, 设计界面友好, 具有可延伸性、扩展性。

(2) 网络服务环境(即中间业务逻辑层与后端数据库层), 主要采用 Windows 2000 Server 与 MS SQL Server 2000 数据库。前者优点在于它具有强大的网络功能, 结构化、可扩展性强, 具有广泛的兼容性、可靠性、安全性; 后者优点在于满足分布式网络数据库管理系统的需要, 并满足开放性、可移植性、界面一致性、高性能及高可靠性和实用性的要求。

(3) 专业开发环境, 采用 Visual C++ (用于开发 COM 组件)、Visual InterDev 6.0 (用于开发 ASP 程序)。Visual InterDev 提供了客户端与服务器端编程工具、数据库连接工具、内容编辑工具、站点管理工具以及基于组件的开发支持工具等, 使开发者使用各种各样的技术来创建动态的、基于 Web 的应用程序。

## 2 鱼病诊断智能系统知识库设计

### 2.1 问题的识别

这一阶段主要是从鱼病诊断领域的理论基础出发, 了解求解鱼病诊断问题所需要的各种知识及策略和方法, 并建立理论之间的关系。大约包括以下几个方面:

(1) 求解鱼病诊断问题所需的知识。包括地域、季节、水环境、鱼体自身的机体特性的信息知识; 鱼体在目检和镜检情况下的症状知识; 鱼病专家诊治鱼病的经验知识和水产学常识; 鱼病专家的诊断思维、诊断推理方式以及诊断过程知识。

(2) 所需知识的确切程度。包括疾病如何引起各种症状的因果知识、该因果知识成立的可能性方面的知识、症状提取的模糊性知识、病因如何引起各种疾病的因果知识等。

(3) 鱼病诊断中各子问题之间的理论关系。鱼病诊断过程实质上可以分解为“症状 - 疾病”和“疾病 - 病因”两个诊断求解过程。

(4) 鱼病诊断问题求解的基本策略、处理方法。

获取症状。获取直接症状表现。

推理诊断。以直接症状为出发点, 在分析、权衡和综合的基础上给出诊断结论。

增加信息。如果难以确诊, 针对可能性最大的疾病去选择获取信息, 找出病因。

经过 ~ 步的几次反复后, 便可确诊, 完成诊断过程。

### 2.2 知识概念化

鱼病知识概念化研究, 首先将现实世界鱼病诊断问题的主要因素抽象出来, 建立相应的鱼病诊断概念模型, 对该模型的主要因素: 鱼病诊断主体、鱼病诊断客体、鱼病诊断要素(症状、疾病、病因)、鱼病诊断结果(治疗方案)、鱼病诊断方法(假设 - 测试)等作了相应的概念化描述。

### 2.3 知识形式化

知识形式化的主要任务是将已经概念化的鱼病知识进行形式化表述, 给出各种概念和过程的定性或定量的描述。鱼病诊断问题的求解分解为“症状 - 疾病 - 病因”的因果网络模型

的求解。

定义 1 鱼病诊断问题用一个六元式  $DP = \langle M, D, C, R, A, M^+ \rangle$  来描述;

定义 2 “症状 - 疾病”诊断问题  $P_1$  用一个四元组  $P_1 = (D, M, R, M^+)$  来描述;

定义 3 “疾病 - 病因”诊断问题  $P_2$  用一四元组  $P_2 = (D, C, A, D^+)$  来描述。

其中:  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  表示诊断系统中所有疾病的非空有限集合;

$M = \{m_1, m_2, \dots, m_m\}$  表示诊断系统中所有症状的非空有限集合;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  表示诊断系统中所有病因的非空有限集合;

$RA D \times M = \{r_1, r_2, \dots, r_q\}$  表示疾病集合  $D$  到症状集合  $M$  之间的因果关系;

$AA C \times D = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$  表示病因集合  $C$  到疾病集合  $D$  之间的因果关系;

$M^+ A M$  表示已经观测到的症状集合;

$D^+ \subset D$  表示诊断问题  $P_1$  求解得出的疾病集合或已知的疾病集合。

### 2.4 知识的实现

知识实现的主要任务是将形式化的鱼病知识转换为由编程语言表示的可供计算机执行的语句和程序, 从而初步完成可执行的鱼病诊断的原型系统。

根据鱼病知识概念化模型和形式化定义的阐述, 并根据“方便推理和使用”的原则, 将鱼病诊断知识按内涵分为概念、事实及规则等。概念和事实定量或定性地描述鱼病诊断信息, 包括症状、疾病、病因、防治的集合信息; 规则是反映事实及概念间(症状与疾病、病因、防治集合之间)内在的必然联系, 描述为前提条件与结论的因果关系, 包括环境条件—疾病库、症状—疾病库、疾病—病因症状库、病因症状—病因库, 病因库—防治库, 规则库根据数据关系联系在一起, 共同完成对鱼病知识的表示。

### 2.5 知识的测试

将基于节约覆盖集理论和模糊数学的疾病诊断模型、基于禁忌搜索算法的病因诊断模型以 COM 组件的形式嵌入鱼病诊断流程中, 在确定环境信息和鱼体自身特性的情况下, 输入鱼体发病症状以及模糊度, 得出疾病范围及其可信度, 一方面与现实的鱼病诊断案例(收集 500 份病历)作比较, 另一方面对所得结果征求专家意见, 并对 22 种疾病和 46 种对应症状的不同组合进行计算, 结果全部正确并属于怀疑疾病范围之内。

基于禁忌搜索的病因诊断求解策略中 34 种病因和 21 种对应的疾病, 我们对该例的 30 多种情况做过计算, 结果全部正确, 并找到最优解。对于该例的每种测试情况, 在 P 的计算机上大约需 3s 的时间, 实践证明用户可以接受该算法的计算时间。

## 3 鱼病诊断智能系统推理机的设计

### 3.1 鱼病诊断流程设计

(1) 系统启动, 进入鱼病诊断系统<sup>[4]</sup>(图 2)。

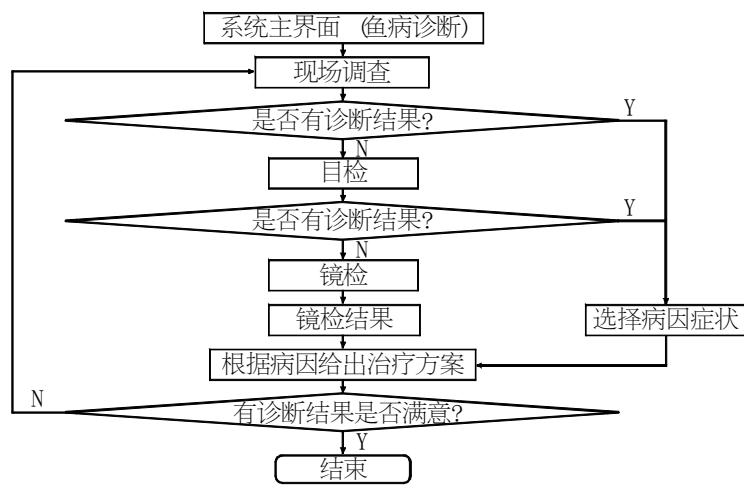


图2 鱼病诊断流程

(2) 进入现场调查阶段, 确认发病季节、地域、水环境、鱼体种类、规格等条件, 然后选择水中鱼体表现症状, 提交现场诊断条件。

(3) 如果诊断得出疾病, 则转向步骤(8)。

(4) 如果诊断结果为“不确定”, 则进入目检阶段, 选择鱼体发病部位症状和症状相似度, 提交目检阶段的诊断症状。

(5) 如果目检诊断得出疾病, 则转向步骤(8)。

(6) 如果诊断结果为“不确定”, 则进入镜检阶段, 选择镜检条件下鱼体发病部位的寄生虫体, 提交镜检阶段的诊断症状。

(7) 根据镜检条件下的寄生虫得出镜检疾病。

(8) 选择该疾病的所表现出的病因症状(包括镜检条件下的症状), 并提交。

(9) 根据疾病和病因症状, 给出治疗方案。

(10) 如果诊断结果满意, 则结束。

(11) 如果诊断结果不满意, 则返回现场调查重新诊断。

### 3.2 核心算法的设计

鱼病诊断过程实质上是“症状-疾病”和“疾病-病因”双层因果网络模型的求解过程。其中, “症状-疾病”诊断的实质是: 已知一组症状集合, 求解产生这些症状的疾病集合。“疾病-病因”诊断的实质是: 已知一组疾病, 求解产生这些疾病的病因集合。

#### (1) 基于覆盖集理论和模糊数学的疾病诊断求解策略

该问题的求解需要用到三类知识: 表示疾病如何引起各种症状的因果知识; 反映该因果知识成立的可能性方面的知识; 症状提取的模糊性知识。在充分考虑这些诊断知识的随机性、模糊性和不完备性基础上, 本文将症状提取的模糊度引入到覆盖集理论的概率模型中, 建立基于模糊数学和覆盖集理论的诊断模型, 将该诊断模型用于鱼病诊断实例中, 并对诊断结果进行了分析。结果表明, 该模型对解决鱼病诊断中出现的多疾病发生的问题是一种有效的尝试<sup>[5]</sup>。

定义4 “症状-疾病”的模糊诊断问题可以定义为一个五元组  $P = (D, M, C, R, M^+)$ 。

$M^+ = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$  是  $M$  的一个模糊子集, 称为已知症状集, 对于每一个  $m_j \in M^+$ ,  $\mu(m_j) \in [0, 1]$  是  $m_j$  在  $M^+$  中的隶属度。

定义5  $L(D_I, M^+)$  表示  $D_I$  的相对似然函数, 为疾病集合  $D_I$  能够解释模糊症状集  $M^+$  的程度, 并且下式成立:  $L(D_I, M^+) = L_1(D_I, M^+) \times L_2(D_I, M^+)$ 。

$$L_1(D_I, M^+) = \prod_{m_j \in M^+} \mu(m_j) p(m_j | D_I) = \prod_{m_j \in M^+} \mu(m_j) (1 - \prod_{d_i \in D_I} (1 -$$

 $c_{ij}))$ 

$$L_2(D_I, M^+) = \frac{P_i}{d_i \prod_{j=1}^k (1 - p_j)}$$

诊断求解算法是一种以“假设-测试”循环为核心的逐步求精的诊断过程。基本思想是通过给定的一些症状的初始集合, 对这些症状的原因构造一个试探性假设, 然后在当前的假设引导下寻求进一步的信息。

#### (2) 基于禁忌搜索方法的病因诊断求解策略

这种问题的求解需要用到两类知识: 表示病因如何引起各种疾病的因果知识; 反映该因果知识成立的可能性方面的知识。第二类知识获取的难度和不准确度限制了基于节约覆盖集理论的概率诊断模型在病因诊断中的应用。

根据病因事件和疾病事件之间的逻辑关系, 利用覆盖集理论的节约原则构建病因诊断的指标, 然后将“疾病-病因”诊断问题转换为求解 0-1 整数规划模型的问题, 并采用禁忌搜索 (TS 搜索) 方法来求解这一问题。通过大量鱼病诊断实例的计算结果表明, 智能系统与优化算法的结合可以是提高诊断速率和准确率的有效途径<sup>[6]</sup>。

定义6 “疾病-病因”的诊断问题可以用一个四元组  $P = (C, D, A, D^+)$  来描述。

定义7 如果集合  $C_{K^*}$  是病因诊断问题  $P$  的解, 则必须满足下述条件:

(1)  $C_{K^*}$  是  $D^+$  的一个覆盖集;

(2)  $C_{K^*}$  的选取必须满足最小性原则。

根据定义7的两个条件, 采用最小性指标来构建病因诊断模型。

$$\text{目标函数: } \min f(C) = \min |C| = \min_{i=1}^n c_i$$

$$\text{约束条件: } AC = D^+ \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, k; \quad c_i = 0, 1$$

其中,  $f(C)$  为目标函数,  $|C|$  是一个用于反映  $C$  是否为  $D^+$  的最小覆盖的指标, 等于  $C$  中的非 0 元素的数目。

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  是一个  $n$  维向量, 表示病因诊断问题的一个可能解,  $C$  表示  $n$  个病因事件的状态, 其元素  $c_i$  取值为 1 或 0, 分别表示该病因事件发生或没有发生两种情况。

$D^+$  向量是一个  $n$  维向量, 其元素表示已知的疾病事件集的实际状态(即疾病的存在与否), 用 0 和 1 分别表示该疾病不存在和存在两种情况。

$A$  是一个  $n \times k$  的矩阵, 该矩阵的第  $i$  列  $A_i$  是一个  $n$  维的列向量, 表示病因  $c_i$  发生时应该出现的疾病集合, 其元素取 1 或 0, 分别表示疾病发生或不发生两种情况。

## 4 鱼病诊断功能模块设计

鱼病诊断系统主要分为五个功能模块: 现场调查模块、鱼病目检模块、鱼病镜检模块、病因分析模块和鱼病防治模块。五个模块的功能及其关系如图 3 所示。

### 4.1 现场调查模块

用户在浏览器端输入鱼体发病时间、区域、发病现场的水质因素(溶氧量、PH值、氨氮值、水池的深浅、水温、水色、透明度、水中藻类植物等)、发病鱼的种类、规格、鱼体的池中表现等现场调查信息, 提交后系统自动输出相应的初步诊断怀疑疾病, 并返回信息。

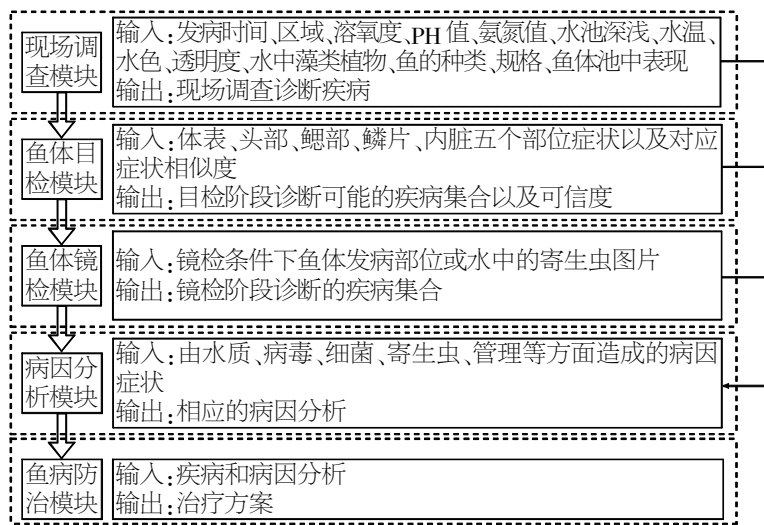


图 3 鱼病诊断的功能模块

#### 4.2 鱼病目检模块

用户在浏览器端先选择鱼体发病部位：体表、头部、鳃部、鳞片、内脏共 5 个部位，然后选择相应部位的症状，体表 28 种症状描述（28 张图谱）；头部 5 种症状描述（5 张图谱）；鳃部 13 种症状描述（13 张图谱）；鳞片 4 种症状描述（4 张图谱）；内脏 18 种症状描述（18 张图谱），以及对应症状的相似度，然后提交选择按钮，系统自动给出已经选择的症状表单，用户选择“确定”按钮后，系统自动输出目检阶段可能的疾病组合，并返回信息。

#### 4.3 鱼病镜检模块

用户在浏览器端先选择镜检条件下在鱼体发病部位出现的寄生虫图片，然后提交选择按钮，系统自动输出镜检诊断疾病，并返回信息。

#### 4.4 病因分析模块

用户在浏览器端点选“现场调查”和“鱼病目检”两个模块得出的疾病，进入分析病因模块，选择该疾病出现的其他病因症状，然后提交选择按钮，系统自动输出病因分析结果，并返回信息。

#### 4.5 鱼病防治模块

用户在浏览器端点选“查看诊断病例”按钮，系统自动输出“现场调查”、“鱼病目检”、“鱼体镜检”阶段的症状和“病因分析”阶段的病因，以及针对性的治疗措施，并返回完整的鱼病诊断病例。

### 5 结论

基于分布式网络体系结构的鱼病诊断智能系统具有本质

上的集成性、开放性和智能性，它不仅为用户提供了简便、高效的异地求诊服务网络，还为诊断专家和系统提供了有效的异地多用户诊断环境。这种求诊服务网络和诊断环境使诊断专家可以随时随地依靠网络服务，求诊用户可以随时随地寻求诊断服务。这种开放式、远程的诊断方式不仅推广和继承鱼病诊断专家的经验和分析解决问题的方法，而且对渔业生产实践给予了随时随地、方便快捷地指导。

该系统在天津市小南河淡水渔业养殖基地的实践应用结果表明：将鱼病诊断知识的获取按照问题识别、概念化、形式化、知识实现、知识测试阶段进行，可以有效地获取鱼病诊断知识，建立具有全面性、可靠性和精确性的鱼病知识库。“症状-疾病-病因”双层因果诊断模型可以有效地解决多疾病、多病因的鱼病诊断问题，得到具有针对性的诊断结论。基于模糊数学和节约覆盖集理论的疾病诊断模型，可以有效地解决鱼病诊断中的随机性、模糊性和不完备性问题，该模型的建立与求解使鱼病诊断系统更逼近实际诊断情况。将病因诊断问题转换为优化问题并采用现代优化算法求解，有助于提高鱼病诊断的准确率和速度，是智能系统借助于优化算法求解的一次创新。

参考文献：

- [1] 郑育红. 网络化鱼病诊断智能系统 [M]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [2] 温继文. 基于知识的鱼病诊断推理系统研究 [M]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [3] Zhang Xiaoshuan, Fu Zetian, Wen Jiwen. Study on Construct of Knowledge Based in Fish Disease Diagnosis Expert System [C]. Asian Agriculture Information Technology & Management, Proceedings of the 3rd Asian Conference for Information Technology in Agriculture.
- [4] 温继文, 傅泽田, 李道亮, 等. 鱼病诊断过程模拟及其推理模型的构造 [J]. 水产科学, 2003, 22(2): 46-48.
- [5] 温继文, 傅泽田, 王建平. 基于节约覆盖集理论的诊断模型在鱼病诊断中的应用 [J]. 计算机应用研究, 2002, 19(增刊): 39-42.
- [6] 文福拴, 韩祯祥. 基于模糊外展推理和 Tabu 搜索算法的电力系统故障诊断 [J]. 清华大学学报, 1999, 39(3): 34-39.
- [7] 傅泽田, 温继文, 张小栓, 等. 鱼病诊断专家系统中知识表示的研究 [J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(10): 60-62.

作者简介：

温继文 (1975-), 女, 山西人, 讲师, 博士, 主要研究方向为信息管理与信息系统。

(上接第 23 页)

- [2] avid M Anderson. Agile Product Development for Mass Customization: How to Develop Deliver Products for Mass Customization, Niche Markets JIT, Build-to-order and Flexible Manufacturing [M]. Boston, USA: Harvard Business School Press, 1997. 10-15.
- [3] Gou Hongmei, Huang Biqing, Liu Wenhuan, et al. Agent-based Approach for Workflow Management [C]. Nashville, USA: 2000 IEEE International Conference, 2000. 292-297.
- [4] M Rezaat. Knowledge-based Product Development Using XML and KCs [J]. Computer-Aided Design, 2000, 32(1): 299-309.
- [5] Nidamarthi S, Allen R H, Sriram R D. Observations from Supplementing the Traditional Design Process via Internet-based Collabora-

tion Tools [J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2001, 14(1): 95-107.

- [6] Deng Jia Di, Yuan Li Na. CIMSNET Promotes the Development of Contemporary Manufacturing Technology [J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2003, 39(6): 37-40.
- [7] Sun Microsystems. Java Web Start Technology [EB/OL]. <http://java.sun.com/products/javaWebstart/>, 2004-03-01/2004-11-24.

作者简介：

李安纪 (1980-), 男, 广西玉林人, 硕士研究生, 主要从事 CSCW、信息集成等方面的研究; 尹建伟 (1974-), 男, 江苏徐州人, 副教授, 博士, 主要从事网络中间件、CSCW、信息集成等方面的研究; 陈刚 (1973-), 男, 浙江宁波人, 教授, 博士, 主要从事 CIMS、网络安全、工程数据库。