

渔业资源评估专家系统设计及实践

陈卫忠 李长松 胡 芬 崔雪森
(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

谭 宁
(中国科学院计算技术研究所, 北京 100080)

摘 要 利用国内外常用的渔业资源评估模型及东海主要经济种类渔业资源评估专家知识, 应用面向对象的知识处理系统(OKPS)作为开发工具, 开发了渔业资源评估专家系统。运用该专家系统可以对东海主要经济种类, 如带鱼、鲈鱼和马面鱼等的资源量、可捕量进行评估和预报。

关键词 渔业资源评估, 专家系统, 知识处理系统

渔业资源评估是根据渔业生物学、统计数据等利用数学公式对渔业资源历史、现状及变化趋势进行定量分析的方法, 它是渔业资源管理的基础, 随着海洋渔业资源的日益衰退、海洋 200 海里专属经济区的实施, 渔业资源评估工作在渔业管理中的作用越加重要, 准确评估海洋渔业资源现状, 对合理、持续利用海洋渔业资源有重要作用。

我国渔业研究工作者自 50 年代末起开始应用一些数学模型进行渔业资源评估的分析, 主要应用了剩余产量模型(Schaefer、Fox 模型)、Beverton-holt 模型、Ricker 模型、实际种群分析、线性方程及多元回归等方法, 对我国辽东湾小黄鱼、辽东湾毛虾、太平洋鲱黄海种群、渤海秋汛对虾数量、黄渤海蓝点马鲛、东海绿鳍马面鱼、东海带鱼、东海鲈鱼等的资源进行了评估[叶昌臣 1964, 吴敬南和程传申 1965, 詹秉义等 1986, 郑元甲等 1993, 陈卫忠等 1997], 为我国的渔业管理工作提供了科学依据, 但随着渔业管理工作的深化, 渔业管理必然走与国际接轨的道路, 国际化的渔业管理措施, 如可捕量、捕捞配额的制定, 对渔业资源评估提出了更高的要求。鉴于此, 参考了联合国粮农组织开发的“带环境参数的剩余产量模型专家系统”软件[Freon 等 1993]、联合国粮农组织技术文件“地理信息系统在海洋渔业上的应用”[Meaden 和 Chi 1996]等资料, 开发了集海洋遥感技术、海洋渔业地理信息系统和渔情分析专家系统于一体的海洋渔业遥感信息与资源评估服务系统, 本文介绍的渔业资源评估专家系统是该系统的一个部分。

1 系统设计

“海洋渔业遥感信息与资源评估服务系统”主要是利用当今世界上先进的 3S 技术(遥感 RS、地理信息系统 GIS 及专家系统 ES)对不同途径、不同时期、不同区域、不同类型的海洋渔业信息进行系统性综合分析, 从而提炼出有用的信息, 为渔业生产、管理及科研提供信息产品和服务。其原理见图 1。

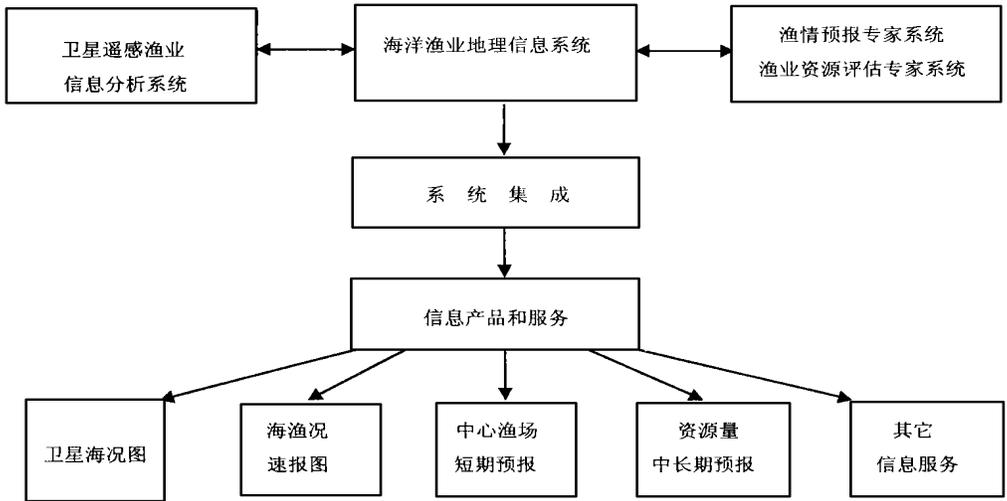


图 1 海洋渔业遥感信息与资源评估服务系统结构与功能简介

Fig. 1 A brief introduction of structure and function of

Marine Fisheries Remote Sensing and Stock Assessment System

“渔情预报与渔业资源评估专家系统”是该服务系统的一个重要组成部分,它又可以分成 2 个部分:渔情预报专家系统及渔业资源评估专家系统,本文仅介绍渔业资源评估专家系统。

渔业资源评估分析过程通常由资料收集、分析计算、专家评估分析、最终应用目标几个部分组成(图 2)[费鸿年和张诗全 1990],其中专家评估分析是渔业资源研究过程中最为复杂和繁琐的过程,它包括渔业资源评估模型的选择、模型参数的选择及修正、渔业资源量的估算、评估结果的判别、资源状况的判断、渔获量的预报等内容。根据设计,渔业资源评估专家系统的工作原理见图 3,它是根据现有的统计资料(产量、渔获量等)、鱼类群体生物学参数、评估的需求和目标,利用系统中的模型库和专家知识对模型进行选择、拟合和计算,并利用系统的统计分析和专家知识对拟合的模型进行验证,最后对模型计算的结果进行判断和提供必要的解释。

2 系统的实现

系统的实现主要分以下几个步骤:

2.1 渔业资源评估模型、模型库及其管理系统的研究

模型是渔业资源评估的基础,目前国内外常用的渔业资源评估模型主要有剩余产量模型(Schaefer、Fox 模型等)、实际种群分析(包括年龄结构的实际种群分析、年龄结构的股分析法、体长结构的股分析法、体长结构的实际种群分析法、多种类实际种群分析法等)、动态综合模型(Beverton-Holt 模型及其 5 种形式、Ricker 模型)、群体与补充量关系模型(Ricker 繁殖模型、Beverton-Holt 繁殖模型)、相关模型(一元线性、一元非线性,多元线性、多元非线性等)等。我们对模型的方法、原理和计算过程进行了研究,撰写了模型方法、原理、计算过程详细说明书,提供给计算机编程人员用于进行模型的编程、建立模型库及管理系统。按照项目的分工,模型库及其管理系统是海洋渔业地理信息系统的一部分,对于渔业资源评估专家系统来讲,需要建立合适的模型调用接口,进行模型的调用。

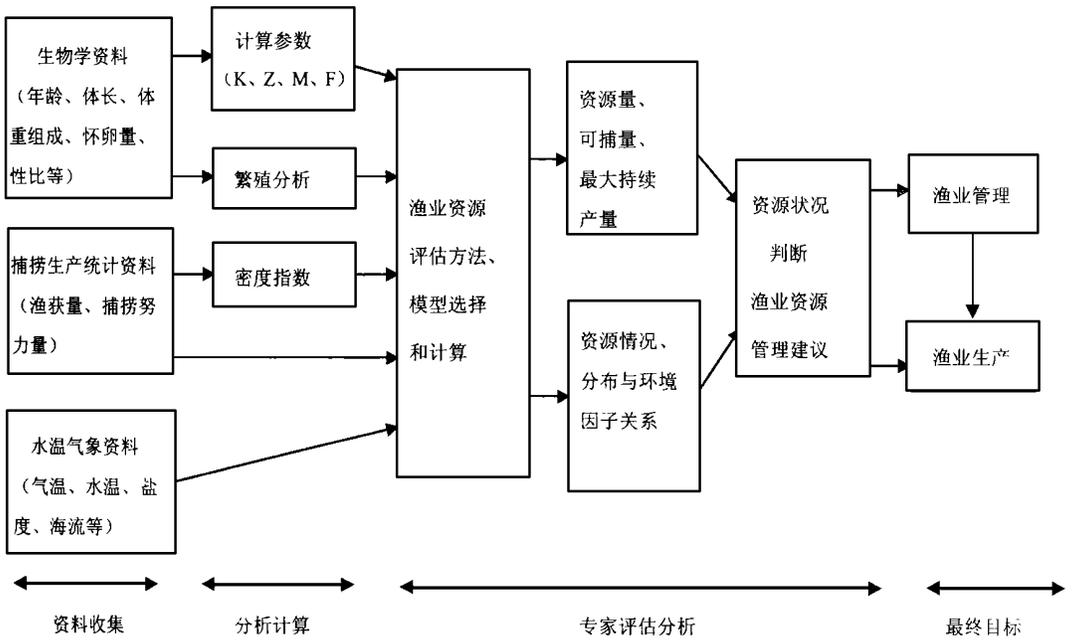


图2 渔业资源评估分析过程方框示意图
 Fig. 2 An illustration of the fisheries stock assessment procedure

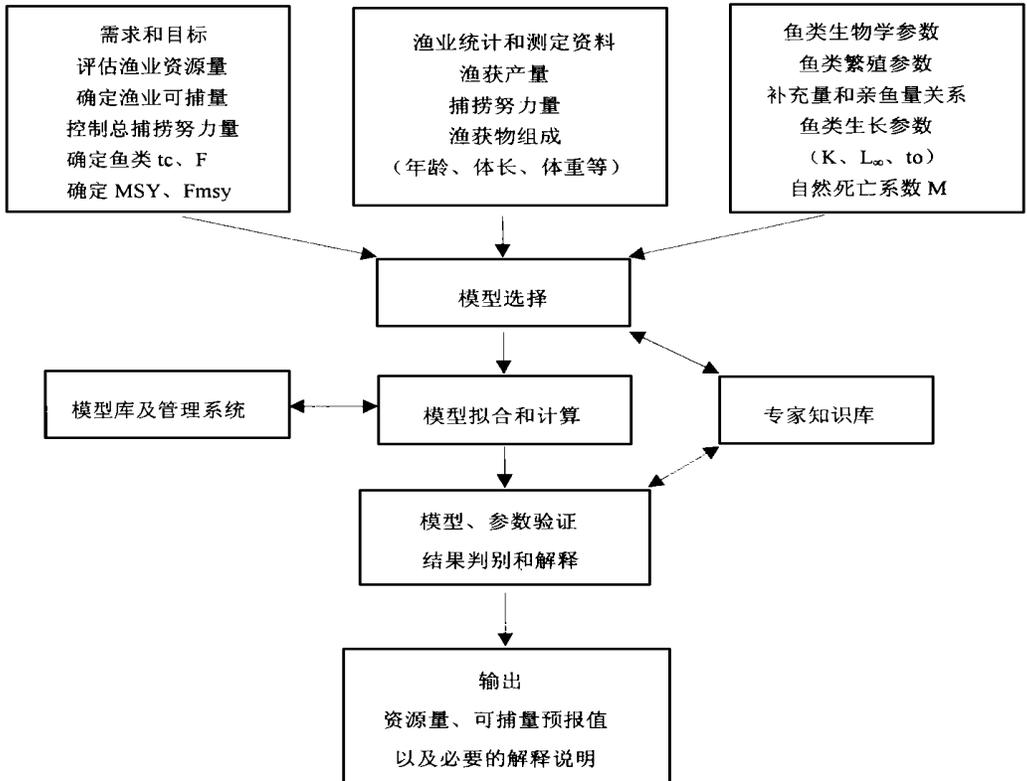


图3 渔业资源评估专家系统原理框图

2.2 渔业资源评估专家知识及知识库的研究

进行渔业资源评估及可捕量预报工作,其主要的研究过程,如鱼类参数的选择、计算、模型的选择、模型结果的判断分析,很大程度上将依赖于评估专家对该鱼种生物学、生态学、生产情况、过去的评估经验等的了解。在进行鱼类资源评估时主要要考虑:(1)对于一个特定的鱼种、特定的评估目标,如何选择模型?(2)模型所需的鱼类生物学参数如何选择和计算?(3)根据模型计算得到的结果,怎样了解鱼类资源的动态?其可靠性如何?

专家知识收集、知识库及其建立是渔业资源评估专家系统最重要的工作和组成部分,专家知识的数量、质量,知识库的合理性是决定专家系统能否成功的关键。

本系统知识库中的知识主要包括以下几个部分:(1)渔业资源评估模型选择专家知识。通常,渔业资源评估模型的选择需要根据评估的内容、应用的区域、鱼种及所能收集到的数据的数量、质量而谨慎进行,是一件相当复杂的事情。因此,选择一个合适的模型是能否成功开展渔业资源评估工作的首要条件。(2)绿鳍马面鱼、带鱼、鲈鱼资源评估专家知识,对于本项目涉及的马面鱼、带鱼、鲈鱼这3种鱼,我国的渔业工作者在过去的几十年中曾进行过大量的渔业资源评估研究工作,有着丰富的经验和专家知识,是本系统开展渔业资源评估工作的基础。

专家知识通常是以因果关系的形式存在于各种文献报告及专家的经验中,经过适当的提炼,可以以规则的形式存储在计算机中。

2.3 适用于当前东海绿鳍马面鱼、带鱼、鲈鱼资源评估的模型的研究

由于项目的目标是研制进行东海区主要经济种类绿鳍马面鱼、带鱼、鲈鱼资源评估及可捕量预报专用的渔业资源评估专家系统,我们利用绿鳍马面鱼、带鱼、鲈鱼的资料,以近10年来的实际产量为依据,对上述各种模型进行检验分析,以找出适合当前东海主要经济鱼类的资源评估模型,选定了进行绿鳍马面鱼、带鱼和鲈鱼资源评估和可捕量预报所需要的模型(表1)。

表1 应用于当前东海带鱼、绿鳍马面鱼、鲈鱼的资源评估模型和研究目标

Tab. 1 The applied models and research purposes in stock assessment of hairtail greenfin filefish and Japanese chub mackerel at present in East China Sea

鱼种	应用模型	研究目标
带鱼	多元相关、体长股分析、剩余产量模型、Beverton-Holt 模型、Ricker 模型	渔获量预报、资源量估算、最大持续产量估算
绿鳍马面鱼	实际种群分析、体长股分析、Beverton-Holt 模型	资源量估算、可捕量预报
鲈鱼	带环境参数的剩余产量模型、实际种群分析、相关分析	最大持续产量估算、可捕量预报

2.4 渔业资源评估专家系统的软件实现

2.4.1 软件总体结构

渔业资源评估专家系统从软件结构来看,总体上可分为两个部分,分别对应于不同层次的使用者所看到的系统,知识工程师通过知识获取工具,对知识库中各项进行操作,包括专家知识的添加、删除和修改。具体的库结构、库中各个表之间的关系对知识工程师是透明的。而用户则利用面向对象的推理机进行渔业资源评估分析(图4、图5)。

渔业资源评估专家系统由4个部分组成:(1)面向对象推理机;(2)知识库;(3)模型库;(4)数据库。其中后2个部分是海洋渔业地理信息系统的一部分内容,其提供的合适接口供渔业

资源评估专家系统调用。

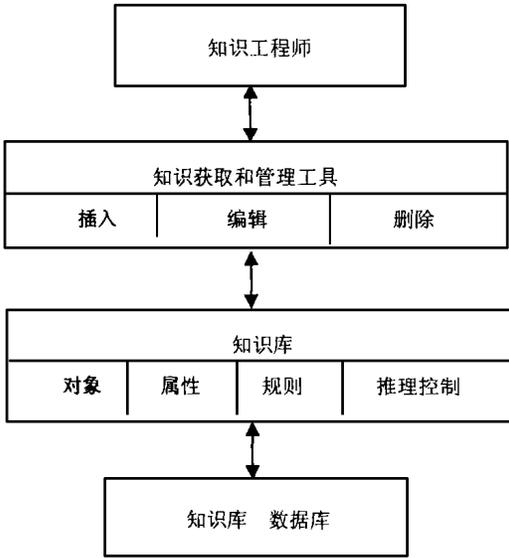


图 4 知识工程师看到的专家系统

Fig. 4 The expert system seen by the knowledge engineer

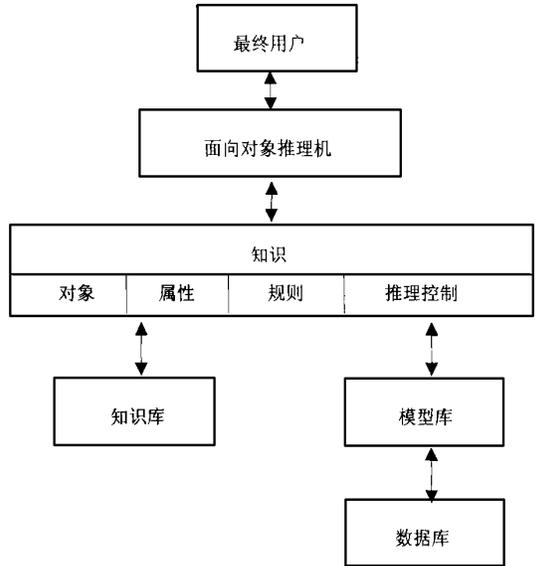


图 5 最终用户看到的专家系统

Fig. 5 The expert system seen by the final user

2.4.2 软件系统实现

渔业资源评估专家系统的实现采用了面向对象的知识处理系统(OKPS)作为开发工具。

OKPS 是一个专家系统开发环境,知识工程师可以用这一软件快速高效地表达问题需求,添加判断推理的规则,从而构造出他们特定领域的知识库和专家系统。该软件包括以下一些特征:(1)使用面向对象的知识表示方法,它结合并扩展了两种传统的描述方法——框架和语义网络。(2)可视化地对知识库进行构造和管理。构造特定领域的专家系统变得非常容易——所见所得!(3)通过 ODBC 接口存取知识库,知识库可以存储在各种流行的数据库系统中。(4)内建对推理控制语言脚本(ICL)的支持。通过使用这种易学易用的高级语言,规则的表达和推理控制变得非常简单。(5)功能强大的函数库包括了控制台输入输出、数学计算、图形图表分析、文件操作、数据库访问和网络通信等众多功能。

OKPS 由两部分组成:知识获取工具和面向对象接口引擎。知识获取工具是一个知识库构造和管理工具,用这个应用程序来构造你的知识库并在面向对象推理机中执行它们。

2.4.3 系统的可扩充性

系统的可扩充性主要指以下两个方面:(1)专家知识和经验的嵌入和修正方法。(2)新生成模型的嵌入机制。

本专家系统的专家知识与经验主要以事实、规则以及推理控制策略来描述。这些描述使用 OKPS 的对象及其属性和方法来实现。对象用来描述目标需求、所用的评估模型,以及它们之间的关系。属性用来描述和存贮模型参数和其它简单数据类型。方法用于存储推理时要执行的操作,这包括规则的描述、规则的匹配和推理控制等。

由此可知,知识工程师在加入或修改知识和经验时,也主要从这几个方面入手,面向对象

知识处理系统中提供了功能强大的知识获取和管理工具,专门针对这些方面对专家知识与经验的嵌入和修正提供全面支持。可以方便地辅助知识工程师完成这些工作。它具有以下特点:(1)对知识库的创建、编辑和管理提供了全过程的可视化支持。知识工程师只要通过鼠标的简单点击就可以完成知识库的各种编辑功能。(2)知识库的存贮和实现机制对知识工程师是透明的,可以不必了解知识在计算机系统中是如何存贮和管理的,从而集中运用本系统来表达他头脑中的专家知识。(3)本专家系统提供了丰富的在线帮助文档,内容多达上百页。这包括了基本的介绍、入门教程、用户使用手册以及推理控制语言(ICL)和内部函数的全部内容。

新生成模型的嵌入分 2 个步骤:(1)在模型库中加入相应的新模型,这部分功能在模型库及其管理系统中实现。(2)在知识库中加入相应的模型选择规则和调用语句。模型选择规则的加入和前面讲述的专家知识和经验的嵌入和修正方法是相同。关于模型调用语句,由于模型调用接口采用统一的形式,所以使得这一工作大大简化。任何模型的调用都用的是相同的调用方式。

3 系统检验及试预报结果

以东海马面鱼的数据为例子,对该系统的预报功能进行了试预报检验,以检验系统的合理性及预报精度,通过试预报检验,表明该系统设计合理,开发手段先进,系统除了能定量地预报鱼类的资源量、可捕量、产量等数据外,还具有对现有的和预测的数据进行简单图形分析的功能。系统的运行良好,以东海马面鱼为例子的预报结果见表 2。

表 2 1987~1999 年东海马面鱼预报产量、实际产量、预报精度及可能误差原因

Tab. 2 The predicted catch, actual catch, prediction accuracy and possible cause of the difference of filefish in East China Sea from 1987 to 1999

年份	预报产量	实际产量	预报精度	可能误差原因
1999	32783			
1998	56565	46000	77.03	
1997	79675	70000	86.18	
1996	49300	71735	68.72	
1995	53819	46492	84.24	
1994	40065	33421	95.72	
1993	51540	32120	39.54	补充量较上一年明显下降,仅为上一年的 5.6%,影响了该年的实际捕捞产量
1992	100229	69542	55.87	1991 年补充量明显下降,造成该年 2 龄鱼资源大幅度下降,影响了总的捕捞产量。
1991	198175	123962	40.14	该年补充量明显下降,仅为上一年的十分之一,使得实际捕捞产量明显下降。
1990	235371	178526	68.16	
1989	146233	215378	67.90	
1988	216534	109755	2.71	1986 世代由强显著减弱,造成 1988 年 2 龄鱼资源数量及渔获数量显著下降。
1987	231977	226918	97.87	

从表 2 可以看出,有些年份的预报精度较高,达 90% 以上,而有些年份的预报精度较差,50% 不到,这主要是由于马面鱼遭受的捕捞强度越来越大,群体结构和数量越来越不稳定以及马面鱼的繁殖与环境因子关系较密切所致。解决的办法是在系统中加入更多的有关的专家知识,对预报时采用的参数进行更为精确的修正,以提高预报精度。

参 考 文 献

- 叶昌臣. 1964. 应用 Beverton and Holt 理论模式研究辽东湾小黄鱼数量变动. 辽宁省海洋水产研究所报告 17 号
- 陈卫忠, 李长松, 俞连福. 1997. 用剩余产量模型专家系统(CLIMPROD)评估东海鲈类最大持续产量. 水产学报, 21(4): 404~408
- 吴敬南, 程传申. 1965. 辽东湾毛虾的生活史及其渔获量预报方法的研究. 太平洋西部渔业委员会第六次全体会议论文集. 北京: 科学出版社. 93~103
- 郑元甲, 陈卫忠, 刘松等. 1993. 1992 年绿鳍马面鲀 *Thamnaconus septentrionalis* (Günther) 渔情概况及渔获量波动原因的探讨. 现代渔业信息. 8(1): 10~12
- 费鸿年, 张诗全. 1990. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社. 18
- 詹秉义, 楼冬春, 钟俊生. 1986. 绿鳍马面鲀资源评析与合理利用, 水产学报. 10(4): 409~418
- Freon P, Mullon C, Pichon G. 1993. Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. FAO Computerized Information Series fisheries (5) Rome. 76
- Meaden G J, Chi T D. 1996. Geographical information systems-Applications to marine fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 356. FAO, Rome. 335

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE EXPERT SYSTEM FOR FISH STOCK ASSESSMENT

CHEN Wei-Zhong, LI Chang-Song, HU Feng, CUI Xue-Sheng
(East China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Shanghai 200090)

TAN Ning
(Institute of Computer Technology, CAS, Beijing 100080)

ABSTRACT An expert system for fish stock assessment was designed and developed by using the Objective Knowledge Process System (OKPS) as the development tool based on the fish stock assessment models and expert knowledge in this field. The stock sizes and catchable yields for hairtail, chub mackerel and filefish in the East China Sea can be estimated by the expert system.

KEYWORDS Fish stock assessment, Expert system, Knowledge process system