

선박설계에 있어서 인공지능의 응용에 관하여

이 동 곤

On the Application of Artificial Intelligence to Ship Design

by

Dong-Kon Lee*

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is that branch of computer science that deals with designing computer system that exhibit some of the characteristics associated with intelligence in human behaviors such as, understanding natural language, reasoning, solving problems, robotics and so on. The most developed component of artificial intelligence today is probably the expert system. An expert system is defined as a computer program that embodies organized knowledge concerning some specific domain of human expertise and programmed to perform convincingly as an advisory consultant in the given domain with self-explanation of reasoning on demand.

This paper describes general concept of artificial intelligence and expert system and investigates applicability of expert system to ship design.

개략적인 개념을 살펴보고 전문가 시스템의 선박설계에의 응용가능성을 연구, 검토한 것이다.

1. 서 언

인공지능(Artificial Intelligence, AI)이란 말이 최근 들어 많이 쓰이게 되고, 그 기술 또한 많은 분야에서 활용되고 있다. 특히 전문가 시스템(expert system)이나 기계번역 시스템이 실용화되는 단계로 접어들자 새삼 AI에 대한 관심이 높아지고 있다. AI는 인간이 가지고 있는 지적기능을 기계적 시스템에 짜넣어, 지적인 시스템을 구축하려는 학문분야이다. 이와같은 학문분야가 생겨난것 자체가 그리 오래된 일은 아닌데도, 이렇게 주목을 끌게된것은 경이적인 컴퓨터의 발달에 힘입은 바가 크다고 할 수 있다. AI의 역사는 체스게임(chess game)등에서 그 원류를 찾을 수가 있으나, 실제적인 연구는 고속, 대용량의 컴퓨터가 등장하기 시작한 1960년대부터 수행되기 시작하여 현재에는 많은 분야에서 그 적용가능성이 연구, 검토되고 있다.

본고는 AI와 AI의 한 분야인 전문가 시스템에 대한

2. 인공지능(Artificial Intelligence, AI)

AI의 일반적 의미는 인간이 일상적으로 수행하는 고도의 지식을 바탕으로 한 사고, 추론, 판단 및 의사결정의 과정을 컴퓨터로 대신하는 것으로 정의되고 있다. 구체적인 방법으로는 지식, 언어, 의사결정을 위한 법칙등을 기호의 배열로 컴퓨터상에 표현하고 이를 조작하여 검색, 판단등의 과정을 simulation하는 것이다. 따라서 AI 기술은 지식에 기초한 판단 및 의사결정이 요구되는 모든 작업의 자동화, 또는 그러한 작업의 효율을 제고시킬 수 있는 지적지원 시스템의 구성이 가능하도록 하며 인간이 할 수 없는 고도의 정밀작업을 정확하고 빠르게 대량으로 처리할 수 있게 한다. 그러므로 AI의 적용분야는 Fig. 1과 같이 인간의 지적행동을 대상으로 하는 문제해결, 게임, 자동 프로그래밍,

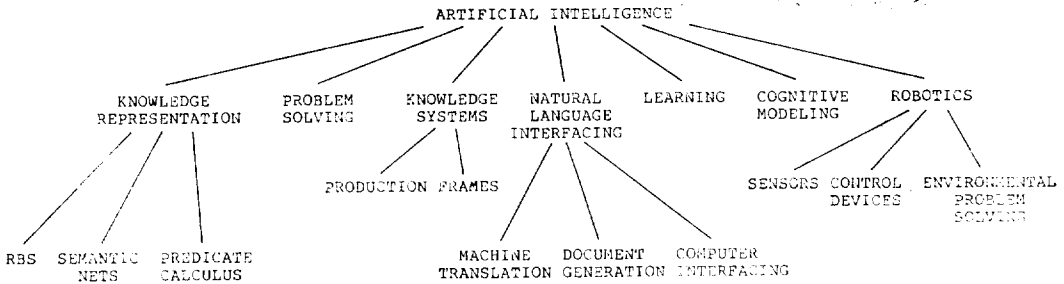


Fig. 1 Domain of the artificial intelligence

기계변역, 지능로봇, 자연어 이해, 전문가 시스템 및 지적 인터페이스등에 응용할 수 있다[1, 2].

3. 전문가 시스템 (Expert System, ES)

AI와 관련하여 가장 주목을 끌고 있는 ES는 어떤 분야의 전문가가 갖고있는 전문지식을 이용하여 전문가와 동등한 문제해결 능력을 갖도록 하는 지적 프로그램이다. 전문가 시스템은 1970년대 미국의 대학 연구실내에서 연구개발이 시작되어, 1980년대에 들어 급속히 발전하여 보급되기 시작했다. 현재에는 AI 시스템의 대명사와 같이 쓰이고 있으며 상업화도 활발하게 추진되고 있다. 종래의 컴퓨터는 인간의 손으로 하는 작업을 대행하거나 데이터베이스(data base)와 같은 대량의 정보관리 즉, 수치계산이나 자료처리를 중점적으로 수행하여 왔다. 이에 비하여 AI 시스템인 ES는 인간의 고도의 전문적인 판단을 대행 혹은 지원하는 일을 하는 시스템이다[3].

ES는 전문가와 동등한 수준으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 가진다는 것이 중요한 점으로서, 이것은 전문가들이 가지고 있는 다음의 공통적인 특성을 이용할 수 있기 때문이다.

- 문제에 대한 많은 전문지식을 소유하고 있으며
- 충분한 오랜 경험을 가지고 있고
- 문제를 정확하게 파악하고 잘 해결할 수 있는 능

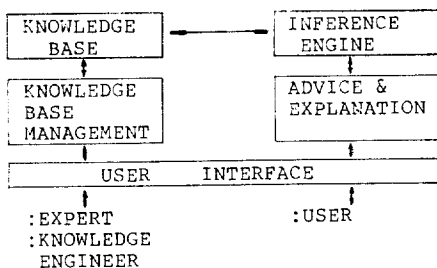


Fig. 2 Structure of the expert system

력을 소유

3.1. 전문가 시스템의 구성

Fig. 2에 ES의 간단한 구성을 나타내었다. ES는 크게 지식베이스(knowledge base), 추론기구(inference engine), 사용자 인터페이스(user interface), 지식베이스 관리기구와 조언 및 설명기구등으로 이루어져 있다. 이들은 간단하게 살펴보면 다음과 같다.

3.1.1. 지식베이스(Knowledge Base)

종래의 컴퓨터 시스템에서는 data base에 해당하는 것으로서, ES에서는 전문가의 전문지식을 저장하는 곳이다. 지식베이스는 전문지식을 표현하고 관리하는 기구이다. 컴퓨터로 지식을 처리하는 데는 지식을 일정한 형식으로 표현해야 한다. 이렇게 함으로써 이 지식을 이용하는 추론 프로그램이 간단하게 된다. 또 지식은 인간이 알기쉽도록 표현되어야 하고 전문가의 전문지식이 쉽게 도출되도록 이 지식이 추론과정에서 어떻게 이용되는지도 알기쉽게 되어 있어야 한다.

현재 지식의 표현방법으로는 rule등이 사용되고 있으며, “만일 ~이라면, ~이다” 즉, “IF-, THEN-”의 형태로 되어있다[4]. 한예로 Table 1은 허저석유 생산을 위한 해양구조물의 형태를 결정하는데 사용된 ES의 지식베이스를 보여주고 있다[5]. 이들 지식은 각기 독립적인 것으로 평가의 순서나 늘어난 위치와는 관계가 없으나, 어떤 지식의 결론부가 다른지식의 조건부에 들어있다는 것을 알 수 있다. 이러한 상관관계에 의하여 단편적인 지식들이 연결되어 결론을 도출하게 된다.

3.1.2. 추론기구(Inference Engine)

추론이란 여러개의 rule을 이어맞춰, 최종적인 가설을 결론으로 채택하든가, 버리든가 하는 것을 결정하는 것으로서 추론기구는 지식베이스내의 지식을 이용하여 추론을 실행하는 기구이다. ES에서의 대부분의 추론은 삼단논법을 기본으로 하고 있다. Fig. 3은 AND/OR 트리(tree)로서 이 트리의 평가자체가 추론을 수행하는 것이 된다. AND/OR트리란 각 노드(nod)가

Table 1 Example of the knowledge base

Rule no.	Rule
1	if (TYPE=FIXED) then (ADVICE=ADVICE-OFFERED)
2	if (TYPE=FLOATING) then (ADVICE=ADVICE-OFFERED)
3	if (TYPE=SUBSEA) then (ADVICE=ADVICE-OFFERED)
4	if (INCOME=HIGH) and (WELL-D=SCATTERED) and (FOUNDATION=NON-FEASIBLE) then (TYPE=SUBSEA)
5	if (INCOME=MARGINAL) and (WELL-D=CONCENTRATED) and (FOUNDATION=NON-FEASIBLE) then (TYPE=FLOATING)
6	if (INCOME=MARGINAL) and (FOUNDATION=FEASIBLE) then (TYPE=FIXED)
7	if (INCOME=HIGH) and (WELL-D=CONCENTRATED) then (TYPE=FIXED)
8	if (PROD-C=LOW) and (OIL-PRICE=LOW) then (INCOME=MARGINAL)
9	if (PROD-C=HIGH) then (INCOME=HIGH)
10	if (OIL-PRICE=HIGH) then (INCOME=HIGH)
11	if (SOIL=GOOD) and (WATER-D<300M) then (FOUNDATION=FEASIBLE)
12	if (SOIL=SOFT) then (FOUNDATION=NON-FEASIBLE)
13	if (WATER-D>300M) then (FOUNDATION=NON-FEASIBLE)

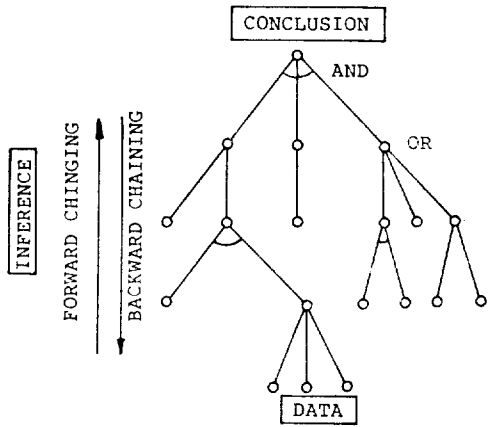


Fig. 3 AND/OR tree and inference

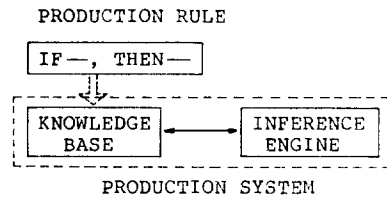


Fig. 4 Production system

AND 혹은 OR의 결정논리로 구성된 트리표현이다. 가장 위의 노드는 뿌리(root)라고 하고 결론가설에 해당하는 것이며, 가장 밑의 nod는 잎(leaf)이라 하고 사실 data에 해당한다. 추론제어에는 전향/후향추론, 종형/횡형 탐색방법이 있으나 AND/OR 트리에 기초를 둔 추론은 크게 전향추론(forward reasoning, forward chaining)과 후향 추론(backward reasoning, backward chaining)으로 나누어 진다. 전향추론은 주어진 데이터에서 출발하여 결론가설의 평가를 하는 방식이고, 후향추론은 결론가설로부터 출발하여 차례차례로 하위의 leaf를 향하여 트리의 평가를 하는 방식이다. 또한 부정확함을 수반하는 추론에 있어서는 확신도 계수

(certainty factor)라 불리는 요소를 많이 도입하고 있지만[6], 추론이 반복적으로 적용되는 경우에는 그값이 불투명해지기 쉽다.

지식을 생성 rule의 집합으로 관리하는 기구로서 지식베이스를 가지고 있고, 별도로 추론을 위한 추론기구로 구성된 생성시스템(production system)이라고 하고 Fig. 4에 그 구성을 나타내었다. Fig. 4와 같이 생성시스템은 추론기구가 별도로 분리되어 있기때문에 rule을 선언하거나 변경하거나 추가하는 것만으로도 프로그램을 손쉽게 다른 문제에 적용시키거나 수정, 보완할 수 있다. 이것은 전문지식을 제공하는 전문가의 입장에서는 복잡한 추론의 논리와는 별개로 rule에 해당하는 전문지식만을 제공하면 되므로 전문 지식의 획득이 용이하다[7]. 즉, 왜 잘못된 결정을 내렸는지, 어느 rule 이 추론의 어느시점에서 어떻게 이용되었는지, 보다 많은 판단을 내릴 수 있게 하려면 어떤 지식을 추가하면 좋은지 등등의 사실을 전문가가 쉽게 이해할 수 있다.

3.1.3. 사용자 인터페이스(User Interface)

ES를 이용하는 사람의 대부분은 전문가가 아니므로 ES를 구성할 시에는 비전문가인 사용자(user)가 불편 없이 이용할 수 있도록 만들어져야 한다. 따라서 사용

자가 작업시에 불편없이 시스템을 쓸 수 있도록 하기 위한 것이 user interface로서 만약 user interface가 원활하게 구성되어 있지않으면 사용자가 아주 쓰기 어려운 시스템이 되고, 따라서 작업능률이 떨어질 뿐만 아니라 나아가서 시스템의 사용 필요성에 대한 의문이 제기될 것이다.

3.1.4. 지식 베이스 관리기구

전문가로 부터 전문지식을 획득하고, 지식베이스를 구축하며 필요에 따라 개정 작업을 지원하는 기구이다. 시스템이 완성된 후에도 전문가는 계속하여 새로운 전문지식과 경험을 쌓게 되고, 새로운 학설과 경험에 의하여 과거에 알고있던 전문지식도 수정할 필요가 생기게 된다. 따라서 이러한 경우에 새로운 지식의 추가나 기존 지식의 수정을 용이하게 할 수 있게 한다.

3.1.5. 설명 및 조언기구

사용자에게 결론을 제시하고, 언어인 결론에 대하여 어떻게 이러한 결론을 얻었는가에 대한 근거를 설명하며, 여기에 따르는 여러가지 조언을 하는 기구이다. 이 기구는 사용자가 결론을 이해하고 받아들이는데 도움을 주고, 관련된 사항을 설명하므로써 결론에 관련된 사항을 종합적으로 이해시킨다. 이것은 시스템을 사용하는 사용자의 입장에서 매우 중요한 사항이다. 예를들어, 의학 진단용 ES를 이용하여 의사가 진단서를 만들었을때 진단서에 대한 궁극적인 책임은 의사가 지야하므로, 의사가 납득할 수 있는 추론과정이나 결론의 근거가 충분히 설명되어야 한다.

3.2. 언어(Language)

앞에서 설명한 바와 같이 AI에서는 종래의 프로그램과는 달리 수치해석이나 데이터 처리보다 기호처리(symbolic manipulation)에 중점을 두게되므로 기존의 프로그래밍 언어인 FORTRAN, COBOL, BASIC 혹은 PASCAL 등으로는 기호처리가 쉽지 않다. 따라서 함수형 언어인 LISP이나 논리형 언어인 PROLOG 같은 언어를 AI에 적용하게 되었다.

3.2.1. LISP (LISt Processing) 언어

LISP이란 LISt Processing language의 줄임말로써 1950년대에 미국 MIT의 J. McCarthy교수에 의하여 창조되었다. LISP은 임의의 사물을 쉽게 표현하고 그들의 관계를 쉽게 나타낼 수 있도록 설계되었기 때문에 AI나 ES개발용의 프로그래밍언어로서 가장 널리 사용되고 있다. 이것은 LISP이 list 처리를 대상으로한 언어로서, 기호처리에 적합하고, 데이터와 프로그램이 일체화되어 있으며, 대화식이 가능한 프로그램은 대화로 구축해 나갈 수 있는등의 특징을 가지고 있기 때문

이다[8~11]. LISP을 이용한 AI의 연구는 우수한 soft ware 개발환경을 적극 활용하여 많은 실적을 남겼으나, 프로그램의 규모가 커지면서 처리가 복잡해지고, memory의 용량제한과 실행시간이 길어짐에 따라 응답속도가 늦어지는 등의 비능률적인 문제가 발생하였다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 개발된 것이 LISP machine이다. LISP machine은 대용량의 memory 공간과 고속의 프로그램 실행능력 및 우수한 soft ware 개발환경의 제공을 목표로 하고 있다. 최근에는 AI가 아닌 분야에서도 LISP을 이용하여 프로그래밍을 할만큼 LISP의 사용범위가 넓어지고 있다[12].

3.2.2. PROLOG (PROgramming in LOGic) 언어

PROLOG(PROgramming in LOGic)는 1970년 프랑스의 A. Colmeraeue에 의하여 최초의 처리계가 작성되고, 1974년 R. Wowalski에 의하여 이론적인 뒷받침이 된 언어로서 일본의 제 5세대 컴퓨터 프로젝트의 중심적인 언어로 채택되었고 현재 급속하게 사용이 증가하고 있는 언어이다. 종래의 프로그래밍 언어가 처리의 흐름을 중심으로 프로그래밍하고 있던데 반하여, 논리에 기초를 둔 PROLOG는 데이터간에 성립하는 관계만을 기술한다[13,14]. PROLOG는 논리학, 생성시스템등의 연결성이 우수하여 ES 개발의 새로운 가능성을 제시하여 줄것으로 기대되고 PROLOG machine 역시 LISP machine과 마찬가지로 고속 프로그램 개발환경을 구비하기 위한 전용 machine의 실현이라는 요청하에서 개발이 추진되고 있다.

3.3. 전문가 시스템 개발도구(Tool)

ES의 개발에 있어서 가장 중요한 것은 전문가의 전문지식이다. 그러나 일반적으로 전문지식을 갖고 있는 전문가들은 AI나 ES에 관련된 지식공학(knowledge engineering)이나 추론의 mechanism등에 대하여서는 생소할 뿐만 아니라 잘알고 있지못하는 경우가 대부분이다. 따라서 어떤분야에 대한 ES를 구축하기 위하여서는 해당분야 전문가의 협력을 얻지않으면 불가능하므로, ES개발의 전문가인 지식공학자(knowledge engineer)와 해당분야 전문가와의 긴밀한 협조가 필요하게 된다. 그러나 아직까지 지식공학자들의 수도 매우 적은편이며, 지식공학자와 해당분야 전문가와의 긴밀한 협조도 사실상 쉽지 않을 경우도 있을 것이다. 따라서 ES에 관련된 깊은 지식을 갖고있지 않는 전문가들이 ES를 보다 손쉽게 구축할 수 있도록 개발된 것이 ES개발 도구(tool)이다. tool은 어떤 특정분야의 영역에 대한 ES를 개발한 뒤에 이것을 보다 범용적으로 확장하여 지식베이스 부분만을 제거한 것으로서 이 경

우의 한가지 예가 의학진단용 ES인 MYCIN을 개발하다가 만들어진 EMYCIN이다[15]. tool은 지식베이스가 비어있으므로 여기에 다른 분야의 전문지식을 지식베이스화 하면 해당분야의 ES을 만들 수 있기 때문에 tool의 이용자는 특정문제 분야에 관한 지식베이스의 구축에만 전념할 수 있으므로 ES의 개발시간을 줄일 수 있다. 그러나 tool에 따라서 지식표현과 추론 기능상의 제약이 있기때문에 대상영역과 이용목적에 대응하는 적합한 tool을 선택하여야 하고, tool을 이용하기만 하면 간단하게 ES를 만들 수 있는가하면 그렇지 않다. tool 자체도 프로그램이므로 프로그램을 이해하고 지식베이스를 구축할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

현재 P/C mode에서 사용가능한 ES 개발의 tool들을 살펴보면 백달터 수준에서 만달터 수준까지 매우 다양하다[16].

3.4. 전문가 시스템의 적용가능분야

지금까지 개발된 ES의 대표적인 경우로는 유기화합물의 구조식을 결정하는 시스템인 DENDRAL[17], 혈액감염증에 대한 치료진단용 시스템인 MYCIN[6] 및 광물자원 탐사용 시스템인 PROSPECTOR[18] 등이 있다. 그러나 아직 ES가 개발 초기 상태에 있으며, 특히 공학이나 실제에 관련된 ES의 개발이 아직 미비한 것은 AI나 ES에 사용되는 language 자체가 기호처리 등을 목적으로 개발되었기 때문에 공학에 관련되는 복잡한 수치해석에는 엄청난 시간이 소요되기 때문이다. 앞으로 기존의 프로그래밍 언어인 FORTRAN이 LISP이나 PROLOG와의 연결이 원활하게 되면 실제나 공학문제등의 수치계산을 필요로 하는 분야에도 그 적용이 확대될 것으로 예상된다. ES는 물리적 자료의 해석, 예측, 의학진단 및 고장진단, 교육, 수리, 시스템 감시, 문제해결을 위한 계획 및 제어등에도 응용되고 있다.

4. 조선공학에의 응용

ES의 개발 자체가 아직 초기단계에 있기 때문에 조선공학에 관련된 선박이나 해양구조물의 설계 및 생산 기술에의 응용 역시 아직은 활발하지 못하다. 현재까지 발표된 자료를 중심으로 조선공학에 ES의 응용 가능성을 살펴보자.

S. Kristiansen은 해저유전에서 석유생산시에 석유생산 장비의 적절한 type을 결정하는데 도움을 주는 ES를 개발하였다[5]. 즉, 해저유전의 수심, 해저바닥의

상태, 유전의 분포상태 및 크기등의 자료와 현재의 유가 및 이익(수익) 예상등을 고려하여 석유생산 시설의 3가지 type(fixed, floating, subsea)중의 한가지를 선정하고 이에 관련된 사항의 조인을 할 수 있는 시스템을 개발하였다. 사용된 rule은 13개로서 Table 1과 같으며 추론은 전향추론이나 후향추론중의 하나를 선택하여 사용할 수 있다.

B.A. Bremdal은 석유추전의 일종인 semi-submersible의 stability를 검토하는데 사용될 수 있는 prototype의 ES인 STABRIG를 개발하였다[19]. STABRIG는 복원 모멘트는 최대로, 경사 모멘트는 최소로 되게하여 stability를 확보할 수 있도록 하는데, 여기에는 hydrodynamics, strength, operating 및 economic 등의 계산을 위한 module들이 연결되어 있다. 시스템의 추론기구에서는 전향추론을 사용하고 있으나, 중간 단계에서는 후향추론이 사용되기도 하며 PROLOG로 프로그래밍되어 있다.

K.J. MacCallum과 P.D. Marins는 아직 ES에는 도달하지 못하였지만 이와 유사한 시스템인 DESIGNER를 개발하였다[20]. DESIGNER는 rule이나 추론의 개념은 없지만, bulk carrier의 초기계획시에 user의 요구조건을 만족하는 주요치수를 선정할 수 있도록 하였다. 시스템은 주요치수가 어떠한 과정(계산식)을 거쳐 얻어졌는지에 대한 정보를 user에게 알려주며 또한 어떤 값을 변화시킬 경우 이와관련된 다른 값들의 변화 사항도 알려준다. DESIGNER는 ES의 설명 및 조인 기구의 기능을 가지고 있고 어느정도의 knowledge 개념도 포함되어 있다.

일본에서 개발된 MARINE(Mitsubishi Advanced Realtime Initial Design and Engineering System)은 설계자가 새로운 선박을 설계할때 성능 및 사양에 관련된 필요한 정보를 제공하고, 의사결정을 지원하며, 결정된 설계에 대한 견적 및 사양을 자동으로 수행할 수 있는 시스템으로서[21] MARINE 자체가 ES는 아니지만 필요한 부분에 ES을 구축한다는 전제하에서 개발되었고, 앞으로 ES를 도입하여 시스템을 확장한다는 계획으로 있다.

ES는 문제를 직접적으로 해결하는데 주로 사용되지만, 한편으로는 어떤문제를 해결하는데 있어서 어떠한 방법을 사용하는 것이 좋은가를 결정하는데 조인을 하여주는 ES를 개발하여 사용하기도 한다[22]. 예를들어, 최적설계를 할때 설계의 수학적모델(설계모델)에 따라서 어떠한 최적화기법을 사용하는 것이 효과적(계산시간, 결과의 정확도 등등)인가를 알려주는 ES를 개

발할 수 있을 것이다[23].

5. 결 언

ES가 실용화단계에 접어들고 있기는 하지만 아직도 많은 문제점을 가지고 있다. 지식베이스의 내용이 ES의 성능에 직접적인 영향을 미치므로 전문가의 지식을 추출하고 체계화하는 방법문제라든지 또는 어느정도 넓은 영역을 생각할 때 그 처리량에 따른 효율성이 문제가 될 것이다. 그러나 이러한 문제점에도 불구하고 ES의 개발은 세계적인 추세이고 조선분야도 예외는 아니어서 개발이 시작되고 있다. 조선분야의 ES적용은 선급규칙과 같이 비교적 결과판단이 용이한 것부터 시작하여 점차적으로 업무전반에 걸쳐 확장하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 특히, 선박설계업무는 설계자의 축적된 전문지식과 경험에 많은 영향을 받으므로 ES가 효과적으로 사용될 수 있으며 예로서 다음과 같은 분야에 적용 가능할 것이다.

- 선형의 특성에 적합한 저항 추정방법의 선정
- 추진기 선정
- 복원능력의 판단 및 개선
- 초기단계에서의 주요치수 결정
- 주기관의 검토 및 선정
- 하역장비를 비롯한 각종 장비의 type선정 등등

ES를 당장 개발하여 업무에 이용하기는 어렵겠지만 앞으로 기술선진국의 확보를 전제로 할때 변화의 물결이나 발전추세에 적극적으로 대처하기 위하여서는 국내에서도 이에 대한 관심과 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

[1] N.J. Nilsson, "Principles of Artificial Intelligence", 1980, Tioga Publishing Co.
 [2] P.H. Winston, "Artificial Intelligence", 1984, Addison-Wesley Publishing Company
 [3] D.A. Waterman, "How do Expert Systems differ from Conventional Programs?", Jan., 1986, Vol. 3, No. 1, Expert Systems
 [4] C. Townsend, D. Feucht, "Designing and Programming, Personal Expert System", 1986, Tab Books Inc.
 [5] S. Kristiansen, "Application of Expert System in Marine System Design", May, 1985, 2nd

International Marine System Design Conference (IMSDC-85)
 [6] E.H. Shortliffe, "MYCIN-A Rule Based Computer Program for Advising Physicians Regarding Antimicrobial Therapy Selection", Oct., 1974, Ph.D. Thesis in Medical Information Sciences
 [7] L. Brownston, R. Farrell, E. Kant, N. Martin, "Programming Expert Systems in OPS5", 1985, Addison-Wesley Publishing Company, INC
 [8] "Golden Common LISP", 1983, Gold Hill Computers, INC
 [9] R.A. Brooks, "Programming in Common LISP", 1985, John Wiley & Sons, INC
 [10] R. Wilensky, "LISPcraft", 1984, W.W. Norton & Company, INC
 [11] "Microsoft LISP", 1986, Microsoft Corporation
 [12] H. Adeli, Y.J. Peak, "Computer-Aided Analysis of Structures in InterLISP Environment", 1986, Vol. 23, No. 3, Computer & Structures
 [13] W.F. Clocksin, C.S. Mellish, "Programming in PROLOG", 1984, Tioga Publishing Co.
 [14] J. Vincent, Pecora, "EXPRS-A Prototype Expert System Using PROLOG for Data Fusion", 1984, AI Magazine
 [15] "The EMYCIN Manual", 1981, Technical Report, Heuristic Programming Project, Stanford University
 [16] R.K. Miller, "Computers for Artificial Intelligence," 1986, SEAI Technical Publications
 [17] Lindsay, Robert, G.B. Bruce, A.F. Edward, L. Joshua, "Application of Artificial Intelligence for Chemical Interence: The DENDRAL Project", 1980, McGraw-Hill Book Company
 [18] P.E. Hart, O.D. Richrd, M.T. Einaudi, "PROSPECTOR-A Computer Based Consultation System for Mineral Exploration", 1978, Vol. 10, Mathematical Geology
 [19] B.A. Bremdal, "Marine Design Theory and the Application of Expert Systems in Marine Design", 1985, ICCAS
 [20] K.J. MacCallum, P.D. Martin, "Towards a Concept Design Assistant for ships", May, 1985, 2nd International Marine System Design

Conference (IMSDC-85)

- [21] 伊藤健, “선박 초기설계용 대형 전산 시스템—MARINE”, Mar., 1987, 일본조선학회지.
- [22] R. Fjellheim, “An Expert System for SESAM-69 Program Selection”, 1984, Norwegian Maritime Research
- [23] J.L. Rogers, J.F. Barthelemy, “An Expert System for Choosing the Best Combination of Options in A General-Purpose Program for Automated Design Synthesis”, 1985, Vol. 2, Computers in Engineering