

최적 박용엔진 선정을 위한 지식기반시스템

Knowledge-Based System for Optimum Propulsion Engine Selection of Ships

이동곤* · 이경호* · 이규열* · 이창역**

Dongkon Lee*, Kyungho Lee* Kyuyeul Lee* and Changeuk Lee**

Abstract

The main propulsion system may be the most complicated of the shipboard systems. Many factors such as fuel economy, weight, space, first cost, reliability, vibration and noise must be considered when selecting the prime mover of the main propulsion system for ships. An expert system is a computer program that represents and reasons with knowledge of some specialist subject with a view to solving problems or giving advice. Recently, it is being developed increasingly with wider applications in many industries.

This paper describes development of knowledge-based system for main engine selection of ships using general purpose expert system development tool, Nexpert Object. Developed system is consist of ship performance estimation module such as resistance and propulsion, data base for main engine, knowledge base for main engine selection in Nexpert Object and graphic user interface.

1. 서 론

조선산업은 대량 생산체제인 항공기나 자동차산업과는 달리, 선주의 주문에 의한 소량, 다 품종의 주문 생산체제와 주기적인 호황기와 불황기를 갖는 산업 Cycle을 가지고 있다. 국제 입찰에서 선박을 수주하기 위해서는, 선주가 요구(Inquiry)하는 기술적 사양(Technical specification)을 만족하고, 경제성이 있는 선박을 설계하여야 한다. 그런데, 선주의 Inquiry

에서 입찰까지의 기간이 상당히 짧기 때문에 경험이 많은 설계자가 아니면, 주어진 시간내에 Inquiry를 처리하기가 거의 불가능하다. 더구나, 불황기에는 건조물량을 확보하기 위하여 더많은 Inquiry를 처리해야 하므로, 설계자는 과중한 업무부담을 갖게 된다. 따라서, 초기설계를 지원할 수 있는 지원시스템을 개발하면, 설계의 초보자도 용이하게 설계업무를 수행할 수 있으며, 설계전문가는 이를 보조수단으로 이용하므로써 업무의 효율성이 향상된다. 그러나 한편으로, 설계 초반에는 설계 후반에 비하여 정보의 양이 적은 반면에, 설계의 자유도는 높으며, 설계가 점차 진행되어 감에 따라 설계

* 한국 해사 기술 연구소

** 울산공업전문대학

자유도는 줄어들고, 정보의 양은 증가한다. 이것은 설계 초기에는 각종 해석이나 실험등으로부터 얻어진 정보(Hard Knowledge)가 충분하지 못하므로, 설계자는 자신이 가지고 있는 경험적 지식과 직관력(Soft Knowledge) 등을 총동원하여 여러가지의 설계 대안을 검토하여야 함을 의미한다. 따라서, 동일한 요구조건에 대하여도 설계자마다 설계결과가 다르게 나타날 수 있으며, 설계의 초기단계에서는 고도의 판단을 요구하는 경우가 많기 때문에 설계를 위한 전문가시스템의 개발을 어렵게 한다.

국내에서 선박설계를 대상으로 하여 개발된 전문가시스템으로는 SWATH(Small Waterplane Area Twin Hull Ship)선의 수직 안정성 평가를 위한 제어된 설계에 관한 것 [1]과 선급규칙을 이용한 선박의 중앙부 구조설계에 관한 것 [2] 등이 있다. 그러나, SWATH선의 제어된 설계에 관한 것은 성능해석을 위한 모듈이 연결되어 있지 않으며, 선급규칙을 이용한 구조설계에 관한 것은 지식베이스 구축을 위한 지식들이 이미 정형화된 선급의 규칙을 이용하여 지식베이스를 구축하였기 때문에 설계자의 경험적 지식을 반영하는 데는 한계가 있었다.

본 연구에서는 선박의 초기설계 단계에서 박용기관 선정에 지원하는 설계 지원 전문가 시스템을 개발하였다. 박용기관 선정과 관련된 각종 지식을 추출하였고, 추출된 지식을 정규화하여 지식베이스를 구축하였다. 효율적인 시스템을 구성하기 위하여 박용기관 Maker에서 생산되는 박용기관의 사양(Specification)들과 선박의 초기설계에 관련된 실적선의 자료들을 데이터베이스화 하였으며, 박용기관 선정에 관련된 조선공학적 각종 성능추정 모듈들과 지식베이스 및 데이터베이스를 연결하였다. 또한, 사용자의 편의를 위하여 Motif [3]를 이용한 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface)를 개발하였다. 개발된 시스템은, 선주의 입장에서는 경제성이 우수한 박용기관을 검토하는데에 이용할 수 있고, 설계 전문가에게는 설계 보조수단으로, 설계 초보자에게는 설계도구로 사용 가능하다. 본 시스템은 향후 선

박의 초기설계 전반을 지원할 수 있는 설계지원 전문가시스템 개발의 한요소가 될 것이다.

2. 박용기관 선정

박용기관은 각종 기술적 요구조건을 만족하고, 경제성이 우수한 것을 선택하여야 한다. 선박의 종류, 크기 및 선속등에 따라 다소 차이는 있겠지만, 선박의 건조비에서 박용기관이 차지하는 비중이 작지 않으며, 또한 연간 운항비의 대부분을 연료비가 점유하고 있으므로, 선박 설계시에 어떤 박용기관을 선택하는가에 따라 선박의 운항경제성에 큰 영향을 미친다.

현 시점에서 연료비가 상당히 비싸거나, 혹은 가까운 장래에 연료비가 상승할 가능성이 있다면 초기투자비가 다소 상승하더라도 연료 소비율이 낮은 박용기관을 선정하는 것이 선박의 Life Cycle 동안에 있어서 경제성이 높아질 것이며, 그 반대의 경우에는 초기투자비가 보다 중요한 고려 요소가 될 것이다. 이렇게 어떤 박용기관이 최적의 것인가에 대한 평가는 그때의 상황에 따라서, 또한 조선소와 선주 그리고 설계자에 따라서 달라질 수 있다. 예를 들어, 조선소에서는 선박의 건조비가 작게드는 박용기관을 선호할 것이며, 선주의 입장에서는 선단관리에 용이하고 초기투자가 적으며 운항경제성이 높은 것을 선택할 것이다. 설계자들도 소속되어 있는 조선소의 설계표준이나 실적자료 및 선호 경향에 따라 최적 박용기관에 대한 고유의 평가기준이 있을 수 있다. 이것은 박용기관을 평가하는데 사용되는 평가기준들에 대한 정량적인 평가기준을 마련하기 어렵기 때문이다. 일반적으로 박용기관이 갖추어야 할 바람직한 조건으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 연료소비량이 적을 것(Specific Fuel Oil Consumption, SFOC)
- 2) 보수 및 점검이 쉽고 유지비가 쌀 것 (Maintenance)
- 3) 고장이 적고 신뢰성이 높을 것(Reliance)
- 4) 운전이 쉬울 것(Operation)
- 5) 장기간에 걸쳐 성능저하가 없을 것

(Aging Effect)

- 6) 운전인원이 적을 것(Manning)
- 7) 중량과 용적이 작을 것
(Weight and Dimension)
- 8) 진동과 소음이 적을 것
(Noise and Vibration)
- 9) 가격이 쌀 것(Investment)

그러나, 이러한 조건을 모두 만족하는 박용기관은 사실상 존재하기 어려우므로, 이 중에서 몇가지의 성능에 중점을 두고 박용기관을 검토하게 된다.

이상과 같이 박용기관 선정과 관련하여 고려하여야 할 요소가 많고 단일화된 평가기준을 마련하기가 어려움에도 불구하고, 설계경험이 많은 설계자는 보통의 경우 큰 어려움 없이 업무를 수행한다. 이것은 설계자가 박용기관 선정과 관련한 많은 경험적 지식을 가지고 있기 때문이라 생각된다. 그러나 같은 문제일 경우라도 설계 초보자는 많은 데이터를 분석하여야 하고, 동시에 여러사항을 고려하여야 하기 때문에 많은 어려움을 겪게 된다.

3. 전문가시스템 개발 도구

지금까지 조선분야에서 전문가시스템을 이용하고자 하는 시도는 크게 두가지로 분류할 수 있다. 첫째는, 조선분야의 전용 전문가시스템 개발도구를 개발하여 이용하려는 시도이다. 이는, 해당분야의 특수성을 최대한 살리고, 개발하고자 하는 전문가시스템에서 필요한 기능만을 갖도록 하여, 작지만 효율적인 시스템을 구성할 수 있도록 하려는 시도이다. 둘째는, 범용으로 개발되어 상품화된 전문가시스템 개발도구를 이용하는 방법이다. 전자의 방법은 전문가시스템 개발도구 자체를 개발하여야 하기 때문에 개발에 많은 시간과 노력이 필요한 반면, 일단 개발이 완료된 후에는 어플리케이션(Application)을 개발하기가 용이하다. 후자의 경우에는 문제영역에 적합한 개발도구를 선정하면, 상대적으로 개발시간을 단축할 수 있다. 본

연구에서는, 범용 전문가시스템 개발도구인 Nexpert Object를 사용하였다.

Nexpert Object는 C언어로 개발되었고 객체지향 개념(Object-Oriented Concept)을 도입하고 있다. Nexpert Object의 주요 특징과 기능은 다음과 같다 [4].

- 외부 프로그램과 결합이 편리하도록 개방형 구조(Open Architecture)를 가지고 있다. 기존의 일반언어로 개발된 프로그램에서 Nexprt Object를 제어할 수 있으며, 반대로 Nexpert Object에서 일반언어로 개발된 프로그램을 제어할 수 있다.
- 객체지향 프로그래밍에서의 객체개념을 혼합하여, 실세계의 지식을 표현하는 혼성형태(Hybrid Type)의 지식표현(Knowledge Representation) 구조를 가지고 있다.
- 전향추론(Forward Chaining)과 후향추론(Backward Chaining)이 가능하며, 추론도중에도 추론방법의 변경이 가능하다.
- 여러종류의 H/W에서 개발된 지식베이스를 수정없이 공유할 수 있다.

4. 시스템 구현

4.1 시스템 구성도

개발된 박용기관선정 지원시스템의 구성도를 그림 1에 나타내었다. 시스템은 크게 Motif로 개발된 그래픽 사용자 인터페이스 모듈, 박용기관 선정과 관련한 지식베이스가 구축되어 있는 Nexpert Object 모듈, 기존의 FORTRAN언어로 개발된 선박의 저항 추진성능 추정을 비롯한 각종 공학계산용 모듈, 박용기관과 박용기관의 가격정보 및 실적선 자료가 저장되어 있는 ORACLE 데이터베이스, 그리고 이들 모듈간의 인터페이스를 위한 모듈 등으로 구성되어 있다. 본 시스템에 적용 가능한 선종은 Bulk Carrier와 Crude Oil Tanker이며, 박용기관의 형식은 B&W의 저속디젤엔진으로 하였다.

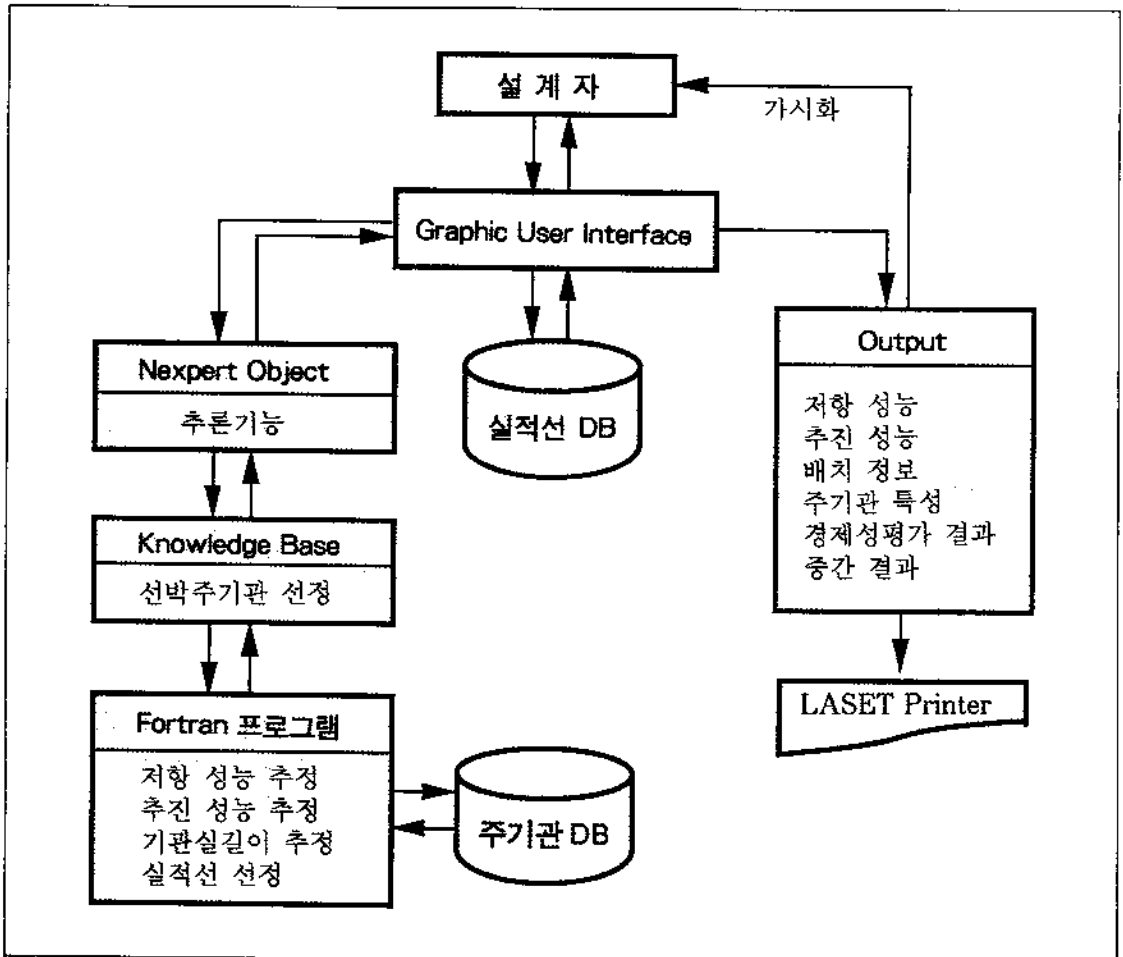


그림 1. 시스템 구성도

4.2 지식 베이스

지식 베이스를 구축하기 위해서는 먼저 지식을 추출하여야 한다. 전문가시스템의 개발에 있어서 가장 중요하고 어려운 부분이라 할 수 있다 [5]. 지식의 추출이나 획득 방법에는 여러가지가 있을 수 있으나, 일반적으로 관련분야의 전문서적이나 문헌으로부터 정규화된 지식을 추출하고, 관련분야의 전문가로부터 경험적 지식을 추출한다. 본 연구에서도 각종 문헌으로부터 관련 지식을 추출 [6, 7, 8, 9]하였고, 현장 전문가와의 면담을 통하여 경험적 지식을 도출하였다. 도출된 지식들을 지식베

이스에 구현하기 전에, 이들 지식을 이용하여 원하는 결과를 얻을 수 있는지를 시뮬레이션하였으며, 이 과정에서 지식들의 우선순위와 지식들간의 불일치(Conflict)를 해소하였다.

Nexpert Object는 Frame과 유사한 형태를 갖는 객체와 Rule을 이용한 지식표현 방법을 사용하고 있다. 객체는 주로 설계하고자 하는 대상을 묘사하기 위하여 사용하는 정적인 지식 표현 형태이고, Rule은 이렇게 정의된 객체들을 이용하여 박용기관을 선정해 가는 설계의 경험적 지식을 묘사하는 지식이다. 본 연구에서는 박용기관 선정에 관련된 대상을 객체로서 표현하였다. 예를들면, Shiptype을 객체로 정

의하고, Shiptype의 속성(Property)으로 Bulk Carrier, Tanker 등이 표현된다. 이렇게하여 현재 약 30여개의 객체와 100여개의 Rule이 구

현되어 있으며, 추론방법은 후향추론 방법을 사용하였다. 그림 2에 구현된 Rule의 예를 보았다.

```

RULE : Rule r22 (#4)
If
  diff_cost is UNKNOWN
Then diff_cost_r
  is confirmed.
  And diff_cost is set to "medium"

RULE : Rule r72 (#51)
If
  status is "consulting1"
  And user is "unknowns"
  And oil_price is "unknowns"
  And diff_cost is "small"
Then result_r
  is confirmed.
  And result is set to "success"
  And alternative2.model is assigned to s_engine.model
  And alternative2.inicost is assigned to s_engine.inicost
  And alternative2.totcost is assigned to s_engine.totcost
  And alternative2.exlength is assigned to s_engine.exlength
  And Execute "show_result"(@WAIT=TRUE;)
  And Show "ref_alt1" @KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=20,30,200,100;

RULE : Rule r3 (#100)
If
  shiptype is "TANK"
Then stype_r
  is confirmed.
  And Execute "stype_c"(@WAIT=TRUE;)

```

그림 2. 박용기관 선정을 위한 지식표현의 예

4.3 공학 계산 모듈

박용기관 선정에 관련된 각종 공학계산 모듈은 해사기술연구소와 국내 4대 조선소가 공동 개발한 대화형 개념설계 프로그램인 BASCON-II를 근간으로 하였다 [10]. 공학계산 모듈의 주요 기능을 간단하게 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 실적선 데이터베이스에서 설계선과 유사한 실적선을 Sorting하여 Mother Ship을 선정하고, Mother Ship의 박용기관 마력, 프로펠러 회전수 등과 설계선의 저항, 추진 특성을 고려하여 적정한 범위내에 있는 박용기관을 데이터베이스에서 Sorting한다. 일차로 Sorting된 박용기관에 대하여 Derating Point, 프로펠러 회전수, 연료소비율, 박용기관과 선형과의 간격, 기관실 길이 및 중량 추정등의 기술적 계산을

통하여 비교우위에 있는 후보박용기관을 도출한 후, 각 후보 박용기관에 대한 경제성 평가를 수행한다. 최종적으로 남은 후보 박용기관들의 각종 데이터를 이용하여 지식베이스에서 추론과정을 거쳐 설계선에 적합한 박용기관을 선정한다.

4.4 적용 예

본 연구를 통하여 개발된 박용기관 선정 지원시스템의 그래픽 사용자 인터페이스의 한 예를 그림 3에, Output중의 일부를 그림 4와 5에 각각 나타내었다. 그림 4는 시스템에서 최종적으로 선정한 박용기관의 각종 기술적, 경제적 데이터와 함께 진동발생 가능성에 대한 조건과 진동의 감소를 위하여 부착할 필요성이 있는 장비들에 대한 정보를 보여주고 있다. 그

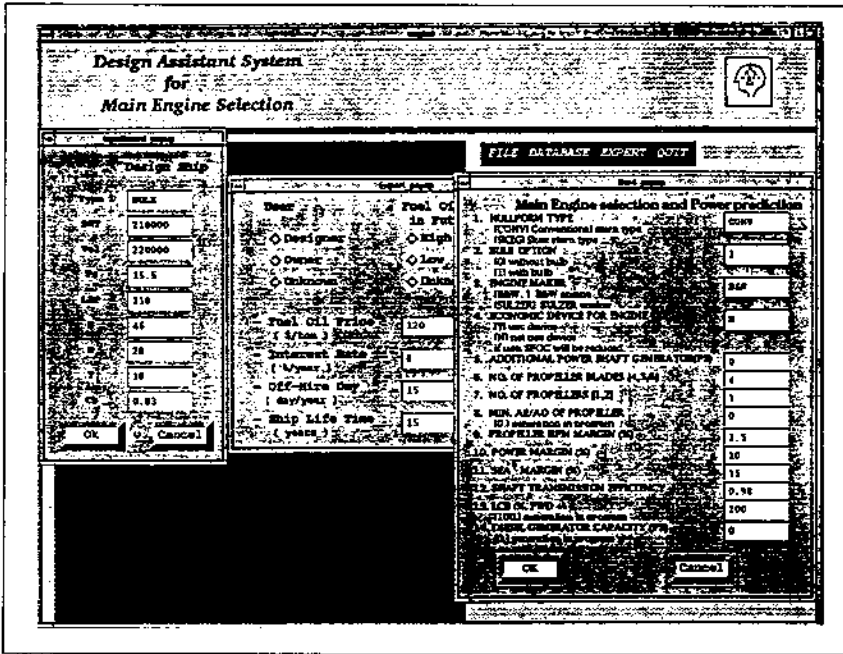


그림 3. 그래픽 사용자 인터페이스

First Recommendation

| GENERAL | | NOMINAL PERFORMANCE | | | |
|--|-----------------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|
| MAKER : B&W | | L1 | L2 | L3 | L4 |
| TYPE : 6S80MCE | BHP : | 21900.0 | 17520.0 | 16200.0 | 12960.0 |
| OPTION : WITHOUT | RPM : | 77.00 | 77.00 | 57.00 | 57.00 |
| USD/BHP : 229.0 | SFOC : | 121.00 | 117.00 | 121.00 | 117.00 |
| DIMENSION & WEIGHT | | LAYOUT POINT AT LOAD DIAGRAM | | SFOC, Bunker C | |
| LENGTH : 11.73 | DMCR * RPM : | 18338. * | 64.5 | DMCR (g) : | 128.55 |
| BREADTH : 4.82 | DMCR * RPM : | 16504. * | 62.3 | DMCR (g) : | 127.07 |
| BED HT. : 1.74 | DERAT. (%) : | 83.73 * | 83.77 | DAY(ton) : | 50.33 |
| OVR HT. : 13.95 | ADDED POWER FOR GENER. : 0. | | | | |
| DRY WT. : 880.0 | | | | | |
| ENGINE ROOM LENGTH : 26.98 | | | | | |
| DIST. BTN ENGINE ROOM AFT BULKHEAD & M/E : 9.34 | | | | | |
| ECONOMIC EVALUATIONS | | | | | |
| TOTAL INITIAL INVESTMENT : | | 5137100. US \$ | | | |
| TOTAL ANNUAL INVESTMENT : | | 2868140. US \$ | | | |
| -ANNUAL INITIAL INVESTMENT : | | 600165. US \$ | | | |
| -ANNUAL FUEL COST : | | 2113852. US \$ | | | |
| -ANNUAL MAINTENANCE COST : | | 154113. US \$ | | | |
| ** Warning ** | | | | | |
| >> No. of cylinders of main engine is equal to no. of propeller blades, or is a multiple of it. Therefore, vibration will be occurred. | | | | | |
| --> Please modify no. of propeller blades | | | | | |
| # Following accessory will be attached to Main engine | | | | | |
| - Wheel balancer | | | | | |
| - 2nd order moment balancer | | | | | |

그림 4. 선정된 박용기관의 사양 및 관련 결과

림 5는 선정된 박용기관의 Load Diagram, 박용기관의 설치위치와 관련된 정보 및 박용기관과 선형과의 간격 등에 관한 것을 Graphic으로 보여주고 있다. 이외에, 저항 추진성능, 후

보 박용기관 들의 기술적 정보 등을 비롯한 박용기관의 선정과 관련된 중간과정 들이 시스템 사용중에 사용자에게 제공된다.

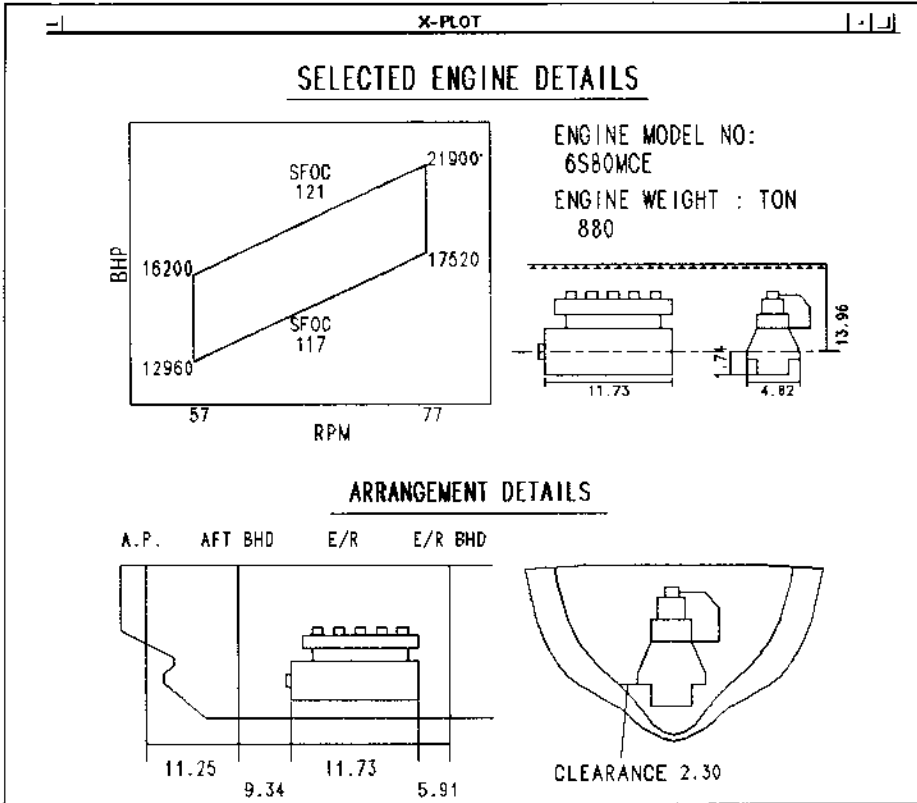


그림 5. 선정된 박용기관의 그래픽 출력

5. 결 론

선박의 초기설계 단계에서 박용기관 선정지원을 위한 지원 시스템을 전문가시스템 기술을 이용하여 개발하였다. 본 연구를 통하여, 박용기관 선정과 관련된 각종 공학계산용 모듈과 기존의 실적선 및 박용기관 데이터베이스를 범용 전문가시스템 개발도구와 연결하였으며, 설계자의 경험적 지식을 추출하여 지식베이스화하였다. 또한, 사용자의 편의를 위하여 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 개발하였다. 앞으로 설계자의 경험적 지식을 보다 효과적으로

추출하고 표현한다면, 설계업무 전반을 지원할 수 있는 전문가시스템의 개발도 가능하리라 생각된다.

본 시스템은 선주의 입장에서는 선박 건조시의 타당성 검토의 도구로, 설계전문가에게는 보조수단으로, 초보자에게는 설계도구로, 학생들에게는 교육용으로 사용 가능하다. 앞으로 시스템의 기능을 향상시키기 위하여, 보다 정교한 진동관련 모듈을 접속하고, 박용기관 데이터베이스를 지속적으로 보완할 필요가 있으며, 나아가 경험적 지식의 보다 현실적 표현을 위하여 퍼지개념의 도입도 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 이동곤, "SWATH선의 수직안정성 평가를 위한 Prototype 전문가시스템 개발에 관한 연구," 대한조선학회지, 1989년 12월
2. 양영순, 연운석, "선체구조설계를 위한 지식베이스 전문가시스템," 대한조선학회 논문집, 1991년 3월
3. OSF, "*OSF/Motif Programmer's Reference Manual*," Prentice Hall, 1991
4. "*Nexpert Object Version 2.0-Introduction Manual*," Neuron Data Inc., Oct. 1990
5. A.C.Scott, et al, "*A Practical Guide to Knowledge Acquisition*," Addison-Wesley Publishing Company, 1991
6. "*B&W Engine Selection Guide*," 1991년 5월
7. "선박 주기판 선정 지침," 삼성중공업, 1989년 10월
8. "기관외장 설계기준(Ⅲ)," 한국조선공업협회, 1990년 5월
9. 전효중, "선박 동력 전달장치," 태화출판사, 1986년 6월
10. 이동곤, 이경호 외, "사용자 지향 대화형 개념설계모델," 대한조선학회 논문집, 1992년 11월