

# 데이터마이닝을 이용한 선박용 엔진 공장의 견적지원 방안

오경모<sup>1</sup> · 박창권<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>제론정보기술(주) / <sup>2</sup>울산대학교 산업정보경영공학부

## Cost Estimation for the Marine Engine's Factory using Association Rule

Kyung-Mo Oh<sup>1</sup> · Chang-Kwon Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zerone Information Technology Co. Ltd., Ulsan, 680-749

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 680-749

The purpose of this thesis is to develop the schemes of supporting estimate for marine engines' factories which are in a general make-to-order style. The marine engines' factories currently use the method which depends on the past data and experiences handled by the responsible person, which causes inefficiency and inaccuracy in dealing with a huge amount of data. We apply association rule to solving the problems mentioned above. Critical data for analysis is filtered among materials that have been using actual records of performance so far. Secondly, relation with each part of marine engines through filtered data so that the company can estimate cost promptly and precisely if customers with similar components as requested. By proposed method of study estimate support efficient and supported exactly.

**Keyword:** cost estimation, make-to-order, data mining, similar components

### 1. 서론

오늘날의 제조업환경은 국내 및 국제 시장에서의 치열한 경쟁과 제품 수명의 단축, 제품에 대한 고객의 다양한 요구와 주문시기의 불규칙성 같은 많은 수용해야 할 어려움을 가지고 있다. 이러한 어려움들은 기업의 생산방식에서 많은 변화를 요구한다. 시시각각 변화하는 고객의 요구에 신속하게 대처하여 고객만족을 통해 이윤을 최대화해야 되기 때문이다. 특히, 제품에 대한 표준을 정하기 어렵고, 수요가 가변적이며 예측이 거의 불가능한 수주 생산 환경의 기업에는 더욱더 그러하다.

일반적으로 수주 생산 방식의 생산 환경에서 제품사양은 고객의 요구사항에 따라 많은 변화가 발생하기 때문에 제품 표준화의 비율 또한 낮다. 이는 특히 고객의 견적의뢰에서 발주 처리까지의 업무를 최단시간에 이행하여 고객만족을 이루어

내야 하는 수주 생산 방식의 기업에 큰 장애가 될 수 있다.

선박용 엔진 공장의 경우도 고객의 주문에 의해 제품의 사양이 다양하게 발생되어, 표준 제품을 구성하기 힘든 대표적인 수주 생산 형태를 갖는다. <그림 1>은 선박용 엔진 공장의 견적 의뢰에서부터 출고까지의 전반적인 공정 흐름을 표현하고 있다.

우선 견적 의뢰서가 접수되면 담당자가 사양정보를 확인·검토한 후 견적작성을 한다. 견적작성이 완료되면 작성된 견적서를 바탕으로 고객과의 협의 후 수주를 확정짓는다. 수주가 확정되면 설계에 들어가는데 설계 단계에서 모든 예산이 확정된다. 설계가 끝나면 실제 가공에 들어가고 완성이 되면 이를 고객에게 인도하는 형태의 공정을 가지고 있다. 이 중에서 본 논문은 접수된 견적 의뢰서에서 견적 작성 부분을 대상으로 다루고자 한다.

본 논문은 2006년 울산대학교 연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

\*연락처 : 박창권 교수, 680-749 울산광역시 남구 무거2동 산 29번지 울산대학교 산업정보경영공학부, Fax : 052-259-2180,

E-mail : ckpark@ulsan.ac.kr

2006년 03월 접수, 2회 수정 후 2006년 10월 게재확정.

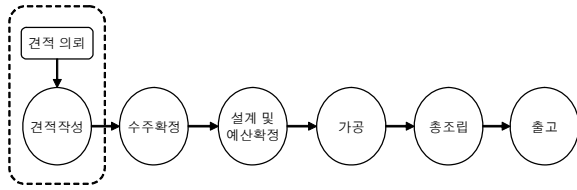


그림 1. 선박용 엔진 공장의 공정 흐름도

수주확정 전의 견적은 발주자의 입장에서 볼 때, 계획 단계와 입찰·계약 단계에서 해당 프로젝트를 수행할 것인지 아닌지, 어느 시공자를 선정할 것인지를 결정하는 의사결정의 자료가 되고, 시공자의 입장에서는 입찰·계약 단계에서 시공계획에 입각하여 공사비를 산정하는 업무로서, 이윤을 계산하고 입찰에 응할 것인지의 여부를 판단하는 의사결정의 근거가 된다는 점에서 커다란 의미가 있다. 또한 견적을 통해 준비된 물량 내역서는 계약도서의 일부로서, 프로젝트 수행과정에서 분쟁 발생시 증거로 사용될 수 있다.

현재의 선박용 엔진 공장은 견적의뢰자가 접수되면 사양정보를 확인·검토 한 후 수작업으로 기존 생산된 실적 정보를 근간으로 담당자가 과거의 오랜 경험을 토대로 하여 각 수주된 제품의 특성을 파악하여 분석을 하다보니 주관적인 의사결정 요소가 많이 반영된다. 이는 또한 정확도면에서도 추정편성으로 인한 현저한 원가차이를 발생하여 단위당 단가가 높은 선박용 엔진 공장의 수익증대에 커다란 악영향을 미친다. 그리고 수작업으로 인한 데이터 분류로 과도한 시간손실 및 데이터의 신뢰성이 떨어지는 실정이다. 그렇다고 해서 설계 단계에서 확정되는 부품을 다양한 제품 사양 전체에 대해서 미리 작성해 두는 것 또한 비용 면이나 시간적인 면에서 필요 이상의 손실이 발생한다고 볼 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 보다 과학적이면서 체계적으로 의사결정을 내릴 수 있는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 내포하고 있는 수주 생산 방식의 환경을 가지고 있는 선박용 엔진 공장의 수주 의뢰에 대한 견적을 산출할 때 정확한 견적정보의 산출을 지원하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 정확한 견적 산출의 의미는 수주(선박용 엔진)를 구성하는 기능적·물리적 단위인 MS(Main Section)들의 정확한 부품정보와 가격 산출이 선행되어야 한다. 이것은 정확한 견적정보 산출이 견적이 가격뿐만 아니라 이후에 연계되는 공정계획(부품산출)과 생산계획의 기본정보로 사용되기 때문이다.

데이터 수집은 기존 실적공사에서의 방대한 데이터에 대해서 데이터의 일부를 이용하여 그 숨겨진 구조를 파악하고, 제품사양들 간의 관계를 찾는 일련의 분석인 데이터 마이닝을 활용했다. 데이터 마이닝의 기법에는 연관성 분석(association analysis), 군집분석(cluster analysis), 신경망(neural network), 의사결정 나무(decision tree), 사례 기반 추론(Case-Based Reasoning) 등 다양한 기법이 있다. 이 중에서 데이터 안에 존재하는 항목간의 연관 규칙(association rule)을 찾는 연관성 분석을 사용하고자

한다. 본 연구에서는 대표적인 데이터 마이닝 툴인 SAS Enterprise Miner를 이용하여 부품들간의 연관 규칙을 탐사하여 과거 데이터들 사이에 의미 있는 패턴이나 모형을 추출하고 이를 데이터베이스화함으로써 견적의뢰자가 접수되면 접수된 제품사양과 가장 유사한 제품정보를 신속·정확하게 추출하고, 각 부품별 개별단가에 대한 정확도를 한층 더 높일 수 있는 방안을 제시한다.

다음 2장에서는 데이터 마이닝과 연관성 분석에 대해서 서술하고, 3장에서는 선박용 엔진 공장의 견적 지원 방안을 제시하고, 4장에는 적용사례를 소개한다. 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론을 정리하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 수주생산시스템

생산 방식에는 생산 후 수요처가 결정되는 예측 생산과 수요처로부터 주문을 받아 생산을 개시하는 주문 생산의 두 가지 유형이 있다. 예를 들어 기계, 조선, 건설 등은 단가가 거액이며 완성에 걸리는 시간도 길다. 또 이들 업종에서는 그 제품의 형태가 수요처의 특수한 사정에 따라 다르므로 수요처의 주문에 따라 생산하는 것이 보통인데 이와 같은 산업을 수주 산업이라고 한다.

수주 생산 시스템은 고객의 주문에 의한 생산 방식이다. 이러한 방식은 제품에 대한 표준을 정하기 어렵고 수요가 가변적이다. 그렇기 때문에 예측이 거의 불가능하다. 또한 고객의 주문에 의해 생산시점이 결정되기 때문에 예측에 의한 계획생산이 어렵다. 그리고 고객과 약속한 납기일을 준수하는 것이 고객 만족도에 큰 영향을 미친다. 기존 연구를 정리하면 <표 1>과 같다.

표 1. 수주 생산 시스템의 기존 연구

문제유형	기존 연구	주요 내용
일정계획	Chun and Ock (2003)	계약이론을 적용 생산리드타임을 감소시키는 스케줄링 시스템 구현
	Je and Ock (2003)	고객이 요구하는 납기를 만족시키기 위한 알고리즘 제시
공정관리	Oh and Park (2005)	공정 계획을 지원할 수 있는 방안으로 군집분석과 사례기반추론의 형태를 결합한 하이브리드형 데이터마이닝 기법 제시
생산계획	Park and Song (1998)	판매와 생산계획 기능의 통합을 통한 납기일 결정시스템을 제시
기타	Koh and Seo (2002)	B2B(Business to Business)에서 제공되는 콘텐츠의 종류와 콘텐츠의 효율적인 관리 방안을 제시

2.2 견적지원시스템

기업의 최대 목적은 이윤 추구라고 할 수 있다. 하지만 뜻하지 않는 변수와 계산 착오로 인해 기업은 많은 손해를 보고 있는 실정이다. 천재지변이나 유가 상승, 환율의 변동 등의 불가피한 상황 하에서의 손실을 제외하고서라도 인위적인 부분에서 발생하는 착오에 의한 것들이 많다는 것이다. 특히 수주 생산 방식 기업의 경우 영업에서 수주가 확정되기 전단계인 견적 작성 시에 지나치게 담당자의 경험과 노하우에 의존하기 때문에 이러한 인위적인 착오의 발생 여지가 더욱 많아지는 것이다. 그렇기 때문에 이러한 한계를 극복하여 불필요한 계산 착오를 줄이기 위해서 견적 지원 시스템의 필요성이 부각되고 있는 실정이다.

수주 활동 시 경쟁력을 확보하기 위해서는 무엇보다도 정확한 생산원가에 대한 정보를 갖고 수주 상담에 임하는 것이 필수 요소이다. 특히 국제적인 수주 상담 시 협상의 과정에서 수주 금액 및 납기 등을 결정할 때 발생 가능한 여러 경우의 제안들에 유연성 있게 대처하는 것이 중요하다 하겠다. 또한 수주 활동에 필요한 정보를 제공함에 있어서 정확성이 가장 중요하지만 정보 처리의 신속성 또한 간과할 수 없다. 발생 가능한 여러 대안들에 대한 유연성 있는 대처 능력은 필요한 정보를 정확하고도 신속하게 제공할 수 있는 능력과 직결된다. 특히 경쟁 입찰의 경우 마감 기일에 압박하여 조건의 변화에 신속하게 대처해야 할 상황에서 신속한 정보 처리의 능력이 더욱 중요하다. 따라서 정확한 정보를 신속하게 처리할 수 있는 기술적 도구를 제공하는 것은 경쟁력 제고에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다. <그림 2>는 수주생산기업의 일반적인 견적 프로세스를 보여준다.

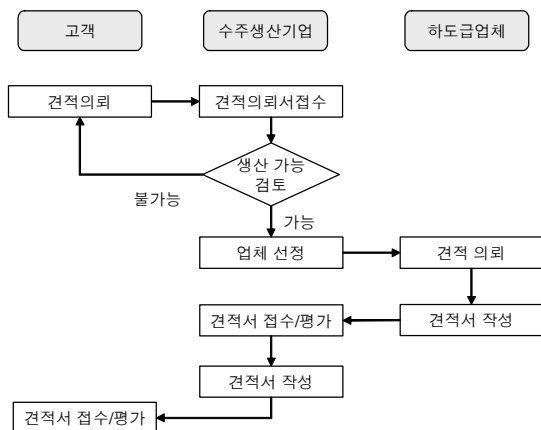


그림 2. 수주생산기업의 일반적인 견적 프로세스

기존의 견적 지원 시스템에 대한 연구를 살펴보면 Lee et al. (1996)은 상품의 경쟁력을 향상시키고 생산성 향상을 돕기 위하여 자동참고 최적 설계 및 자동 견적 지원 시스템을 구축하였다. Jeong et al.(2001)은 합리적인 중고 선가의 책정을 위해 중고선 시장의 특성을 파악하고 선가 결정 요소 및 영향 요소를

도출하여 중고선 선가 견적 시스템을 개발하였다. Kim et al. (2003)은 금형제작의 원가에 미치는 영향 요소를 반영한 사출금형의 견적 지원 시스템을 개발하였다. Kim and Lee(2002)은 건설 프로젝트 초기에 생성되는 견적 정보에 대하여 체계적이고 자동화 된 산출 방안을 제시하여 건설 정보 통합 관리 시스템의 견적 자동화 시스템을 개발하였다. 견적 지원 시스템에 대한 기존 연구를 정리하면 <표 2>와 같다

표 2. 견적 지원 시스템의 기존 연구

기존 연구	주요 내용
Lee et al. (1996)	자동참고 최적 설계 및 자동 견적 지원 시스템 구축
Jeong et al. (2001)	중고 중소형 선가의 견적 시스템 개발
Kim et al. (2003)	QFD(Quality Function Deployment)와 인공지능 기법을 이용한 사출금형의 견적 지원 시스템 개발
Kim and Lee (2002)	건설 정보 통합 관리 시스템의 견적 자동화 시스템 구축

2.3 데이터마이닝

데이터 마이닝은 대량의 실제 데이터로부터, 이전에 잘 알려지지 않는 값이지만, 목시적이고, 잠재적으로 유용한 정보를 추출하는 작업이라고 정의한다(Berry and Linoff, 1997). 즉, 대용량의 데이터베이스에 숨겨져 있는 데이터간의 관계, 패턴, 규칙 등을 찾아내고 이를 모형화하여 기업의 경쟁력 확보를 위한 의사 결정을 돕는 유용한 정보로 변환하는 일련의 과정이다. 이러한 데이터 마이닝이 부각되는 이유를 몇 가지 살펴보면 자료의 효율적 저장을 위한 기술의 발달에 의한 데이터양의 급속한 팽창과 21세기 지식 정보화 사회에서는 새로운 지식의 습득이 경쟁력의 원천이며, 거대한 데이터의 분석을 통하여 새로운 지식의 발견이 가능해졌고, 또한 컴퓨터 성능의 향상과 더불어 거대한 데이터의 실시간 분석이 가능해졌다는 점을 들 수 있다. 종종 데이터 마이닝은 지식발견(KDD, knowledge discovery in database)이라는 용어와 혼용해서 사용하고 있다. 데이터 마이닝은 통계학자, 데이터 분석가, 그리고 데이터베이스 분야에서 많이 사용되는 용어이고, 지식발견은 인공지능이나 기계학습(machine learning)분야에서 자주 사용되는 용어인데 지식발견은 데이터로부터 유용한 정보를 발견하는 전체 프로세스이고 데이터 마이닝은 지식발견 프로세스 중에서 데이터로부터 정보를 추출하기 위하여 기법을 적용하는 특정 단계로 정의 된다(Back and Nam, 2002).

일반적인 지식발견 프로세스는 <그림 3>과 같다(Jhee and Suh, 1998). 먼저 대상 문제에 대한 명세화 또는 지식발견의 목표를 명확하게 정의한 후 지식발견의 대상이 되는 목표 데이

터 집합 또는 변수 집합을 정의하고 만드는 일을 수행된다(selection). 사전처리(preprocessing) 단계는 데이터의 적재, 변환, 클린징을 하는 단계이다. 특히, 데이터 클린징은 데이터 내의 잡음 제거, 망실 데이터 필드에 대한 처리 전략 등에 관한 기본적인 작업을 수행하는 것으로 지식발견 프로세스 중에서 가장 많은 시간과 노력을 요구하는 단계이다. 데이터 변형(transformation) 단계에서는 고려 대상이 되는 변수의 수를 줄이거나 좀더 효과적인 표현을 발견하여 변형시키는 단계이다. 다음은 지식발견의 목표를 가장 효과적으로 달성할 수 있는 데이터 마이닝 방법 또는 알고리즘이 무엇인지 선택하여 데이터 마이닝을 수행하는 단계이다.

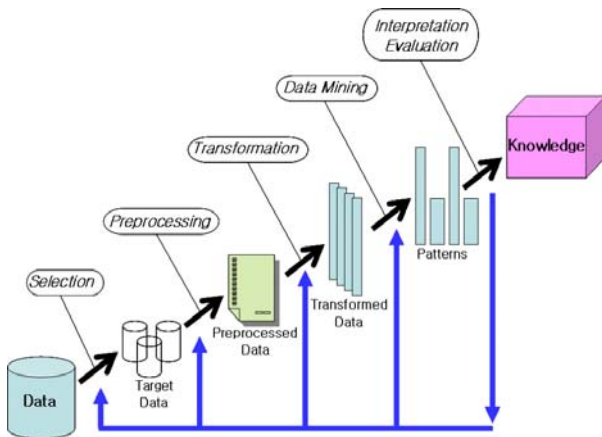


그림 3. 지식발견 프로세스

분류, 군집, 회귀분석 등 다양한 방법을 적용하여 데이터 속에 숨어 있는 패턴을 발견한다(data mining). 마지막으로 발견된 패턴에 대해 사용자가 해석이 가능하게 시각화하고 정의된 평가 기준에 의해 데이터 마이닝의 결과를 평가한다(interpretation & evaluation). 평가가 성공적으로 이루어지지 못한 경우에는 이전 단계로의 회귀와 반복이 필요하다. 성공적인 데이터 마이닝 결과는 의사결정 문제의 해결을 위해 사용되어 진다. <그림 4>는 데이터 마이닝의 여러 기법들을 보여주고 있다.

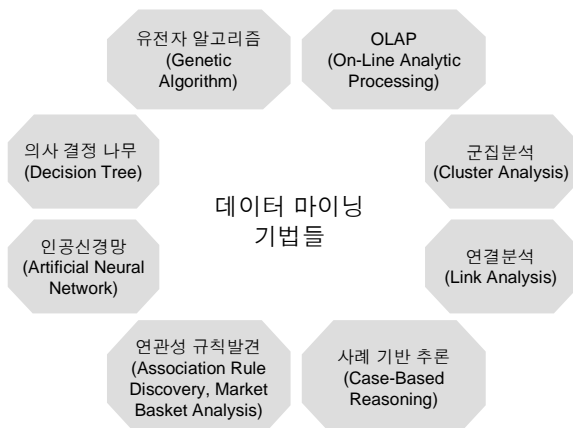


그림 4. 데이터 마이닝 기법들

본 논문에서는 여러 가지 데이터 마이닝 기법중에서 연관성 분석을 활용하여 지식베이스를 얻는다. 연관성 분석이란 데이터 안에 존재하는 항목간의 연관규칙(association rule)을 발견하는 과정을 말한다. 여기서 연관규칙이란 상품을 구매하거나 서비스를 받는 등의 일련의 거래나 사건들의 연관성에 대한 규칙을 말한다[9].

연관규칙은 보통 If A, then B(A → B)로 나타낸다. A → B는 어떤 고객이 A 라는 물건을 사면 B라는 물건도 산다는 것을 의미한다. 여기서, A는 반드시 하나의 물건을 가리키는 않으며 복수의 물건도 가능하지만, B는 대부분의 경우 하나의 물건이다. 이러한 연관성 규칙을 마케팅 활동에 활용하기 위해서는, 그 규칙에 관련된 상품들이 전체 고객 중 상당 %를 차지하는 고객들의 거래 내역에서 발견되어야 하며(지지도), 동시에 A 상품을 산 고객 중에서 상당 %의 고객이 B 상품을 샀어야 한다(신뢰도). 따라서 연관성 규칙을 찾기 위한 알고리즘에서는 사용자가 미리 정한 지지도와 신뢰도의 수치를 입력할 것을 요구한다. 이렇게 찾아낸 연관 규칙에 대해 다시 향상도 값을 계산하여 그 값이 1보다 큰 연관 규칙만을 활용하게 된다. 다음은 지지도, 신뢰도 그리고 향상도에 대한 정의이다.

- 지지도(support) : 연관성 규칙 A → B의 support가 x%라는 것은 전체 고객 중 x%의 고객이 물건 A와 B를 함께 구매했다는 것을 의미한다.

$$Supp(A \rightarrow B) = Pr(A \cap B) = \frac{\text{품목 } A, B \text{를 동시에 포함하는 거래 수}}{\text{전체 거래 수}}$$

- 신뢰도(confidence) : 연관성 규칙 A → B의 confidence가 y%라는 것은 A를 산 고객 중에서 y%의 고객이 B를 샀다는 것을 의미한다.

$$Conf(A \rightarrow B) = Pr(B | A) = \frac{\text{품목 } A, B \text{를 동시에 포함하는 거래 수}}{\text{품목 } A \text{를 포함하는 거래 수}}$$

- 향상도(lift) : 연관성 규칙 A → B의 lift는 P(B|A)/P(B)로 정의된다. 즉, A를 산 고객 중에서 B를 산 고객의 %를, 전체고객 중에서 B를 산 고객의 %로 나눈 값이다. 향상도가 1보다 크면 클수록 품목 간에 양의 상관관계가 많으므로 유용한 연관 규칙이라고 말할 수 있다[9].

$$Lift(A \rightarrow B) = \frac{Pr(B | A)}{Pr(B)} = \frac{\text{품목 } A, B \text{를 동시에 포함하는 거래 수} \times \text{전체 거래 수}}{\text{품목 } A \text{를 포함하는 거래 수} \times \text{품목 } B \text{를 포함하는 거래 수}}$$

연관성 분석의 장점을 살펴보면 if-then의 규칙을 이용하기 때문에 결과가 분명하다. 그리고 이해하기 쉬우며 실제 적용이 용이하다. 또한 거대 자료의 분석의 시작으로 적합

하며 거래 내용에 대한 데이터를 변환 없이 그 자체로 이용할 수 있는 간단한 자료 구조를 가진다. 대부분의 데이터 마이닝 기법들은 목적변수가 뚜렷이 없으면 적용하기 쉽지 않은 반면에 연관성 분석은 사전에 분석 방향이나 목적이 특별히 없는 경우 매우 유용하다. 그리고 변수의 개수가 많은 경우에 쉽게 사용될 수 있으며 계산이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 이에 반해 단점으로는 품목 수의 증가에 따라 계산량이 폭증한다는 것이다. 그리고 구매자의 개인 정보 중 나이 등과 같은 연속형 변수를 사용할 수 없는 자료의 속성에 제한이 있다. 적절한 품목을 결정하는 것에도 많은 어려움이 있고 거래가 드문 품목에 대한 정보를 찾기가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

### 3. 선박용 엔진 공장의 견적 지원 방안

#### 3.1 선박용 엔진의 제품 구성 체계

본 논문은 전형적인 수주 생산 방식을 가지는 선박용 엔진 공장의 견적 작성을 대상으로 한다. 우선 선박용 엔진의 제품 구성 체계를 살펴보면 <그림 5>와 같다. 대표기종은 특정한 제품의 종류를 대표하여 부여한 명칭으로 부품품 조성의 단위가 되고, 상세기종은 특정한 대표기종을 관리 기준에 따라 세분화 하여 분류한 것으로 30~50여 개의 상세기종으로 분류된다. 선박용 엔진의 구성은 엔진을 구성하는 기능적·물리적 관리 단위를 뜻하는 다수의 MS(Main Section)로 나뉘어진다. MS는 또한 부품 구성의 변화, 형상의 변화, 기능의 변화 등과 같은

사양의 변화 또는 관리를 위한 구분 등으로 인하여 파생된 부품군 또는 관리 항목으로서 MS별 대표 번호에 해당하는 MS Variant로 세분화된다. MS 분류 체계는 MS들의 조합이 제품의 사양을 구성하고, 선박용 엔진에 대한 각 사양별 표준과 옵션을 관리한다. 또한 견적·설계·구매·생산·A/S 등 제품 생명주기 전체의 기본 관리 단위이다. 제품 상세설계는 MS별로 수행을 가능하게 하는 특징을 가지고 있다. 그리고 고객의 요구사항을 반영하여 사양을 전개할 때와 고객의 요구사항에 대한 생산가능성 회신 및 사양 제시할 때, 모델별 수익성 분석 등 내부관리를 위한자료를 작성할 때, 영업·설계·생산부분의 효율적인 정보 전달체계가 필요하다.

제품구성 체계를 좀더 상세히 살펴보면 <그림 6>에 표현된 것과 같이 각 기능의 분류는 구조, 구동, 배관, 연소, 의장, 전장 부분으로 6개로 분류 할 수 있다. 선박 이동을 담당하는 대형엔진의 경우는 140~170개의 MS, 선박내의 전원 공급 및 보조엔진의 역할을 담당하는 중형엔진의 경우는 50~90개의 MS로 구성되어 있다. 중형엔진의 경우 선박의 크기에 따라 추진용으로도 사용이 가능하다.

한 개의 MS 내에서는 과거 실적 공사들의 집합체인 대표부품번호가 여러개 존재하며 부품들의 조합으로 이루어져 있다. 대표부품번호라 함은 부품들의 친자를 가진 구조의 묶음을 대표하는 것을 말한다. 예를 들어, 엔진 Piston의 왕복운동을 축회전운동으로 바꾸는 역할을 하는 MS007000(crankshaft complete)의 대표부품번호는 A1900119210, A1923456311, A1900119210이 있는데, 그중에서 제품 한 대당 하나가 선택되어 조립이 된다. 대형 엔진의 경우 140~170개의 MS의 대표부품번호의 조합으로 엔진 완성품이 된다.

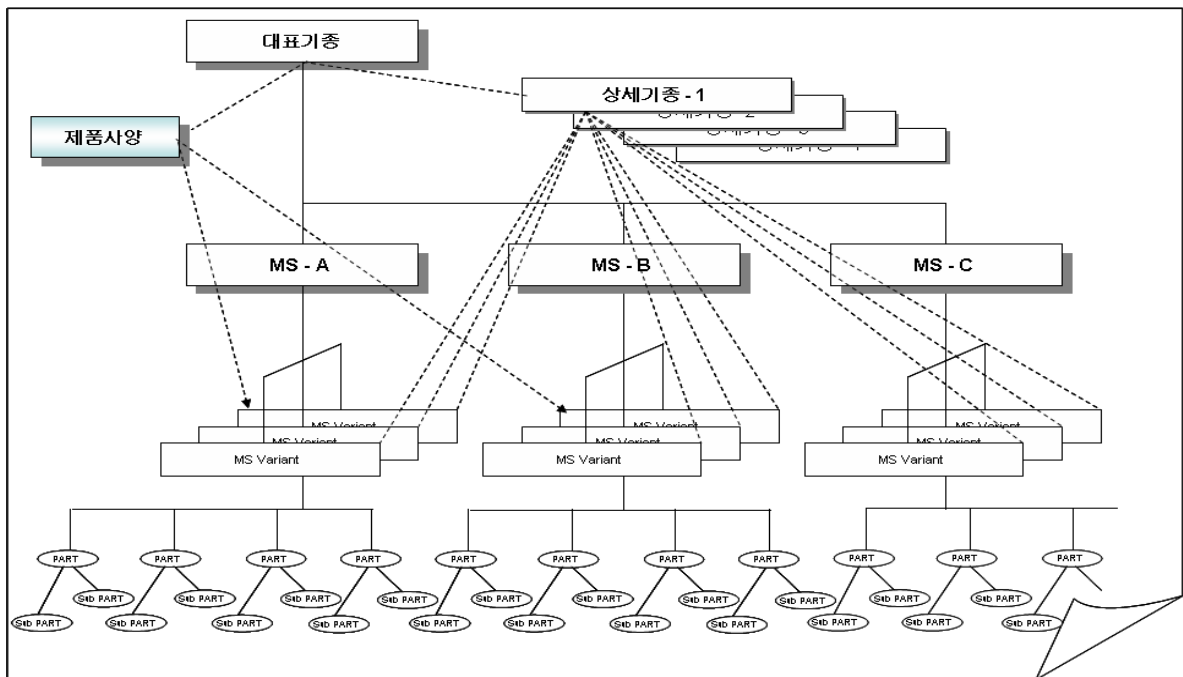
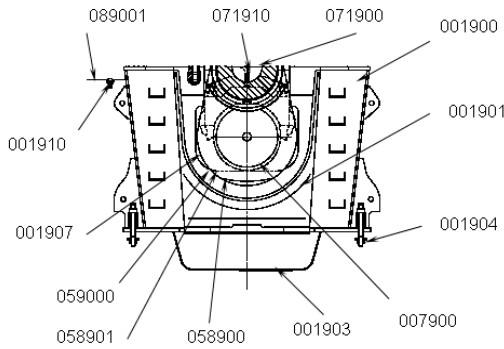


그림 5. 선박용 엔진의 제품구성 체계



기능	MS No.	MS 명
구조	001900	Bed Plate Complete
구조	001901	Fore End Cover Complete
구조	001903	L.O. Outlet Pipe Ass'y
구조	001904	Eng. Seating
구동	001907	Axial Vibration Damper
배관	001910	L.O. Pipe Complete
구동	007000	Crankshaft Complete
구동	058900	Turning Wheel
구동	058901	Torsional Vibration Damper
구동	059000	Turning Gear Complete
구조	071900	Thrust Bearing
배관	071910	Thrust Bearing L.O. Pipe
의장	089001	Platform ARR. - Bed Plate

그림 6. 제품구성 체계 상세

3.2 기존 견적 지원 절차

기존의 선박용 엔진공장의 견적 작성 방법을 간략하게 나타내면 <그림 7>과 같다. 기존의 견적 작성 방법은 수작업으로 과거 실적 자료를 바탕으로 견적의뢰서와 비교·분석한 후 담당자의 과거 경험에 의거하여 가장 유사하다고 판단되는 부품들을 수작업으로 찾아 견적데이터를 적용한다. 이는 담당자의 경험을 토대로 한 주관적인 요인을 내포하기 때문에 비교적 낮은 정확도를 보이고, 과거 실적 자료의 막대한 데이터량을 수작업으로 비교·분석하여 필요 요소를 찾아나가기 때문에 과도한 시간이 소요되고 있다. 이러한 면에서 보다 과학적이면서 체계적인 견적 작성 방법의 개발이 필요하게 되었다.

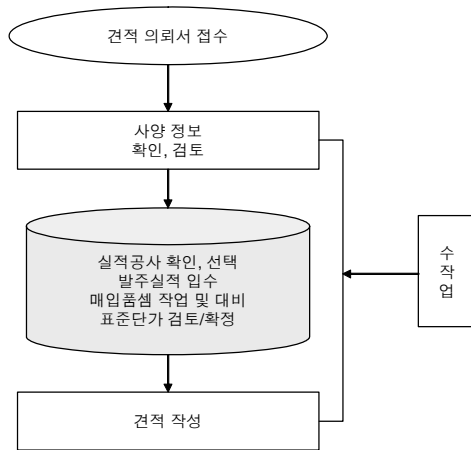


그림 7. 선박용 엔진공장의 기존 견적 작성 절차

기존의 견적 작성 방법을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- Step 1) 견적 의뢰서 접수  
: 엔진 실린더수 확인, 선급 및 사양을 확인한다.
- Step 2) 사양정보 확인 및 검토  
: 기본설계에서 작성된 사양분석 결과표를 참조

- Step 3) 과거 실적 공사 확인 및 검토
- Step 4) 발주 실적 입수
- Step 5) 기 실적가의 부품 단가표(매입품셈) 작업  
: 사전에 제작된 품셈 대비 자료를 활용한다.
- Step 6) 표준 단가 검토/확정 및 매입 품셈 수정  
: 구매부에 현재의 표준 단가 요청하여 품셈 대비 자료와 비교 및 확인한다.
- Step 7) 사내에서 작업되는 부품의 가격산정
- Step 8) Royalty 확인 및 입력
- Step 9) 선급비 입력
- Step 10) 공통 노무비 입력
- Step 11) 견적 총괄표 작성

Step 1~2의 단계는 사업 기획 단계이고, Step 3~6의 단계는 구매품 비용 산정 단계이다. Step 7의 단계는 사내에서 작업되는 부품단가 산정 단계이고, Step 8~10은 기타 경비를 집계하는 단계이며, 이러한 단계를 거쳐서 Step 11의 견적 총괄표가 작성된다.

3.3 연관성 기법을 이용한 견적지원 절차 방안

견적 작성 시 기존의 수작업으로 인한 주관적인 의사 결정 요소와 과도한 시간손실 및 데이터의 신뢰성이 떨어진다는 문제점을 해결하기 위한 방법으로 <그림 8>과 같은 과학적이고 체계적인 방안을 제안하고자 한다. 각 과정에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

- 1단계 : 데이터 추출 및 탐색  
과거의 실적데이터를 바탕으로 기본 데이터 정보를 구성하였다. 엔진 구성의 가장 기본이 되는 MS별로 구분하여 원시 데이터를 구성한다. 상세기종 별로 추출된 MS의 제품사양 및 대표부품번호를 원시데이터에 저장한다. 이때 데이터를 구성하는 결측치가 많은 데이터는 없는지, 한 부분으로 치우친 값들은

없는지 이름은 다르지만 동일한 내용을 갖는 데이터는 없는지 등의 데이터세트에 대한 면밀한 검토가 우선 수행되어야 한다.

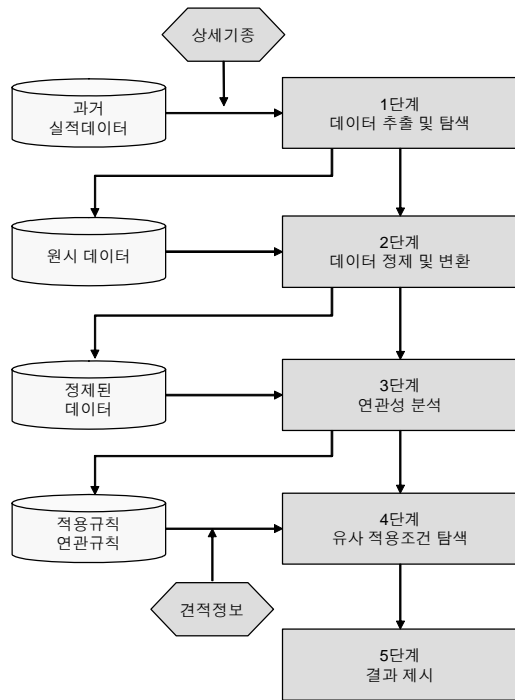


그림 8. 데이터마ining을 이용한 견적 지원절차

2단계 : 데이터 정제 및 변환

전 단계에서 생성된 원시 데이터는 기존의 실적공사에서 그대로 추출한 결과이므로 본 연구에 적합한 데이터 변환 과정이 필요하다. 연관성을 찾기 위한 각 부품항목을 파악하여 목적에 맞는 모형의 데이터로 구성하기 위해 MS별로 요구되는 부품군을 재구성한 데이터 세트를 만들었다. 추출된 원시 데이터는 과거에 실제 MS별로 수주된 데이터의 전체사양을 표시하고 있다. 예를 들면 중형엔진 같은 경우 구성된 80여개의 MS가운데 MS045100는 과거 수행된 공사의 대표부품번호는 B9900366743과 B9900402311 등 12개의 각각 서로 다른 대표부품번호로 구성되어 있고 대표번호에 따른 개별 부품정보까지도 통합되어 저장되어 있었다. 이러한 원시 데이터를 추출된 MS번호에 따라 각 대표번호를 구분한다. 나누어진 대표번호마다 각각의 사용된 부품으로 분류한 정보로 세분화하여 변환된 정제된 데이터를 마련한다. <표 3>은 정제된 데이터세트의 예이다. 즉, MS045100는 12가지의 대표부품번호로 구성된다. 또한 각 대표부품번호별로 5가지씩의 고객 요구 사양이 존재했다. 적용 인자는 고객 요구 사양에 맞추어 사용된 부품의 명칭 또는 부품을 제작한 Maker명이다. <표 3>에서 대표부품번호 B9900366743을 고객 요구 사양에 따른 적용 인자를 살펴보면 압력에 의한 온도, 연료의 종류, Local Control Panel 적용의 맞는 사양으로 구성된 것이다. <그림 9>는 <표 3>의 적용인자들의(\*) 사용빈도를 나타낸다.

표 3. 정제된 데이터 세트의 예

MS	부품번호		요구사항
045100	B9900366743	411030(*)	Unit Description of Instruments :
045100	B9900366743	422010(*)	Fuel Oil Specification :
045100	B9900366743	491010(*)	Type of Local Control Panel
045100	B9900366981	411030	Unit Description of Instruments :
045100	B9900366981	422010	Fuel Oil Specification :
045100	B9900366981	491010	Type of Local Control Panel
045100	B9900402311	411030	Unit Description of Instruments :
045100	B9900402311	422010	Fuel Oil Specification :
045100	B9900476722	411030	Unit Description of Instruments :
045100	B9900476722	422010	Fuel Oil Specification :
045100	B9900476962	422010	Fuel Oil Specification :
045100	B9900476962	411030	Unit Description of instruments:

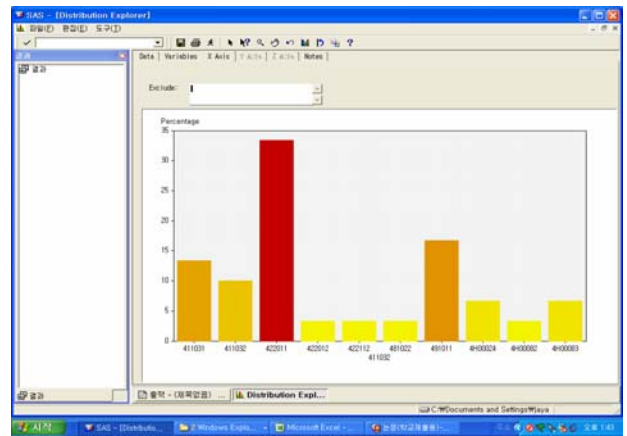


그림 9. MS045100의 적용인자 사용빈도

3단계 : 연관성 분석

정제된 데이터를 바탕으로 연관성 분석을 실시하는 단계이다. 연관성 분석이란 데이터 안에 존재하는 항목간의 연관규칙(association rule)을 발견하는 과정을 뜻한다. 여기서 연관규칙이란 상품을 구매하거나 서비스를 받는 등의 일련의 거래나 사건들의 연관성에 대한 규칙을 말한다. 본 논문에서는 정제된 데이터를 SAS Enterprise Miner를 통해서 각 부품들 사이의 수많은 연관성 규칙 중에서 지지도 및 신뢰도, 향상도에 근거하여 일반화 할 수 있는 의미 있는 규칙을 탐색한다. 연관성 규칙의 3가지 평가기준이 있는데 지지도는 잘 구매되지 않는 품목의 경우 작은 값을 가지게 되어 있다.

즉, 두 부품이 연관이 깊어도 지지도는 작을 수 있다는 것이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 한 부품이 구매되었을 때 다른 부품이 추가로 구매될 확률을 보는 것이 신뢰도이다. 그리고 향상도 값은 1에 가까우면 독립, 1보다 작으면 음의 연관관계, 1보다 크면 양의 연관관계를 나타내는데 의미 있는 연관성 규칙이 되려면 향상도 값이 1이상이 되어야 한다.

<그림 10>은 SAS Enterprise Miner에서 구성한 분석 흐름도

이다. Input Data Source 노드에 MS045100의 정제 데이터셋을 선택하고 Data Partition 노드에서 표본추출 방법을 단순임의추출로 분석용(Train)으로 100%를 사용하였다. Association 노드를 사용하여 연관규칙을 탐색하였다.

<그림 11>은 <표 3>의 데이터를 가지고 연관성 분석을 한 결과의 예이다. 연관성 분석 시 최소 신뢰도를 80%, 최대 항목 고려수를 6으로 하여 117가지의 연관 규칙을 찾을 수 있었다. 최대 항목 고려수의 선택은 MS별로 적용되는 고객 요구 사양이 최대 100가지를 넘지 않기 때문이다.

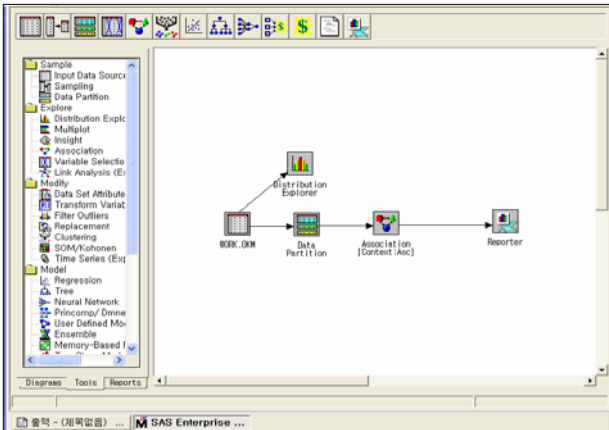


그림 10. SAS Enterprise Miner 분석 흐름도

한 대표부품번호를 찾아준다.

각 MS에서 견적 의뢰된 제품과 동일한 사양을 가지는 대표 부품번호가 존재 한다면 그 대표부품번호를 선택하면 되지만 제품마다 고객의 요구 사양이 다양한 선박용 엔진 공장에서는 동일한 사양이 없는 경우가 많다. 연관성 분석 결과 값에 고객이 요구 사양의 각 적용 인자를 비교하여 최대한 일치하는 부분까지를 찾아 낸 뒤 일치하지 않는 부분의 인자는 향상도가 높은 인자의 대표부품번호를 선택한다.

SAS Enterprise Miner 통해 연관성 분석을 한 결과 MS별로 고객 요구 사양의 연관 규칙을 찾을 수 있었고 그에 따른 연관 규칙간의 향상도와 신뢰도 및 지지도에 근거하여 수주 조건에 가장 유사한 MS의 대표부품번호를 찾아낼 수 있었다. 대표부품번호가 부여된 MS는 과거에 수주된 실적 데이터로 설계 후에 나오는 견적 확정가가 이미 정해져 있기 때문에 이 각각의 MS번호별로 가장 유사한 대표부품번호를 조합하여 견적의뢰된 제품의 전체 견적정보 또한 보다 정확하고 신속하게 산출해 낼 수 있다. 그러므로 각각의 MS별로 연관성 분석의 결과를 데이터베이스화한다면 앞으로 있을 견적 의뢰에 충분히 대비할 수 있다. 추출된 MS의 대표부품번호별로 이미 작성되어 있는 견적정보를 합산하면 최종 견적정보가 나오게 되고 이는 고객에게 발송된다. 이는 고객이 수주를 할 것인지 판단하는 자료가 되고 또한 수주 협의에 중요한 자료가 된다.

Rules	Relations	Lift	Support(%)	Confidence(%)	Transaction Count	Rule
1	2, 2.20	36.36	80.00	4.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
2	2, 2.20	36.36	100.00	4.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
3	2, 1.10	27.27	36.00	3.00	422011 ~ 411032	411032 ~ 422011
4	2, 1.10	18.18	100.00	2.00	411032 ~ 422011	422011 ~ 411032
5	2, 1.10	18.18	100.00	2.00	411032 ~ 422011	422011 ~ 411032
6	2, 2.20	18.18	100.00	2.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
7	2, 2.20	18.18	40.00	2.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
8	2, 2.20	18.18	100.00	2.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
9	2, 2.20	18.18	100.00	2.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
10	2, 2.20	18.18	50.00	2.00	411031 ~ 411031	411031 ~ 411031
11	2, 1.10	9.09	50.00	1.00	411032 ~ 411032	411032 ~ 411032
12	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	411032 ~ 411032	411032 ~ 411032
13	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	411032 ~ 411032	411032 ~ 411032
14	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422011 ~ 411032	411032 ~ 422011
15	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422011 ~ 411032	411032 ~ 422011
16	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422011 ~ 411032	411032 ~ 422011
17	2, 2.20	9.09	25.00	1.00	411031 ~ 422012	422012 ~ 411031
18	2, 2.20	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411031	411031 ~ 422012
19	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	411032 ~ 422011	422011 ~ 411032
20	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411032	411032 ~ 422012
21	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411032	411032 ~ 422012
22	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411032	411032 ~ 422012
23	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411032	411032 ~ 422012
24	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	411032 ~ 411032	411032 ~ 411032
25	2, 1.10	9.09	100.00	1.00	422012 ~ 411032	411032 ~ 422012
26	2, 2.20	9.09	25.00	1.00	411031 ~ 422012	422012 ~ 411031
27	2, 2.20	9.09	100.00	1.00	411031 ~ 422012 & 411031	411031 ~ 422012 & 411031
28	3, 2.06	27.27	60.00	3.00	411031 ~ 411031 & 422011	411031 ~ 411031 & 422011
29	3, 2.06	27.27	75.00	3.00	411031 ~ 411031 & 422011	411031 ~ 411031 & 422011
30	3, 2.20	27.27	100.00	3.00	422011 & 411031 ~ 411031	411031 ~ 422011 & 411031

그림 11. 연관성 분석 결과의 예

4단계 : 유사 적용 조건 탐색

연관성 분석의 결과를 바탕으로 지식베이스를 만들어 저장한다. 각 MS별로의 적용조건에 대한 연관성 규칙이 다르게 데이터베이스화 되어 있다. 만약, 견적 정보에서 고객이 요구하는 사양 정보가 입수되면, 해당 적용조건을 선택하여 그 조건에 맞는 대표부품번호를 찾아간다.

5단계 : 적용 결과 제시

고객이 요구하는 사양 정보를 입력 받아서 지식베이스에 저장된 MS 별로의 적용조건의 연관 규칙을 탐색하여 가장 유사

4. 견적 지원 적용 사례

연관성 분석에 따른 데이터를 실제 생산된 제품의 개별 MS의 견적정보 산출을 통해서 정확도 및 신속성을 비교·분석해 본다. 수주를 구성하는 각각의 MS단위에 단위에 대하여 구성부품 수와 견적가격을 대상으로 실제 적용된 값과 견적(추정)값의 절대오차를 구하며, 수주에 대한 평가척도는 이들의 평균값을 비교하였다. 사용된 데이터는 A사의 중형엔진 중에서 발전용 디젤엔진의 대표기종을 대상으로 2002년 이후 실적 자료에서 추출하였다. 관련된 개별 MS는 50~90개로 구성되어지며, 사례에 대한 분석 결과는 각각 <부록 1>, <부록 2> 정리되어 있다. 상세한 연구 진행 방법은 <그림 8>에서와 같은 흐름으로 다음의 3~5단계를 적용한 사례이다.

3단계 : 연관 규칙의 데이터베이스화

중형엔진의 대표기종의 MS045100에 대하여 SAS Enterprise Miner를 이용한 연관성 분석 결과를 데이터베이스화 한 것을 <그림 12>에서 볼 수 있다.

4단계 : 유사적용 조건 탐색

과거 생산된 제품을 대표기종별 MS로 분류된 정보를 <그림 13>으로 정리하였다. 예를 들어 B9900697491의 대표부품번호는 411032, 422011 이라는 적용조건의 값을 가지고 부품구성이



되어 있고, B9900486040은 411032, 422011, 422112라는 적용조건의 값으로 구성되어 있다.

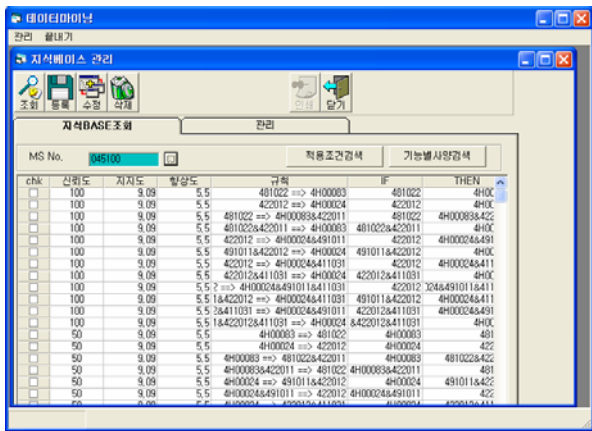


그림 12. 연관성 분석 결과 데이터베이스

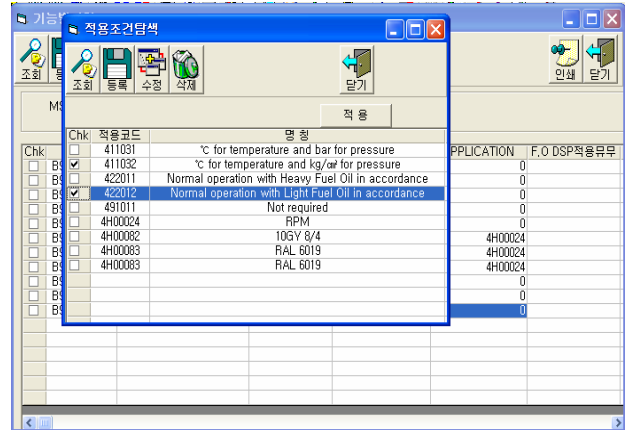


그림 14. 적용조건 선택

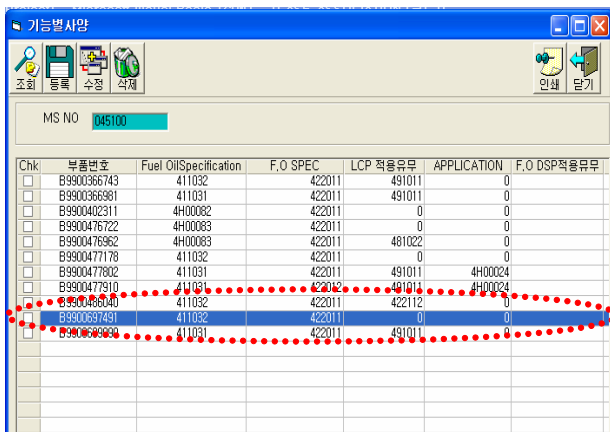


그림 13. MS별 기능 사양표



그림 15. 탐색된 결과 값

**5단계 : 결과제시**

MS045100에 대하여 견적정보의 적용 조건이 <그림 14> 411032, 422012의 값이 선택되어진 것을 볼 수 있다.

그러면, 이 적용 조건에 정확히 맞는 사양이 없을 경우에는 다음과 같은 단계로 적용조건을 찾아 들어간다.

- STEP1) 적용조건의 입력값을 읽는다.
- STEP2) MS별 기능사양표에 정확히 맞는 적용조건을 찾는다.
- STEP3) 정확히 일치하는 사양이 있으면 그에 해당되는 대표부품번호를 가지고 온다.
- STEP4) 일치하는 사양이 없으면 <그림 12>의 연관성 분석 결과 데이터베이스 정보에서 적용조건별 연관 규칙을 탐색한다.
- STEP5) 향상도, 신뢰도, 지지도의 우선 순위로 하여 적용 조건을 탐색해나간다.

그 결과로 나타난 정보가 <그림 15>의 탐색된 결과 값으로

앞에서 제시한 1~5단계의 과정을 각 MS별로 적용하여 연관 규칙지식베이스를 만들고, 산출한 결과의 상세자료는 <부록 1>, <부록 2>에 나타나 있다. 그 내용을 정리하여 요약하면 <표 4>와 같다. 수작업에 의해서 산출된 결과(A)와 본 연구에서 제시한 방법으로 산출된 결과(B), 그리고 실제 적용된 것(C)의 사양차이 및 MS 개별 부품수 절대치 오차, 부품 가격 절대치 오차를 정리하였다.

부품수와 견적가격이 초과견적 되는 경우와 미달되는 경우도 모두 페널티를 부과하여 평균오차 을 구한 내용을 상세히 살펴보면, 수작업 결과(A)에 의한 산출은 과거의 오랜 경험치를 바탕으로 고객의 정보를 받아 수작업으로 처리하다 보니 실제 적용한 것과 상당한 차이를 보이고 있다. MS 그룹 자체가 누락되거나 실제로 적용되지 않는 그룹이 추가되는 경우가 발생하였고, MS별 개별 가격을 비교하더라도 일치하는 것이 거의 없다. 즉, 수작업에 의한 MS별 부품수의 평균 절대오차는 사례 1은 4.2개, 사례 2는 3.5개를 나타내고 있으며, 부품 가격의 평균 절대오차는 사례 1은 2,032,739원이고 사례 2는 423,339원의 결과가 도출되었다.

표 4. 부품 및 견적이 산출 사례 결과요약

	구분	MS 개수	MS 사양차이	MS개별 부품수 평균 절대오차	MS개별 부품 가격 평균 절대오차
사례1	실제적용 (C)	78			
	수작업 (A)	76	누락 : 11 추가 : 9	4.2	2,032,739
	지식베이스 추출(B)	78	모두 일치	0.2	286,284
사례2	실제적용 (C)	57			
	수작업 (A)	61	누락 : 2 추가 : 6	3.5	423,339
	지식베이스 추출(B)	57	모두 일치	0.1	20,634

본 연구에서 제시한 지식베이스 추출 결과(B)를 보면 해당되는 MS는 실제로 적용되는 MS와 동일하게 적용되었고, 또한 MS별 부품수의 평균 절대오차는 사례 1은 0.2개, 사례 2는 0.1개를 나타내고 있으며, 부품 가격의 평균 절대오차는 사례 1은 286,284원 이고 사례 2는 20,634원의 결과가 도출되어 실제와 거의 동일하게 적용된 것을 볼 수가 있다. 또한 수작업으로 견적정보를 산출 할 경우 평균적으로 4일 가량의 소요시간이 필요고, 경우에 따라서는 수작업이 20여일 가량의 시간이 소요되는 경우도 있었다. 그러나 본 연구에서 제시한 방법으로 수행하면 1시간 이내에 보다 정확한 견적정보를 산출할 수 있었고, MS별로 구성된 부품별 대한 견적정보의 정확도를 한층 더 높일 수가 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 대표적 수주생산 시스템을 따르는 선박용 엔진 공장의 견적의뢰 과정에서 정확한 견적 산출을 지원할 수 있는 방안으로 데이터 마이닝의 연관성 분석을 활용하여 견적 지원 방안을 제시하였다. 서론 부분에서 말했듯이 정확한 견적 산출의 의미는 견적 가격 산출과 공정계획(부품산출)의 정확성 보장 및 생산일정 등의 신뢰성의 보장에 기여하게 된다.

기존 실적 데이터에 기초하여 담당자가 경험에 의해 수작업으로 견적을 작성하던 방법에 비교하여 각 MS별 연관성을 분석하여 견적의뢰 된 수주 제품에 견적을 작성하는 본 연구는 연관성 분석을 통해 부품간의 향상도 및 신뢰도, 지지도를 고려한 부품간의 연관성을 빠르고 과학적으로 분석하여 신뢰성을 높였고, 수주 의뢰 된 제품 사양에 가장 유사한 대표부품번호를 찾아 견적 작성시 발생할 수 있는 기업의 오차에 대한 손실을 최소한으로 줄일 수 있는 토대를 마련하였다. 또한 과거 실적 데이터를 미리 분석하여 부품간의 연관성을 데이터베이스에 저장함으로써, 유사수주 발생 시 신속한 의사결정을 내릴 수 있는 체계를 마련하였다

견적 관리 업무는 특성상 매출 업무에 지대한 영향을 준다. 신속·정확한 의사 결정을 지원할 수 있도록 연관된 체계가 지원되어야 한다. 특히 견적 원가 중 많은 부분을 차지하는 재료비 산정은 수많은 구성 부품으로 이루어져 있어 그에 따른 관리방법과 견적 업무와의 연계가 중요시되고 있다. 그렇기 때문에 향후 연구에서는 수주가 확정된 제품에 대한 예산 편성시 각 부품별 발주단가에 대한 정보를 파악하여 부품별 재료비의 변화에 대한 패턴을 찾아 정확한 원가관리를 지원할 수 있는 체계 연구가 필요하다.

부록 1. 부품 및 견적이 오차 비교(사례 1)

(가격단위 : 원)

MS_NO			MS별 부품수			부품수 기준 절대오차		가격			견적가격 기준 절대오차	
실제 적용(C)	수작업 (A)	지식베이스 추출(B)	실제 적용(C)	수작업 (A)	지식베이스 추출(B)	C-A	C-B	실제 적용(C)	수작업(A)	지식베이스 추출(B)	C-A	C-B
001902	001902	001902	4	6	4	2	0	764,340	1,111,280	764,340	346,940	0
011000	011000	011000	7	7	7	0	0	310,740	19,007,920	310,740	18,697,180	0
011100		011100	1		1	1	0	5,040		5,040	5,040	0
011200	011200	011200	6	7	6	1	0	13,431,900	22,864,252	13,431,900	9,432,352	0
013000	013000	013000	43	42	42	1	1	34,508,370	26,205,580	11,558,370	8,302,790	22,950,000
013250	013250	013250	10	8	10	2	0	4,632	5,898	4,632	1,266	0
015000	015000	015000	61	45	61	16	0	10,550,550	10,518,460	10,550,550	32,090	0
017000	017000	017000	26	26	26	0	0	17,316,840	23,059,120	17,316,840	5,742,280	0
019100	019100	019100	6	4	5	2	1	4,022,840	3,330,800	3,912,840	692,040	110,000
019300	019300	019300	43	22	43	21	0	6,111,450	6,263,630	6,111,450	152,180	0
021100	021100	021100	43	35	51	8	8	4,581,250	4,469,810	5,781,750	111,440	1,200,500
021200	021200	021200	29	25	30	4	1	20,970,340	5,409,260	21,070,340	15,561,080	100,000
021800	021800	021800	7	6	8	1	1	1,285,194	1,712,800	1,435,194	427,606	150,000
022000	022000	022000	1	1	1	0	0	871,500	1,190,000	871,500	318,500	0
023000	023000	023000	2	1	2	1	0	4,851,000	784,000	4,851,000	4,067,000	0
025000	025000	025000	6	5	6	1	0	1,910,100	1,797,440	1,910,100	112,660	0
025300	025300	025300	1	1	1	0	0	890	1,187	890	297	0
031100	031100	031100	24	25	24	1	0	25,289,012	16,675,908	25,289,012	8,613,104	0
032000	032000	032000	48	44	48	4	0	3,530,040	4,596,158	3,530,040	1,066,118	0
033000	033000	033000	11	12	11	1	0	1,688,210	5,158,280	1,688,210	3,470,070	0

033300	033300	033300	14	14	14	0	0	10,653,080	12,631,240	10,653,080	1,978,160	0
033400	033400	033400	5	5	5	0	0	1,722,180	325,112	1,722,180	1,397,068	0
035000	035000	035000	21	22	21	1	0	2,198,370	7,420,360	2,198,370	5,221,990	0
041000	041000	041000	10	9	10	1	0	2,609,469	3,475,192	2,609,469	865,723	0
042000	042000	042000	7	7	7	0	0	1,787,160	2,657,440	1,787,160	870,280	0
042003	042003	042003	11	9	11	2	0	751,860	1,802,640	751,860	1,050,780	0
042100	042100	042100	1	1	1	0	0	6,150	7,800	6,150	1,650	0
042300	042300	042300	1	1	1	0	0	540,000	720,000	540,000	180,000	0
045000	045000	045000	46	42	46	4	0	3,090,673	4,090,673	3,090,673	1,000,000	0
045001	045001	045001	3	37	3	34	0	953	2,519,600	953	2,518,647	0
045002	045002	045002	28	5	27	23	1	7,539,290	2,480,000	7,473,290	5,059,290	66,000
045003	045003	045003	7	2	7	5	0	58,797	1,720,000	58,797	1,661,203	0
045100	045100	045100	10	15	10	5	0	2,079,819	546,112	2,079,819	1,533,707	0
045101	045101	045101	30	17	30	13	0	219,110	90,024	219,110	129,086	0
045102	045102	045102	1	1	1	0	0	41,280	75,600	41,280	34,320	0
046000	046000	046000	4	3	4	1	0	110,700	442,000	110,700	331,300	0
046001		046001	4		4	4	0	1,637,400		1,637,400	1,637,400	0
046002		046002	2		2	2	0	681,600		681,600	681,600	0
046003		046003	1		1	1	0	13,800,000		13,800,000	13,800,000	0
047000		047000	4		4	4	0	44,640		44,640	44,640	0
051000	051000	051000	14	11	14	3	0	6,037,390	7,908,320	6,037,390	1,870,930	0
052000	052000	052000	5	8	5	3	0	889,830	3,324,200	889,830	2,434,370	0
052300	052300	052300	1	6	1	5	0	7,140	9,142,540	7,140	9,135,400	0
053000	053000	053000	21	19	21	2	0	1,854,399	2,461,352	1,854,399	606,953	0
056000	056000	056000	26	21	26	5	0	1,402,350	1,115,880	1,402,350	286,470	0
061000	061000	061000	3	1	3	2	0	4,874,200	6,480,000	4,874,200	1,605,800	0
062000	062000	062000	8	7	8	1	0	230,940	288,320	230,940	57,380	0
063000	063000	063000	42	35	42	7	0	7,083,090	6,020,520	7,083,090	1,062,570	0
064000	064000	064000	6	5	6	1	0	965,816	1,277,875	965,816	312,059	0
064001	064001	064001	6	6	6	0	0	50,730	80,720	50,730	29,990	0
065000	065000	065000	10	11	10	1	0	387,050	599,667	387,050	212,617	0
066000	066000	066000	4	4	4	0	0	65,400	87,200	65,400	21,800	0
068001		068001	2		2	2	0	77,280		77,280	77,280	0
069000	069000	069000	9	8	9	1	0	434,340	1,133,040	434,340	698,700	0
069902	069902	069902	2	2	2	0	0	96,870	129,160	96,870	32,290	0
071000	071000	071000	16	10	15	6	1	1,679,300	1,684,460	1,671,700	5,160	7,600
074000	074000	074000	8	7	8	1	0	1,422,716	1,883,675	1,422,716	460,959	0
075000	075000	075000	11	11	11	0	0	699,630	942,840	699,630	243,210	0
076000	076000	076000	4	11	5	7	1	714,180	4,323,920	1,029,180	3,609,740	315,000
077000	077000	077000	18	20	18	2	0	1,011,300	1,308,480	1,011,300	297,180	0
078000	078000	078000	16	16	16	0	0	535,800	1,570,400	535,800	1,034,600	0
081000	081000	081000	9	12	9	3	0	2,425,450	4,482,420	2,425,450	2,056,970	0
082000	082000	082000	3	4	3	1	0	15,862,560	13,430,080	15,862,560	2,432,480	0
083000	083000	083000	10	10	10	0	0	1,284,270	1,876,944	1,284,270	592,674	0
084000	084000	084000	15	16	15	1	0	404,220	515,800	404,220	111,580	0
088000	088000	088000	22	19	22	3	0	726,330	1,121,760	726,330	395,430	0
089000	089000	089000	1	1	1	0	0	1,494,000	2,060,000	1,494,000	566,000	0
091000	091000	091000	55	69	55	14	0	4,466,946	5,397,466	4,466,946	930,520	0
098002	098002	098002	1	1	1	0	0	4,842,000	8,160,000	4,842,000	3,318,000	0
098310		098310	3		3	3	0	580,000		580,000	580,000	0
098312		098312	1		1	1	0	2,200,000		2,200,000	2,200,000	0
098330		098330	2		2	2	0	2,355,000		2,355,000	2,355,000	0
098334	098334	098334	1	1	1	0	0	5,420,000	7,500,000	5,420,000	2,080,000	0
098360	098360	098360	2	2	2	0	0	145,300	145,300	145,300	0	0
098370	098370	098370	4	2	4	2	0	9,217,600	7,040,400	9,217,600	2,177,200	0
098900		098900	26		26	26	0	6,594,360		6,594,360	6,594,360	0
098901	098901	098901	11	7	11	4	0	2,493,713	3,095,880	2,493,713	602,167	0
098904		098904	23		22	23	1	782,180		774,580	782,180	7,600
	098902			8		8	0		629,600		629,600	0
	019101			1		1	0		747,200		747,200	0
	045005			6		6	0		18,534		18,534	0
	045006			27		27	0		250,280		250,280	0
	045007			11		11	0		750,400		750,400	0
	045035			1		1	0		780,000		780,000	0
	056001			7		7	0		92,232		92,232	0
	098001			3		3	0		1,761,120		1,761,120	0
	098311			1		1	0		2,800,000		2,800,000	0
	총계		1,010	940	1,016	364	16	293,390,449	309,583,561	272,014,749	176,848,262	24,906,700
					평균오차	4.2	0.2			평균오차	2,032,739	286,284

부록 2. 부품 및 견적가 오차 비교(사례 2)

(가격단위 : 원)

MS_NO			MS별 부품수			부품수 기준 절대오차		가격			견적가격 기준 절대오차		
실제 적용(C)	수작업 (A)	지시베이스 추출(B)	실제 적용(C)	수작업 (A)	지시베이스 추출(B)	C-A	C-B	실제 적용(C)	수작업(A)	지시베이스 추출(B)	C-A	C-B	
001902	001902	001902	4	4	4	0	0	474,800	474,900	474,800	100	0	
011000	011000	011000	9	12	9	3	0	9,093,620	10,093,620	9,093,620	1,000,000	0	
013000	013000	013000	32	30	32	2	0	3,229,120	3,209,120	3,229,120	20,000	0	
015000	015000	015000	62	62	62	0	0	16,633,580	16,645,000	16,633,580	11,420	0	
017000	017000	017000	24	25	22	1	2	10,573,800	10,593,800	9,573,876	20,000	999,924	
019100	019100	019100	5	5	5	0	0	1,420,960	1,435,000	1,420,960	14,040	0	
019300	019300	019300	52	58	52	6	0	6,826,280	7,026,280	6,826,280	200,000	0	
021200	021200	021200	32	26	32	6	0	15,846,800	13,846,800	15,846,800	2,000,000	0	
021800	021800	021800	12	12	12	0	0	940,032	943,032	940,032	3,000	0	
022000	022000	022000	1	1	1	0	0	73,500	76,500	73,500	3,000	0	
023000		023000	2		2	2	0	3,234,000		3,234,000	3,234,000	0	
025000	025000	025000	7	7	7	0	0	2,355,640	2,355,640	2,355,640	0	0	
033000	033000	033000	11	10	11	1	0	11,005,760	12,005,760	11,005,760	1,000,000	0	
033300	033300	033300	10	8	10	2	0	5,328,180	5,928,180	5,328,180	600,000	0	
033400	033400	033400	7	7	7	0	0	1,698,600	1,697,600	1,698,600	1,000	0	
035000	035000	035000	25	28	20	3	5	6,810,124	7,110,124	6,610,134	300,000	199,990	
041000	041000	041000	12	12	12	0	0	1,717,348	1,718,348	1,717,348	1,000	0	
042001	042001	042001	5	5	5	0	0	237,120	267,120	237,120	30,000	0	
042003	042003	042003	10	23	10	13	0	870,820	870,850	870,820	30	0	
042100	042100	042100	2	2	2	0	0	8,306	9,306	8,306	1,000	0	
042300	042300	042300	1	1	1	0	0	360,000	360,000	360,000	0	0	
045000	045000	045000	19	22	19	3	0	3,343,283	3,943,283	3,343,283	600,000	0	
045001	045001	045001	53	49	53	4	0	1,852,639	1,858,639	1,852,639	6,000	0	
045002	045002	045002	37	35	37	2	0	2,922,575	1,922,575	2,922,575	1,000,000	0	
045003	045003	045003	11	11	11	0	0	189,640	189,640	189,640	0	0	
045004	045004	045004	1	1	1	0	0	960,000	960,000	960,000	0	0	
046000	046000	046000	2	2	2	0	0	2,400,000	1,600,000	2,400,000	800,000	0	
046001	046001	046001	2	2	2	0	0	456,506	426,506	456,506	30,000	0	
051000	051000	051000	25	22	25	3	0	5,107,060	5,407,060	5,107,060	300,000	0	
052000	052000	052000	12	12	12	0	0	280,064	380,064	280,064	100,000	0	
052300	052300	052300	5	10	5	5	0	19,230	319,230	19,230	300,000	0	
053300	053300	053300	19	19	19	0	0	1,147,488	1,123,490	1,147,488	23,998	0	
056001	056001	056001	22	18	22	4	0	885,310	785,310	885,310	100,000	0	
061000	061000	061000	5	5	5	0	0	2,274,180	2,274,180	2,274,180	0	0	
062000	062000	062000	8	7	8	1	0	5,280,340	5,580,340	5,280,340	300,000	0	
063000	063000	063000	26	26	28	0	2	2,829,880	2,829,800	2,929,879	80	99,999	
064000	064000	064000	5	5	5	0	0	729,550	729,900	729,550	350	0	
064001	064001	064001	3	3	3	0	0	18,600	34,327	18,600	15,727	0	
065001	065001	065001	16	14	16	2	0	820,100	720,100	820,100	100,000	0	
067000	067000	067000	7	7	7	0	0	215,208	215,000	215,208	208	0	
068500	068500	068500	1	1	1	0	0	39,600	42,600	39,600	3,000	0	
069000	069000	069000	3	3	3	0	0	129,160	134,000	129,160	4,840	0	
069902	069902	069902	2	2	2	0	0	68,400	69,400	68,400	1,000	0	
071100	071100	071100	10	10	10	0	0	1,634,660	1,634,660	1,634,660	0	0	
071200		071200	10		10	10	0	836,660		836,660	836,660	0	
074000	074000	074000	4	4	4	0	0	464,590	464,590	464,590	0	0	
075000	075000	075000	9	9	9	0	0	438,760	438,700	438,760	60	0	
076000	076000	076000	11	11	11	0	0	510,500	510,500	510,500	0	0	
078000	078000	078000	26	22	26	4	0	884,520	784,520	884,520	100,000	0	
078101	078101	078101	27	25	27	2	0	604,720	704,720	604,720	100,000	0	
081001	081001	081001	9	9	9	0	0	1,692,400	169,200	1,692,400	1,523,200	0	
082000	082000	082000	2	2	2	0	0	7,036,000	7,054,000	7,036,000	18,000	0	
083000	083000	083000	11	11	11	0	0	1,214,529	1,214,500	1,214,529	29	0	
084000	084000	084000	20	20	20	0	0	5,117,420	5,117,000	5,117,420	420	0	
088000	088000	088000	15	15	15	0	0	739,360	739,000	739,360	360	0	
089000	089000	089000	34	30	34	4	0	8,191,881	6,191,800	8,191,881	2,000,081	0	
098900	098900	098900	17	17	17	0	0	156,950	156,900	156,950	50	0	
	091000			55		55	0		2,367,774		2,367,774	0	0
	098002			22		22	0		1,345,345		1,345,345	0	0
	098310			22		22	0		3,234,567		3,234,567	0	0
	098312			13		13	0		345,322		345,322	0	0
	098330			12		12	0		2,342,345		2,342,345	0	0
	098334			15		15	0		332,345		332,345	0	0
총계			814	938	809	222	9	160,230,152	163,360,211	159,130,237	26,670,351	1,299,913	
					평균오차	3.52	0.14			평균오차	423,339	20,634	

## 참고문헌

- Ahn, K. I. and Kim, S. J.(2003), A New Interestingness Measure in Association Rules Mining, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 29(1), 41-48.
- Back, D. H. and Nam, J. K.(2002), The Semiconductor Yield Improve System using Data Mining, *2002 IE & MS Spring Conference Papers*, 293-300.
- Berry, J. and Linoff, G.(1997), *Data Mining Technique: For Marketing, Sales, and Customer Support*, John Wiley & Sons.
- Chun, S. H. and Ock, Y. S.(2003), Development of DBR Scheduling System in Make-to-Order manufacturing environment, *2003 IE & MS Spring Conference Papers*, 445-449.
- Henry, L. C. and Kingsman, B. G.(1989), Production planning systems and their applicability to make-to-order companies, *European Journal of Operations Research*, 40(1), 1-15.
- Je, M. K. and Ock, Y. S.(2003), Development of scheduling system under Make-to-Order Environments: Ship equipment and marine machinery company, *2003 IE & MS Spring Conference Papers*, 430-434.
- Jeong, J. W., Kang, B. Y., and Kim, S. Y.(2001), A Study on the Development of Evaluation System for the Second-handed Middle & Small Ship, *Bulletin of the Society Naval Architects of Korea*, 55-58.
- Jhee, W. C. and Suh, M. S.(1998), DSS Architectures to Support Data Mining Activities for Supply Chain Management, *Journal of MIS Research*, 8(3), 51-73.
- Kim, J. R. and Lee, Y. L.(2002), Development of an Automated Construction Cost Estimating System for Computer Integrated Construction(CIS) System, *Journal of Civil Engineering*, 159-169.
- Kim, K. H., Shin, K. T., and Park, J. W.(2003), Cost-Estimation Support System for Injection Mold Using QFD(Quality Function Deployment) and AI Methods, *2003 IE & MS Spring Conference Papers*, 948-957.
- Koh, J. M., Seo, J. Y.(2002), A study of contents management in the B2B of Make-to-order, *Information System Research*, 11(1), 129-149.
- Lee, Y. H., Kim, S. S., and Bae, H. J.(1996), Case of Study Automatic Warehouse Optimized Design and Automatic Estimation Support System, *Industrial Engineering Magazine*, 3(1), 31-37.
- Oh, K. M. and Park, C. K.(2005), Process Planning Method under Make-to-Order Production System using Data Mining, *IE Interfaces*, 18(2), 148-157.
- Park, C. G. and Song, J. S.(1998), Delivery Date Decision Support System for the Large Scale Make-to-Order Manufacturing Companies: An Electric Motor Company Case, *IE Interfaces*, 11(3), 181-191.
- Yeh, C. H.(2000), A customer-focused planning approach to make-to-order production, *Industrial Management & Data System*, 100(4), 80-187.



### 오경모

울산대학교 산업공학과 학사  
 울산대학교 산업공학과 석사  
 울산대학교 산업정보경영공학학과 박사과정  
 수료  
 만도기계(주) 생산관리부  
 현재: 제론정보기술(주) 컨설팅팀  
 관심분야: Data Mining, ERP, SCM, ISP, BI, PDM,  
 Manufacturing Information System



### 박창권

울산대학교 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 한국과학기술원 산업공학과 박사  
 현대정공(주) 공장기계 기술부  
 현재: 울산대학교 산업정보경영공학부 교수  
 관심분야: Production Scheduling, ERP, SCM, Data  
 Mining, BI