

## 전문가 시스템 및 인공지능을 이용한 생산관리를 위한 기초조사<sup>†</sup>

홍유신\* · 성덕현\* · 박기진\*

### A Survey on the Application of Expert System and Artificial Intelligence in Production Planning

Yu-Shin Hong\*, Deok-Hyun Seong\* and Kee-Jin Park\*

#### Abstract

An extensive survey is carried out on the applications of AI (Artificial Intelligence) and ES (Expert System) in mathematical programming and simulation, which are the most frequently used tools in production planning. A scheduling field is also reviewed. The scheduling problem is one of the most attractive area for AI and ES researchers, since any practical algorithmic solution methods are not available. The current practice and difficulty of applying AI and ES to production planning are discussed and future research directions are identified.

#### 1. 서 론

최근 노사분규에 의한 임금의 상승, 환률의 급격한 변화 및 제품수명의 단축 등에 따른 급격한 생산환경의 변화에 기인하여 기업간의 경쟁은 더욱 심화됨에 따라 모든 기업에서는 이러한 변화에 신속히 대처할 수 있는 생산시스템을 구성하여 생산성 향상을 기함으로써 경쟁력을 강화

하고자 하는 많은 노력을 경주하고 있다. 생산시스템의 구성은 크게 Hardware 부문과 Software 부문으로 나누어 질수 있다.

주지하는 바와 같이 Hardware 부문에서는 많은 기업에서 설비의 자동화(Automation)를 도모하고 나아가서는 유연생산 시스템(FMS: Flexible Manufacturing System)을 비롯하여 컴퓨터 통합 생산시스템(CIM: Computer Inte-

\* 포항공과대학 산업공학과

† 이 논문은 아산 사회복지사업 재단의 1988년도 연구비 지원에 의하여 연구되었음

grated Manufacturing System) 등의 도입을 시도하고 있다. 이러한 FMS 혹은 CIM 시스템에서는 종전에는 수집할수 없었던 조업과 관련된 많은 데이터의 수집 및 모든 생산설비를 컴퓨터에 의하여 제어가 가능하게 된다. 그러나 아직도 이러한 생산시스템의 효율적인 운용을 위한 Software 부문에서는 수집된 데이터를 분석하고 분석결과에 기초하여 필요한 결정을 위하여서는 인간의 개입을 필요로 하고 있다.

따라서 이와 같은 생산시스템을 가능한한 인간의 개입을 줄일수 있게 하는 인공지능(Artificial Intelligence) 및 전문가 시스템(Expert System)을 도입하여 효율적으로 운용할 수 있는 생산관리를 위한 Software의 개발이 요구되고 있다. 이러한 Software를 개발하여 일상적인 생산시스템의 운용은 컴퓨터에 맡기고 인간은 보다 높은 수준의 새로운 업무를 개발하고 이를 수행할 수 있는 체계가 구성되어야 할 것이다. 지금까지 이러한 생산시스템의 운용을 위한 생산관리 분야에서는 Operations Research 기법에 기초한 수리적 기법을 많이 이용하여 왔으나, 급변하는 생산여건하에서 FMS 혹은 CIM 시스템과 같은 고도로 정밀하고 복잡한 생산시스템의 운용에는 한계를 느끼고 있다.

따라서 앞으로의 생산관리를 위하여서는 기존의 수리적 기법의 한계성을 극복할 수 있는 전문가 시스템을 구성하되 이 시스템에 수리적 기법을 접목함으로써 보다 높은 수준의 생산관리가 가능하게 될 것이다. 본 연구에서는 이같은 목적을 위하여 지금까지 발표된 생산관리 분야의 전문가 시스템에 대한 조사를 실시하여 효율적인 생산관리 기법을 개발하기 위한 연구방향을 제시하고자 한다.

## 2. 생산관리의 개요

생산관리란 “생산시스템에서 주어진 자본, 설

비, 인력 등의 자원(Resource)을 효율적으로 이용하여 시스템의 외부로부터 요구되는 제품을 가장 경제적으로 공급시킬 수 있게 하는 활동”이라고 정의될 수 있다. 따라서 생산관리는 생산시스템 전체의 총체적인 관리 및 통제를 통하여서만이 가능하나 과거에는 데이터의 수집, 관리 및 분석은 물론 정보의 교환 등의 어려움으로 부분적인 생산관리에 만족하여 왔다. 이러한 부분적 생산관리에서는 수리적 기법을 이용하여 많은 문제를 해결하여 왔으나 FMS 및 CIM 시스템의 도입과 더불어 정보관리 기법이 발달됨에 따라 생산시스템 전체를 총체적으로 관리 및 통제를 함으로써 전체적인 생산성 향상을 기하기 위하여서는 인공지능 및 전문가 시스템과 같은 새로운 기법의 도입이 절실히 요구되고 있다. 본 장에서는 그림 1[12]에 주어진 생산시스템의 관리체계를 참조하여 기존의 생산관리 기법과 관련된 전반적인 문제점을 검토해 보고자 한다.

첫째, 오늘날의 생산시스템은 계층적(Hierarchical) 구조를 가지고 매우 복잡하게 구성되어 있는 대형 시스템이라 할수 있다. 이같은 대형의 복잡한 시스템의 효율적인 관리를 위하여서는 많은 데이터를 수집하여 이를 처리하고 분석하여 각 계층별로의사결정 범위에 적합한 정보를 제공하고 계층간의 신속한 의사결정에 따른 정보의 교환이 가능하게 되어야 한다. 그러나 이와 같은 과정을 거쳐 생산계획을 수립하게 되면 많은 시간과 비용이 소모될 뿐만 아니라 계획 자체의 적시성(Timeliness)을 상실하는 경우가 허다하다.

또한 생산시스템에서는 계획수립에 지대한 영향을 주면서 계량화 하기에는 어려운 요소(Qualitative Factor)를 포함하고 있어 수리적 기법을 이용할 경우 이러한 요소들을 모두 계량화 하여야 한다는 점을 고려하면 문제는 더욱 어려워진다. 따라서 최적해(Optimal Solution) 보다, 만족할만한 근사해(Sub-Optimal Solution)를

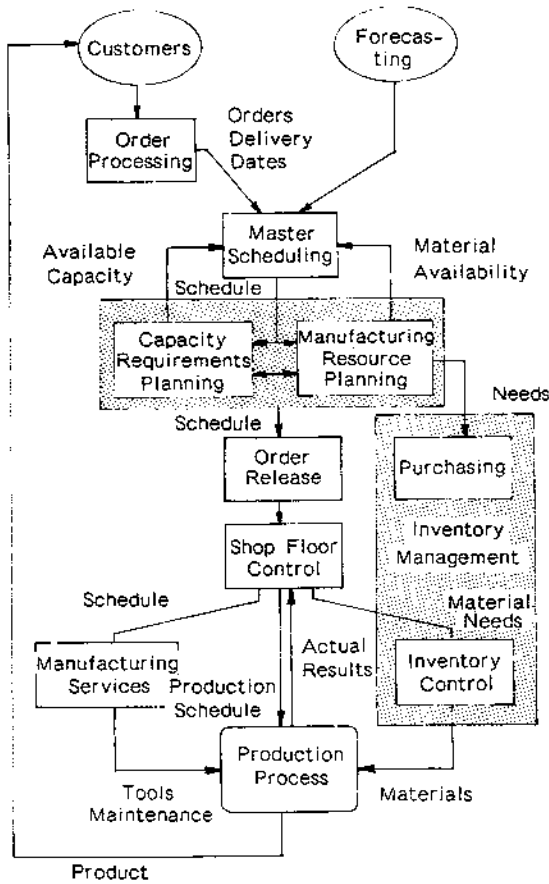


그림 1. 생산시스템의 관리체계

단시간에 얻을수 있는 기법의 개발에 중점을 두어야 할 것이다.

둘째, 생산시스템의 생산능력(Capacity)에 대한 정확한 평가가 용이하지 않다. 단위 설비의 생산능력은 쉽게 평가될 수 있으나 전체 생산시스템의 생산능력의 평가는 시스템이 대형화되고 복잡하여짐에 따라 더욱 어려워진다. 예를 들어, 생산능력 이상으로 생산이 요구된다면 설비 및 인력의 과부하를 초래하고 따라서 설비의 고장 등이 일어나게 되며, 생산능력 보다 낮게 계획이 수립된다면 자원의 비효율화는 물론 재고의 누적 등의 문제점을 일으키게 되어 전체적으

로 생산성이 저하되게 된다. 또한 제품의 설계 등과 같이 창조적인 업무에 종사하는 인력에 대한 생산능력의 평가는 더욱 어려워진다. 이러한 생산능력에 대한 정확한 평가가 이루어질때 경영층에서는 작업자의 표준시간 등을 고려하여 정확한 생산의 규범(Discipline) 등을 설정한 후 이에 근거하여 생산계획을 수립하게 되고, 작업자들 역시 설정된 규범에 근거하여 부여된 작업을 성실히 수행함으로써 합리적인 계획을 통한 생산성의 향상을 기할수 있게 된다.

셋째, 생산시스템은 많은 불확실 요소(Uncertain/Random Factor)를 포함하고 있다. 장기적으로는 경제동향, 신기술의 개발 및 수요의 변화 등을, 단기적으로는 설비의 고장, 원재료의 품질 및 납기 등을 들수 있다. 이와 같은 불확실 요소들은 생산관리의 대표적인 수리적 기법인 수리계획법(Mathematical Programming)의 이용을 불가능하게 한다. 또한 통계적 기법(Statistical Method) 및 확률모형(Stochastic Modeling)의 기법 등도 이용되고 있으나 이러한 기법 역시 평균치를 이용한 방법, 혹은 안정상태(Steady State)에서의 분석방법으로 현실성이 결여되는 단점을 가지고 있다.

한편 Simulation 기법은 생산계획을 수립하는 생성기법(Generative Technique)이 아니라 주어진 생산계획을 평가하는 기능만을 가진 평가기법(Evaluative Technique)으로서 한계를 가지고 있다. 따라서 효율적인 생산계획의 수립을 위하여서는 가능한한 불확실 요소들을 배제하도록 하고, 동시에 생산능력의 평가에 불확실 요소가 충분히 반영될 수 있어야 할것이다.

위에서 설명한 점을 재고하여 보면 지금까지 이용되어온 수리적 기법은 부분적으로 효과를 얻어왔지만 생산시스템의 총체적 생산관리를 위하여서는 수리적 기법만으로는 많은 어려움을 가지고 있다. 따라서 생산관리 분야에서도 인공지능 및 전문가 시스템 기법을 도입함으로써 위

에서 제시된 문제점들에 대하여 효과적으로 대처할 수 있는 기법에 대한 연구가 되어야 함은 자명하다.

### 3. 인공지능 및 전문가 시스템의 개요

인공지능에 대한 개념은 오래전부터 연구의 관심을 끌어 왔으나 최근의 컴퓨터의 급속한 발전에 힘입어 5세대 컴퓨터 언어를 채택하여 급속히 실용화 되고 있다. 인공지능에 대하여는 여러가지의 정의가 있으나, Rich[31]는 “인공지능이란 인간의 사고 및 행동 수행방식을 기계가 그대로 답습할 수 있는 지능”이라고 정의하였다. 따라서 인공지능 분야에서는 인간의 사고과정을 연구하는 분야와 이러한 사고의 과정을 기

계에 구현하는 두 분야에 대한 연구가 주축을 이루고 있다.

인공지능의 경우 인간의 지능과 비교하여 보면 영구적 반복적으로 사용이 가능하고, 경제적이며 일관성 있는 결정을 내릴수 있다는 장점을 가지고 있으나 반면에 창조성, 감각 및 종합분석 능력 등은 인간에 비하여 상대적으로 열세에 놓여 있다.

이러한 인공지능에 대한 연구가 활성화됨에 따라 기계로 하여금 인간이 문제를 분석하고 필요한 의사결정을 내리는데 도움을 줄수 있는 전문가 시스템이 발전되었다. 전문가 시스템은 축적된 지식 및 법칙을 이용하여 추론과정을 거쳐 전문가의 도움이 없이는 해결이 어려운 문제를 해결할 수 있는 기능을 가진 지능 컴퓨터 프로그램이라고 정의할 수 있다[8].

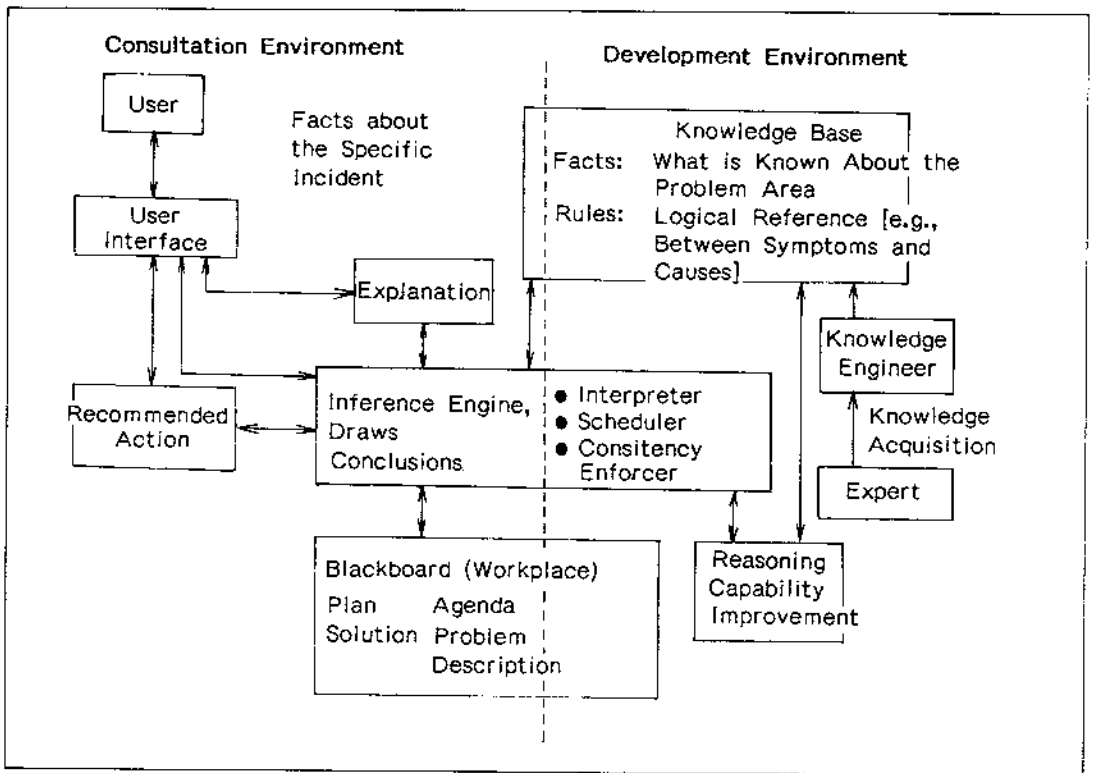


그림 2. 전문가 시스템의 구조

전문가 시스템은 그림 2[39]에서 보는 바와 같이 사용자와 시스템간의 대화를 담당하며, 프로그램의 수행 및 결과에 대한 설명을 하는 대화구조(Dialogue Structure)와 시스템의 프로그램을 제어하고 적절한 탐색전략을 이용하여 여러가지의 가설을 검증하면서 해를 제공하는 추론기관(Inference Engine) 및 지식(Knowledge)과 법칙(Rule)을 저장하고 있는 지식베이스(Knowledge Base)로 구성되어 있다.

전문가 시스템 분야에서는 전문가의 사고의 과정 및 지식을 추출하고 이를 효율적, 체계적으로 표현하여 지식베이스에 저장하는 방법에 대한 연구를 중심으로 시스템의 설명능력의 강화, 효율적인 추론구조의 개발, 불확실하거나 혹은 불완전한 정보의 처리 등에 대한 연구를 비롯하여 나아가서는 의사결정 시스템(Decision Support System)과의 결합을 위한 연구도 수행되고 있다[22].

전문가 시스템의 구성을 위한 컴퓨터 언어로는 LISP(List Processing Language)와 PROLOG(Program in Logic) 등이 널리 이용되고 있다. LISP와 PROLOG는 종래의 FO-

RTRAN 혹은 COBOL 등의 컴퓨터 언어와는 달리 Symbolic Language로서 이들을 이용하여 프로그램을 작성하게 되면(Symbolic Programming), 종전의 FORTRAN 혹은 COBOL로 작성된 프로그램(Conventional Programming)과 비교하여 볼때 표 1[15]에 나타난 바와 같은 장점을 가질수 있다.

#### 4. 전문가 시스템의 생산관리에의 응용

앞에서 설명한 바와 같이 오늘날의 생산시스템은 매우 복잡한 구조를 가지고 있으며, 동시에 전략수준(Strategical Level), 전술수준(Tactical Level) 및 운용수준(Operational Level) 등의 수직적 관제와 함께 각 부서별, 공정별 사이에 수평적인 관계를 가지고 있다. 또한 시스템이 대형화됨에 따라 대상으로 하는 문제는 ill-structured 된 문제가 많아지게 되며, 이를 분석하여 해를 구하는 방법이 구조화 되어 있지 못함은 물론 문제 자체가 잘 이해되지 못하는 경우도 적지 않다. 이와 함께 문제의 해에 대한 요구가 다양하여지고, 여러가지 목표가 혼합되어 상호 영향을 미치게 되며, 변화의 속도가 매우 빨라짐에 따라 이러한 상황에 효율적으로 대처할 수 있는 탄력적인 생산관리를 필요로 하게 된다.

따라서 앞으로의 생산관리는 전체 시스템의 통합(Global) 관리가 되어야 하고, 동시에 이해하기가 용이하고, 유연성을 가져야 하며 변화에 신속히 대응할 수 있는 실시간(Real Time) 처리가 가능하도록 하여야 함은 자명하다.

지금까지 생산관리에 널리 이용되어온 수리적 기법은 대상 시스템의 불분명한 부분, 혹은 해를 구하기 어렵게 하는 부분 등은 문제의 해결을 가능하게 하는 가정(Assumption)을 부여함으로써 해를 도출하는 해법지향형 접근방법이라고 할수 있다. 이러한 가정하에서 도출된 해는 현실

표 1. Conventional Programming 과 Symbolic Programming 의 비교

Conventional Programming	Symbolic Programming
Algorithms	Heuristics
Numerically addressed data base	Symbolically structured knowledge base in a global working memory
Oriented toward numerical processing	Oriented toward symbolic processing
Sequential, batch processing	Highly interactive processing
Mid-run explanation impossible	Mid-run explanation easy

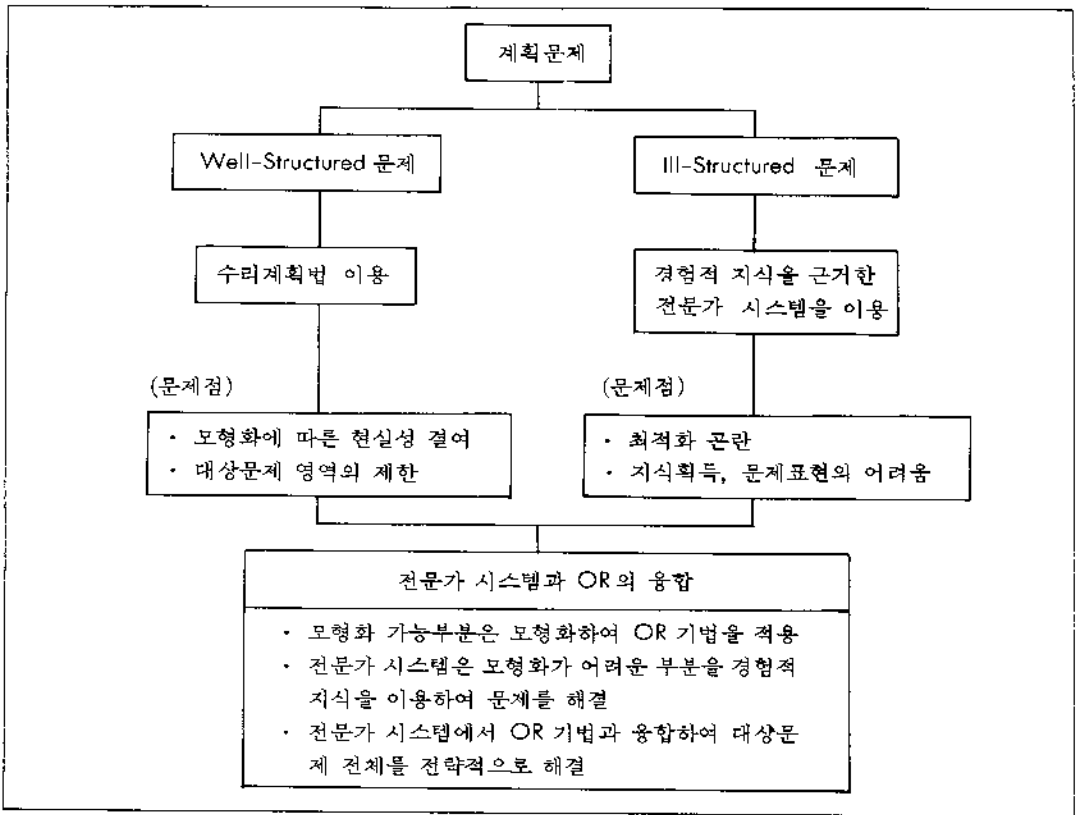


그림 3. 전문가 시스템과 OR의 융합

성이 결여됨에 따라 현실에 적용하였을 경우 최적해는 물론 경우에 따라서는 실행가능해(Feasible Solution)조차 도출하지 못하는 경우도 적지 않다. 이러한 점을 고려할때, 현실성이 결여된 최적해 보다 현실을 정확히 반영한후 실행가능해를 도출하는 것이 더욱 유용함을 인식할 필요가 있다.

이같은 문제지향형 접근방법에서는 문제를 정확하게 모형화 하는 구조화 단계와 이러한 모형으로부터 해를 도출하는 의사결정 단계로 구분될 수 있으며, 두 단계의 사이에는 지속적인 Feedback 및 Interface를 필요로 한다. 문제의 구조화가 되면 먼저 수리적 기법의 적용가능성을 검토하여 가능하면 수리적 기법을 이용하도록 하고, 불가능한 경우에는 발견적 기법(He-

uristic Method) 및 탐색적 기법(Search Method) 등에 기초한 전문가 시스템을 이용하는 것이 효과적이 된다.

본장에서는 생산관리에서 이용되고 있는 대표적인 기법인 수리계획법(Mathematical Programming) 및 시뮬레이션(Simulation)과 일정계획(Scheduling) 분야에서 개발되어온 전문가 시스템에 대한 연구내용을 검토하여 현재의 기술수준 및 기존 기법의 문제점을 분석하여 앞으로의 연구방향을 제시하였다.

#### 4.1. 수리계획법(Mathematical Programming)

전략수준에서의 장기 생산계획의 수립, 설비

의 배치, 수송계획, 자원의 배분 등 생산관리 분야에서의 수리계획법은 가장 광범위하게 이용되는 기법이다. 더우기 컴퓨터의 계산속도가 엄청나게 빨라짐에 따라 과거에는 해를 구할수 없던 많은 문제가 적정한 시간내에 해결되고는 있으나 점차 해에 대한 요구수준이 높아지고, 문제의 범위가 광역화 되고 있으며 문제의 구조 역시 복잡하여짐에 따라 전문가 시스템 등을 이용한 새로운 접근방법의 개발이 강력히 요구되고 있다. 또한 정수계획 문제(Integer Programming)의 경우 이론적으로 모든 문제의 해를 구할수는 있으나 실제 규모의 대부분의 문제들은 적정한 시간내에 해를 도출하지 못하는 단점이 있다.

수리계획법에서 흔히 마주치는 문제점으로는 실행가능한 해가 존재하지 않거나, 혹은 무한의 해를 가지는 경우이다. 이러한 경우 수리계획법에서는 처음부터 다시 시작하여야 하는 벽에 부딪치게 된다. 그러나 Logic Programming을 이용한 전문가 시스템의 경우에는 쉽게 대체모형을 제시하여 실행가능해를 도출할 수 있고, 대체모형이 없는 경우에는 입력 데이터에까지 Backtracking을 가능하게 함으로써 실행가능해를 도출할 수 있으며[6], 또한 전문가 시스템 내에서 필요에 따라 FORTRAN 프로그램을 이용하여 수식의 계산이 가능하며, 사용자와는 물론 데이터베이스와의 Interface가 용이한 장점이 있다.

Phelps[29]는 사용자, 수리계획 모형, 데이터베이스 등을 통합한 전문가 시스템만이 강력한 문제해결의 능력을 가질 것이라고 주장하였다. 또한 전문가 시스템의 경우 프로그램의 실행과정에서 필요에 따라 "What-if" 형태의 질문이 가능하게 된다. 더우기 정수계획법(Integer Programming)의 경우 제약조건식을 Scaling을 통하여 문제를 간단히 한후 해를 구함으로써 계산시간의 단축이 가능하게 된다[7]. 그러나 Hendry[16]가 주장한 바와 같이 아무리 전문가

시스템이 발전하더라도 기존의 수리계획법을 대체할 수는 없으며, 久保田[1]가 제시한 그림 3에서 보는 바와 같이 수리계획법과 전문가 시스템이 적절히 융합하여 이용함으로써 보다 큰 효과를 얻을수 있음은 자명한 사실이다.

지금까지 이 분야에서 발표된 연구를 보면, Murphy와 Stohr[24]는 인공지능과 데이터베이스를 이용하여 복잡한 선형계획 문제의 모형화 기법을 소개하였으며, Binbasioglu와 Jarke[4]는 지식베이스를 이용하여 선형계획의 모형을 개발하는 방안을 제시하였다.

Greenberg[13]는 Natural Language Processing을 이용하여 선형계획의 전문지식이 없는 사용자가 선형계획 모형을 개발하게 하는 시도를 하였다. 실제 문제의 응용사례로는 久保田[1]는 생산 및 배분문제에서 선형계획법과 전문가 시스템을 융합한 사례를 발표하였으며, Burd와 Kassiech[6]는 Facility Design을 위한 수리계획 문제에서 인공지능과 함께 데이터베이스 및 Model Management 시스템을 결합하여 문제의 Scenario에 준하여 모형 및 데이터베이스를 Update 하면서 문제의 해를 구하는 기법을 소개하였다. 이 분야에 대한 대부분의 연구는 수리계획 문제를 모형화 하는 과정에서 발생할 수 있는 인간 오류를 최소화 하고 선형계획의 전문지식이 충분치 못한 사용자가 쉽게 이용할 수 있으며, 동시에 모형의 변화에 유연하게 대처할 수 있는 시스템의 개발에 목적을 두고 있다.

## 4.2. 시뮬레이션(Simulation)

생산시스템이 대형화하고 복잡하여짐에 따라 수리적 기법으로는 시스템의 분석이 더욱 어려워지고, 동시에 시뮬레이션을 위한 Software가 계속 개발됨에 따라 이러한 시스템의 분석을 위한 강력한 도구로서 시뮬레이션의 이용은 급

속히 증가하고 있다. 시뮬레이션은 무엇보다도 수리적 기법으로는 모형화하기 어려운 생산시스템의 동적행태(Dynamic Behavior)의 모형화는 물론 대부분의 생산시스템의 분석이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 반면에 시뮬레이션은 주어진 특정해에 대한 평가기능만을 가진 평가기법(Evaluative Technique)으로 해의 도출을 위한 목표지향적 접근에는 효과적이지 못하다.

동시에 모형의 개발단계에서부터 엄청난 인력, 시간 및 비용이 투입되어야 하는 난점을 가지고 있으며, 그중에서도 특히 시뮬레이션 전문가의 양성을 위하여서는 기본적으로 확률, 통계 및 실험계획 등의 기초이론과 함께, 모델링, 컴퓨터 언어 및 프로그래밍 등의 여러 분야에 걸쳐 전문지식을 습득케 하여야 하고, 그후에도 충분한 현장경험을 거쳐야만 실질적인 전문가가 될 수 있음을 고려할때 많은 투자가 필요함은 자명하다. 그러므로 시뮬레이션 분야에서도 인공지능 및 전문가 시스템을 도입함으로써 가능한한 전문가의 개입을 줄이고 단시간내에 모형을 개발하고자 하는 많은 노력을 하고 있다. 또한 인공지능을 도입함으로써 시뮬레이션의 취약점인 탐색기능이 강화될 수 있다. 시뮬레이션의 최종 목적은 최적 시스템의 구성에 있으나 평가기능만을 가지고 있어 매 시뮬레이션마다 사용자가 결과를 분석하여 새로운 방향을 제시하고 다시 시뮬레이션을 수행하는 반복적 작업을 거쳐야만 만족할만한 해를 도출할 수 있어 매우 비효율적이다. 따라서 이와 같은 단점의 보완을 위하여 지식베이스의 지식 및 규칙 등에 근거한 자동적 사고(Automated Reasoning)를 통하여 효율적으로 해를 탐색할 수 있는 전문가 시스템이 개발되어야 한다.

시뮬레이션을 위한 전문가 시스템으로는 생산시스템의 제어를 위하여 개발된 EMSS(Expert Manufacturing Simulation System)을 들 수 있다[9]. EMSS는 자연어의 사용을 가능하게

하는 NLI(Natural Language Interface)와 SIMAN Code를 이용하여 개발되었으며, 시스템의 분석기능 및 개선방향을 제시할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 RAND Corp.에서 전쟁 시뮬레이션(War Game Simulation)을 위하여 LISP를 이용하여 개발된 ROSS(Rule-Oriented Simulation System)[20]는 시뮬레이션 과정중에서 시스템 상태에 대한 정보를 제공하여 사용자가 이를 분석하여 필요시 시뮬레이션을 중지시켜 모형을 변경시킨후 계속 시뮬레이션을 수행할 수 있는 기능을 가지고 있다.

이 이외에도 Carnegie-Mellon 대학의 LISP를 이용한 KBS(Knowledge Based Simulation)[30], Vienna 대학에서 PROLOG로 개발된 V-GOSS(Vienna Goal Oriented Simulation System)[2] 등을 들 수 있다.

앞으로 이 분야에서는 통계적 분석기법 등과 같은 전문지식(Knowledge 및 Expertise)을 Software화함과 동시에 Graph와 Animation 등의 기능을 이용하여 자료의 입력, 모형화 및 출력의 분석을 용이하게 함으로써 시뮬레이션의 비전문가인 사용자가 쉽게 이용할 수 있게 하여야 한다. 이와 함께 분석적 기법 및 병렬처리(Parallel Processing) 기법 등을 도입하여 시뮬레이션 시간의 단축을 도모하여야 하며, 인공지능의 자동적 사고기능을 이용하여 탐색기능을 강화하는 기법에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 4.3. 일정계획(Scheduling)

지금까지 생산관리 분야에서 개발된 대부분의 인공지능 및 전문가 시스템은 일정계획 문제를 다루고 있다. 그 이유로는 일정계획 분야에서는 실제 규모의 문제의 경우 앞에서 설명한 수리계획법과 같은 일반적인 Algorithmic 접근방법이 존재하지 않아 대부분의 문제가 적정한 시간내



에 해를 구할수 없으며(NP-Complete), FMS 혹은 CIM 시스템과 같은 On-Line 제어가 가능한 생산시스템이 계속적으로 발전됨에 따라 전문가 시스템을 이용하여 실시간(Real-Time) 일정계획을 수립하고자 하는 연구가 집중적으로 수행되기 때문이다.

지금까지 개발된 대부분의 일정계획을 위한 전문가 시스템에서는 Rule-Based 기법이 가장 많이 채택되고 있고, 그 다음으로 Heuristic Search 기법이 많이 이용되고 있으며, 새로이 소개된 Constraint-Directed Search 기법의 경우 아직까지는 별로 이용되고 있지 않다. 또한 많은 전문가 시스템이 사용자와 대화가 가능한 Interactive 구조를 가지고 있으며, 복잡한 대형 시스템의 경우 분해(Decomposition)를 위하여 계층적(Hierachical), 혹은 분산적(Distributed) 구조를 이용하기도 한다.

전문가 시스템에서 채택되고 있는 Reformulative 접근방법[19]은 최적해를 추구하는 Algorithmic 접근방법과는 달리 만족할만한 해를 구함을 목적으로 하고 있으며, 이러한 해가 구하여지지 않는 경우 해를 구할때까지 계속 도형을 Reformulate 하는 기능을 가지고 있다. 즉 만족할만한 해가 쉽게 얻어질 수 있는 모형을 구성하는 기능을 강조하는 접근방법으로 문제의 구조화를 중점적으로 추구함으로써 현실을 충분히 반영하게 하는데 주목적이 있다. 특히 일정계획에서는 무엇보다도 경제적인(Cost-Effective) 계획을 수립하는데 목적이 있으나 이를 위한 적절한 수리적 기법이 존재하지 않아 전문적인 일정계획 수립자(Human Scheduler)조차도 복잡한 문제의 해결에는 많은 어려움이 있기 때문에 이들의 지식 및 사고를 그대로 답습하는 인공지능은 큰 의미를 가지지 못한다. 따라서 일정계획에서의 전문가 시스템은 구성단계에서 경험에 근거한 원칙(Rules-of-Thumb)만을 반영하고 해의 도출과정에서는 아래의 이유 등[35]

으로 일정계획 수립자와의 간섭(Interface)이 없이 이용되고 있는 경우가 대부분이다.

- 동시에 고려할 수 있는 변수의 수에 제한이 있어 지역적인(Locally Greedy) 계획을 추구함에 따라 장기적으로 경제적이지 못한 경우가 적지 않다.

- 관습이나 경영방침에 지나치게 얽매이게 된다.

- 문제에 따라 구조화에 필요한 요소들의 적절한 추출 수준을 선택하기 어렵다.

- 정보 및 데이터의 수집 및 분석, 계획의 수립 및 통제 등에 어려움이 있으며, 경우에 따라서는 불가능할 수도 있다.

- 계속적인 생산여건의 변화 등에 신속하고 효율적으로 대처하지 못한다.

- 특히 구조화되지 못한 문제에서는 계획의 일관성을 유지하기가 어렵다.

일정계획용 전문가 시스템은 현재 개념적인 단계에 있는 시스템에서부터 대학이나 연구소에서 개발된 Prototype, 산업체에서 개발된 Prototype을 비롯하여 실제 현장에서 이용되고 있는 시스템까지 다양하게 개발되어 있는바, 본장에서는 실제 현장에서 이용되고 있는 대표적인 일정계획용 전문가 시스템인 ISA(Intelligent Scheduling Assistant)와 ISIS(Intelligent Scheduling and Information Systems)에 대하여 간단히 설명하고자 한다.

ISA[25, 27]는 미국 Digital Equipment Corp.에서 대일정계획(Master Scheduling)의 수립을 위하여 이용되고 있는 전문가 시스템으로 수작업의 경우 매 주문의 일정계획의 수립에 10-15분의 처리시간이 소요되었으나 ISA를 이용함으로써 이 시간을 10초 내외로 단축할 수 있었다. ISA는 약 300개의 Rule을 가진 Rule-Based 구조를 택하였으며, Reformulation 기능을 가지고 있어 실행가능해를 발견하지 못하는 경우 Reformulation 과정을 거쳐 새로운

실행가능해를 제시하게 된다.

한편 ISIS[10, 11]는 Carnegie-Mellon 대학에서 개발된 전문가 시스템으로서 문제를 분해하여 해결을 가능하게 하는 계층적 구조와 함께 사용자와의 대화가 가능한 Interactive 기능을 가지고 있으며, 해의 도출을 위하여서는 Constraint-Directed Search 기법을 택하였다.

ISIS는 현재 Westinghouse Electric의 발전소 터빈 부품공장에서 일정계획의 수립에 이용되고 있으며, 동시에 여러개의 제약조건을 확인할 수 있는 기능을 가지고 있고 각 설비의 현재 운용상태를 확인하여 가공설비를 결정하여 주는 장점이 있다. ISIS는 개발과정에서 대부분의 일정계획 수립자들이 작업시간의 80-90%를 제약조건을 확립하는데 쓰고 있음을 발견하고 이러한 시간을 단축하는데 목적을 두고 개발되었다. ISIS 역시 ISA와 같이 Reformulation 기능을 가지고 있다.

한편 대학, 연구소 및 산업체 등에서 개발한 Prototype 전문가 시스템도 많이 소개되고 있다. Steffen과 Greene[36, 37]은 Batch Process의 일정계획을 위하여 Constraint-Directed Search 기법을 이용한 전문가 시스템을, Bensana, Bel과 Dubois[3]는 LISP를 이용하여 Job-Shop의 일정계획을 위한 전문가 시스템인 OPAL을 개발하였다. 그외에도 Shop Floor Control[18, 23]과 Cell Control[26] 등을 위한 전문가 시스템을 비롯하여, 특히 FMS의 일정계획을 위한 전문가 시스템이 많이 개발되고 있다[5, 21, 33, 24, 41].

지금까지의 연구결과를 검토하여 볼때 일정계획 분야에서 전문가 시스템이 일정계획 수립자(Human Scheduler)를 대체할 수 있다고 단언하기는 아직 이른것 같다. 물론 일정계획의 수립을 위하여 고려되어야 할 제약조건의 수가 증가되고 다양화됨에 따라 전문가 시스템을 이용하여 보다 적은 노력으로 신속하게 해를 구할수 있

으며, 일정계획 수립의 일관성을 유지할 수 있다는 장점은 있다. 앞으로의 일정계획용 전문가 시스템은 좀더 유연성을 가지고 새로운 문제에 쉽게 적용될 수 있고, 동시에 여러 대안을 제시할 수 있는 기능이 강화되어야 하며, 무엇보다도 유용한 Algorithmic 접근방법이 개발되어 전문가 시스템과 결합되어 이용될 수 있어야만 이 분야에 보다 큰 발전을 기대할 수 있을 것이다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

지금까지 생산관리 분야에서 많이 이용되는 기법인 수리계획법과 시뮬레이션, 그리고 일정계획 분야에서 이용되고 있는 인공지능 및 전문가 시스템에 대하여 검토하여 보았다. 이외에도 품질관리[7, 17, 38], 재고관리[28] 및 공정관리[40] 등의 여러 분야에서도 전문가 시스템은 이용되고는 있으나 그 예가 많지 않아 검토를 생략하였다. 앞에서 설명한 바와 같이 대부분의 전문가 시스템은 대학이나 연구소에서 Prototype으로 개발되었으며, 실제 생산현장에서 이용가능한 시스템은 별로 많지 않다. 앞으로 이러한 Prototype 시스템을 생산에 직접 이용할 수 있게 하기 위하여서는 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

잘 알려진 바와 같이 인공지능이나 전문가 시스템은 아직도 지극히 초보단계에 있다. 또한 이러한 시스템을 개발, 혹은 도입한다고 해서 반드시 생산성이 향상되고 경쟁력이 강화되는 것은 아니다. 전문가 시스템의 개발에는 많은 노력과 시간을 필요로 한다. 즉 개발에 앞서 다른 대형사업과 마찬가지로 경제성 여부에 대한 충분한 검토와 분석이 선행되어야 한다. 그럼에도 불구하고 전문가 시스템의 이용은 급속히 증가할 것이다. 그 이유로는 무엇보다도 생산시스템이 FMS 혹은 CIM 시스템과 같은 완전 자동화 생산시스템으로 발전해감에 따라 이러한 시스템의

운용계획의 수립과정도 전문가 시스템을 이용하여 자동화 함으로써 미래의 지능형 생산시스템으로 계속 발전해 나갈수가 있기 때문이다[14].

앞으로 이 분야에서는 수리적 기법, 시뮬레이션을 비롯한 제 기법과 지식베이스 및 데이터베이스를 효과적으로 통합하여 여러 유형의 문제를 쉽게 해결할 수 있는 전문가 시스템을 구성하기 위한 연구가 계속되어야 할 것이다. 이와 더불어 전문가로부터의 지식의 획득(Acquisition), 저장(Storage), 전달(Communication) 및 추출(Abstraction) 등을 포함한 지식공학(Knowledge Engineering), 자연어 이용을 가능하게 하는 Natural Language Processing, CAD/CAM을 위한 기하학적 사고능력(Geometric Reasoning), 병렬처리 기능(Parallel Processing), 그리고 인간의 직관지능(Intuitive Intelligence)의 전산화 기법 등을 비롯한 많은 분야에서 활발한 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] 久保田 忠義, "LP 와 Expert System의 융합사례," Comm. of ORS of Japan, Vol. 34, No. 7, 364-367(1989)

[2] Adelsberger, H.H., and Neumann, G., "Goal Oriented Simulation Modeling Using PROLOG," SCS Conference Proceedings on Modeling and Simulation on Micro-Computers, San Diego, CA, 42-47(1985)

[3] Bensana, E., Bel, G., and Dubois, D., "OPAL: A Multi-Knowledge-Based System for Industrial Job-shop Scheduling," IJPR, Vol. 26, No. 5, 795-819(1988)

[4] Binbasioglu, M. and Jarke, M., "Domain Specific DSS for Knowledge-Based Model Building," Decision Support

System, Vol. 2, 213-223(1986)

[5] Bruno, G., Elia, A., and Laface, P., "A Rule-Based System to Schedule Production," IEEE Computers, Vol. 19, 32-40(1986)

[6] Burd, S.D. and Kassicieh, S.K., "Using AI Methodologies in Mathematical Modeling of Production Systems," Annals of OR, Vol. 17, 307-322(1989)

[7] Evans, J.R. and Lindsay, W.M., "A Framework for Expert Systems Development in Statistical Quality Control," Computers and Industrial Engineering, Vol. 14, No. 3, 335-343(1988)

[8] Feigenbaum, E.A. and McCorduck, P., The Fifth Generation, Addison-Wesley(1983)

[9] Ford, D.R., and Schroer, B.J., "An Expert Manufacturing Simulation Systems," Simulation, Vol. 48, 193-200(1987)

[10] Fox, M.S., Allen, B., and Strohm, G., "Job-Shop Scheduling: An Investigation in Constraint-Directed Reasoning," Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, AAAI, Cambridge, MA, 155-158(1982)

[11] Fox, M.S., and Smith, S.F., "ISIS-A Knowledge-Based System for Factory Scheduling," Expert Systems, Vol. 1, No. 1, 25-49(1984)

[12] Gershwin, S.B., Hildebrant, R.R., Suri, R., and Mitter, S.K., "A Control Perspective on Recent Trends in Manufacturing Systems," Working Paper, LIDS, MIT(1985)

[13] Greenberg, H.J., "A Natural Language Discourse Model to Explain Linear

Programming Models and Solutions," Decision Support System, Vol. 3, 333-342(1987)

[14] Gupta, Y.P. and Chin, D.C.W., "Expert Systems and Their Applications in Production and Operations Management," Computers & Operations Research, Vol. 16, No. 6, 567-582(1989)

[15] Harmon, P. and King, D., Expert System, John Wiley and Sons, (1985)

[16] Hendry, L.C., "The Potential Impact of Artificial Intelligence on the Practice of OR," EJOR, Vol. 28, 218-225(1987)

[17] Hosni, Y.A. and Elshennawy, A.K., "Quality Control & Inspection: Knowledge-Based Quality Control System," Computers & IE, Vol. 15, No. 4, 331-337(1988)

[18] Ippolito, R., Rossetto, S., Vallauri, M. and Villa, A., "The Emergence of Artificial Intelligence Applications in Manufacturing System Control," IEEE Int'l Conference Proceedings on Robotics and Automation, 472-476(1986)

[19] Kanet, J.J. and Adelsberger, H.H., "Expert Systems in Production Planning," EJOR, Vol. 29, 51-59(1987)

[20] Klahr, P., Faught, W.S., and Martin, G.R., "Rule-Oriented Simulation," IEEE Int'l Conference Proceedings on Cybernetics and Society, Cambridge, MA, 350-354(1980)

[21] Kusiak, A. and Villa, A., "Architectures of Expert Systems for Scheduling FMS," IEEE Int'l Conference on Robotics and Automation Proceedings, 113-117(1987)

[22] Liebowitz, J., "Beyond Decision Support Systems: The Role of OR in ES," Computers & IE, Vol. 14, No. 4, 415

-418(1988)

[23] MacFarland, D.G. and Grant, F.H., "Artificial Intelligence: Advances in Sequencing and Scheduling," IIE Integrated Systems Conference Proceedings, 177-181(1987)

[24] Murphy, F.H. and Stohr, E.A., "An Intelligent System for Formulating Linear Programs," Decision Support System, Vol. 2, 39-47(1986)

[25] O'Connor, D.E., "Using Expert Systems to Manage Change and Complexity in Manufacturing," Proceeding of NYU Symposium on Artificial Intelligence Applications for Business, NY(1983)

[26] O'Grady, P. and Lee, K.H., "An Intelligent Cell Control System for Automated Manufacturing," IJPR, Vol. 26, No. 5, 845-861(1988)

[27] Orciuch, E. and Frost, J., "ISA: Intelligent Scheduling Assistant," IEEE, The First Conference on Artificial Intelligence Application, NY, 314-320(1984)

[28] Parlar, M., "EXPIM: A Knowledge-Based Expert System for Production/Inventory Modelling," IJPR, Vol. 27, No. 1, 101-118(1989)

[29] Phelps, R.I., "Artificial Intelligence -An Overview of Similarities with OR," J. of ORS, Vol. 37, 13-20(1986)

[30] Reddy, Y.V., and Fox, M.S., "Knowledge Representation in Organizational Modeling and Simulation: A Detailed Example," 13th Annual Pittsburg Conference Proceedings on Modeling and Simulation(1982)

[31] Rich, E., Artificial Intelligence,

McGraw-Hill(1983)

[32] Shannon, R.E., "Knowledge Based Simulation Techniques for Manufacturing," IJPR, Vol. 26, No. 5, 953-973(1988)

[33] Shaw, M.J., "Knowledge-Based Scheduling in FMS: An Integration of Pattern-Directed Inference and Heuristic Search," IJPR, Vol. 26, No. 5, 821-844(1988)

[34] Shaw, M.J. and Whinston, A.B., "An Artificial Intelligence Approach to the Scheduling of Flexible Manufacturing Systems," IIE Trans., Vol. 21, No. 2, 170-183(1989)

[35] Steffen, M.S., "A Survey of Artificial Intelligence-Based Scheduling Systems," IIE Fall Conference Proceedings, 395-405(1986)

[36] Steffen, M.S., and Greene, T.J., "A Prototype System for Scheduling Parallel Processors Using Artificial Intelligence Methods," Industrial Engineering Conference Proceedings, IIE, Dallas, TX, 425

-433(1986)

[37] Steffen, M.S., and Greene, T.J., "An Application of Hierarchical Planning and Constraint Directed Search to Search Parallel Processors," IEEE Int'l Conference Proceedings on Robotics and Automation(1986)

[38] Tapiero, C.S. and Hsu, L., "Quality Control of An Unreliable Random FMS: with Bernoulli and CSP Sampling," IJPR, Vol. 26, No. 6, 1125-1135(1988)

[39] Turban, E., Decision Support and Expert Systems, Managerial Perspectives, Macmillan, New York(1988)

[40] Wang, H. and Wysk, R.A., "A Knowledge-Based Approach for Automated Process Planning," IJPR, Vol. 26, No. 6, 999-1014(1988)

[41] Young, R.E. and Rossi, M., "Toward Knowledge-Based Control of FMS," Working Paper IAL/WP-85-11, Dept. of IE, Texas A&M University(1985)