

인지적 제조 시스템을 위한 공정 설계 전략 - 개념적 모형

(A Process Design Strategy for Informative Manufacturing System
- A Conceptual Model)

김연민

산업공학부

Abstract

This study suggests conceptual models using experiential cognition, reflective cognition, and motivation variables and also develops propositions for empirical study by field observation.

Job characteristic model for job design and recent cognitive engineering studies for process design are reviewed briefly. By using these concepts, lean production system was interpreted in terms of cognitive engineering and the latent dimensions of the lean production system are revealed as the application of cognitive engineering principles.

Integrated process design framework for cognitive manufacturing system using job characteristic model is suggested for effective design of manufacturing system.

Experiential cognition and reflective cognition make four possible modes of cognitive design --reactive mode, entrepreneurial mode, planning mode, adapting mode. Of which planning mode is regarded as the most important mode at the level of operator for manufacturing system design.

By using dimensions of the task motivation potential and the experiential cognition, four process design strategies - machine resource centered process design strategy, human resource dependent process design strategy, machine resource dependent process design strategy, and human resource centered process design strategy- are suggested. In the complex and dynamic environment, human resource centered process design strategy is emphasized for effective manufacturing system.

Propositions for empirical analysis of this model are also developed through theoretical analysis as well as field observation. Propositions are (1) experiential cognition and motivation potential affect the ability, role perception, and motivation of the operator in the manufacturing system (2) the ability, role perception, and motivation of the operator affect the manufacturing performance.

(keyword: informative manufacturing system, human resource centered process design, job design, experiential cognition, motivation)

1. 서론

품질이나 생산성을 개선하기 위한 한 방법으로 공정의 재설계가 중요하다. 이러한 공정 재설계를 어떻게 효과적이고 경제적인 방법으로 하는가는 생산관리에서 중요한 문제가 될 수 있다.

인지적 제조시스템을 통한 공정 재설계로 작업자는 보다 나은 작업성과와 기업은 보다 나은 제조 성과를 얻을 수 있다. 제조시스템의 설계자들은 이 새로운 시스템이 의사결정자나 작업자의 인지적 과정과 양립하는가에 대한 큰 주의 없이 이러한 시스템을 설치해 왔다. 최근까지 공정 설계는 의사결정자나 작업자에 대한 고려보다는 첨단제조기술의 강점에 의해 이루어져 왔다.

그러나 공정설계에서 인간의 인지적 과정을 제대로 고려하지 않은 기계적인 설계는 인간 기계시스템이 효율적으로 운영되지 못하게 하며 첨단제조기술에 대한 투자를 품질이나 생산성의 향상으로 나아가지 못하게 하여 결국 제조시스템이 경쟁능력을 갖추지 못하게 한다. 이는 미국의 자동차 산업의 품질에 관한 연구에서 성공적 공정 품질의 향상은 문제 해결과정에서 어떻게 조직이 구성원의 인지적 과정에 영향을 미쳤는가에 강하게 의존한다는 결론에서도 알 수 있다 (MacDuffie, 1997).

그러므로 이러한 경쟁 능력을 인지공학적 관점에서 어떻게 얻을 수 있는가가 본 연구의 주제이며 연구 목적은 다음과 같다.

1. 인지과학을 이용하여 공정을 보다 효율적이고 효과적으로 설계할 수 있게 한다.
2. 작업장의 인간적 요구와 최신 공정 설계 기술을 통합한다.
3. 작업장의 효율과 효과성을 높이기 위한 작업자 참여를 확보할 수 있게 한다.
4. 궁극적으로 인지적 제조 시스템 설계 방안을 제시한다.
5. 향후 연구를 위한 가설을 이론적 분석과 현장의 관찰을 통해 도출한다.

연구의 필요성은 다음과 같다. 정보는 새로운 산업 혁명, 제 3의 변화 물결, 정보화 사회, 권력 이동 등으로 불리워 질만큼 사회에 큰 영향을 가져 왔으며, 기업의 생산 시스템으로서의 제조 공정은 이러한 정보를 제공받고 제공할 하드웨어상의 필요조건을 만족시키기 위해 주로 노력해 왔다.

그러나 정보가 제조공정에서 유용해지기 위해서는 단순히 많은 정보를 제공함으로써 문제를 해결할 수 있는 것은 아니며 정보의 활용이 극대화되도록 하는 인지적 제조시스템의 설계가 필요하다. 데이터란 다른 데이터와의 관계나 행위자의 관심과 기대에 기초하여 비로소 정보로 될 수 있다.

본 연구는 인지적 제조시스템을 설계할 수 있는 방법을 개발함으로써 정보의 유용성을 높일 수 있는 제조시스템과 자동화에서 나타나는 문제점을 완화하며 해결할 수 있는 인지적 제조시스템의 설계에 대한 이론적 틀 (framework)을 개발하고자 한다.

그러므로 본 연구는 이러한 인지적 제조시스템을 위한 공정설계에 인지공학을 어떻게 이용할 수 있는가에 대한 첫 단계로서 작업시스템의 분석, 새로운 제조시스템의 영향 및 궁극적인 작업자와 제조시스템의 상호작용을 평가할 수 있는 개념적 모델을 제시하고 향후 실증적 분석을 위한 가설을 현장조사를 통해 도출하고자 한다.

2. 연구 배경

최근의 제조시스템은 인간과 공정의 많은 정보 기여를 요구했으나 일반적 공정설계의 관심은 단지 높아진 공정의 정보기여도를 어떻게 활용하는가에 대해 보다 더 많은 관심을 기울여 왔다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구는 인간의 정보 기여도와 공정의 정보기여도를 동시에 고려할 수 있는 인지적 제조시스템 설계 전략을 제시하고자 한다 [그림 1].

인간의 정보기여도			
공정의 정보 기여도	저	고	
	저	N.A.*	자동화 전략
	고	인간관계 전략	인지적 전략

* N.A. - Not Applicable

[그림 1] 정보기여도와 인지적 제조시스템 설계 전략

2.1 자동화의 문제점

작업장의 자동화는 작업에 많은 이점을 가져 오지만 한편으로는 작업자의 인지 과정에 큰 부담을 줄 수 있다. 컴퓨터 통합생산은 인적자원의 관리를 통해 작업자의 증가된 기여를 이끌어 낼 수 있다. 그러나 컴퓨터 종합생산은 과거의 제조 패러다임 보다 높은 기술적, 개념적, 분석적 문제 해결능력을 요구한다. 제조시스템의 복잡성을 관리하기 위해 적용된 첨단 제조기술은 인간의 인지를 제한하거나 방해한다 (De Greene, 1991)

기본적 작업과정 (elementary work routines)이 기계화되고 자동화될 때 개인의 임무는 높은 개념적 수준으로 이동하게 된다 (Rasmussen et al, 1994). 감독제어에서의 끊임없는 역설은 자동화 기술이 보다 복잡성과 정교함을 더할수록, 작업자는 비정상적 상황을 관리하는 보다 복잡한 의사결정에 직면하게 된다는 것이다.

최근 자동화의 문제점은 다음과 같다 (Wickens, 1993).

- (1) 모니터링에 대한 부하를 높인다.
- (2) 구성 부품을 복잡하게 한다
- (3) 안전에 대한 그릇된 인식을 제공한다.

- (4) 공정에 대해 훤히 알 수 있는 범위를 벗어나게 한다.
- (5) 고차원 운영자 오류를 유발한다.
- (6) 작업자간의 협동을 저해한다.

또 자동화시스템은 폐쇄 루프 사회기술적 시스템 (closed-loop socio-technical system)의 설계문제로 시스템 설계시 작업자에 대한 관심없이는 그 시스템의 효과성을 보장하기 어렵다. 특히 컴퓨터를 이용한 공정의 설계에는 방만한 원도우의 사용, 과정에 대한 모호함, 그래픽의 그릇된 사용, 중요한 인지적 요소에 대한 결락과 같은 설계 (representation design) 상의 문제점이 있을 수 있다(Woods, 1994).

2.2 공정제어의 특성

작업자나 감독제어에 관련된 영역은 다양하다. 본 논문에서는 컴퓨터에 기초한 interfaces 를 가진 제조시스템에 대해 주로 관심을 가진다.

공정제어의 일반적 특성은 다음과 같다. 제어되는 공정변수는 느려 짧은 시간내에 시스템 반응을 알기 어려우며, 통제가 이산적으로 행하여지지만 공정 자체는 연속적 과정이며, 복잡한 관련 변수에 의해 영향을 받으므로 작업자의 공정의 상태에 관한 내적 모형의 정확성이 매우 중요하다. 그러므로 공정설계를 어떻게 함으로써 작업자가 보다 유용한 정보를 쉽게 활용할 수 있게 하는가가 중요하다.

잘 설계되지 않은 공정 설계는 많은 작업자가 그들의 창조능력, 혁신능력, 작업에 대한 고려 능력을 소진하는 상태로 만들며, 이러한 지친 상태는 사기를 떨어뜨리며, 더 이상 작업에 정성을 쏟지 않고 마침내는 작업자의 이탈을 초래한다 (Norman, 1993). 그러므로 공정설계에서 작업자의 인지적 과정을 고려하는 것은 작업자와 공정의 효과성을 높이기 위해서는 불가피하게 보인다.

3. 공정설계를 위한 인지 공학

인지적 제조시스템 설계에 대한 이론은 사회-기술적 상황에서의 작업자의 성과와 관련된 것으로 실무적으로는 린 생산시스템에서, 이론적으로는 인지공학, 소프트웨어 공학, HCI (Human Computer Interface) 및 조직행동론 등에서 많은 시사점을 얻을 수 있다.

3.1 작업 설계에 관한 간단한 이론적 고찰

작업 재설계가 어떻게 작업자의 행동에 영향을 주는가에 대한 모델을 개발하려는 시도는 많았다. 최근까지 가장 큰 관심을 받아 온 모델은 Hackman 과 Oldham의 작업특성 모형 (Hackman and Oldham, 1976)이었다. 작업특성 모형은 동기화 가능 지수(Motivating Potential Scale: MPS)를 핵심적 작업의 차원인 기능의 다양성, 작업의 정체성, 작업의 중요성, 차율성, 및 피드백으로 측정 할 수 있다고 하였다. 즉 동기화 가능지수는 5개의 핵심 작업차원을 이용하여 아래와 같이 계산한다.

$$\text{동기화 가능지수} = \frac{(\text{기능의 다양성} + \text{작업의 정체성} + \text{작업의 중요성})}{3} \times \text{자율성} \times \text{피드백}$$

동기에 대한 모형으로는 전통적 과학적 관리기법, 인간관계 모형, 및 인적 자원 모형이 있으며 본 연구에서는 인지적 제조시스템의 설계를 위한 모형에 인적자원 모형이 중요하다고 본다. 조직행동론에서 성과는 동기 X 능력 X 역할 인식으로 이루어진다고 보고 있다.

그러나 종래의 작업 설계 모형은 작업내용과 공정의 재배열을 강조하나, 작업내용과 공정 그 자체의 재설계를 통해서 이룩할 수 있는 자동화와 관련된 문제점을 해결 할 수 있는 공정 설계 원리를 제대로 제공하지 못했다.

인지(cognition)는 여러 형태로 구분할 수 있으나 본 논문과 특히 관련된 두가지 양식은 경험적 인지(experiential cognition)와 반성적 인지(reflective cognition)이다. 경험적 인지는 효율적이며 노력하지 않고 우리 주변의 사건에 대해 인지하고 반응하게 한다. 반성적 인지는 비교, 대조, 사고 및 의사결정 양식이다. 이것은 새로운 생각이나 새로운 반응으로 우리를 이끈다 (Norman, 1993).

공정제어 업무를 조심스럽게 분석해 보면 성공적 제어는 다음과 같은 중요한 요소를 필요로 한다 (Wickens, 1993).

- (1) 미래 생산 목표의 명확한 구체화와 이해
- (2) 미래 상태를 예측하는데 사용할 현재 공정의 상태에 대한 정확한 정신적 표상
- (3) 공정의 역학에 대한 정확한 내적 모형

만약 내적 모형이 없다면 작업자는 반응하고 무엇이 일어났는가를 기다린 다음 다시 반응해야 한다. 작업자는 느리고 비효율적인 폐쇄루프 제어를 사용할 수 밖에 없다.

이때 결과 피드백(Outcome Feedback)은 의사결정자가 동적 시스템의 적절한 모형을 만드는데 충분한 정보를 줄 수 없다. 결과피드백은 시스템내의 자연과 시스템의 변화가 시스템에 관한 적절한 모형을 형성하는 것을 제한한다. 동적 환경에서는 인지적 피드백의 점진적 효과성은 (a)의사결정자가 시스템의 적절한 모형을 형성하게 하고 (b) 시스템내의 변화를 발견할 능력을 향상하는 적절한 판단 정보를 제공한다 (Sengupta and Abdel-Hamid, 1993).

소프트웨어 공학에서 응집적 모듈(cohesive module)은 소프트웨어 절차내에서 단독 작업을 수행하여 프로그램의 다른 부분에서 수행되는 절차와 상호 간섭이 없도록 하는 개념이다. 결합(coupling)은 소프트웨어 구조에서 모듈과의 상호연결의 척도이다. 제조시스템을 소프트웨어의 관점에서 보면 응집적이며 결합이 느슨한 제조 시스템 셀의 형성은 제조 시스템의 독립적 운영의 보장, 보수시의 유리함, 고장시의 독립을 보장한다.

이상의 작업설계를 위한 이론적 고찰에서 알 수 있듯이 지금까지의 제조시스템의 설계 운영은 기계적인 설계, 운영의 효율성과 작업자나 조직 자체에만 관심을 가졌지 제조시스템과 작업자를 통합한 인지공학적 관점에서 제조시스템을 설계하는데 무관심 했던 사실을 알 수 있다.

3.2 린 생산 시스템의 인지 공학적 재해석

린 생산시스템은 생산방식의 혁신으로 파악되어 왔으나 린 생산시스템을 충분히 이해하고 능력을 실현시키기 위해서는 린 생산 시스템내의 이론적 구성이 명확히 되고 개발되어야 했으나 이에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 린 생산시스템에 대한 일관된 차원도 밝혀지지 않았다 (Davy et al., 1992; Sakakibara et al. 1997).

본 논문은 처음으로 린 생산시스템의 이론적構成을 인지공학적 설계라는 관점에서 접근하여 린 생산 시스템에서 인지공학적 제조시스템 설계 원리가 어떻게 적용되어 제조성과를 향상시켰으며, 린 생산시스템의 이론적 구성과 관련된 차원이 무엇인가를 인지공학적으로 재해석했다.

린 생산 시스템에서 인지공학적 공정 설계원리가 실현된 예를 Norman (1988)^[1] 제시한 인지공학적 설계 원리에 따라 아래와 같이 정리 할 수 있다.

원리1. 공정을 가시화한다 (Makes things visible).

무재고, 안돈 (Andon), 간판 (Kanban), 순차 검사, U-라인, 5-S, 자동화 (autonomation), CEDAC(Cause and Effect Diagram with the Addition of Cards) 는 공정의 문제점을 쉽게 인지하게 한다. 가시화된 작업장은 모든 의미있는 것이 보이게 하고 보이는 모든 것에 의미를 주는 의사소통 구조를 제공한다 (Grief, 1991).

원리 2. 공정을 단순화한다 (Simplify the structure of tasks).

자동화 (autonomation), fool proof는 공정을 알기 쉽게 한다.

원리 3. 맵핑을 올바르게 한다 (Get mapping right).

pull system, 순차 검사, 자주검사, fool proof, 간판 (kanban)은 작업의 결과에 대한 인지적 피드백을 가능하게 한다.

원리 4. 일관되게 한다 (Be consistent)

SMED (Single Minute Exchange of Die)를 위한 표준화와 생산 평준화의 추구는 공정을 일관되게 한다.

린 생산시스템을 인지공학적 설계원리가 잘 적용된 하나의 생산시스템으로 보는 것이 가능하다는 것을 우리는 위의 예를 통해 알 수 있다. 그러므로 인지공학적 설계원리를 제조시스템의 운영과 관리에 잘 적용하면 제조성과를 높일 수 있는 새로운 생산체계의 설계가 가능하다는 것도 또한 알 수 있다.

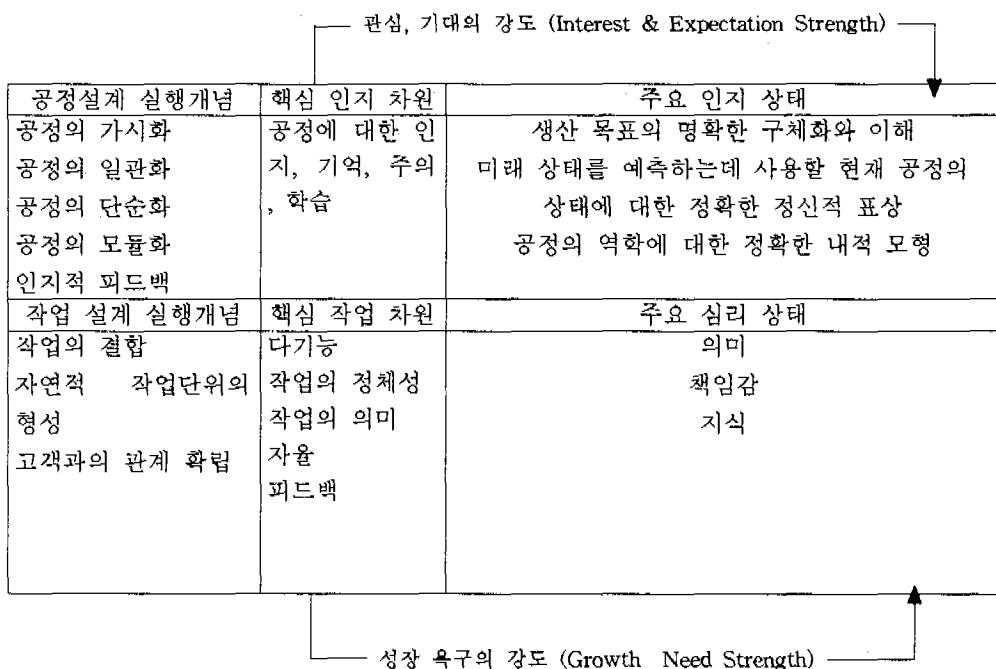
위에서 살펴 본 인지공학의 제반 이론을 이용하여 인지적 제조시스템을 설계하기 위한 모형을 도출할 수 있다. 인지공학적 관점에서 본 린 생산시스템의 이론적 구성과 관련된 차원으로는 가시화, 단순화, 일관화, 동기화, 경험적 인지, 인지적 피드백 등을 들 수 있으나 이에 대한 논의는 인지적 제조시스템 설계를 위한 전략에서 자세히 다룬다.

4. 인지적 제조 시스템 설계를 위한 전략

Hackman and Oldham (1976)의 작업특성 모형의 작업설계 실행개념, 핵심 작업 차원, 주요 심리 상태에 대응되게 인지적 제조시스템 설계를 위한 과정을 공정설계 실행 개념, 핵심 인지 차원, 주요 인지 상태로 모델화하면 [그림 2]와 같이 나타낼 수 있다. [그림 2]의 공정설계실행개념을 Norman이 제시한 인지공학적 설계원리인 공정의 가시화, 공정의 일관성, 공정의 단순화, 올바른 맵핑과 소프트웨어공학의 응집적 모듈 개념인 공정의 모듈화로 보면 이를 통해 공정의 인지, 기억, 주의, 학습이 증진된다고 본다. 핵심 인지 차원을 매개 하는 것은 관심과 기대의 강도로 주요인지 상태에 영향을 주는 것으로 본다. Hackman and Oldham의 동기화 가능지수와 비슷하게 인지화 가능지수를 정의하면 이는 공정설계실행개념을 이용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{인지화 가능지수} &= (\text{공정의 가시성} + \text{공정의 일관성} + \text{공정의 단순성} + \text{공정의 모듈화}) / 4 \\ &\times \text{인지적 피드백} \\ &= 1/(a+bH_s) \end{aligned}$$

여기서 a , b 는 상수이며 H_s 는 공정의 정보량으로 공정의 불확실성으로 정의 할 수 있다.



[그림 2] 통합 공정 설계 모형

공정설계는 조직 수준에 따라 요구되는 반성적 인지와 경험적 인지의 고저에 따라 설계 방식이 달라져야 한다. 공정설계는 반응적 양식(reactive mode), 계획적 양식 (planning mode), 기업가적 양식 (entrepreneurial mode), 및 적용적 양식 (adapting mode)으로 설계가 가능하리라 보인다 [그림 3]. 즉 경험적 인지가 강조되는 작업자 수준(Operating Core)에서는 계획적 양식이 필요하며, 비교, 대조, 사고 및 의사결정이 필요한 즉 반성적 인지가 강조되는 기술 구조(Techno Structure)에서는 신제품의 개발과 새로운 혁신을 위한 기업 가적 양식이 강조되며, 전략적 정점(Strategic Apex)에서는 많은 정보를 효과적으로 처리하기 위해서는 경험적 인지가 가능해야 하며, 한편으로는 창조적 전략의 수립과 같은 높은 반성적 인지가 요구되므로 적용적 양식이 필요하다. 경험적 인지와 반성적 인지가 강조되지 않은 설계는 비경쟁적 반응적 양식으로 회피해야 할 설계방식으로 보인다.

반성적 인지에 대한 강조

	저	고
경험적 인지 에 대한 강조	반응적 양식	기업가 양식
	저	고
	계획적 양식	적용적 양식

[그림 3] 반성적 인지와 경험적 인지에 따른 설계 방식

제조시스템의 설계에서는 작업이 주로 작업자 수준에서 이루어진다면 효율적이며 적은 노력으로 공정에 대해 이해하고 반응하게 하도록 하는 공정 설계 방식인 계획적 양식이 중요할 것 같다.

다시 제조시스템의 공정설계와 작업설계의 주요한 두 변수인 동기화 가능 지수(Task Motivation Potential)와 경험적 인지(Experiential Cognition)의 고저에 따라 공정설계전략을 기계자원 중심적 공정설계전략 (Machine Resource Centered Process Design Strategy: MRC), 기계자원 의존적 공정설계전략 (Machine Resource Dependent Process Design Strategy: MRD), 인적 자원 중심적 공정설계전략 (Human Resource Centered Process Design Strategy: HRC), Human Resource Dependent Process Design Strategy;HRD)으로 구분할 수 있고 각각의 작업 공정에서의 강조점에 따라 여러 가지 공정설계 전략을 구사할 수 있다[그림 4]. 여기서 중심적이라는 용어는 이 전략이 성립하기 위해 이 자원이 가장 중요하며 기본적 부분이라는 의미이며, 의존적이라는 용어는 공정이 성립하고 적절히 작동하기 위해서는 이 자원이 끊임없이 전적으로 필요하다는 의미로 사용했다.

동기화에 대한 강조

	저	고
경험적 인지에 대한 강조	기계자원중심 공정설계전략	인적자원의존 공정설계전략
	저	고
	기계자원의존 공정설계전략	인적자원중심 공정설계전략

[그림 4] 공정설계전략의 유형

기계자원 중심 공정설계전략은 산업화 초기의 공정설계전략으로 Taylor의 과학적 관리 원리를 경쟁 원천으로 하며 과업환경이 단순하며 정태적일 때 이용되었다. 인적자원 의존 공정설계전략은 호오손 실험이후 강조된 인간관계이론에 따라 인간관계를 주로 경쟁의 원천으로 삼아 작업자에 의존하는 경향의 공정설계 전략을 말한다. 기계자원 의존 공정설계 전략은 첨단제조기술을 경쟁의 원천으로 삼고 인적 자원의 중요성을 그다지 고려하지 않은 공정설계 전략을 말하며 최근의 많은 공정설계와 관련된 연구가 이와 같은 경향을 보였다. 한편 인적자원 중심 공정설계전략은 기계와 동시에 인간이 중요하다는 관점을 가지며, 공정의 가시화, 단순화, 모듈화, 인지적 피드백을 통해 인적자원의 공정에 대한 효과적 기여를 유도하는 공정설계 전략으로 생산시스템의 효과성과 인적 자원의 높은 기여를 유도할 수 있으므로 향후의 연구가 지향해야 할 방향으로 보인다.

공정설계전략을 공정설계전략의 경쟁원천, 인간에 대한 가정, 과업 환경 및 적용 예를 이용하여 이를 전략의 차이점을 밝히면 [표 1]과 같다.

[표 1] 공정 설계 전략의 구분

공정 설계 전략	기계 자원 중심 공정 설계 전략 (과학적 관리 전략)	기계 자원 의존 공정 설계 전략 (자동화 전략)	인적 자원 의존 공정 설계 전략 (인간관계 전략)	인적 자원 중심 공정 설계 전략 (인지적 전략)
경쟁원천	과학적 관리	첨단제조기술	인간관계	인적자원 및 첨단제조기술
인간에 대한 가정	모호 비조직적 감정적 비논리적			창조적 유연함 변화에 주의
과업환경의 복잡성	단순	복잡	단순	복잡
과업환경의 동태성	정태적	정태적	동태적	동태적
자동차 산업의 예	포드 (1920)	새턴	볼보 (우메발라)	토요타

본 연구는 인지적 제조시스템을 위한 공정설계에 인지공학을 어떻게 이용할 수 있는가에 대한 작업시스템의 분석, 새로운 제조시스템의 영향 및 궁극적인 작업자와 제조시스템의 상호작용을 평가할 수 있는 개념적 모델을 제시했다. 이 모델을 실증 분석하기 위한 모델을 만들기 위해 자동차 산업의 현장을 1997년 12월 두 차례 방문하여 관리자에 대한 인터뷰와 관찰을 통해 향후 실증적 분석을 위한 다음과 같은 예비가설을 도출하였다. 현장 방문시에는 인지적 공정 설계 원리가 공정에 어떻게 반영되고 있으며 이러한 인지적 공정 설계 원리가 작업자의 성과나 제조성과에 영향을 주는지를 중심으로 인터뷰와 관찰을 병행했다. 관찰은 현장에서 경험적 인지를 높이기 위해 어떠한 방법이 이용되며 이것이 작업자에게 어떤 영향을 주는지에 중점을 두었다.

예비 가설 1. 경험적 인지와 동기화 지수는 작업자의 능력과 역할 인식, 동기에 영향을 준다.

여기서 동기화 가능지수는 작업자의 성과에 영향을 준다는 것은 조직행동론에서 이미 잘 알려진 사실이며, 경험적 인지가 작업자의 능력 역할 인식, 동기에 영향을 준다는 것은 Norman (1993, 1998), Wickens (1993)을 통해서 알 수 있다.

경험적 인지는 공정설계 개념인 공정의 가시화, 공정의 일관성, 공정의 단순화, 공정의 모듈화, 인지적 피드백의 정도로 조작화 가능하며 앞에서 정의한 인지화 가능지수로 조작화 가능하리라 보이며, 동기화 지수는 작업특성 모형의 조작화를 그대로 이용 가능하다.

능력은 공간적 재능 (spatial aptitude), 인지 속도 (perceptual speed), 귀납적 추론, 기억력의 정도로 조작화 할 수 있다. 역할인식은 성과에 대한 기대, 기대에 부응하기 위한 방법, 작업 행동의 결과에 대해 아는 정도로 조작화할 수 있다. 동기는 여러가지로 조작화할 수 있으나 여기서는 성취욕구 (Need for Achievement : n Ach.)로 조작화할 수 있다고 본다.

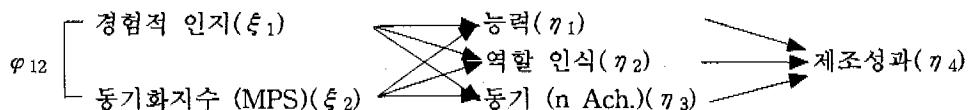
예비가설 2. 작업자의 능력, 역할 인식, 동기는 작업자의 제조성과에 영향을 준다.

작업자의 능력, 역할인식, 동기는 작업자의 성과로 이어지며 이는 다시 제조성과로 이어진다. 여기서 작업자의 제조성과는 품질과 생산성 등으로 조작화 가능하리라 보인다.

예비가설 3. 경험적 인지와 동기화는 서로 상관되어 있다.

경험적인지와 동기화는 서로 독립된 직교 차원의 개념이 아니며 서로 상관관계가 있다. 다기능, 작업의 정체성, 작업의 의미, 자율, 피드백은 공정의 가시화, 공정의 일관성, 공정의 이해증진, 공정의 모듈화, 인지적 피드백과 상호 관련된 개념이 있으므로 이는 서로 다소의 상관관계가 있는 것으로 볼 수 있다.

예비가설을 구조적 모델로 나타내면 [그림 5]와 같다.



[그림5]인지적 제조시스템 설계 관련 변수의 관계 모형

5. 결론 및 토론

제조시스템을 설계하는 새로운 패러다임으로서의 인적 자원 중심의 공정 설계 전략은 생산 시스템 설계와 운영에 중요한 영향을 미칠 수 있다고 본다.

종래의 작업 설계는 주로 작업 내용과 공정을 재배열하고 기능의 다양성, 작업의 정체성, 작업의 중요성, 자율성, 피드백을 강조했다. 인지적 제조시스템 설계는 작업내용과 공정 그 자체의 재설계를 통해 인지적 제조시스템을 지향하는 것이다. 그러므로 이들 두 개념의 결합을 통해 인적 자원 중심의 공정 설계가 가능해질 것이다.

결론적으로 인적 자원 중심의 공정 설계 원리는 다음과 같은 것이 중심적 내용이 될 수 있다.

1. 공정의 가시화
2. 공정의 일관성
3. 공정의 이해 증진 (intelligible)
4. 인지적 피드백
5. 환경에 대한 적응
6. 과오를 줄이기 위한 설계 (design for errors)
7. 작업자간의 협동(cooperate between operators)
8. 작업자의 동기화

인지적 제조시스템은 제조시스템의 기능적 특성과 작업 가능성은 직접적으로 인지하게 하며 작업자가 공정을 쉽게 파악할 수 있는 능력을 갖도록 하는 동시에 작업동기를 높이는 새로운 제조 시스템으로 작업자를 현명하게 하는 제조시스템(Manufacturing system that makes workers smart)으로도 볼 수 있다.

본 연구는 인지적 제조시스템을 가능하게 하는 이론적 검토와 인지적 제조시스템을 설계하기 위한 공정 설계 전략 모형을 제시했다. 한편 현장 방문을 통한 관찰과 인터뷰를 통해 향후 인지적 제조시스템의 근간을 이루는 개념을 실증할 수 있는 예비 가설을 제시하고 이를 구조적 모형으로 제시했다.

본 연구의 한계는 실증분석을 위한 개념적 모형의 개발단계로 실증분석에 빠진 이론적 검토와 이의 모델화에 거쳐 아직 인지적 제조시스템을 위한 공정설계 원리가 규범적인 제시에 거치고 있다는 점이다. 향후 연구에서는 예비가설을 실증하는 작업이 필요하며 이 연구를 실증하기 위한 방법론에 대한 고찰이 필요하리라 보인다.

그러나 본 연구에서 제시한 개념적 모형은 실증분석의 전 단계로서 이론틀 (framework)을 명료화하며, 이와 관련된 개념을 정리했다는 점과, 공정설계에 대한 인지적 관점에서의 새로운 접근이라는 점에서 그 가치가 있으리라 보인다. 그리고 최근의 연구방향 중 하나는 이론적 틀이 명료화하지 않은 실증분석을 지향하고 현장방문 등을 통해 개념적 모형을 명확히 한 후 이를 통해 가설을 염밀히 하는 연구도 실증분석에 못지 않은 중요성을 인정받고 있는 것 같다.

참고문헌

1. Bullemer Peter T. and Ian Nimmo, 1994, Understanding and Supporting Abnormal Situation Management in Industrial Process Control Environments: A New Approach to Training, *Proc. of IEEE Systems, Man and Cybernetics Conference*, pp. 391-396
2. Davy, J., R. White, N. Merritt, and K. Gritzmacher, 1992, A Derivation of the Underlying Constructs of Just-In-Time Management Systems, 1992, *Academy of Management Journal*, 1992, Vol 35, No. 3, pp. 653-670
3. De Greene, Kenyon B., 1991, Large Technology-Based Systems and the Need for Paradigm Shift, *Technological Forecasting and Social Change* 39
4. Grief, Michel, 1991, *The Visual Factory*, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts
5. Hackman J. Richard and Greg R. Oldham, 1976, Motivation through the Design of Work: Test of a Theory, *Organizational Behavior and Human Performance*, 16
6. MacDuffie J., 1997, The Road to Root Cause: Shop-Floor Problem-Solving at Three Auto Assembly Plants, *Management Science*, Vol. 43, No. 4, pp. 479-502
7. Norman, Donald A., 1993, *Things that makes us smart*, Addison Wesley
8. _____, 1988, *The design of everyday things*, basic books
9. Rasmussen, Jens, Annelise Mark Pejtersen and L. P. Goodstein, 1994, *Cognitive Systems Engineering*, Wiley Interscience
10. Sakakibara, S., B. Flynn, R. Schroder and W. Morris, 1997, The Impact of Just-in-Time Manufacturing and Its Infrastructure on Manufacturing Performance, *Management Science*, Vol. 43, No. 9
11. Sengupta, K. and T. K. Abdel-Hamid, 1993, Alternative Conceptions of Feedback in Dynamic Decision Environments: An Experimental Investigation, *Management Science*, Vol. 39, No. 4
12. Snell, Scott A. and James W. Dean, Jr., 1992, Integrated Manufacturing and Human Resource Management: A Human Capital Perspective, *Academy of Management Journal*, Vol. 35, No. 3
13. Wickens, C., 1993, *Engineering Psychology and Human Performance*, Harper Collins
14. Woods, D., 1994, *Human Computer Interaction in Complex Systems*, Unpublished Notes, The Ohio States Univ.

부 록

중요 변수에 대한 조작화

1. 경험적 인지

- 공정의 문제점을 얼마나 쉽게 알 수 있습니까?
- 표준화와 생산의 평준화는 어느 정도 이루어져 있습니까?
- 공정을 얼마나 쉽게 이해 할 수 있습니까?
- 공정의 변화를 빨리 알 수 있는 적절한 정보가 얼마나 주어집니까?

2. 동기화지수

- 작업에서 얼마나 많은 다른 종류의 능력을 필요로 합니까?
- 작업이 작업의 일부분이 아닌 전체적인 부분을 포함하여 작업의 결과를 최종 제품이나 서비스에서 어느 정도 쉽게 볼 수 있습니까?
- 작업의 결과가 어느 정도 의미 있고 중요하다고 생각 하십니까? 즉 다른 사람의 생활이나 복지에 어느 정도 기여 한다고 생각하십니까?
- 작업에서 작업의 방법과 시간을 어느 정도 결정하도록 허용합니까?
- 작업의 성과에 대한 정보를 어느 정도 제공합니까?

3. 능력

- 작업과 공정은 작업량을 빠르며 정확하게 이해하게 하는데 어느 정도 도움이 됩니까?
(number aptitude)
- 작업과 공정은 작업지시를 빠르며 정확하게 이해하게 하는데 어느 정도 도움이 됩니까?
(verbal comprehension)
- 작업과 공정은 원리를 발견하여 문제 해결에 적용하기 쉽게 하는데 어느 정도 도움이 됩니까?
(inductive reasoning)
- 작업과 공정은 작업지시나 작업과 관련한 내용을 기억하는데 어느 정도 도움이 됩니까?
(memory)

4. 역할 인식

- 작업에서 요구하는 것에 대해 어느 정도 알고 계십니까?
- 그러한 기대에 대한 부응하기 위한 방법을 어느 정도 알고 계십니까?
- 작업 행동의 결과에 대해 어느 정도 알고 계십니까?

5. 성취 욕구

- 문제의 해결책을 찾기 위한 개인적 책임을 얼마나 느낍니까?

어려운 성취 목표를 세우고 계산된 위험을 얼마나 감수합니까?
작업의 성과에 대한 구체적 feedback 을 얼마나 원합니까?
작업의 성취를 위해 얼마나 성실하게 몰두합니까?

6. 제조성과

정상적 조건에서의 작업량은 다른 사람에 비해 어느 정도 입니까?
작업의 완벽함, 깔끔함과 정확도는 다른 사람에 비해 어느 정도 입니까?
작업과 관련된 요소에 대한 이해는 다른 사람에 비해 어느 정도 입니까?
다른 동료, 상사, 부하 직원과의 협동은 다른 사람에 비해 어느 정도 입니까?