Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 42, No. 2, pp. 80-85, April 2016.
ISSN 1225-0988 | EISSN 2234-6457
http://dx.doi.org/10.7232/JKIIE.2016.42.2.080
© 2016 KIIE
<Original Research Paper>

작업자의 인지를 고려한 공정 설계에 대한 실증 연구

김 연 민†

울산대학교 산업경영공학부

An Empirical Analysis of a Process Design Considering Worker's Cognition

Yearnmin Kim

Department of I.E., University of Ulsan

This study suggests a process design using cognitive processes. Job characteristic model for job design and recent cognitive engineering studies for process design are reviewed briefly. By using these concepts, the lean production system is re-interpreted in terms of cognitive engineering and the latent dimensions of the lean production system are revealed as the application of cognitive engineering principles. An integrated process design framework for cognitive manufacturing system using job characteristic model is suggested for the effective design of manufacturing system.
Propositions for empirical analysis of this model are also analyzed through a questionnaire survey. Propositions are (1) experiential cognition and motivation potential affect the ability, role perception, and need for achievement of the operator in the manufacturing system, (2) the ability, role perception, and need for achievement of the operator affect the job performance. Both propositions are supported by correlation analysis and path analysis.

Keywords: Process Design, Cognitive Process, Job Design, Experiential Cognition, Motivation, Job Performance

1. 서 론

품질이나 생산성을 높이기 위해서는 공정의 설계가 중요하다. 제조시스템의 설계자들은 공정 설계시 의사결정자나 작업자의 인지적 과정을 제대로 고려하지 않은 채 이러한 시스템을 설계해 왔다. 최근까지 공정 설계는 의사결정자나 작업자의 의사결정 등의 인지적 측면에 대한 고려보다는 첨단제조기술의 강점에 의해 주로 이루어져 왔다.

그러나 공정설계에서 인간의 인지적 과정을 제대로 고려하지 않은 기계적인 공정설계는 인간 기계시스템이 효율적으로 운영되지 못하게 하며 첨단제조기술에 대한 투자를 품질이나 생산성의 향상으로 나아가지 못하게 하여 결국 제조시스템이 경쟁능력을 갖추지 못하게 한다(Shea, 2010). 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).

본 연구의 목적은 첫째, 인지과학을 이용하여 공정을 보다 효율적이고 효과적으로 설계할 수 있게 하며, 둘째, 작업장의 효율과 효과성을 높이기 위한 작업자 참여를 확보할 수 있게 하며, 셋째, 어떻게 작업자의 인지를 고려하여 제조 시스템을 설계할 수 있을까를 제시하고자 한다.

정보는 새로운 산업 혁명, 제 3의 변화 물결, 정보화 사회, 권력 이동 등으로 불릴 만큼 사회에 큰 영향을 가져 왔으며, 기업의 생산 시스템으로서의 제조 공정은 이러한 정보를 제공받고 제공할 조건을 만족시키기 위해 주로 노력해 왔다. 그러나 정보가 제조공정에서 유용해지기 위해서는 단순히 많은 정보를 제공함으로써 문제를 해결할 수 있는 것은 아니며 정보의 활

† 연락저자 : 김연민 교수, 44610, 울산광역시 남구 대학로 93 울산대학교 산업경영공학부, Tel : 052-259-2175, Fax : 052-259-1683, E-mail : ymkim@ulsan.ac.kr
2015년 8월 11일 접수; 2015년 10월 1일 수정본 접수; 2015년 12월 7일 게재 확정.

용이 극대화되도록 하는 인지적 과정을 고려한 제조시스템의 설계가 중요하다(Oh *et al*., 2015). 이러한 제조시스템에서는 작업자가 미래 생산의 목표를 구체적이고 명확히 이해하고, 미래 상태를 예측할 수 있는 공정 상태에 대한 정확한 정신 표상을 제공받으며, 공정의 동태에 대한 정확한 정신모형을 지닐 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구는 공정설계에서작업자의 인지를 어떻게 고려하여 제조시스템을 설계할 수 있는가를 밝히기 위해 린생산 시스템을 인지적 관점에서 재해석하며 또 공정설계와 관련된 인지이론을 이용하여 개념적 모델과 가설을 제시하고 실증적 분석을 통해 이를 검증하고자 한다.

2. 연구의 배경

최근의 제조시스템은 자동화가 진척되고 많은 공정정보가 산출되나 일반적 공정설계의 관심은 인간보다는 공정의 기계적 자동화에 보다 더 많은 관심을 기울여 왔다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구는 작업 및 공정설계에서 과거의 인간에 의존하는 인간관계전략이나 기계에 주로 의존하는 자동화 전략이 아닌 인간과 기계를 동시에 고려할 수 있는 인지적 접근법이 중요함을 실증 연구를 통해 제안하고자 한다<Table 1>.

Table 1. A Typology of Process Design Approach

		Dependence on Human	
		Low	High
Dependence on Machine	Low	N.A.*	Human Relations Approach
	High	Automation Approach	Cognitive Approach

* N.A. : Not Applicable.

2.1 첨단 자동화의 문제점

작업장의 자동화는 작업에 많은 이점을 가져 오지만, 한편으로는 작업자의 인지 과정에 큰 부담을 줄 수 있다. 컴퓨터 통합생산은 인지적자원의 올바른 관리를 통해서만 작업자의 증가된 기여를 이끌어 낼 수 있다. 컴퓨터 통합생산은 과거의 제조 패러다임인 자동화 전략보다 더 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 역설은 자동화 기술이 보다 복잡성과 정교함을 더할수록, 작업자는 비정상적 상황을 관리하는 보다 복잡한 의사결정에 직면하게 된다는 것이다.

최근 자동화의 문제점은 다음과 같다(Wickens, 1999).

(1) 감시부담의 증가로 모니터링에 대한 부하가 높아진다.
(2) 복잡하고 구성 부품이 더 많아져 요소 풍부화와 시스템 복잡성을 일으킨다.
(3) 안전에 대한 그릇된 과신 또는 불신을 제공한다.
(4) 외부루프 불친숙성(Out of the loop unfamiliarity)으로 공정에 대해 잘 알 수 있는 범위를 벗어나게 한다.
(5) 인간 오퍼레이터간의 의사소통 부족은 작업자간의 협동을 저해한다.

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

2.2 공정제어의 특성

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 공정 상태에 관한 내적 모형의 정확성이 매우 중요하다. 그러므로 공정설계를 어떻게 함으로써 '작업자가 보다 유용한 정보를 쉽게 활용할 수 있게 하는가'에 관심을 기울여야 한다.

잘 설계되지 않은 공정 설계는 작업자의 혁신능력, 작업에 대한 고려 능력을 소진하게 하며, 이러한 지친 상태는 사기를 떨어뜨리며, 더 이상 작업에 정성을 쏟지 못하고 마침내는 작업자의 이탈을 초래한다(Norman, 1993). 그러므로 작업자와 공정의 효과성을 높이기 위해서는 공정설계에서 작업자의 인지적 과정을 세심히 고려해야 한다.

3. 인지적 과정을 고려한 공정설계를 위한 이론적 고찰

3.1 작업 설계에 관한 이론적 고찰

작업설계가 어떻게 작업자의 행동에 영향을 주는가에 대한 모델을 개발하려는 시도는 많았다. 최근까지 가장 큰 관심을 받아 온 모델은 Hackman과 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, 자율성, 및 피드백으로 측정 할 수 있다고 하였다. 이들 점수가 높으면 내재적 작업동기화, 작업에 대한 만족, 높은 작업성과 및, 결근과 이직의 감소

라는 긍정적 작업 결과를 가져올 수 있다고 보았다. 이를 측정하는 지수가 바로 동기화 가능 지수이다. Hackman과 Oldham은 동기화 가능지수를 5개의 핵심 작업차원을 이용하여 아래와 같이 계산하였다.

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

종래의 작업 설계 모형은 작업내용과 공정의 재배치를 강조하나, 작업내용과 공정 그 자체의 재설계를 통해서 자동화와 관련된 문제점을 해결 할 수 있는 공정 설계 원리를 제대로 제공하지 못했다. 공정제어 업무를 분석해 보면 성공적 공정은 다음과 같은 중요한 요소를 필요로 한다(Wickens, 1999).

(1) 미래 생산 목표의 명확한 구체화와 이해
(2) 미래 상태를 예측하는데 사용할 현재 공정의 상태에 대한 정확한 정신적 표상
(3) 공정의 흐름(역학)에 대한 정확한 "내적 모형"

만약 내적 모형이 없다면 작업자는 반응하고 무엇이 일어났는가를 기다린 다음 다시 반응해야 한다. 이때 작업자는 느리고 비효율적인 폐쇄루프 제어를 사용할 수 밖에 없다. 그러므로 성공적 공정은 (a) 의사결정자가 시스템의 적절한 모형을 형성하게 하고 (b) 시스템내의 변화를 발견할 능력을 향상하도록 적절한 판단 정보를 제공하는 인지적 피드백이 필요하다(Sengupta and Abdel-Hamid, 1993)고 본다.

3.2 린 생산 시스템의 인지 공학적 재해석

인지적 과정을 고려한 공정 설계를 위해서 린 생산시스템을 인지공학적으로 재해석해 볼 필요가 있다. 린 생산시스템은 생산방식의 혁신으로 파악되어 왔으나 린 생산시스템을 충분히 이해하고 그 능력을 재현시키기 위해서는 린 생산 시스템의 바탕이라 할 수 있는 이론적 구성이 명확히 되어야 하나 이에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다(Davy *et al*., 1992; Sakakibara *et al*., 1997). 본 연구는 린 생산시스템의 이론적 구성을 인지공학적 설계라는 관점에서 접근하여 린 생산 시스템에서 인지공학적 제조시스템의 설계 원리가 어떻게 적용되어 작업성과를 향상시켰으며, 린 생산시스템의 이론적 구성과 관련된 차원이 무엇인가를 살펴보고자 한다. 린 생산 시스템에서 인지공학적 공정 설계원리가 실현된 예를 Norman(1988)이 제시한 인지공학적 설계 원리를 이용하여 다음과 같이 정리 할 수 있다.

원리 1 : 공정을 가시화한다(Makes things visible).

린 생산시스템에서 사용되는 무재고, 안돈(Andon), 간판(Kanban), 순차 검사, U-라인, 5-S, 인지자동화(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).

무재고는 재고의 완충작용을 제거함으로써 공정의 문제점을 즉시 드러나게 한다. 안돈은 시스템의 상태를 적, 황, 녹색의 신호등이나 목표 대 실적을 게시하여 이를 작업자나 관리자가 쉽게 파악할 수 있게 한다. 간판은 생산 통제 정보가 컴퓨터 등의 내부에 있어 보이지 않는 것을 간판이라는 장치를 통해 정보를 쉽게 파악하고, 상부 공정과 하부 공정을 간판으로 긴밀히 연결하게 하는 역할을 한다. 순차검사는 앞 작업의 문제점을 다음 작업자가 발견하고 인지적 피드백이 가능하게 한다. U-line은 다기능 작업자가 U-line을 돌며 작업을 수행하게 함으로써 U-line 내의 모든 공정을 쉽게 파악하게 한다. 5-S는 작업장을 정리, 정돈, 청결, 청소, 규율화 함으로서 작업현장을 쉽게 파악하게 한다. 또 인지자동화는 불량을 감지하고 이에 쉽게 대처하게 한다.

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

인지자동화(autonomation), 실패방지(fool proof 혹은 fail safe)는 공정의 불량이나 불안전 요인을 사전에 차단하게 하여 실패나 불량을 방지하고 공정 관리를 쉽게 한다. 간판(Kanban)과 같은 단순한 생산통제 시스템은 복잡한 자재소요 계획(MRP)과 달리 공정 계획과 통제를 단순화한다. 평준화 생산과 무재고 생산은 생산계획에서 로트 생산을 하지 않게 하여 재고 관리를 단순화한다.

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

풀 시스템(pull system), 순차 검사, 자주검사, 실패방지(fool proof), 간판(kanban)은 작업의 결과에 대한 "인지적 피드백"을 가능하게 하여 인지적 맵핑을 가능하게 한다. 풀 시스템은 푸쉬 시스템과 달리 앞 공정과 뒤 공정을 연결하여 공정 문제점을 쉽게 파악하고 물류의 흐름을 작업자가 잘 알 수 있게 한다. 순차검사, 자주검사는 산출물에 대한 최종 검사와 달리 공정의 인지적 피드백이 가능하게 한다. 간판은 모든 공정을 연결지음으로써 공정 상태를 쉽게 인지할 수 있게 한다.

원리 4 : 일관되게 한다(Be consistent)

SMED(Single Minute Exchange of Die), 작업 표준화와 생산 평준화의 추구는 공정을 일관되게 한다. SMED는 금형을 10분 내에 교환하게 하기 위해 금형을 표준화하고 일관되고 빠른 금형 교환 작업이 가능하게 한다. 작업표준화는 작업을 일관되게 하고 생산 평준화는 로트 생산으로 인한 공정의 불규칙성을 없애고 생산통제의 일관성을 확보하게 한다.

위의 예를 통해 린 생산시스템을 살펴 본 결과 린 생산시스템은 인지공학적 설계원리가 잘 적용된 하나의 생산시스템으로 보는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다. 그러므로 인지공학

적 설계원리를 제조시스템의 운영과 관리에 잘 적용하면 작업 성과를 높일 수 있는 새로운 생산 공정체계의 설계가 가능하다는 것을 가정할 수 있다.

4. 인지적 공정설계를 위한 모형과 가설

Hackman and Oldham(1976)의 작업특성 모형의 작업설계 실행 개념, 핵심 작업 차원, 주요 심리 상태를 이용하여 인지적 제조 시스템 설계를 위한 과정을 공정설계 실행 개념, 핵심 인지 차원, 주요 인지 상태로 모델화하면 <Figure 1>과 같이 나타낼 수 있다. 공정설계실행개념은 Norman이 제시한 인지공학의 설계 원리인 공정의 가시화, 공정의 일관성, 공정의 단순화, 인지적 피드백(올바른 맵핑)과 소프트웨어공학의 원리인 공정의 모듈화로 정리하고, 이를 통해 공정의 인지, 기억, 주의, 학습이 증진된다고 보았다. <Figure 1>은 공정의 가시화, 일관성, 단순화. 모듈화, 인지적 피드백이 공정설계 실행시 주요한 개념으로 보고 이는 작업자의 인지, 기억, 주의, 학습이라는 핵심 인지 특성에 영향을 주는 것으로 주는 것으로 나타내었다. 다시 핵심 인지 특성은 생산목표에 대한 명확한 구체화와 이해, 공정에 대한 정확한 정신 모형, 공정 메커니즘에 대한 정확한 내적 모형으로 연결된다고 보았다. <Figure1>의 하단은 Hackman and Oldham(1976)의 작업특성 모형을 그대로 사용하였다.

공정설계는 조직 수준에 따라 요구되는 '경험적 인지'와 '반성적 인지'(Leschziner *et al*., 2013)의 고저에 따라 설계 방식이 달라져야 한다. 여기서 경험적인지(혹은 자동적 인지)는 학습에는 시간이 걸리나 학습 후에는 효율적 이어서 노력하지 않고 우리 주변의 사건에 대해 인지하고 반응하게 하며, 반성적 인지 (혹은 의도적 인지)는 비교, 대조, 사고 및 의사결정의 양식으로 새로운 생각이나 새로운 반응을 요구한다.

공정 설계에서는 작업이 주로 작업자 수준에서 이루어지므로 효율적이며 적은 노력으로 공정을 이해하고 빠르게 반응할 수 있는 경험적 인지가 강조되어야 한다. "작업자"는 "관리자"와 달리 큰 노력이나 지체없이 작업에 대해적절한 반응을 하여야한다. 작업현장에서는 추론이나 사고는 고장시나 복잡한 문제에 직면했을 때는 필요하지만 일상적 업무는 인지, 행동, 반응이 효율적으로 빨리 이루어져야 한다.

본 연구에서 제시한 공정설계시인지 공학을 어떻게 이용할 수 있는가에 대한 "통합공정 설계 모형" <Figure 1>을 실증 분석하기 위해 다음과 같은 가설을 도출했다<Figure 2>.

가설 1 : 경험적 인지와 동기화 가능지수는 작업자의 능력과 역할인식, 성취욕구에 영향을 준다.

여기서 동기화 가능지수가 작업자의 성과에 영향을 준다는 것은 조직행동론에서 이미 잘 알려진 사실이며, 경험적 인지가 작업자의 능력, 역할 인식, 성취욕구(Achievement Need)에 영향을 준다는 것은 Norman(1993, 1998), Wickens(1999) 등을 통해서 알 수 있다.

경험적 인지는 공정설계 개념인 공정의 가시화, 공정의 일관성, 공정의 단순화, 공정의 모듈화, 인지적 피드백의 정도로 측정 조작화(operationalization)하였으며, 동기화 가능지수는 작업특성 모형의 조작화(Hackman and Oldham, 1976)를 그대로 이용하였다.

조직행동론에서 일반적으로 정신적 능력은 공간적 재능(spatial aptitude), 인지 속도(perceptual speed), 귀납적 추론, 기억력의 정도로 조작화 된다. 단 본 연구에서는 정신적 능력 중 언어에 대한 이해력, 언어의 유창함, 계산 능력 등 본 연구와 관련성이 낮은 항목은 제외했다(Steers and Black, 1994). 또 역할 인식은 성과에 대한 기대, 기대에 부응하기 위한 방법, 작업 행동의 결과에 대해 아는 정도로 조작화 되었다.

가설 2 : 작업자의 능력, 역할 인식, 성취욕구는 작업자의 작업 성과에 영향을 준다.

작업자의 능력, 역할인식, 성취욕구(Achievement Need)는 작업자의 성과로 이어지며 이는 다시 작업성과로 이어진다. 여기서 작업자의 작업성과는 품질과 생산성 등으로 조작화 하였다.

Process Design Implementation Concept		Core Cognition Characteristics		Critical Cognitive States
Visualization Consistency Simplification Modularization Cognitive Feedback	⇨	Cognition Memory Attention Learning	⇨	Explicit Specification and Understanding of Production Objective Precise Mental Model of Process Conditions Correct Internal Model of Process Mechanics
Job Design Implementation Concept		**Core Job Characteristics**		**Critical Psychological States**
Job Combination Natural Job Unit Customer Relationship	⇨	Skill Variety Task Identity Task Significance Autonomy Feedback	⇨	Experienced Meaningfulness of the Work Experienced Responsibility for Outcome of the Work Knowledge of Results of the Work Activities

Figure 1. Integrative Process Design Model

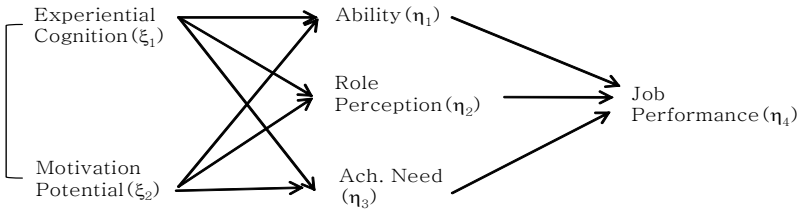

Figure 2. A Structural Model of Process Design Variables

가설 3 : 경험적 인지와 동기화는 서로 상관되어 있다.

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

가설을 구조적 모델로 나타내면 <Figure 2>와 같다.

5. 분석 및 결과

인지적 공정 설계에 대한 실증 연구를 위한 설문지는 S사의 작업자 40명에게 2014년 10월 15일부터 10월 20일 사이에 배포되어 조사되었다. S사는 브라운관, PDP, AMOLED 등의 디스플레이 제품 생산을 주력 사업으로 하였으나, 2000년 리튬이온 2차 전지 사업에도 진출하여 사업을 다각화하였다. 본 설문지는 공정의 자동화가 높은 2차 전지 사업부의 40명의 근무자에게서 조사되었다. 설문지는 공정의 설계 변수가 작업자의 능력, 역할 인식, 성취욕구 및 작업자의 성과에 어떤 영향을 미치는 가를 파악하고자 하였다. 설문지의 신뢰도를 평가하기 위해 크론바하 알파 값을 구하였다. 본 연구에서 사용된 문항은 경험적 인지 변수외에는 조직행동론에서 이미 개발된 문항을 이용하였으므로 변수의 신뢰도가 있을 것으로 예상하였으나, 변수내의 여러 문항의 일관성과 하나의 개념을 측정하는 정도를 정확히 살펴보기 위해 실시한 신뢰도 분석 결과 모든 변수의 크론바하 알파 값이 일반적 기준치인 0.7보다 상당히 높아 변수의 신뢰도가 있는 것으로 판명되었다<Table 2>. 단 추가적 요인분석 결과 경험적 인지 문항 중 하나는 같은 요인으로 보기 어려워 제외되었다.

본 연구에서는 상관관계 분석과 경로 분석을 수행하였다. 능력, 역할인식, 성취욕구, 작업 성과 변수에 대한 상관관계를 분석한 결과는 <Table 2>와 같다. <Table 2>를 보면 경험적 인지와 동기화 지수는 작업성과에 영향을 미치지만 능력, 역할인식, 성취 욕구를 통해 다시 작업성과에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 이를 정리하면 <Figure 3>과 같다.

Table 2. Correlation of Variables(All p Values are 0.01)

	Exp. Cognition	MPS	Ability	Role Perception	Ach. Need	J.P.
MPS	0.842					
Ability	0.861	0.894				
Role Perception	0.846	0.875	0.917			
Ach. Need	0.852	0.880	0.875	0.899		
Job Performance	0.673	0.628	0.686	0.701	0.759	
Cronbach's Alpha	0.858	0.916	0.918	0.883	0.909	0.873

작업성과를 설명하는 변수로는 능력, 역할인식, 성취욕구가 높은 상관관계를 보였다. 회귀분석에서는 다공성(Multi-Colinearity) 문제를 해결하기 위해 단계적 회귀분석 결과 성취욕구가작업성과에 가장 큰 영향을 주는 변수로 확인되었으며 R^2가 0.56이었다.

상관관계 분석결과 경험적 인지와 동기화 지수는 작업자의 능력과 역할 인식, 성취욕구와 높은 상관관계를 보여 가설 1을 지지한다. 작업자의 능력, 역할 인식, 성취욕구는 작업자의 작업성과와 높은 상관관계를 보이므로 가설 2를 지지한다. 경험적 인지와 동기화는 이론적으로 다른 차원임에도 서로 높은 상관관계(0.784***)를 보여 이들의 관계에 대한 추가적 분석을 위해 경험적 인지와 동기화지수에 대한 요인분석 결과 경험적

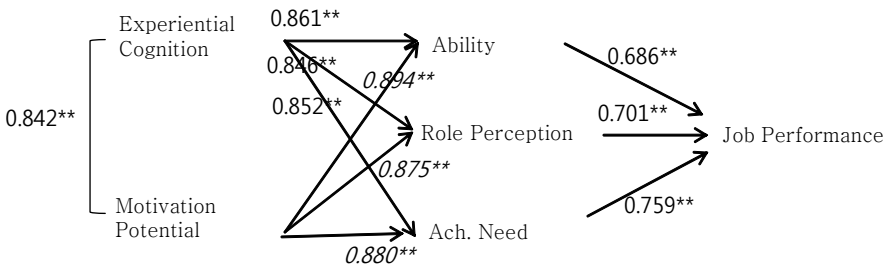

Figure 3. Results of the Process Design Variables

인지와 동기화 지수는 다른 요인으로 구분되었다.

추가적으로 경로분석(Path Analysis) 결과 경험적 인지변수가 작업성과 변수에 대해 매개변인인 능력, 역할인식, 성취욕구 변수를 통해 매개되는 부분매개임을 알 수 있었다. 또 동기화 지수 변수는 작업성과 변수에 대해 매개변인인 능력, 역할인식, 성취욕구 변수를 통해 매개되는 부분매개임을 알 수 있었다.

6. 결론 및 토론

제조시스템을 설계할 때 인지적 과정을 고려한 공정 설계는 생산 시스템 설계와 운영에 중요한 영향을 미칠 수 있다.종래의 작업 설계는 주로 작업 내용과 공정을 재배열하고 기능의 다양성, 작업의 정체성, 작업의 중요성, 자율성, 피드백을 강조했다. 작업자의 인지를 고려한 공정 설계는 작업내용과 공정 그 자체의 재설계를 통해 공정정보를 쉽게 파악, 활용할 수 있는 제조시스템을 지향하는 것이다. 인지적 공정 설계 원리는 본 연구결과에 따르면 다음과 같은 것이 중심적 내용이 될 수 있을 것이다.

(1) 공정의 가시화
(2) 공정의 일관성
(3) 공정의 이해 증진(intelligible)
(4) 인지적 피드백
(5) 작업자의 동기화

인지적 과정을 고려한 공정 설계는 제조시스템의 기능적 특성과 작업 가능성을 직접적으로 인지하게 하며 작업자가 공정을 쉽게 파악할 수 있는 능력을 갖도록 하는 동시에 작업동기를 높이는 새로운 제조시스템으로 작업자를 현명하게 하는 제조시스템(Manufacturing system that makes workers smart)으로도 볼 수 있다.

본 연구는 인지적 과정을 고려한 공정 설계를 가능하게 하는 과정에 대한 이론적 검토와 인지적 과정을 고려한 공정 설계하기 위한 통합 공정 설계 모형<Figure 1>을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 공정설계 모형은 관련 이론틀(framework)을 명료화하며, 이와 관련된 개념을 정리했으며, 공정설계에 대한 인지적 관점을 분석한 새로운 접근이라는 점에서 그 가치가 있다. 본 연구는 이론적 틀이 명료화하지 않은 실증분석을 지양하고 현장방문 등을 통해 개념적 모형을 명확히 한 후 이를 통해 가설을 엄밀히 하였다. 가설은 검증결과 모두 지지 되었으며 동기화 지수와 더불어 경험적 인지가 제조시스템 설계의 중요한 변수임을 증명하였다. 추후 연구 과제로는 자료의 부족으로 분석하지 못한 구조방정식 모델(structural equation model)을 통한 엄밀한 실증 연구를 수행하는 것이 필요해 보인다. 또 경험적 인지와 동기화지수는 다른 요인으로 밝혀졌으나 높은 상관관계를 가지므로 추후 경험적 인지와 동기화지수 변수의 원인 결과에 대한 인과관계에 대한 분석이나 혹은 다른 confounding 요인이 있는지에 대한 엄밀한 분석이 필요하다.

아울러 설문이 작업현장에서 이루어지고, 항목이 정성적인 부분이 많아 설문 항목을 작업자가 쉽게 이해하도록 구성하려는 엄밀성 확보가 더 필요해 보인다. 아울러 추후 작업의 인지를 고려한 공정설계를 명확히 하기 위해서는 보다 많은 실증 연구의 축적이 필요하다.

참고문헌

Black, J. T. and Hunter, S. (2003), *Lean Manufacturing Systems and Cell design*, Society of Manufacturing Engineers.

Bullemer, P. T. and Nimmo, I. (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*, 391-396.

Davy, J., White, R., Merritt, N., and Gritzmacher, K. (1992), A derivation of the underlying constructs of just-in-time management systems, *Academy of Management Journal*, **35**(3) 653-670.

De Greene, K. B. (1991), Large technology-based systems and the need for paradigm shift, *Technological Forecasting and Social Change*, **39**, 349-362.

Grief, M. (1991), *The Visual Factory*, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.

Hackman, J. R. and Oldham, G. R. (1976), Motivation through the design of work : test of a theory, *Organizational Behavior and Human Performance*, **16**, 250-279.

Leschziner, V. and Green, A. I. (2013), Thinking about food and sex : Deliberate cognition in the routine practices of a field, *Sociological Theory*, **31**(2), 116-144.

MacDuffie, J. (1997), The road to 'Root Cause' : Shop-floor problem-solving at three auto assembly plants, *Management Science*, **43**(4) 479-502.

Norman, D. A. (1993), *Things that makes us smart*, Addison Wesley.

Norman, D. A. (1988), *The design of everyday things*, Basic books.

Oh, Y. K. *et al*. (2015), Modeling and implementation of the affordance-based human-machine collaborative system, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **41**(1), 34-42.

Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., and Goodstein, L. P. (1994), *Cognitive Systems Engineering*, Wiley Interscience.

Sakakibara, S., Flynn, B., Schroder, R., and Morris, W. (1997), The impact of just-in-time manufacturing and its infrastructure on manufacturing performance, *Management Science*, **43**(9), 1246-1257.

Sengupta, K. and Abdel-Hamid, T. K. (1993), Alternative conceptions of feedback in dynamic decision environments : An experimental investigation, *Management Science*, **39**(4), 411-428.

Shea, K. (2010), The cognitive factory, *Advanced Engineering Informatics*, **24**. 241-242.

Snell, S. A. and Jr. Dean, J. W. (1992), Integrated manufacturing and human resource management : a human capital perspective, *Academy of Management Journal*, **35**(3), 467-504.

Steers, R. and Black, S. (1994), *Organizational Behavior*, *Harper Collins*, Fifth ed.

Wickens, C. (1999), *Engineering Psychology and Human Performance*, Prentice Hall, 3rd ed.

Woods, D. (1994), *Human Computer Interaction in Complex Systems*, Unpublished Notes, The Ohio States University.