

■ 연구논문

인지적 작업분석에 의한 검사작업의 인간 수행도 분석

이상도

동아대학교 공과대학 산업공학과

곽효연

동아대학교 대학원 산업공학과

An Application of Cognitive Task Analysis for the Evaluation of Human Performance on Inspection Tasks

Sang-Do Lee

Dept. of Industrial Engineering, Dong-A University

Hyo-Yean Kwack

Dept. of Industrial Engineering, Dong-A Graduate University

Abstract

In a large number of literature on of inspection tasks, one of the most consistent findings is the existence of large and consistent differences among inspectors.

It is possible that the individual difference is described by the difference of cognitive skills, because cognitive skills are required more than manual skills in inspection tasks. Therefore, a set of cognitive factors in human information processing may underly human performance in inspection tasks.

In this study, a cognitive skill was described as the relative importance of the cognitive factors involved. A hierarchical task analysis and a fuzzy hierarchical analysis were used to represent how the importance of cognitive factors contribute to inspection performance. An experiment was conducted using the computer simulations of PCB inspection tasks. The results revealed that the subject group with better performance showed the importance weights of cognitive factors in the following rank; (attention, perception, judgement, classification, recognition) < (detection) << (memory).

The results of the experiment can serve as a selection criterion for efficient inspection performance and the information of skilled learning for an inspection

training program. The usefulness of a hierarchical task analysis and a fuzzy hierarchical task analysis for the analysis of cognitive tasks are also confirmed.

1. 서론

산업체 현장에서 검사(inspection)는 전형적인 작업의 한 예로서, 생산공정과 품질관리 기능에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 공정관리상에서 정확한 검사를 행하므로써 가공도중 발생할 수 있는 불량을 방지할 수 있으며, 품질관리 측면에서는 제품이 소비자의 요구를 만족시킬 수 있는가를 결정하는 최종점검의 역할을 수행한다. 검사는 주어진 대상을 검색하여 표준(standard)과 비교하여 결점이 존재하는지를 검출하는 것으로서 전형적인 검사자의 역할은 생산자와 소비자(고객) 간에 일치하는 기준에 의하여 생산되는 제품을 합격, 불합격으로 분류하는 것이다.

인간-기계 체계 측면에서 검사작업은 비교적 정교한 의사결정 및 분류능력이 요구되는 작업이므로 기계보다는 이런 능력에 보다 일관성을 지닌 인간에게 할당되어야 할 직무이다. 그리고 검사작업 수행시 수작업보다는 인지기술이 더 많이 요구된다. 그러므로 작업의 특성상 검사작업 수행시 검사자의 과오발생은 내적 의사결정기준인 인지기술의 측면에서 발생한다고 할 수 있다. 따라서 인지기술이 요구되는 직무의 수행도를 높이기 위해서는 직무수행시 인지기술에 대한 내적 구조를 파악하고 수행도와의 관계를 분석하는 것은 중요하다. 인지기술의 한 측면에서 인간의 정보처리과정 중에 제기되는 일반적인 인지요소는 검사작업 뿐만 아니라 어떤 작업형태에 있어서도 작업수행도의 기초가 된다.

본 연구에서는 검사작업시 검사자가 가지는 인지기술의 차이를 해당 직무에 관련되는 각 인지요소의 상대적인 중요도로서 나타내었다. 인지요소의 상대적인 중요도를 파악하기 위해서 검사작업의 직무분석을 통하여 하부작업과 이와 관련한 인지요소로서 구성된 계층구조로 분석하였으며, 상대적인 중요도 판단에 있어서 인간판단의 모호성과 정보손실을 방지하기 위해서 퍼지 개념을 도입하였다. 그리고 실제 산업현장의 검사작업을 컴퓨터 묘사를 통해 피실험자에게 제시하고 제시된 분석을 통해 파악된 검사자의 인지기술과 수행도와의 관계를 고찰하여 검사자의 선발, 검사작업의 훈련 및 기준에 대한 정보를 제공하고자 한다.

2. 검사작업의 인지요구분석

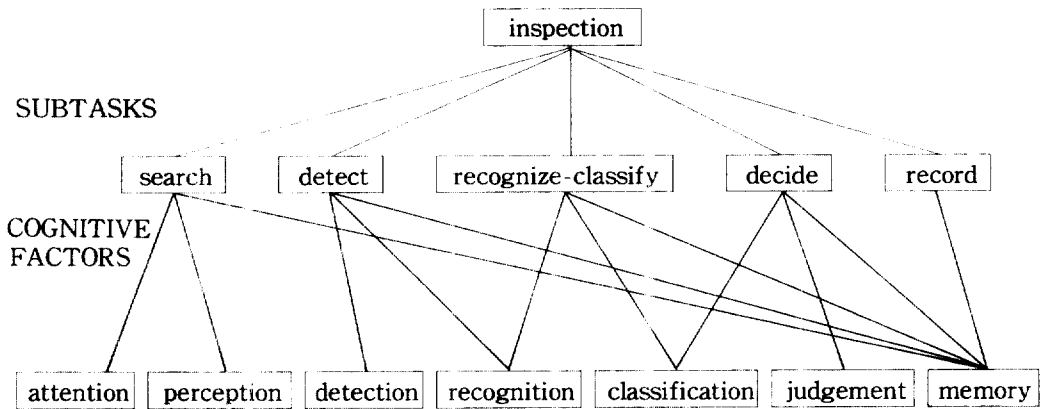
검사작업과 관련한 연구에서 자주 나타나는 결과는 검사수행도에 개인차가 존재한다는 것이다. 그리고 이들 개인차와 관련된 개별요인, 즉 성별, 나이, 성격, 지능, 시력 등과 검사수행도와의 관계를 규명하고자 하였다. 이러한 개인차는 인지기술의 차이에 의해서 설명된다[3, 12, 13, 14]. Wang(1989)등은 이들 인지기술과 관련된 인지요소에 가중치를 부여하는 능력은 검사수행도에 영향을 끼친다고 하였다. 일반적으로 검사작업시 검사자에게 요구되는 직무는 인지요구에 관련된 사항과 수작업에 요구되는 사항으로 대별할 수

있는데 인지적 요구(cognitive demands)에서 하부작업과 관련된 인지요소는 (Figure 1)과 같은 계층구조로 나타낼 수 있다[13]. 그리고 검사작업은 이런 하부작업들의 일련의 절차로 구성된다.

인지요소는 검사작업뿐만 아니라 어떤 작업형태에 있어서도 작업수행도의 기초가 된다. 이들 인지요소의 상대적인 중요도는 인지기술의 측면에서 검사에 대한 선택기준을 제공하며 나아가 검사작업 훈련시 발휘되는 인지기술의 의존정도를 재분배하고 인지기술상의 차이를 보상할 수 있도록 하는 정보로서 활용할 수 있다[12].

TASK

SUBTASKS



〈 Figure 1 〉 The structure of a hierarchical cognitive task analysis for an inspection task

3. 인지기술 평가를 위한 퍼지계층분석법의 적용

인간은 퍼지적 사고에 정통하다. 적어도 한 대상이 어떤 부류에 속하는가 하는 정도를 판단하는데는 일관성을 지니고 있다. 이것은 인지과정을 배경으로 한 인간의 판단에 퍼지적 속성을 잠재적으로 반영하고 있다는 것을 암시한다[12]. Wang(1989) 등은 인지요소의 상대적인 중요도를 판단하는데 있어서 퍼지집합론을 적용하였으며 기존의 연구에서 문제가 되는 인간판단의 일관성 문제를 Saaty(1980)의 계층분석법을 이용하여 해결하고자 하였다. 그러나 각 요소의 쌍비교로서 중요도 판단을 행하는데 있어서 소속함수(membership function)의 할당에 문제점이 제기되고 최종 가중치 부여에만 부분적인 퍼지개념을 적용하므로써 초기의 각 요소의 쌍비교시 인간판단에 대한 주관적인 정보 손실을 야기하여 결과가 왜곡될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 불확실성을 나타내는 구간(fuzzy interval)을 집합의 소속함수로 나타내는 퍼지수(fuzzy number)에 의한 퍼지계층분석법(fuzzy hierarchical analysis)을 이용하여 인지요소의 상대적인 중요도 판단에 대한 Wang등의 기법에 대한 문제점을 보완하고 제시된 결과를 토대로 인지모형화의 한 기법으로써 그 타당성을 제안하고자 한다.

Buckley(1985)[1, 2]는 분석의 입력자료가 되는 대안의 쌍비교를 사다리꼴 퍼지수(trapezoidal fuzzy number)로 표현하였으며 퍼지계층분석법을 적용하여 최종목표에 대한 대안의 가중치를 구하였다. 쌍비교시 사용되는 기존의 확정적인 비 a_{ij} (대안 j 에 대한 대안 i 의 중요도 비) 대신에 식(1)과 같은 퍼지수의 퍼지비(fuzzy ratio) \bar{a}_{ij} 를 사용하였다.

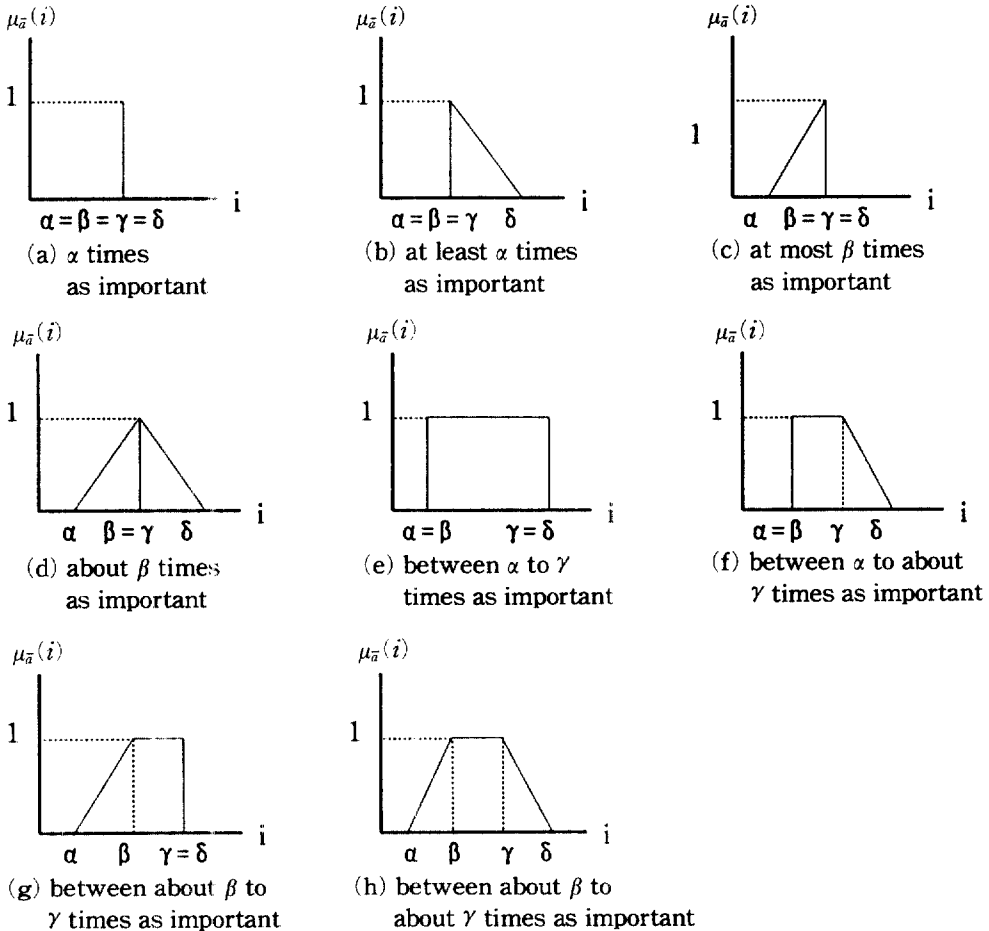
$$\bar{a}_{ij} = (\alpha_{ij}/\beta_{ij}, \gamma_{ij}/\delta_{ij}) \tag{1}$$

$$0 \leq \alpha \leq \beta \leq \gamma \leq \delta$$

$$\alpha, \beta, \gamma, \delta \in \{1, 2, \dots, 9\}$$

$$\bar{a}_{ji} = (\alpha_{ij}^{-1}/\beta_{ij}^{-1}, \gamma_{ij}^{-1}/\delta_{ij}^{-1})$$

여기서 고려된 퍼지수는 사다리꼴 퍼지수로서 <Figure 2>와 같이 쌍비교에서 모든 경우의 모호성을 내포하는 일반적인 퍼지수이다. 이러한 쌍비교의 퍼지비로서 모든 m 개의 대안 A_1, A_2, \dots, A_m 에 대한 가능한 쌍비교의 $m \times m$ 퍼지행렬 $\bar{A} = [\bar{a}_{ij}]$ 가 구성된다.



< figure 2 > Various types of judgement in a pairwise comparison of importance and Trapezoidal fuzzy number containing all of them

기존의 Saaty모형의 계산방법을 퍼지행렬 $\bar{A} = [\bar{a}_{ij}]$ 로 확장하였으며 λ_{\max} 에 상응하는 정규화된 고유벡터 중의 하나인 퍼지 가중치 \bar{w}_i 를 구하는 λ_{\max} 방법을 일반화하기 위해서 식(2)와 같이 전개하였다.

$$\bar{A} \odot \bar{w} = \bar{\lambda} \odot \bar{w} \tag{2}$$

여기서 $\bar{w}, \bar{\lambda}$ 는 퍼지수이다.

퍼지가중치 \bar{w}_i 를 구하기 위해서 식(3)과 같은 기하평균을 사용하였다.

$$\bar{r}_i = (\bar{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \bar{a}_{im})^{1/m} \tag{3}$$

$$\bar{w}_i = \bar{r}_i \oslash (\bar{r}_1 \oplus \dots \oplus \bar{r}_m)^{-1}$$

본 연구에서는 계층분석 대상 시스템이 불완전한 계층구조(incomplete hierarchy)를 가지므로 쌍비교 퍼지행렬의 해당요소에 '0'을 부가함으로써 완전계층구조(complete hierarchy)로서 분석이 가능하다[Saaty, 1980]. 그러나 각 대안의 가중치 계산에 기하평균을 사용한 식(3)은 더 이상 불가능하므로 식(4)와 같은 열의 요소를 정규화(normalization)한 평균의 개념을 \bar{w}_i 의 계산에 적용하므로써 Buckley모형을 불완전 계층구조로 확장할 수 있다.

$$\bar{r}_i = (\bar{a}_{i1} \oplus \dots \oplus \bar{a}_{im})/m \tag{4}$$

$$\bar{w}_i = \bar{r}_i \oslash (\bar{r}_1 \oplus \dots \oplus \bar{r}_m)^{-1}$$

식(4)의 방법은 식(3)과 같이 여전히 좋은 결과값을 제공하여 준다[Buckley, 1985].

결국, 계층구조상의 목적에 대한 각 대안의 가중치나 순위 \bar{f}_j 는 각 대안의 기준 c_k 에 대한 가중치 $\bar{e}=(\bar{e}_1, \dots, \bar{e}_k)$ 가 주어지면 식(5)와 같이 나타내어진다.

$$\bar{f}_j = (\bar{w}_j \odot \bar{c}_1) \oplus \dots \oplus (\bar{w}_{jk} \odot \bar{e}_k) \tag{5}$$

최종적으로 구해진 퍼지 가중치의 순서는 퍼지수 비교법(comparison of fuzzy numbers)에 의해서 결정된다. Li-Lee퍼지수 비교법은 다른 비교방법보다 정밀도가 크고 계산과정이 간단하다[10]. 이 비교법은 퍼지수의 평균(mean)과 폭(spread)에 기초를 둔 방법으로 A를 퍼지수로 가정하면

$$\text{평균 : } m(A) = \frac{\int_{S(A)} X \cdot \mu_A(X) \cdot f(A) dx}{\int_{S(A)} \mu_A(X) \cdot f(A) dx} \tag{6}$$

$$\text{폭} : s(A) = \frac{\int_{S(A)} X^2 \cdot \mu_A(X) \cdot f(A) dx}{\int_{S(A)} \mu_A(X) \cdot f(A) dx} - [m(A)]^2 \quad (7)$$

여기서 $\mu_A(X)$ 는 퍼지수 A 의 소속함수

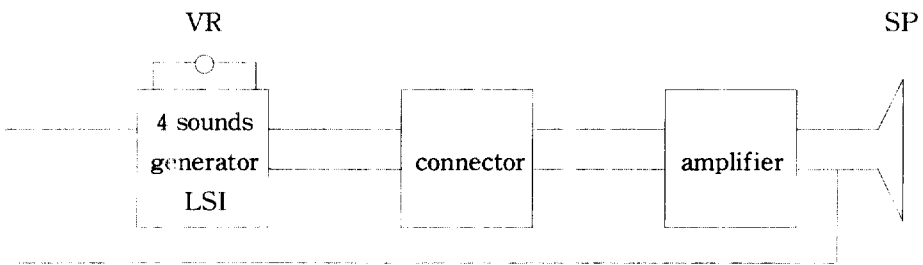
$f(A)$ 는 퍼지수 A 의 확률밀도함수

$S(A)$ 는 퍼지수 A 의 support

4. 실험 및 결과분석

4.1 실험의 설계

실험상의 검사작업은 <Figure 3>과 같은 기능을 지닌 Stereo Cassette Equalizer Circuit을 대상으로 한 검사작업이다. 이것은 LSI(Large Scale Integrated Circuit)를 사용하여 도, 미, 솔, 도 4음계를 발생하도록 하는 음계발생PCB(Printed Circuit Board)로서 각 음계의 주파수를 발생시키는 발진회로가 LSI에 집약되어 있다. 회로판은 LSI, 가변저항(VR), 저항, 전해콘덴서, 세라믹콘덴서, 트랜지스터 등의 부품으로 구성되어 있다. 검사항목에 대한 결점은 리드선이 빠져 나옴(out of wire lead), 납땜 잘못으로 인한 부품간의 短絡(short between elements), 납땜 불량(incomplete solder), 誤插入(wrong component), 誤極盛(wrong polarity), 未插入(missing component) 등의 6가지로 구성되며, 이들 각 결점의 특성과 기능상의 영향 및 재가공 정도에 따라 정해진 4개의 품질등급 범주로 분류하는 검사작업을 수행한다.



< Figure 3 > Functional blockdiagram of PCB on inspection task

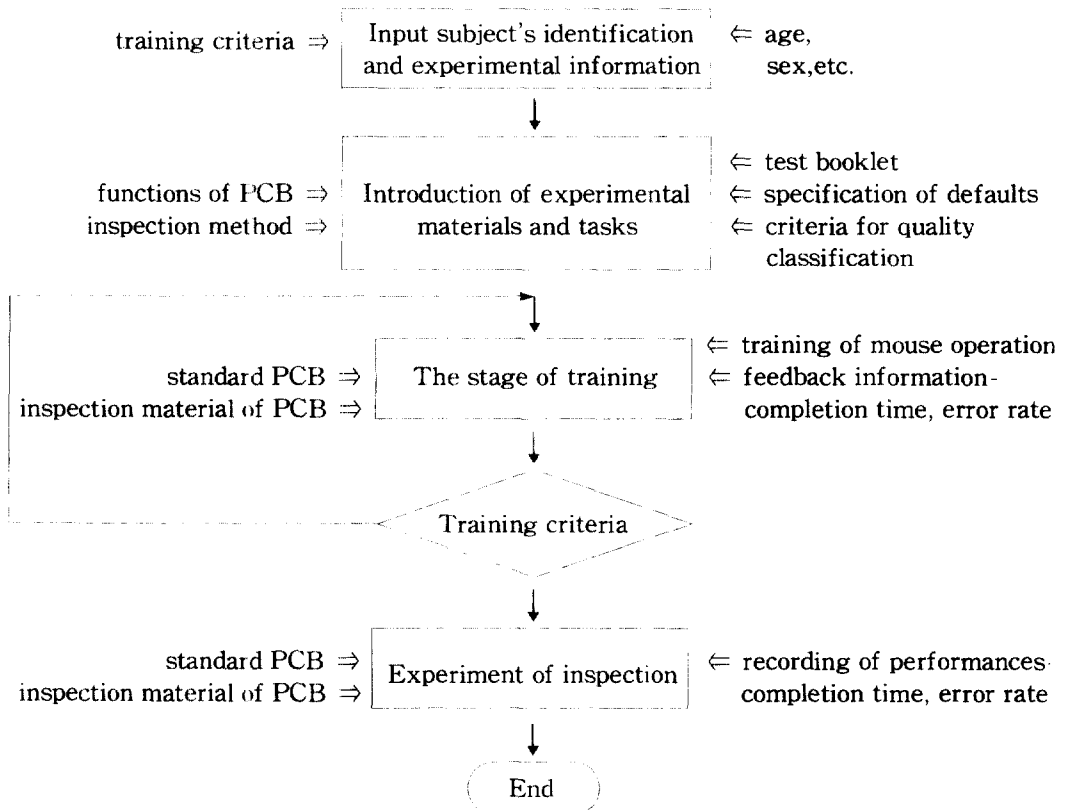
PCB검사작업은 인지적 작업분석을 통하여 4가지 하부작업과 각 하부작업과 관련한 인지요소로 구성된 제층구조를 가진다. 4가지 하부작업은 검사부분 검색(search), 결점 검출(detection), 불량상태 기억(record), 품질등급 분류(classify) 등으로 구성되고 각 하부작업에 대한 검사방법도 관련 인지요소들을 내포하는 서술적 표현으로 피험자에게 제시되었다.

숙련정도에 의해서 검사수행도의 개인차가 발생하기 쉬우므로 이런 요인의 영향을 통제

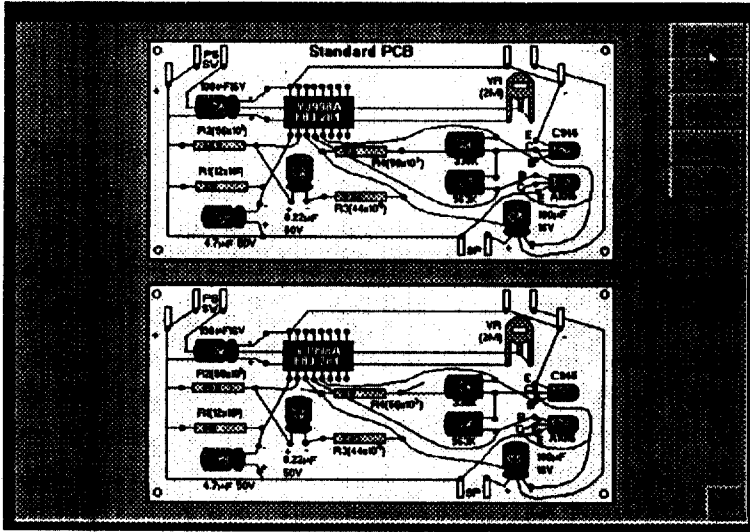
하기 위해서 PCB 검사에 대한 경험이 없는 정상시력을 가진 남·여 26명의 대학생 및 대학원생을 피험자로 구성하였으며 이들의 나이 분포는 18세에서 29세이다.

4.2 실험방법 및 절차

실험에서 모든 실험대상 자료와 절차는 PC상의 그래픽(17", 640×480VGA)으로 재현하였으며 모든 응답은 마우스로 행하였다. 실험절차는 3단계로 나누어져 있다. 먼저, 예비단계에서 피험자의 인적사항 즉, 나이, 성별, 학력, 컴퓨터 사용 경험정도 등에 대한 전반적인 사항을 조사, 훈련지침서를 제시하여 실험대상자료 및 실험방법에 관한 내용을 숙지시키고 훈련단계에서는 마우스 작동법을 설명, 훈련기준을 입력하였다. 그리고 본 실험에서와 동일한 검사방법으로 12개의 검사자료를 검사하여 일정이상의 정확도를 유지하였다. 본 실험에서는 각 4개의 품질등급 범주에서 5개씩, 총 20개의 대상자료에 대하여 검사를 행하였다. 본 실험이 끝난 후 피험자는 제시된 양식에 의하여 검사작업에 대한 각 하부작업의 중요도 평가, 각 하부작업에 대한 각 인지요소의 중요도 평가를 실시한 후 피험자가 응답한 자료를 기초로 해당 퍼지수로 변환하여 입력한다. <Figure 4>는 이러한 실험절차를 나타내는 흐름도이며, <Figure 5>는 컴퓨터 상에 표현된 실험의 한 화면이다.



(Figure 4) The illustration of the experiment procedure



〈 Figure 5 〉 An example of the simulated PCB on CRT for the experiments

4.3 결과분석 및 고찰

〈Figure 6〉은 한 피험자의 하부작업 및 관련된 인지요소에 대한 쌍비교 퍼지행렬이다.

〈Criterion - Inspection〉

INSPECTION

	search	detect	record	classify
search	1	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{2}/1)$	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{2}/1)$	$(\frac{1}{5}/\frac{1}{4}, \frac{1}{3}/\frac{1}{2})$
detect	$(\frac{1}{2}, \frac{3}{4})$	1	$(\frac{1}{3}/\frac{1}{2}, \frac{1}{2}/1)$	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{3}/\frac{1}{2})$
record	$(\frac{1}{2}, \frac{3}{4})$	$(\frac{1}{2}, \frac{2}{3})$	1	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{2}/1)$
classify	$(\frac{2}{3}, \frac{4}{5})$	$(\frac{2}{3}, \frac{3}{4})$	$(\frac{1}{2}, \frac{3}{4})$	1

〈Criteria - Subtasks〉

SEARCH

	attention	perception	memory
attention	1	$(\frac{2}{3}, \frac{3}{4})$	$(\frac{1}{2}, \frac{2}{3})$
perception	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{3}/\frac{1}{2})$	1	$(\frac{2}{3}, \frac{3}{4})$
memory	$(\frac{1}{3}/\frac{1}{2}, \frac{1}{2}/1)$	$(\frac{1}{4}/\frac{1}{3}, \frac{1}{3}/\frac{1}{2})$	1

DETECT

	detection	recognition	memory
detection	1	(1/2 , 3/4)	(2/3 , 4/5)
recognition	(1/4 / 1/3 , 1/2 /1)	1	(1/4 / 1/3 , 1/3 / 1/2)
memory	(1/5 / 1/4 , 1/3 / 1/2)	(2/3 , 3/4)	1

CLASSIFY

	recognition	classification	judgement	memory 1	memory 2
recognition	1	(1/6 / 1/5 , 1/5 / 1/4)	(1/4 / 1/3 , 1/2 / 1)	(2/3 , 3/4)	(2/3 , 4/5)
classification	(4/5 , 5/6)	1	(3/4 , 5/6)	(4/5 , 5/6)	(2/3 , 3/4)
judgement	(1/2 , 3/4)	(1/6 / 1/5 , 1/4 / 1/3)	1	(2/3 , 3/4)	(1/5 / 1/4 , 1/4 / 1/3)
memory 1	(1/4 / 1/3 , 1/3 / 1/2)	(1/6 / 1/5 , 1/5 / 1/4)	(1/4 / 1/3 , 1/3 / 1/2)	1	(2/3 , 3/4)
memory 2	(1/5 / 1/4 , 1/3 / 1/2)	(1/4 / 1/3 , 1/3 / 1/2)	(3/4 , 4/5)	(1/4 / 1/3 , 1/3 / 1/2)	1

〈 Figure 6 〉 The fuzzy reciprocal matrices of pairwise-comparisons for subtasks and its' cognitive factors by a subject

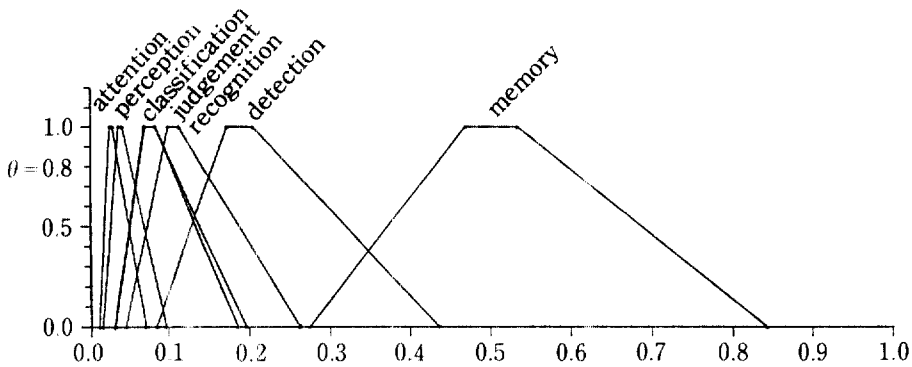
〈Figure 6〉의 퍼지행렬을 입력요소로 하여 계층분석을 행하면 〈Table 1〉과 같이 검사작업시 검사자가 판단하고 사용한 각 인지요소의 퍼지 중요도를 계산할 수 있다. 이것은 검사작업시 검사자가 가지는 인지기술의 한 측면을 나타낸다.

〈 Table 1 〉 A subject's fuzzy weights of seven cognitive factors.

cognitive factors	fuzzy weights
attention	(0.013/0.038, 0.057/0.234)
perception	(0.010/0.028, 0.041/0.161)
detection	(0.017/0.066, 0.162/0.552)
recognition	(0.024/0.078, 0.148/0.500)
classification	(0.044/0.143, 0.243/0.740)
judgement	(0.014/0.051, 0.096/0.311)
memory	(0.144/0.360, 0.568/1.000)

〈Figure 7〉은 피험자 전체에 대한 평균적인 인지요소 가중치를 소속함수로 표현한 것으로서, 해당 검사작업에 요구되는 인지기술의 구조를 보여준다.

즉, 전체적으로 기억(memory), 검출(detection) 등은 중요한 요소이고, 상대적으로 주의(attention), 지각(perception) 등은 소용이 덜되는 요소이다. 이러한 7가지 요소에 대한 중요성의 순서는 주의(attention) ≈ 지각(perception) < 분류(classification) ≈ 판단(judgement) < 재인(recognition) ≪ 검출(detection) ≪≪ 기억(memory) 이다.



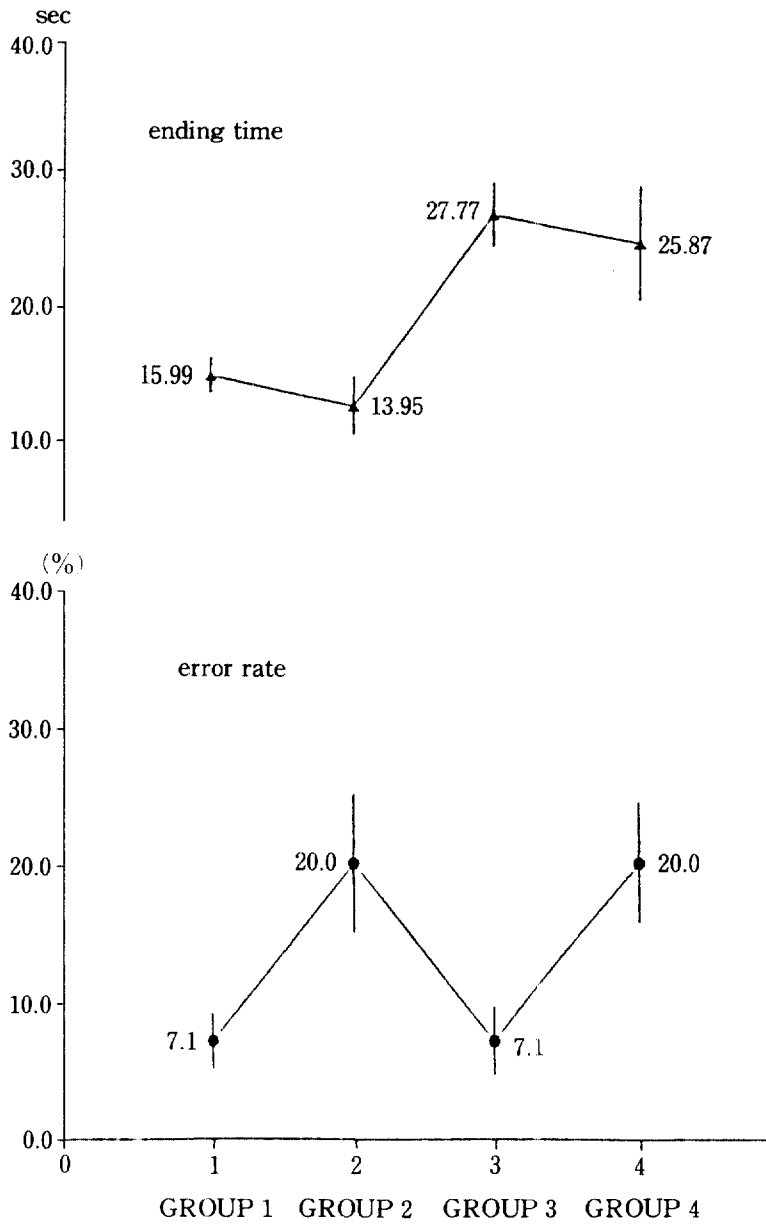
〈 Figure 7 〉 The structure of cognitive skill composed of the weights of cognitive factors for inspection task

인지요소의 가중치(중요도)에 따른 내적구조는 각 검사자가 가지는 인지기술의 측면으로서 수행도에 영향을 미친다. 따라서 수행도에 따라 피험자들의 내적구조를 전개하여, 이러한 구조의 차이점과 수행도와의 관계를 도출할 수 있다. 수행시간×에러율을 기준으로 P1, P2, P3, P4의 4개 집단으로 나누었으며, 이 4개 집단의 특성은 〈Table 2〉와 같이 설명될 수 있다.

〈 Table 2 〉 The configuration of four groups.

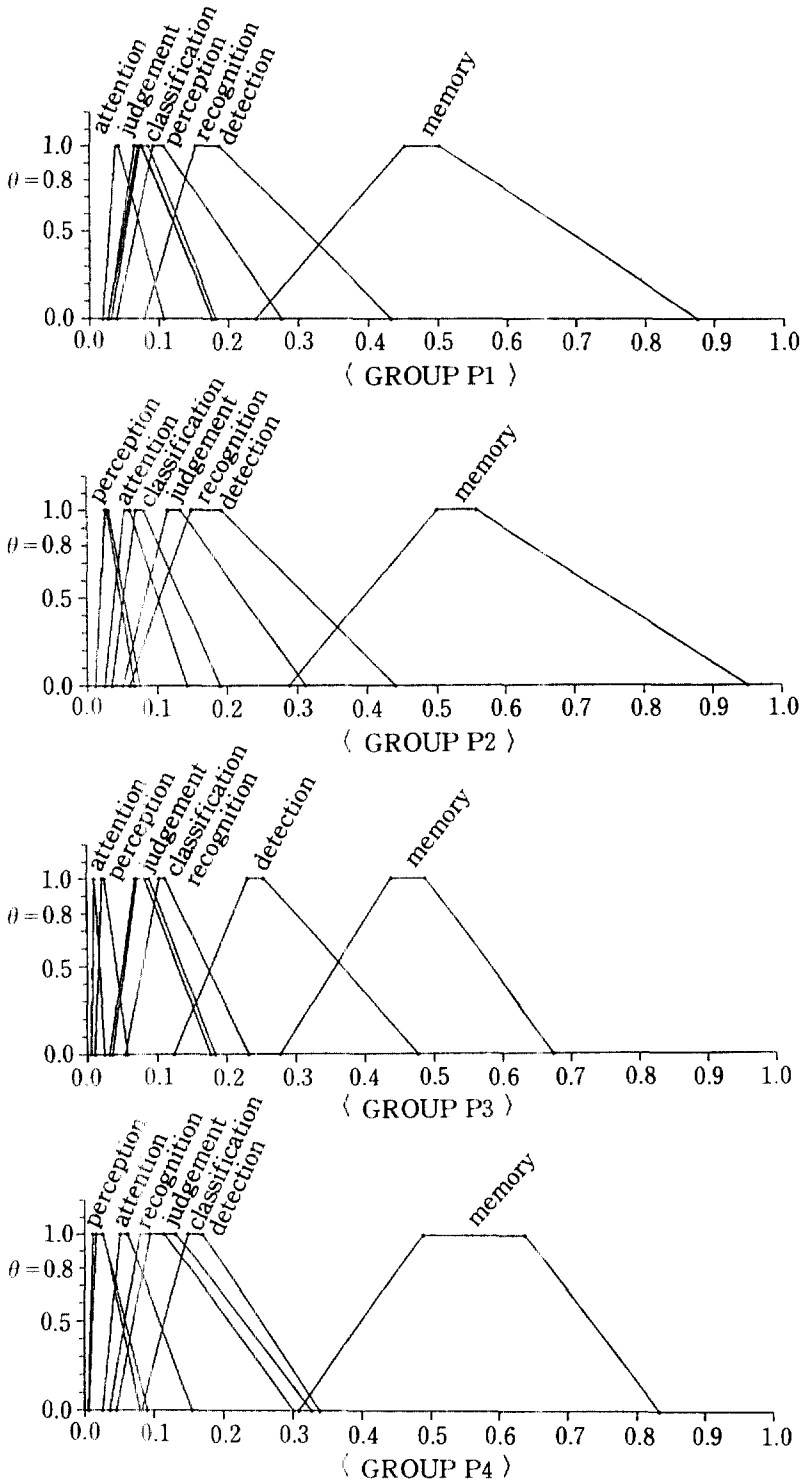
group	performance	ending time	error rate	configurations of group
P1		small	small	very good
P2		small	large	good
P3		large	small	good
P4		large	large	bad

〈Figure 8〉은 P1, P2, P3, P4 집단의 수행도이다.
(수행시간 : $P < 0.001$, 에러율 : $P < 0.003$)



〈 Figure 8 〉 Ending time and error rate of four groups(P1, P2, P3, P4)

〈Figure 9〉는 이들 4개의 집단에 대해 인지요소의 퍼지가중치로써 나타낸 인지구조이다.



〈 Figure 9 〉 The structure of cognitive skill of group P1, P2, P3 and P4

식(6), (7)를 이용하여 각 집단의 인지요소들의 최종순위(final ranking)를 구할 수 있다. 수행시간과 어려움이 작은 P1 집단의 인지구조를 살펴보면, 관련 인지요소의 중요성 정도는 주의<판단≈지각≈분류<재인<<검출<<<기억이다. 그러나, 수행시간이 크고 어려움이 많은 집단에서는 기억과 나머지 요소들로 그 중요성 정도의 차가 대별되는데, 이런 결과는 적절히 그 요소들의 중요성을 구분하여 평가·사용하지 못하므로써 수행도가 좋지 못한 결과를 보여주고 있다. 결론적으로, 관련된 7개의 인지요소를 적절히 (주의, 지각, 판단, 분류, 재인) < (검출) << (기억) 등의 3가지 부분으로 그 중요성 정도 차이를 대별하여 분산하므로써 좋은 수행도를 보장할 수 있다는 것을 알 수 있다.

<Table 3>은 실험에서 사용된 자료의 품질등급 범주별로 수행시간의 차이가 존재하고 있음을 보여주고 있다 ($P < 0.006$).

< Table 3 > Ending times of inspection materials divided by QC category.

QC category	QCC 1	QCC 2	QCC 3	QCC 4
ending time	25.38 ± 9.72	22.39 ± 8.63	18.98 ± 8.24	11.63 ± 5.98

품질등급 범주에 따른 검사대상의 검사시간은 좋은 품질등급일수록 많아짐을 알 수 있다. 이러한 시간차의 차이는 검사에 소요되는 시간과 노력에 따른 ‘손실비용’과 검사의 완료(성공) 및 개선 여부에 대한 ‘이득’간의 상충관계[3, 9]와 일치한다.

5. 결론

작업자의 인지가술이 요구되는 직무의 경우, 수행도를 높여 시스템의 신뢰성과 안전성을 제고시키기 위해서는 직무수행시의 인지가술에 대한 내적구조를 파악하고, 수행도와와의 관계를 분석하는 것이 중요하다. 인지가술의 한 측면에서 정보처리과정 중에 나타나는 일반적인 인지요소는 검사작업 뿐만 아니라 어떤 작업형태에 있어서도 작업수행도의 기초이다. 특히, 이들 인지요소들 간의 상대적인 중요도는 어떤 수준에 상응하는 수행도에 필요한 인지가술의 측면에서 검사자에 대한 선발기준을 제공하며, 나아가 검사작업 훈련시 발휘되는 인지가술의 의존정도를 재분배하고 인지가술상의 차이를 보상할 수 있도록 하는 정보로서 활용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 PCB 검사작업의 실험을 통하여 인지요소의 중요도로 구성되는 인지가술과 수행도와와의 관계를 도출하였으며, 관련된 7개의 인지요소를 적절히 (주의, 지각, 판단, 분류, 재인) < (검출) << (기억) 등의 3가지 부분의 순으로 그 중요도 차이를 대별·배분하므로써 수행시간이 좋아짐을 알았다. 그리고 어려움과 이러한 인지가술과의 관계는 뚜렷하지 못하였으나 수행시간이 크고 어려움이 많은 검사자는 그 인지가술의 구조가 기억과 나머지 요소들로만 대별되어 인지요소들의 중요성을 적절히 구분하여 평가·사용하지 못하므로써 전반적으로 수행도가 좋지 못한 결과를 보여 주었다. 그리고 계

속 검사에 필요한 소요시간과 노력의 '손실비용'과 검사완료(성공) 및 개선 여부에 대한 '이득'간의 상충관계가 품질등급 범주 QCC4로 감에 따라 뚜렷하여 점차 검사시간이 작아지는 일반적인 경향을 확인하였다.

특히, 본 연구에서 적용한 퍼지계층분석법은 인간의 여러가지 평가에 대한 속성을 반영하는 인지연구의 도구로서 유용함을 강조할 수 있다. 그러나 평가에 대한 퍼지수데이터의 수집방법 개발이 그 결과의 정도를 결정하는 중요한 문제점으로 제시되며 앞으로 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Buckley, J. J. (1985), "Fuzzy Hierarchical Analysis," *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 17, pp. 233-247.
- [2] Buckley, J. J. (1985), "Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers," *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 15, pp. 21-31.
- [3] Czaja, S. J. and Drury, C. D. (1981), "Training Programs for Inspection," *Human Factors*, Vol. 24, No. 4, pp. 473-484.
- [4] Drury, C. G. and Sheehan, J. J. (1971), "The Analysis of Industrial Inspection," *Applied Ergonomics*, Vol. 2, No. 2, pp. 74-78.
- [5] Drury, C. G. (1983), "Human and Machine Performance in an Inspection Task," *Human Factors*, Vol. 25, No. 4, pp. 391-399.
- [6] Drury, C. G. (1983), "Task Analysis Methods in Industry," *Applied Ergonomics*, Vol. 14, No. 1, pp. 19-28.
- [7] Dubois, D. and Prade, H. (1980), *Fuzzy Sets and Systems*, Academic Press, New York.
- [8] Gallwey, T. J. (1982), "Selection Test for Visual Inspection on a Multiple Fault Type Task," *Ergonomics*, Vol. 25, No. 11, pp. 1077-1092.
- [9] Hodgkinson, G. P. and Grawshaw, C. D. (1985), "Hierarchical Task Analysis for Ergonomics Research," *Applied Ergonomics*, Vol. 18, No. 4, pp. 289-299.
- [10] Li, R. J. and Lee, E. S. (1988), "Comparison of Fuzzy Numbers based on the Probability Measure of Fuzzy Events," *Computers Math. Applic.*, Vol. 15, pp. 887-896.
- [11] Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.
- [12] Wang, M-J, Sharit, J., and Drury, C. G. (1986), "An Application of Fuzzy Set Theory for Evaluation of Human Performance on an Inspection Task," *Applications of Fuzzy Set Theory in Human Factors*, Elsevier Science Publishers B. V., pp. 257-288.
- [13] Wang, M-J. and Drury, C. G. (1989), "A Method of Evaluating Inspector's Performance Differences and Job Requirement," *Applied Ergonomics*, Vol.

- Vol. 20, No. 3, pp. 181–190.
- [14] Wickens, C. D. (1984), *Engineering Psychology and Human Performance*, A Bell & Howell Co.
- [15] Woods, D. D. and Hollnagel, E. (1987), “Mapping Cognitive Demands in Complex Problem Solving Worlds,” *Int. J. of Man-Machine Studies*, Vol. 26, pp. 257–275.
- [16] Woods, D. D. and Roth, E. M. (1988), “Cognitive Engineering: Human Problem Solving with Tools,” *Human Factors*, Vol. 34, No. 4, pp. 415–430.