

## 특수가공법 의사결정 진단 전문가 시스템 개발

윤문철\*, 조현덕\*\*

(논문접수일 2009. 10. 31, 심사완료일 2009. 11. 24)

### Development of Expert System for the Diagnostic of NTM Decision-Making

Moon-chul, Yoon\*, Hyun-Deog, Cho\*\*

#### Abstract

Nowadays, several nontraditional machining(NTM) processes are widely used to machine a complex and accurate shape part of hard materials, such as titanium, ceramics, high strength temperature resistant and refractory materials which are difficult to machine and having high strength, hardness, toughness. Machining of these complex shapes in such materials by traditional machining processes are very difficult. The NTM processes is important in the areas of micro- and nano scale machining, where high accuracy and superior surface characteristics are required, which can only be achieved using these NTM processes. So, for effective selection of different NTM processes, careful decision making for a given NTM application is often necessary. An appropriate NTM process for a given material and shape condition is very difficult for the novice engineers. In this paper, an expert system based on an analytic network process(ANP) is suggested for a best selection of NTM process in a NTM application considering an prior interdependency effect among various factors.

**Key Words** : Analytic Network Process(분석네트워크 프로세스), Expert system(전문가시스템), Decision Making(의사결정), Nontraditional Machining(특수가공)

### 1. 서론

보통의 절삭가공으로는 정확한 표면 마무리가 곤란하고 가공하기 곤란한 단단한 재료를 가공하기 위하여 특수가공법(NTM)이 현재 널리 사용되고 있다. 이 특수가공법은 현

재 우주항공, 원자력, 미사일, 터빈, 자동차, 공구 및 금형 제작 분야에서 이 널리 사용되고 있다<sup>(1,2)</sup>. 특수가공법은 일반 가공으로는 곤란한 나노가공 등 고정도의 정밀하고 복잡한 형태의 공작물 가공분야에도 적용할 수 있다. 그러나 다양한 특수가공법 중에서 가장 적절한 가공법을 선택하는 것

\* 부경대학교 기계공학부 (mcyoon@pknu.ac.kr)

주소: 608-739 부산시 남구 용당동 산100

\*\* 경일대학교 기계자동차학부

은 특수가공법의 특성을 잘 다루는 숙련자 외에는 의사 결정에 어려움이 있고 초보 관리자가 그 지식을 습득 후 적절한 가공법을 선택하는데 있어서 여러 요인에 의해 상당한 시간이 소요되어 효율적인 현장관리가 어렵다고 할 수 있다. 따라서 초보 관리자도 수월하게 가공법을 선택하여 적절한 특수가공법을 사전에 확인하여 가공하면 뒤늦게 가공법을 수정하여 재가공 시에 발생하게 되는 비용을 줄여 줄 수 있어 이러한 문제 해결에 상당히 기여할 수 있다. 일반적으로 특수가공법의 종류는 다양하며 보통 숙련자의 경험에 의하여 그 가공법을 선정하고 있다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하고자 수행이 되었다. 우선 전문가 시스템(expert system)의 구성에 분석 네트워크프로세스(analytical network process : ANP)을 기반으로 그 시스템을 구성하였다. 고려인자로는 가공시 주어진 재료(material type), 가공물 형상(shape feature), 가공경제성(process economy) 및 가공능력(process capability) 등의 요구 조건을 만족하도록 하는 전문가 시스템을 구성하고자 하였다. 특수가공법에 대한 의사결정에 대한 연구로는 Cogun<sup>(3)</sup>이 가공과정 순위를 대화식으로 생성되는 16 자리 숫자의 분류 코드를 사용하여 컴퓨터를 이용하여 새로운 차원의 가공 프로세스를 선택하는 법을 제시하였다.

Chakraborty<sup>(4-7)</sup>도 서로 다른 기준과 하위 우선순위 값을 고려하여 적절한 특수가공법을 분석적 계층 프로세스와 품질기능전개법(QFD)등을 이용하여 시스템을 구성하여 의사 결정을 하였다. 다양한 기준에 의한 가공법을 결정하여야 하는 경우 그 결정하는 방법에는 몇 가지 방법이 있을 수 있다. 임의의 여러 기준에 의한 의사 결정법으로 보편적으로 많이 사용하는 방법은 분석 계층 프로세스(analytical hierarchy process : AHP)와 분석 네트워크 프로세스가 많이 사용되고 있다. Satty<sup>(8)</sup>에 의하여 개발된 분석적 계층 프로세스는 의사결정의 한 가지 방법으로 사용되고 있으나 실시간의 복잡한 문제를 다루기에는 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 개발된 방법이 분석 네트워크 프로세스이고 이 기법은 전체 구조가 기준(criteria)과 요소(element)의 신경망으로 구성되어 복잡한 의사결정 문제를 비교적 정확하게 모델링 할 수 있다는 것이 이미 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이 분석 네트워크 프로세스의 이런 장점을 고려하여 주어진 다양한 기준을 고려하여 여러 특수가공법 중 가장 적절한 특수가공법을 선정하는 보다 신뢰성 있는 전문가 시스템을 구성하였다.

## 2. 분석 네트워크 프로세스

분석네트워크 프로세스 신경망의 모든 요소는 임의의 방

법으로 연결되어 피드백 형태로 표현되어 그룹 요소 간에 영향을 주는 변환 슈퍼매트릭스(supermatrix)로 나타낼 수 있다. 즉 이것은 상대적인 가중치의 고유벡터의 슈퍼매트릭스를 형성하기위해 개별적인 쌍의 상대적인 가중치를 나타내는 매트릭스 형태로 표현된다. 이 분석네트워크 프로세스는 두 가지 구성 요소 즉 제어 계층 구조 그룹간의 네트워크로 구성되고 그 구조는 Fig. 1과 같이 표현된다. Fig. 1은 AHP와 ANP의 슈퍼매트릭스에 의해 구성되는 매트릭스의 영향을 나타내고 있다. 우선순위를 종합적으로 다루기 위하여 비교매트릭스의 각 오를 합한 후 정규화(normalizing)한 슈퍼 매트릭스를 구성하여 3 레벨 층의 구성 매트릭스의 예는 분석 계층 프로세스의 경우 다음과 같다.

$$W_h = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

여기서  $w_{21}$  은 목표가 기준에 영향 주는 벡터이다.  $W_{32}$ 는 각 기준의 영향을 나타내는 매트릭스이다. 분석 네트워크 프로세스에서는 피드백 요소  $W_{22}$ 가 있으므로 상호종속관계를 고려한 매트릭스는 다음과 같이 주어진다.

$$W_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & W_{22} & 0 \\ 0 & W_{32} & 0 \end{bmatrix}$$

분석 네트워크 프로세스에서 특수가공법의 의사결정은 가공법 선정기준을 고려하여야 하며 의사결정에 필요한 주된 기준은 본 연구에서 다음 a) ~ e) 의 5가지 기본 기준을 고려하였다.

- a) 재료관련 적용기준(Material application : MA) : 알루미늄

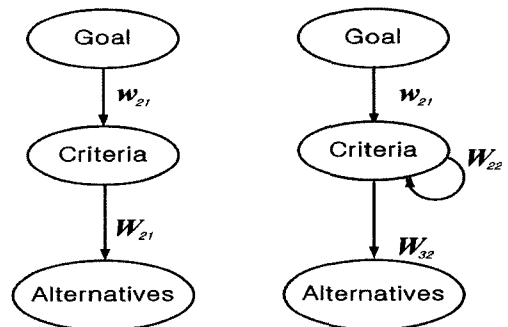


Fig. 1 Comparison of AHP and ANP

늄, 강, 티타늄, 내열재료, 강화섬유, 플라스틱, 세라믹, 흑연, 유리, 구리 등등

- b) 형상 관련 적용기준(Shape application : SA) : 가공깊이에 의한 가공, 형상에 의한 윤곽가공, 표면의 변화정도, 정밀가공(직경 ≤0.03mm, 직경 > 0.03mm), 표준구멍가공 실이(깊이)/직경비 > 20) 등등
- c) 가공능력 관련 적용기준(Process capability : PC) : 재료제거율, 형상공차, 일반공차, 표면조도, 코너반경 등등
- d) 가공법의 경제성 관련 적용기준(Process economy : PE) : 자본투자비, 치공구비, 동력의 유무, 공구소모비 등등
- e) 설비효과 관련 적용기준(Equipment effect : EE) : 환경오염, 안전성 등등

본 논문에서 고려한 적용대상 특수가공법은 아래 1) ~ 8)의 8가지 가공법을 고려하였고 4단계의 임의의 추가 조건매트릭스를 구성하기위하여 각각의 가공법이 주어져야 하며 상호 종속 매트릭스를 구성하는 요소로 사용되었다.

- 1) 초음파가공(USM-M1)    2) 전해가공(ECM-M2)
- 3) 화학가공(CHM-M3)    4) 방전가공(EDM-M4)
- 5) 전자빔가공(EBM-M5)    6) 레이저빔가공(LBM-M6)
- 7) 플라즈마가공(PAM-M7)    8) 와이어방전가공(W/C-M8)

**Table 1 Pair-wise comparison matrix for different criteria**

Criteria	MA	SA	PC	PE	EE	Priority weight
MA	1	3	7	7	7	0.4938
SA	1/3	1	5	5	5	0.2597
PC	1/7	1/5	1	3	3	0.1027
PE	1/7	1/5	1/3	1	3	0.0719
EE	1/7	1/5	1/3	3	1	0.0719

**Table 2 Fundamental Scale**

1	equal importance
3	moderate importance of one over another
5	strong and essential importance
7	very strong or demonstrated importance
9	extreme importance
2,4,6,8	intermediate values
Use reciprocals for inverse comparisons	

### 3. 분석 네트워크 프로세스 조건 적용과 분석

#### 3.1 1 단계 추가 조건

5가지 기본 기준을 고려한 상호 비교매트릭스는 Table 1과 같고 이 매트릭스의 각 요소의 수치는 Table 2의 상호 중요도의 정도를 수치의 크기로 표현하여 1단계 추가 고려 조건을 부여할 수 있다.

분석네트워크 프로세스를 적용할 시 적합한 특수가공법을 선정하기 위하여 우선 상호 중요도를 고려하여 5가지 기본 기준을 고려한 비교 매트릭스를 구하여야 한다. 이 1단계 매트릭스의 정규화된 가중 매트릭스  $w_{1i} = (0.4938, 0.2597, 0.1027, 0.0719, 0.0719)$ 은 Table 1과 같이 나타 낼 수 있다.

#### 3.2 2 단계 추가 조건

본 연구에서 여러 특수가공으로 가공하는 재료의 예로 후판 재질인 A6061알루미늄을 선정하면 이 재료를 가공할 시 각 5가지 기준의 상대적인 영향의 정도를 수치로 나타내고

**Table 3 Performance of the NTM processes with respect to five criteria**

NTM process	Criteria				
	MA	SA	PC	PE	EE
M1(USM)	3	1	9	7	5
M2(ECM)	3	5	9	1	3
M3(CHM)	7	1	5	5	1
M4(EDM)	3	1	9	5	5
M5(EBM)	3	1	5	3	5
M6(LBM)	3	1	5	5	9
M7(PAM)	7	3	1	9	9
M8(W/C)	3	1	9	5	9
	$w_{21}$	$w_{22}$	$w_{23}$	$w_{24}$	$w_{25}$
M1(USM)	0.0938	0.0714	0.1731	0.1750	0.1087
M2(ECM)	0.0938	0.3571	0.1731	0.025	0.0652
M3(CHM)	0.2188	0.0714	0.0962	0.125	0.0217
M4(EDM)	0.0938	0.0714	0.1731	0.125	0.1087
M5(EBM)	0.0938	0.0714	0.0962	0.075	0.1087
M6(LBM)	0.0938	0.0714	0.0962	0.0125	0.1957
M7(PAM)	0.2188	0.2143	0.0192	0.225	0.1957
M8(W/C)	0.0938	0.0714	0.1731	0.125	0.1957

이러한 2단계의 조건을 고려하여 비교 매트릭스를 표현하면 Table 3의 상반부와 같이 주어질 수 있다. Table 3의 하반부는 이를 정규화한 가중매트릭스로서 각 오에서 각 2단계 추가 기준이 주어질 경우에 여러 특수가공법의 영향 정도를 나타내는 매트릭스를 구성한 것이다.

### 3.3 3 단계 추가 조건

기본적으로 알미늄 가공시의 조건인 Table 4를 이용하여 5 기준의 상호종속 가중 매트릭스  $w_{31} = (0.4938, 0.2597, 0.1027, 0.0719, 0.0719)$ 로 얻어진다.

또한 알미늄 가공시 설비효과의 기준이 별 영향을 미치지 않은 경우에는 4개의 독립적인 기준만 영향을 주게되고 이 경우 상호 영향의 정도를 나타내면 Table 5와 같이 표현 할 수 있으며 이 경우 상호종속 가중매트릭스  $w_{32} = (0.2633,$

$0.5579, 0.1219, 0.0569)$ 로 계산이 된다.

알미늄 가공시 표면조도가 상당히 중요하게 고려되어야 하는 경우에는 이 조건의 경우 가공경제성(PE)은 특수가공에서 그다지 영향을 주지 않는 조건이므로 대응하는 비교매트릭스의 구성에서 제외하여 Table 6 과 같은 4기준을 고려한 비교 매트릭스가 구성될 수 있고 이 경우 상호종속 가중 매트릭스는  $w_{33} = (0.2191, 0.1879, 0.5324, 0.0606)$ 로 된다.

가공 경제성을 고려하여 상대적인 영향의 정도를 나타내는 기준을 Table 7과 같이 적용하면 3개의 기준을 고려한 상호 종속가중 매트릭스  $w_{34}$ 는  $w_{34} = (0.1578, 0.1867, 0.6555)$ 이다. Table 8은 설비효과의 상대적인 영향의 정도가 큰 경우 나타나는 경우로 3개의 상호 종속 기준 가중매트릭스는  $w_{35} = (0.1867, 0.1578, 0.6555)$ 이고 단계1과 단계3의 추가조건을 만족하고 서로 다른 기준에 의한 상호 종속 우선정도를 나타내는 가중 벡터  $w_c$ 는

$$w_c = W_3 \times w_l =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5058 & 0.2633 & 0.2191 & 0.1578 & 0.1867 \\ 0.2683 & 0.5579 & 0.1879 & 0.1867 & 0 \\ 0.1079 & 0.1219 & 0.5324 & 0 & 0.1578 \\ 0.0736 & 0.0569 & 0 & 0.6555 & 0 \\ 0.0444 & 0 & 0.0606 & 0 & 0.6555 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.4938 \\ 0.2597 \\ 0.1027 \\ 0.0719 \\ 0.0719 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3654 \\ 0.3101 \\ 0.1509 \\ 0.0983 \\ 0.0753 \end{bmatrix}$$

**Table 4 Relative impact condition of five interdependent criteria for Aluminium**

Criteria	MA	SA	PC	PE	EE
MA	1	3	7	7	7
SA	1/3	1	5	5	5
PC	1/7	1/5	1	3	3
PE	1/7	1/5	1/3	1	3
EE	1/7	1/5	1/3	1/3	1

**Table 5 Four interdependent criteria degree of relative impact without equipment effect**

Criteria	MA	SA	PC	PE
MA	1	1/3	3	5
SA	3	1	5	7
PC	1/3	1/5	1	3
PE	1/5	1/7	1/3	1

**Table 6 Four interdependent criteria degree of relative impact for surface finish condition**

Criteria	MA	SA	PC	EE
MA	1	1	1/3	5
SA	1	1	1/3	3
PC	3	3	1	7
EE	1/5	1/3	1/7	1

### 3.4 4 단계 추가 조건

알미늄 가공시 재료관련 적용기준만을 고려하여 각 특수가공법 상호간의 종속 정도를 1~9 크기의 정도로 표현하면 각 가공법간 상호 종속적인 가중매트릭스는 Table 9의 상반

**Table 7 Three interdependent criteria degree of relative impact for process economy condition**

Criteria	MA	SA	PE
MA	1	1	1/5
SA	1	1	1/3
PE	5	3	1

**Table 8 Three interdependent criteria degree of relative impact for equipment effect condition**

Criteria	MA	PC	EE
MA	1	1	1/3
PC	1	1	1/5
EE	3	5	1

**Table 9 Process weight matrix( $W_{41}$ ) for material application**

Process	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5
M2	5	1	1/3	1	1	1	1/3	1
M3	7	3	1	3	3	3	1	3
M4	5	1	1/3	1	1	1	1/3	1
M5	5	1	1/3	1	1	1	1/3	1
M6	5	1	1/3	1	1	1	1/3	1
M7	7	3	1	3	3	3	1	3
M8	5	1	1/3	1	1	1	1/3	1
M1	0.025	0.0179	0.0375	0.0179	0.0179	0.0179	0.0375	0.0179
M2	0.1250	0.0893	0.0875	0.0893	0.0893	0.0893	0.0875	0.0893
M3	0.1750	0.2679	0.2625	0.2679	0.2679	0.2679	0.2625	0.2679
M4	0.1250	0.0893	0.0875	0.0893	0.0893	0.0893	0.0875	0.0893
M5	0.1250	0.0893	0.0875	0.0893	0.0893	0.0893	0.0875	0.0893
M6	0.1250	0.0893	0.0875	0.0893	0.0893	0.0893	0.0875	0.0893
M7	0.1750	0.2679	0.2625	0.2679	0.2679	0.2679	0.2625	0.2679
M8	0.1250	0.0893	0.0875	0.0893	0.0893	0.0893	0.0875	0.0893

**Table 10 Process weight matrix( $W_{42}$ ) for surface of revolution**

Process	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M2	5	1	5	5	5	5	3	5
M3	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M4	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M5	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M6	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M7	3	1/3	3	3	3	3	1	3
M8	1	1/5	1	1	1	1	1/3	1
M1	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714
M2	0.3571	0.3947	0.3571	0.3571	0.3571	0.3571	0.5000	0.3571
M3	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714
M4	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714
M5	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714
M6	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714
M7	0.2143	0.1316	0.2143	0.2143	0.2143	0.2143	0.1667	0.2143
M8	0.0714	0.0789	0.0714	0.0714	0.0714	0.0714	0.0556	0.0714

**Table 11 Process weight matrix( $W_{43}$ ) for surface finish**

Process	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1	1/3	5	1	5	5	7	1/3
M2	3	1	7	3	7	7	9	1
M3	1/5	1/7	1	1/5	1	1	5	1/7
M4	1	1/3	5	1	5	5	7	1/3
M5	1/5	1/7	1	1/5	1	1	5	1/7
M6	1/5	1/7	1	1/5	1	1	5	1/7
M7	1/7	1/9	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1/9
M8	3	1	7	3	7	7	9	1
M1	0.1144	0.1040	0.1838	0.1144	0.1838	0.1838	0.1458	0.1040
M2	0.3431	0.3119	0.2574	0.3431	0.2574	0.2574	0.1875	0.3119
M3	0.0229	0.0446	0.0368	0.0229	0.0368	0.0368	0.1042	0.0446
M4	0.1144	0.1040	0.1838	0.1144	0.1838	0.1838	0.1458	0.1040
M5	0.0229	0.0446	0.0368	0.0229	0.0368	0.0368	0.1042	0.0446
M6	0.0229	0.0446	0.0368	0.0229	0.0368	0.0368	0.1042	0.0446
M7	0.0163	0.0347	0.0074	0.0163	0.0074	0.0074	0.0208	0.0347
M8	0.3431	0.3119	0.2574	0.3431	0.2574	0.2574	0.1875	0.3119

**Table 12 Process weight matrix( $W_{44}$ ) for investment**

Process	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1	7	3	3	5	3	1/3	3
M2	1/7	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/9	1/5
M3	1/3	5	1	1	3	1	1/5	1
M4	1/3	5	1	1	3	1	1/5	1
M5	1/5	3	1/3	1/3	1	1/3	1/7	1/3
M6	1/3	5	1	1	3	1	1/5	1
M7	3	9	5	5	7	5	1	5
M8	1/3	5	1	1	3	1	1/5	1
M1	0.1762	0.1750	0.2394	0.2394	0.1974	0.2394	0.1396	0.2394
M2	0.0252	0.0250	0.0160	0.0160	0.0132	0.0160	0.0465	0.0160
M3	0.0587	0.1250	0.0798	0.0798	0.1184	0.0798	0.0838	0.0798
M4	0.0587	0.1250	0.0798	0.0798	0.1184	0.0798	0.0838	0.0798
M5	0.0352	0.0750	0.0266	0.0266	0.0395	0.0266	0.0598	0.0266
M6	0.0587	0.1250	0.0798	0.0798	0.1184	0.0798	0.0838	0.0798
M7	0.5285	0.2250	0.3989	0.3989	0.2763	0.3989	0.4189	0.3989
M8	0.0587	0.1250	0.0798	0.0798	0.1184	0.0798	0.0838	0.0798

**Table 13 Process weight matrix( $W_{43}$ ) for machining medium contamination**

Process	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	1	5	5	1	1	1/5	1/5	1/5
M2	1/5	1	1	1/5	1/5	1/9	1/9	1/9
M3	1/5	1	1	1/5	1/5	1/9	1/9	1/9
M4	1	5	5	1	1	1/5	1/5	1/5
M5	1	5	5	1	1	1/5	1/5	1/5
M6	5	9	9	5	5	1	1	1
M7	5	9	9	5	5	1	1	1
M8	5	9	9	5	5	1	1	1
M1	0.0543	0.1136	0.1136	0.0543	0.0543	0.0523	0.0523	0.0523
M2	0.0109	0.0227	0.0227	0.0109	0.0109	0.0291	0.0291	0.0291
M3	0.0109	0.0227	0.0227	0.0109	0.0109	0.0291	0.0291	0.0291
M4	0.0543	0.1136	0.1136	0.0543	0.0543	0.0523	0.0523	0.0523
M5	0.0543	0.1136	0.1136	0.0543	0.0543	0.0523	0.0523	0.0523
M6	0.2717	0.2045	0.2045	0.2717	0.2717	0.2616	0.2616	0.2616
M7	0.2717	0.2045	0.2045	0.2717	0.2717	0.2616	0.2616	0.2616
M8	0.2717	0.2045	0.2045	0.2717	0.2717	0.2616	0.2616	0.2616

부와 같이 나타낼 수 있고 수치가 1인 경우는 서로 같은 정도를 의미한다. 또 아래 하반부의 데이터는 위의 상반부 데이터를 정규화한 매트릭스로  $W_{41}$  매트릭스로 표현된다.

마찬가지로 4단계 추가 조건으로 형상관련 적용기준, 가공능력기준, 가공법의 경제성 기준, 설비효과기준 등을 고려하여 각 가공법의 상호 중속 정도를 고려한 상호중속 가중치 매트릭스는 각각 Tables 10~13과 같이 추가로 주어질 수 있다. 따라서 이 주어진 조건의 경우 4 단계의 추가조건이 고려된다.

따라서 2단계 및 4단계를 고려할 경우 서로 영향을 주어진 우선순위를 나타내는 각 프로세스의 매트릭스는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$w_{p1}=W_{41} \times w_{21} = \begin{bmatrix} 0.0271 \\ 0.0919 \\ 0.2568 \\ 0.0919 \\ 0.0919 \\ 0.0919 \\ 0.0919 \\ 0.2568 \\ 0.0919 \end{bmatrix}, \quad w_{p2}=W_{42} \times w_{22} = \begin{bmatrix} 0.0707 \\ 0.4012 \\ 0.0707 \\ 0.0707 \\ 0.0707 \\ 0.0707 \\ 0.0707 \\ 0.1745 \\ 0.0707 \end{bmatrix}$$

$$w_{p3}=W_{43} \times w_{23} = \begin{bmatrix} 0.1314 \\ 0.3046 \\ 0.0359 \\ 0.1314 \\ 0.0359 \\ 0.0359 \\ 0.0202 \\ 0.3046 \end{bmatrix}, \quad w_{p4}=W_{44} \times w_{24} = \begin{bmatrix} 0.2011 \\ 0.0245 \\ 0.0810 \\ 0.0810 \\ 0.0378 \\ 0.0810 \\ 0.4126 \\ 0.0810 \end{bmatrix}$$

$$w_{p5}=W_{45} \times w_{25} = \begin{bmatrix} 0.0583 \\ 0.0226 \\ 0.0226 \\ 0.0583 \\ 0.0583 \\ 0.2600 \\ 0.2600 \\ 0.2600 \end{bmatrix}$$

따라서 1 ~ 4 단계를 모두 고려한다면 1 및 3단계의 조건을 만족하는  $w_c$  매트릭스와 2 및 4단계의 조건을 만족시키는  $w_p$  매트릭스의 곱으로 나타낼 수 있고 여기에서 얻게 되는 가중벡터가 각 가공법의 우선순위를 나타내게 된다. 즉 전체효과를 나타내는 의사결정 매트릭스  $W_{ANP} = w_p \times w_c$  로 나타내고

$$W_{ANP} = w_p \times w_c =$$

$$\begin{bmatrix} 0.0271 & 0.0707 & 0.1314 & 0.2011 & 0.0583 \\ 0.0919 & 0.4012 & 0.3046 & 0.0245 & 0.0226 \\ 0.2568 & 0.0707 & 0.0359 & 0.0810 & 0.0226 \\ 0.0919 & 0.0707 & 0.1314 & 0.0810 & 0.0583 \\ 0.0919 & 0.0707 & 0.0359 & 0.0378 & 0.0583 \\ 0.0919 & 0.0707 & 0.0359 & 0.0810 & 0.2600 \\ 0.2568 & 0.1745 & 0.0202 & 0.4126 & 0.2600 \\ 0.0919 & 0.0707 & 0.3046 & 0.0810 & 0.2600 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.3654 \\ 0.3101 \\ 0.1509 \\ 0.0983 \\ 0.0753 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0758 \\ 0.2081 \\ 0.1309 \\ 0.0877 \\ 0.0690 \\ 0.0884 \\ 0.2111 \\ 0.1290 \end{bmatrix}$$

을 얻을 수 있다. 이 우선 순위의 매트릭스를 막대그래프로 나타내면 Fig. 2와 같으며 전체의 우선순위 값을 고려할 때 전해가공과 플라즈마가공법이 적절하다는 것을 나타내고 있다. 각 막대그래프의 각 기둥은 각 5가지 기준을 고려하여 알미늄 가공시 주어진 각 특수가공에서 다른 기준에 따른 영향인자의 구성정도를 함께 나타내고 있다.

Fig. 2에서 전해가공의 경우 주어진 표의 조건인 경우 가공경제성이 가장 중요한 기준이고 플라즈마 가공인 경우는 재료의 적용이 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 주어진 재료에 대한 가공법으로는 전해가공과 플라즈마 가공이 적절하고 5가지 기준의 중요도에 따라 전해가공과 플라즈마 가공의 선택 우선 순위가 결정 된다. 개발된 전문가 시스템은 분석 네트워크 프로세스를 기반으로 적절한 특수가공법

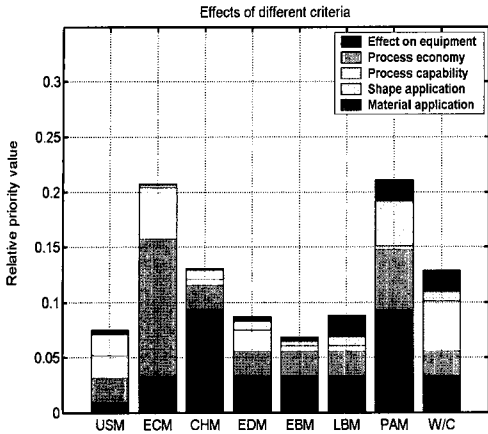


Fig. 2 Total effect for decision making

의 의사결정을 하도록 되어 있으며 전체 우선순위가 높은 가공법이 바로 가장 바람직한 가공법임을 알 수 있다. 개발된 전문가시스템은 원하는 가공재료나 가공 형상의 정도가 다른 기준을 선택하여 비교 매트릭스를 고려하여 구성하면 그에 대응하는 적절한 가공법을 결정하여 제시하게 된다.

#### 4. 결론

특수가공법 의사결정을 위하여 분석네트워크 프로세스 전문가 시스템을 구성하였고 실제 제시된 데이터를 기준으로 하여 분석한 결과, 가공법들 중 가장 적절한 특수가공법을 선택할 수 있게 하며 대체 가공법도 추측할 수 있게 하여 주었다. 그리고 의사결정자에게 잘못된 의사결정 실수를 줄여 업무의 효율성을 높여 줄 수 있고 현장의 초보 관리자가 숙련가공자의 가공법 의사결정이 옳게 되었는지 아닌지를 검증 할 수 있도록 하여 주며 가공법의 의사결정이 옳게 되었는지 아닌지를 판단할 수 있다. 개발 시스템은 가공자 및 관리자가 상호 이종으로 의사결정 검증을 할 수 있다. 연구 결과는 이런 가공법 의사결정 진단 시스템에 사용될 수 있으며 가공 업무에 있어 의사결정 오차를 줄여줄 수 있어 잘못

된 의사 결정에 의한 초과비용을 사전에 차단할 수 있으며 따라서 이 전문가 시스템은 특수가공법의 의사결정 진단 시스템에 유용하게 이용될 수 있다.

#### 후 기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술 인력양성 사업으로 수행된 연구결과임.

#### 참 고 문 헌

- (1) Lim, Y. H., 1990, *Nontraditional Machining*, Gijun Press Co., Seoul.
- (2) Kalpakjian, S. and Schmid, S., 2006, *Manufacturing Engineering and Technology*, Prentice Hall, New Jersey.
- (3) Cogun, C., 1994, "Computer aided preliminary selection of non-traditional machining processes," *Int. J. Mach. Tools Manu.*, Vol. 34, pp. 315~326.
- (4) Chakroborty, S. and Dey, S., 2006, "Design of an analytic-hierarchy-process-based expert system for non-traditional machining process selection," *Int. J. Adv. Manu. Technol.*, Vol. 31, No. 5~6, pp. 490~500.
- (5) Chakroborty, S. and Dey, S., 2007, "QFD-based expert system for non-traditional machining processes selection," *Expert Systems with Applications*, Vol. 32, No. 4, pp. 1208~1217.
- (6) Chakladar, N. D., Das, R., and Chakroborty, S. 2008, "A digraph-based expert system for nontraditional machining processes selection," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 43, No. 3-4, pp. 226~237.
- (7) Chakroborty, S. and Banik, D., 2006, "Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process," *I. J. AMT*, Vol. 28, pp. 1237~1245.
- (8) Saaty, T. L., 1980, *Analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.