

# 금형산업의 협업시스템 선정을 위한 Fuzzy-ANP 적용

## Application of a Fuzzy-ANP for Selecting Collaboration System in Mould Industry

\*이상수<sup>1</sup>, #최영재<sup>1</sup>, 신정훈<sup>1</sup>, 류광열<sup>2</sup>, 이영해<sup>3</sup>

\*S. S. Lee(sslee@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, #Y. J. Choi(youngjae@kitech.re.kr), J. H. Shin<sup>1</sup>, K. Y. Ryu<sup>2</sup>, Y. H. Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 디지털협업지원센터, <sup>2</sup>부산대학교 산업공학과, <sup>3</sup>한양대학교 정보경영공학과

Key words : *i*-Manufacturing, Collaboration System, Analytic Network Process, Fuzzy Theory, Multi Attribute Decision-Making

### 1. 서론

최근 제조기업은 급변하는 환경과 소비자 요구에 빠르게 대처하기 위하여 기초 인프라 확충은 물론 이를 이용할 수 있는 고도의 IT 및 e-Business를 도입하여 다양한 요소기술과 인터넷 응용 소프트웨어 등을 적용시키고 있다. 특히 금형산업은 국가 제조산업의 근간이 되는 중요한 산업인 만큼 이에 대한 많은 적용이 이루어지고 있다.

최근 이를 해결할 수 있는 대안인 *i*-Manufacturing은 모든 비즈니스 주체 즉, 공급자, 생산설비 요소를 포함하는 생산자, 소비자를 온-오프라인 상에서 효과적으로 연계시키는 방법론이라 할 수 있다.<sup>(4)</sup> 이러한 기업간 기술협업의 필요성으로 인해 제조업에 IT를 접목함으로써 제품개발~설계~구매~생산 등 제조공정을 혁신하고 통합하여 기업내·외간 기술협업 활성화를 지원할 산업 공통인프라 구축을 목적으로 지식경제부 주관하에 한국생산기술연구원에서 '매뉴팩처링(한국형 제조혁신) 사업'을 추진 중에 있다. *i*매뉴팩처링 사업을 통해 구축된 금형기업간 기술협업 지원을 위한 웹기반 협업시스템은 총 5개(금형통합 협업허브, 사출금형생산 협업허브, 블로우제품 협업허브, 엔지니어링 협업허브, 오토몰드 협업허브)이며, 현재 이를 통해서는 약 230여개 중소 금형업체들은 활발한 협업프로젝트를 수행하고 있다.

대부분의 기업들은 새로운 시스템의 도입이 필요한 경우, 자사에 적합한 시스템의 기능들을 평가하고 선정하여 실제 적용하는 단계를 위해 각 시스템에 대한 평가는 필수적이라 할 수 있다. 특히 기업간 협업지원을 위한 시스템을 평가하고 선택하기 위한 체계적인 방법론 및 의사결정 프로세스는 아직까지 정립되지 않고 있으며 대부분 전문가의 주관적이고 정성적인 평가에 의존해 온 것이 현실이다.

그동안 의사결정자의 애매한 판단에 대한 객관적 평가 지원을 위해 AHP나 ANP 등에 퍼지개념을 도입한 Fuzzy-AHP나 Fuzzy-ANP 등이 제안된 바가 있으나, 이는 특정 부분에 대한 요소만 퍼지개념을 도입함으로써 의사결정자의 모호성을 전체 프로세스 상에 반영하지 못하였다. 따라서 본 논문에서는 이를 보완하여 최종 의사결정 결과 도출까지 퍼지개념이 적용된 '확장된 Fuzzy-ANP 기법' 적용을 통해 기업의 온라인 협업시스템 도입 시 좀 더 명확한 의사결정과 시간단축이 가능한 적용사례를 제시하고자 한다.

### 2. 사출금형설계 협업시스템 모듈 선정

#### 2.1 적용모델 평가요소 선정

본 연구에서 적용될 평가 항목으로는 금형설계 협업시스템의 관련 기능들로 구성하였으며, 현재 *i*매뉴팩처링(한국형 제조혁신) 사업을 통해서 기 구축된 사출금형설계 협업시스템의 대표적인 기능 및 평가요소간 계층구조를 요약하면 Fig. 1과 같다. 또한 이를 토대로 평가계층구성 및 설문조사 항목 작성을 위한 쌍대비교 항목을 작성하여 협업시스템 활용기업의 평가담당자에 의해서 평가가 실시되었다.

평가항목은 사출금형설계 협업시스템의 주요기능인 협력사업무지원, 실시간 설계정보(2D, 3D) 컨퍼런스 지원, 정보연계 지원, 전문장비/기술 지원, 기술정보 DB화, 정보보안 지원, 공정계획/관리 지원 및 비용산출 지원 등 총 8개의 기능구성요소로 평가가 진행된다.

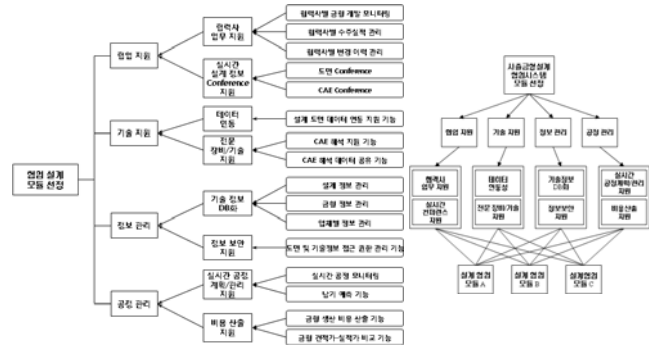


Fig. 1 사출금형설계 협업시스템 기능모듈 Hierarchy

#### 2.2 수치 예제

본 연구에서는 설문 평가를 통한 설문 결과값으로 각 요소들의 쌍대비교 행렬을 구성하여 가중치를 퍼지수로 도출하였다. 이때 쌍대비교값을 분석하기 위하여 Fuzzy-AHP의 Extent Analysis Method(이하 EAM)<sup>(2)</sup>를 활용하였다. Table 1은 EAM을 통해 나온 '협업지원', '기술지원', '정보관리', '공정관리' 기능에 대한 쌍대비교 시의 상대적 중요도이다.

Table 1 EAM 분석 결과

	협업 지원	기술 지원	정보 관리	공정 관리
설계협업모듈 A	(0.30,0.45,0.52)	(0.22,0.27,0.32)	(0.23,0.27,0.31)	(0.28,0.40,0.52)
설계협업모듈 B	(0.37,0.50,0.63)	(0.28,0.38,0.47)	(0.35,0.50,0.55)	(0.40,0.65,0.70)
설계협업모듈 C	(0.03,0.10,0.12)	(0.29,0.34,0.42)	(0.20,0.26,0.32)	(0.01,0.02,0.03)

각 평가 기준에 대한 쌍대비교 행렬에서 각 평가요소 간 중요도 비교를 통하여 각 평가요소의 중요도 순위를 알 수 있으며, Table 2에 나와 있는 바와 같이, 각 요소 간 상호종속관계에 대한 파악을 위하여 사출금형 설계 협업시스템의 기능모듈간 연관관계에 대한 가중치를 부여하였다. 이는 시스템 설계 및 구축을 위한 각 시스템 설계자에 의하여 평가 및 도출되었다.

Table 2 기능요소 별 상호종속관계 표현

	협업 지원	기술 지원	정보 관리	공정 관리
협업지원	(0.50,0.65,0.89)	(0.12,0.2,0.24)	(0.25,0.36,0.48)	(0.10,0.21,0.30)
기술지원	(0.15,0.2,0.27)	(0.43,0.68,0.86)	(0.10,0.20,0.30)	(0.21,0.33,0.45)
정보관리	(0.22,0.35,0.48)	(0, 0, 0)	(0.45,0.64,0.80)	(0.47,0.66,0.80)
공정분석	(0.13,0.3,0.36)	(0.45,0.62,0.90)	(0.20,0.30,0.42)	(0.22,0.30,0.45)

각 평가요소 별 쌍대비교 행렬과 각 대안 별 쌍대비교 행렬, 평가요소 별 상호종속관계 표현 행렬을 기반으로 퍼지 supermatrix를 구성한 후 퍼지 supermatrix의 수렴화를 통하여 최종 가중치를 도출해 낼 수 있다.

Table 3은 이를 토대로 각 요소들 간의 상대적 중요도를 원소로 하는 '초기 퍼지 supermatrix'를 도출해 내었다.

Table 3 초기 퍼지 supermatrix

구성요소		목표	기준요인				대안		
목표	노드		협업 지원	기술 지원	정보 관리	공정 관리	설계 협업 모듈 A	설계 협업 모듈 B	설계 협업 모듈 C
	목표노드	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
기준요인	협업지원	(0,2,0,3, 0,4)	(0,5,0,7, 0,9)	(0,1,0,2, 0,2)	(0,3,0,4, 0,5)	(0,1,0,2, 0,3)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	기술지원	(0,2,0,3, 0,4)	(0,1,0,2, 0,3)	(0,4,0,7, 0,9)	(0,1,0,2, 0,3)	(0,2,0,3, 0,5)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	정보관리	(0,1,0,2, 0,2)	(0,2,0,4, 0,5)	(0, 0, 0, 0)	(0,5,0,6, 0,8)	(0,5,0,7, 0,8)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	공정관리	(0,1,0,2, 0,2)	(0,1,0,3, 0,4)	(0,5,0,6, 0,9)	(0,2,0,3, 0,4)	(0,2,0,3, 0,5)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
선정대상모듈	설계협업 모듈A	(0,0,0,0)	(0,3,0,5, 0,5)	(0,2,0,3, 0,3)	(0,2,0,3, 0,3)	(0,3,0,4, 0,5)	(1,1,1,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	설계협업 모듈B	(0,0,0,0)	(0,4,0,5, 0,6)	(0,3,0,4, 0,5)	(0,4,0,5, 0,6)	(0,4,0,7, 0,7)	(0,0,0,0)	(1,1,1,1)	(0,0,0,0)
	설계협업 모듈C	(0,0,0,0)	(0,0,3,0,1, 0,12)	(0,3,0,3, 0,4)	(0,2,0,3, 0,3)	(0,0,1,0,0,2, 0,03)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(1,1,1,1)

Table 4 는 ‘초기 퍼지 supermatrix’를 정규화하여 극한 연산을 수행한 후, 비퍼지화를 수행한 supermatrix의 수렴성을 파악하여 최종 수렴한 ‘극한 퍼지 supermatrix’이다. ‘극한 퍼지 supermatrix’를 도출하기 위하여 열 확률적으로 조정된 가중된 퍼지 supermatrix의 수렴성이 파악될 때까지 극한 연산을 수행하였다.

Table 4 극한 퍼지 supermatrix

구성요소		목표	기준요인				대안		
목표	노드		협업 지원	기술 지원	정보 관리	공정 관리	설계 협업 모듈 A	설계 협업 모듈 B	설계 협업 모듈 C
	목표노드	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
기준요인	협업지원	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	기술지원	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	정보관리	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	공정관리	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
선정대상모듈	설계협업 모듈A	<b>(0.33, 0.34, 0.35)</b>	(0,37, 0,38, 0,39)	(0,30, 0,31, 0,32)	(0,30, 0,31, 0,33)	(0,34, 0,36, 0,37)	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)
	설계협업 모듈B	<b>(0.47, 0.48, 0.48)</b>	(0,48, 0,49, 0,50)	(0,42, 0,45, 0,45)	(0,47, 0,48, 0,49)	(0,51, 0,52, 0,54)	(0,0,0)	(1,1,1)	(0,0,0)
	설계협업 모듈C	<b>(0.17, 0.18, 0.19)</b>	(0,11, 0,13, 0,14)	(0,24, 0,24, 0,26)	(0,21, 0,21, 0,22)	(0,12, 0,12, 0,13)	(0,0,0)	(0,0,0)	(1,1,1)

총 6회 supermatrix의 자승연산을 통해서 극한 퍼지 supermatrix 및 비퍼지화된 극한 퍼지 supermatrix가 도출되었다. 극한 퍼지 supermatrix에서는 ‘목표’ 열의 6~8행의 값으로 선정 대상 모듈에 대한 최종 중요도 파악을 할 수 있다. 이는 극한 퍼지 supermatrix 계산을 통해 최종 상대적 중요도를 퍼지화된 값으로 얻었음을 의미한다. 또한 Table 5 에서 보여지는 바와 같이, 퍼지수를 다시 비퍼지화하여 극한 supermatrix로 도출함으로써 설계 협업 모듈에 대한 최종 대안을 선정한다.

Table 5 비퍼지화된 극한 supermatrix

구성요소		목표	기준요인				대안		
목표	노드		협업 지원	기술 지원	정보 관리	공정 관리	설계 협업 모듈 A	설계 협업 모듈 B	설계 협업 모듈 C
	목표노드	0	0	0	0	0	0	0	0
기준요인	협업지원	0	0	0	0	0	0	0	0
	기술지원	0	0	0	0	0	0	0	0
	정보관리	0	0	0	0	0	0	0	0
	공정관리	0	0	0	0	0	0	0	0
선정대상모듈	설계협업 모듈A	<b>0.34</b>	0.38	0.31	0.31	0.36	1	0	0
	설계협업 모듈B	<b>0.48</b>	0.49	0.44	0.48	0.52	0	1	0
	설계협업 모듈C	<b>0.18</b>	0.13	0.25	0.21	0.12	0	0	1

최종 수렴된 극한 퍼지 supermatrix를 비퍼지화된 극한 supermatrix로 변경하여 수렴된 중요도 산출 결과, 즉 선정 대상 모듈에 대한 상대적 중요도로 나타낼 수 있다. 설계 협업 모듈에 대한 평가 결과를 비교하게 되면 설계 협업 A, 설계 협업 B, 설계 협업 C 가 각각 "0.34, 0.48, 0.18" 로서 설계 협업 모듈 B의 중요도가 다른 설계 협업 모듈에 비해 중요도가 높게 나왔음을 알 수 있다. 이는 자사에 적합한 사출금형 설계 협업시스템의 기능모듈을 선정하기 위한 의사결정 문제에서 각 기준들 간의 상호 종속관계를 고려하여 최종 의사결정 시까지 퍼지개념을 도입하였을 때, 설계 협업 모듈 B가 다른 설계 협업 모듈에 비해 큰 중요도를 차지하였음을 의미한다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 상호독립성을 보장하는 Extent Analysis Method 및 퍼지 supermatrix를 적용한 확장된 Fuzzy-ANP 기법을 사출금형설계 협업시스템의 기능모듈 선정을 위해 적용하였다. 현재 지식경제부에서 수행하는 i매뉴팩처링 사업의 일환으로 구축된 사출금형 협업시스템은 다양한 모듈기능 구성으로 인해 수요기업의 업무환경에 맞게 구축하는데 다양한 고려 요소들과 시간이 소요되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 기업에서 정보시스템 선정을 위해 활용되어왔던 다기준 의사결정 기법 중 Fuzzy-ANP를 보완하여 supermatrix 분석에 퍼지개념을 적용한 확장된 Fuzzy-ANP를 활용하여 설문 작성 및 supermatrix 분석 시 퍼지개념을 반영하여 최종가중치를 도출해 내었다.

추후 연구 과제로서는 방법론적인 측면에서 퍼지 supermatrix 연산 시 정규화 부분과 연산에 대한 부분을 더욱 구체적인 모델로 제시가 필요할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부에서 수행하는 지식경제 기술혁신사업의 일환인 “i매뉴팩처링(한국형 제조혁신) 사업”에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. A Kaufmann and M. M. Gupta, Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Application, New York: Van Nostrand, 1991.
2. Chang, D. Y., "Application of the extent analysis method on fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, Vol. 95, pp. 649-655, 1996.
3. Laarhoven, P. J. M. and Pedryca, W., "A fuzzy extension of Saaty's priority theory", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 11, pp. 229-241, 1983.
4. Ryu, K. Y., Choi, H. J., and Lee, S. W., "Framework of e-Collaborative Engineering Services for Mold Companies in Korea", Proc. IMS International Forum 2004, Villa Erba, Cernobbio, Italy, pp. 1128-1137, 2004.