

## 퍼지 서비스 FMEA를 이용한 서비스 시스템 설계

김준홍\* · 유정상\*\*†

\*수원대학교 산업정보공학과  
\*\*경원대학교 산업정보시스템공학과

## Service System Design Using Fuzzy Service FMEA

Junhong Kim\* · Jungsang Yoo\*\*†

\*Dept. of Industrial and Information Engineering, The university of Suwon  
\*\*Dept. of Industrial and Information System Engineering, Kyungwon university

FMEA (failure mode and effect analysis) is a widely used technique to assess or to improve reliability of product not only at early stage of design and development, but at the process and service phase during the product life cycle. In designing a service system, this study proposes a fuzzy service FMEA with the service blueprints as a tool which describes customer actions, onstage contact employees actions, backstage contact employees actions, support processes, and physical evidences, in order to analyse and inform service delivery system design. We fuzzified only two risk factors, occurrence and severity, to more effectively assess the potential failure modes in service. Proposed fuzzy risk grades are applied to Gaussian membership function, defuzzified into Fuzzy Inference System, and eventually identified the ranks on the potential fail points.

**Keywords** : Service System Design, Fuzzy Theory, Service FMEA, Risk Grade Matrix

### 1. 서론

산업패턴의 선진화는 전체 산업에서 서비스 산업이 차지하는 비중으로 평가되는 바, 현재 우리나라의 서비스 산업은 GDP대비 57.6%로 매년 상승하고 있으나, 서비스 산업들이 주로 부가가치가 낮은 업종에 머물러 있어 일인당 부가가치는 선진국에 비해 상대적으로 낮은 수준에 머무르고 있는 실정이다. 이러한 구조는 70년대 이후 우리나라 제조업의 산업구조의 변화 추세와 유사한 현상을 보여주고 있어 이에 대한 개선이 필요한 시점이라 할 수 있다.

제품의 서비스화는 제품의 부가가치를 창출하는 원천이므로 오늘날 제조 기업은 고객의 요구에 따른 제품의

제조에서 판매에 이르는 전 과정에 서비스 기업화를 활발히 진행하고 있고, 서비스 산업 활성화를 위한 정부 차원의 지원도 근간에 들어 검증하고 있는 추세이다. 산업구조의 변화에 따라 이러한 추세는 앞으로 더욱 가속화될 전망이고, 서비스 시장이 개방됨에 따라 해외의 우수 서비스 기업들의 국내 서비스 시장 진출이 눈에 띄게 증가하고 있는 상황을 고려할 때, 서비스 산업에서 부가가치의 창출을 위한 노력은 학문적으로 중요한 과제라 할 수 있다.

서비스가 갖고 있는 특성은 무형성이고, 고객은 서비스 시스템에 참가하여 서비스 전달자와 함께 서비스의 공동 생산자로서 역할을 한다. 그리고 서비스 제품에 대한 고객의 평가는 주관적이고, 고객이 서비스를 경험한 후 서

비스를 평가하게 되므로 측정 및 평가가 어렵다. 따라서 주관성을 객관화하는 분석적 방법이 요구되고 있다.

고객은 서비스 묶음, 즉 물리적인 유형적 요소와 서비스라는 무형적 요소를 서비스 전달자로부터 전달받아, 그를 통한 경험의 결과로 서비스의 질을 평가하므로, 서비스 시스템을 설계할 때는 이러한 유형적, 무형적 요소에 대한 설계가 동시에 이루어져야 한다.

이 논문은 서비스 설계 시 고객의 서비스 만족에 나쁜 영향을 미치는 서비스 전달자의 실수, 실패, 잘못 등의 잠재적 요인을 파악하여, 실수가 없는 서비스를 설계하기 위한 방안을 제안한다. 그를 위해 제품의 설계에서 잠재적 고장모드를 파악하고 그 원인과 시스템에 미치는 영향을 분석하는 수법인 FMEA(failure mode and effect analysis)를 이용하고, 고장모드에 대한 위험 등급을 결정하는 방법에 퍼지이론(fuzzy theory)를 적용함으로써 FMEA가 갖는 위험우선순위(risk priority number) 결정에 따른 모순점을 퍼지추론 시스템(Fuzzy inference system)으로 해결한다. 또한 과거 실적자료가 없는 서비스 기업에 대한 설계에서 전문가 또는 서비스 전달자의 경험에 따른 방법을 활용하여 수월하게 위험등급을 결정하는 모델을 제안하는데 그 목표를 둔다. 제 2장에서는 서비스 분석 및 설계에서 이용하고 있는 서비스 청사진, 잠재적 고장모드를 파악하기 위한 FMEA 수법, 그리고 서비스 FMEA에 대한 개요를 언급한다. 제 3장에서 제안된 퍼지 위험등급법에 대한 개념 및 절차에 대해 소개한다. 제 4장에서 국내 S전자사의 A/S서비스를 대상으로 퍼지 서비스 FMEA 모델을 적용하여 타당성을 검토한다. 마지막으로 제 5장에서는 제안된 퍼지 서비스 FMEA기법에 대한 결론 및 향후 과제에 대해 언급한다.

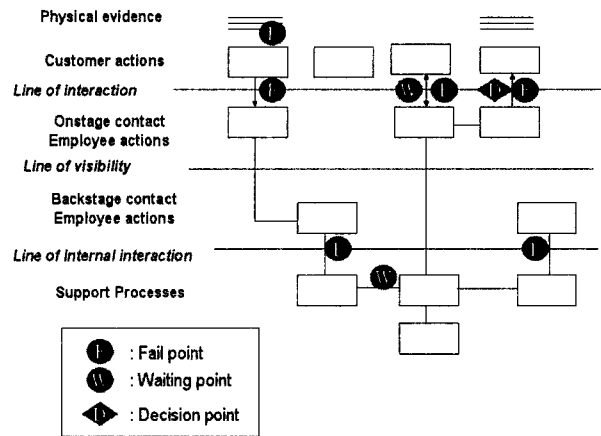
## 2. 서비스 청사진과 FMEA

### 2.1 서비스 청사진

서비스 프로세스를 이차원적으로 가시화하기 위해 Shostack[8]은 서비스 청사진(service blueprint)이라는 방법을 제안하였으며, Kingman-Brundage et al.[7]과 Chung [4]은 이 방법을 더욱 발전시켰다. Zeithaml and Bitner[9]는 “서비스 청사진은 서비스 시스템을 제공하는데 연관되어 있는 사람들이 그들의 역할이나 개인적 견해와 상관없이 객관적으로 서비스 시스템을 이해하고 다룰 수 있도록 해 주는 것으로서, 서비스 시스템을 정확하게 묘사한 그림이다”라고 하고 있다.

서비스 청사진은 <그림 1>과 같이 3개의 가로선, 즉 상호작용선, 가시선, 내부업무 상호작용선으로 구분되어

있고, 각 선 안에는 4개로 구분된 주요행동영역이 있다. 상호작용선은 고객과 종업원 간의 직접적인 상호관계를 나타낸다. 상호작용선 위 부분은 물리적 증거와 고객의 활동영역을 갖는다. 가시선은 고객의 눈에 보이는 영역과 보이지 않는 영역의 경계가 되고, 내부업무의 상호작용선은 전방업무(front office)와 후방업무(back office)간의 경계선으로 서비스 전달자가 고객 서비스의 지원을 위한 상호간의 경계선이다.



<그림 1> 서비스 청사진의 구성

서비스 청사진 기법을 이용한 효과는 제공되는 서비스의 전체과정을 조망할 수 있게 해주므로 종업원 본인의 직무를 서비스와 연계시켜 보다 더 고객지향적이 되도록 해주며, 서비스 전달과정 중 실수가능점(potential fail points)을 통하여 실수를 줄일 수 있는 기회를 제공한다.

서비스 전달자와 고객 간의 상호작용에 의해 서비스가 생산 및 소비되므로 서비스 접점관리가 중요하다. 이 접점에서 고객의 서비스에 대한 평가가 이루어지는데, 서비스 접점은 직접적으로는 상호작용선(line of interaction) 상에서 고객의 행위와 현장 종업원(onstage contact person)간에 발생하고, 간접적으로는 고객이 물리적 증거(physical evidence)로부터 감지된 서비스 시스템에 대해 진실의 순간(moment of truth, MOT)을 통해 서비스 만족도가 평가된다.

### 2.2 FMEA

FMEA는 현재적 또는 잠재적 고장, 문제점, 실수 등이 고객에게 도달하기 전에 시스템, 설계, 프로세스, 또는 서비스로부터 이들을 정의, 확인, 제거하기 위해 사용되는 공학적 기술이라 정의한다[2]. 서비스 기업에서 FMEA는 널리 사용되지 않고 있고, 다만 외과의료, 건강

관련기업, 또는 유기 인공물에 관련하여 소수 사용되고 있다[6].

본 연구는 서비스 설계에서 잠재적 고장모드(실수, 실패)를 확인하고, 제거하기 위한 방안으로 FMEA를 이용한다.

2.2.1 FMEA의 유형

FMEA는 여러 유형이 있는데 제품 개발단계에서부터 고객의 사용단계까지의 제품 라이프 사이클 상에서 보면, 제품 개념단계의 시스템 FMEA, 제품의 분석 및 설계를 위한 설계 FMEA, 제조 및 조립 프로세스를 분석하기 위한 프로세스 FMEA, 그리고 이들이 고객에게 도달하기 전 서비스를 분석하기 위해 사용되는 서비스 FMEA와 같은 유형이 있다.

2.2.2 FMEA의 수행절차

FMEA를 수행하는 일반적인 절차는 다음과 같다.

- 단계 1 : 시스템에 있는 현재적 또는 모든 잠재적 고장 모드(known or potential failure mode)의 확인
- 단계 2 : 각각의 고장의 위해, 가능한 원인, 영향들 간의 관련성 기록
- 단계 3 : 고장모드의 위험 우선순위 결정
- 단계 4 : 각각의 고장모드 형태에 대한 수정 행위 또는 처리의 제공

2.2.3 FMEA에서 위험평가 방법

잠재적 고장모드가 시스템에 미치는 위험의 정도를 파악하는 방법을 크게 다음과 같이 구분한다[1, 3].

1. 위험 등급법(MIL-STD-1629)
  - (1) 카테고리에 의한 구분
  - (2) 고장평점법
  - (3) 치명도평점법
2. Risk priority number method(SAE)

$$RPN = S \times O \times D,$$

여기서 S(Severity, 치명도) = {1, 2, ..., 10}

O(Occurrence, 발생도) = {1, 2, ..., 10}

D(Detect 검지도) = {1, 2, ..., 10}

2.3 서비스 FMEA

서비스 FMEA는 전체 조직에 대한 서비스 실패를 최소화하고, 품질, 신뢰성, 서비스를 통한 고객만족의 최대화에 목표를 둔다. 시스템 또는 프로세스의 결함의 원인이 되는 잠재적 또는 현재적 고장모드(임무, 실수, 잘못)를 확인하고, 그 원인 및 영향을 분석하여 서비스 시스템의 실패를 사전에 방지하려는 수법이다. 이 목적

을 위해 서비스 FMEA는 고객의 확고한 필요, 희망, 그리고 기대에 대한 그 요구사항에 근거하여 QFD와 같은 도구를 이용한다.

3. 제안된 퍼지 위험 등급법

3.1 제안된 위험등급법

위험등급의 결정을 위해 현재적 또는 잠재적 고장모드에 대한 우선순위를 결정하기 위한 방법으로, Zadeh[5]가 제안한 fuzzy set theory를 이용한다. FMEA에서 Fuzzy number를 이용하여 component 또는 item failure mode에 관련된 위험 등급을 유연하게 평가하기 위한 방법으로 사용한다.

위험 등급은 과거의 경험자료 없이 정성적인 방법으로 심각도와 발생도를 파악하여 위험 등급을 결정하는 방법으로도 이용될 수 있다. 서비스에 대한 기초자료가 없는 서비스 기업의 특성상 편리하게 이용할 수 있는 이점이 있다.

이 제안모델에서 사용되는 두 가지 입력요소는 영향도와 발생도이다.

영향도(severity, S)란 서비스의 유형적, 무형적요소의 실패, 실수, 잘못으로 인해 서비스 만족에 미치는 영향의 중대한 정도를 의미하고,

$$S = \{catastrophic, major, moderate, minor\} = \{4, 3, 2, 1\},$$

발생도(occurrence, O)는 해당 요소의 발생하는 빈도 또는 확률로서,

$$O = \{frequent, occasional, uncommon, remote\} = \{4, 3, 2, 1\}의 점수로 표현한다.$$

<표 1> 위험 등급행렬(Risk grade matrix)

영향의 중대성 (S)		발생확률(O)			
		미소 (minor)	경미 (major)	중대 (Critical)	대단히 중대 (Catastrophic)
발생확률(O)		1	2	3	4
자주발생 (frequent) > 20%	4	4	8	12	16
때때로 발생 (occasional) > 10%	3	3	6	9	12
가끔 발생 (uncommon) > 1%	2	2	4	6	8
거의 발생하지 않음 (remote) > 0.1%	1	1	2	3	4

이들 두 요소의 곱은 해당 고장모드의 고장평점으로

모두 1에서 16까지의 정수의 평점으로 <표 1>과 같은 위험등급행렬로 나타낸다. 동일한 고장평점에 대해서도 서로 다른 영향도, 발생도의 등급이 나타날 수 있는 모순성이 발생할 가능성도 있다.

<표 2> 위험 등급수준

4	4	8	12	16
3	3	6	9	12
2	2	4	6	8
1	1	2	3	4
O/S	1	2	3	4

본 논문에서 이들 고장평점을 <표 2>와 같이 모두 5가지의 위험 등급(Risk Grade)으로 구분하여 표시한다.

위험등급 = {very important, important, moderate, Minor, not important}  
 = {5, 4, 3, 2, 1}

위험등급수준에 따른 고장평점의 관계는 높은 평점일 수록 높은 위험등급을 갖는다. 시스템, 즉 서비스 불만족에 미치는 영향이 크고, 낮은 등급은 서비스 만족에 미치는 영향이 크며, 이들 값들은 다음과 같이 정해진다.

- V = {16, 12, 12}
- IV = {8, 9, 8}
- III = {4, 6, 6, 4}
- II = {3, 4, 3}
- I = {2, 1, 2}

### 3.2 제안된 퍼지 위험 등급법

위험등급에 대한 두 가지 입력요소, S와 O를 퍼지화하기 위해 다음과 같은 정규멤버쉽함수를 사용한다.

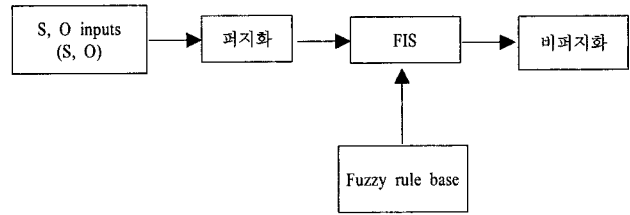
Gaussian membership function  $G(x, c, s)$ ,

여기서  $x$  : 서비스에 대한 입력 지수

$c$  : 중심값

$s$  : membership 함수의 폭

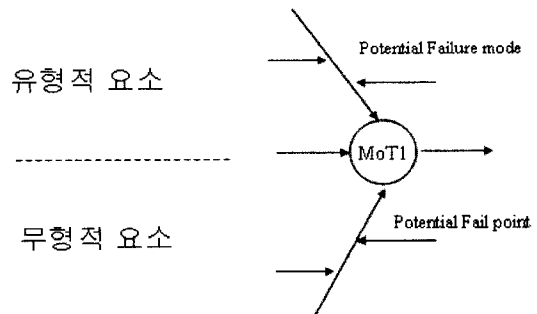
퍼지화한 입력요소들은 <그림 2>와 같이 퍼지규칙기준(fuzzy rule base)에 따라 퍼지추론시스템(FIS, fuzzy inference system)을 이용하여 [0, 1]사이의 값으로 비퍼지화되어 잠재적 고장모드에 대한 위험우선순위를 구한다.



<그림 2> 비퍼지화 절차

### 3.3 서비스 FMEA를 위한 특성요인도

FMEA 양식에서는 서비스 기능, 잠재적 고장모드, 고장원인, 고장영향 등을 확인하기 위해 아이টে에 대한 신뢰성블록도(reliability block diagram)를 이용하고 있다. 서비스 FMEA는 서비스요소에 대한 서비스 기능, 잠재적 고장모드(실수), 잠재적 고장영향 등을 확인하기 위해 서비스 청사진을 토대로 <그림 3>과 같은 서비스 시스템을 위한 특성요인도(fishbone diagram)를 사용한다. 이 그래프는 상부 및 하부로 구분하여, 상부에는 서비스의 유형적요소, 하부에는 서비스의 무형적요소를 나타낸다. 그리고 정점(node)은 MoT로 표시하여, 고객 서비스 접점(service encounter)번호를 기입한다. 서비스 프로세스는  $i(i=1, \dots, n)$ 개의 서비스 접점으로 이루어지고, 이로서 완료된다. 각 정점에 이어지는 화살선의 수평선 연결선에는 고객 서비스 접점에 대한 잠재적 고장모드를 기입한다. 이 그래프를 기초로 서비스 FMEA 양식을 작성하여 완성한다.



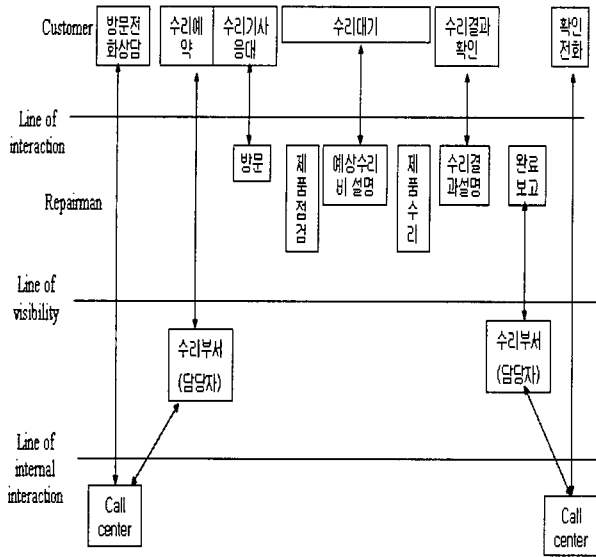
<그림 3> 서비스시스템의 특성요인도 구성

## 4. 수치 예

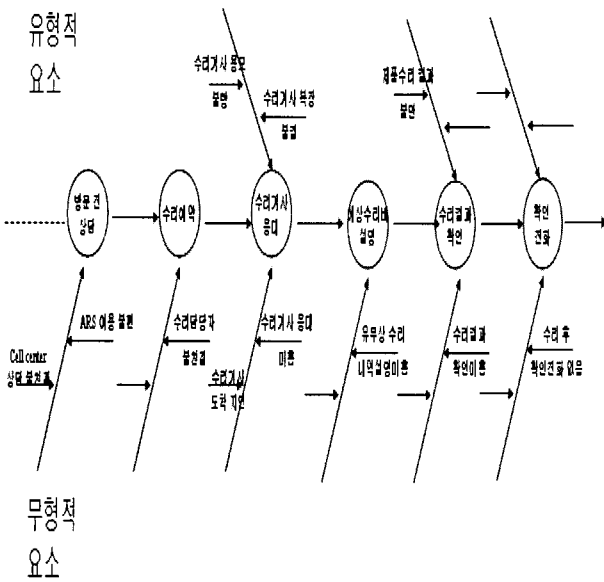
제안된 방법에 대한 수치 예는 국내 S전자에서 수행되고 있는 전자제품 고객A/S 서비스를 대상으로 하였다. 가전제품의 A/S수리 프로세스는 <그림 4>의 서비스 청사진으로 작성되었다.

서비스 청사진은 주관적 서비스를 분석하는데 중요한 그

림이다. 이를 토대로 <그림 5>와 같은 특성요인도를 작성하였다. 서비스 청사진과 특성요인도는 서비스 FMEA 양식을 작성하는 기초자료로서 고장의 인과관계를 밝혀내는 데 중요하게 사용된다.



<그림 4> A/S 서비스의 서비스 청사진



<그림 5> A/S 서비스의 특성요인도

<그림 4>의 서비스 청사진과 <그림 5>의 특성요인도를 토대로 다음 <표 3>과 같은 서비스 FMEA 양식을 작성한다.

입력된 자료에 대한 퍼지화를 위해 퍼지 FMEA의 입력항목 S와 O는 정규멤버십 함수로 퍼지화하고, 이들의 관계는 <그림 6>과 같이 If-then 퍼지 규칙에 따라 출력

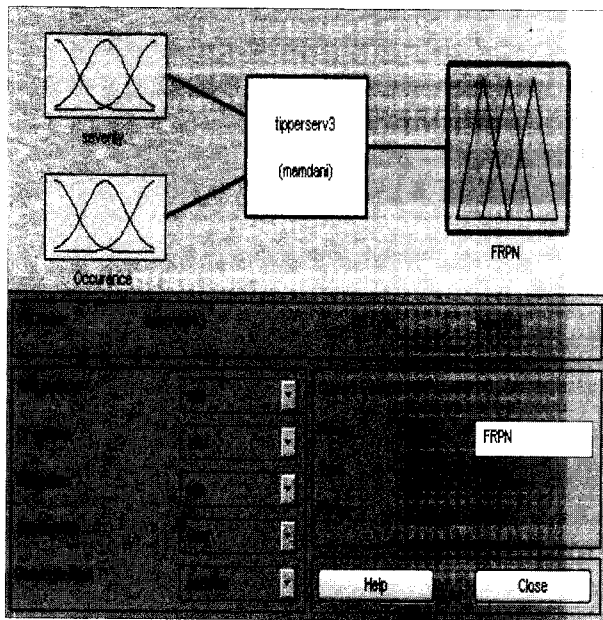
항목을 각 16개의 고장평점으로 표현하였다[10].

<표 3> A/S 서비스의 서비스 FMEA 양식 및 퍼지 고장등급

NO.	sub-process activity	Potential failure mode	S	O	FG	Ranking	FFG	Ranking
Mot 1	전화상담	ARS이용 불편	3	3	9	2	0.680	2
		Call center 상담 불친절	3	1	3	6	0.366	8
Mot 2	수리예약	수리상담자 불친절	2	2	4	5	0.363	9
Mot 3	수리원응대	수리원응대 불량	3	3	9	2	0.648	4
		수리원복장 불결	3	2	6	4	0.508	6
		수리원응대 미흡	2	3	6	4	0.500	7
		수리원 지연도착	3	3	9	2	0.654	3
Mot 4	예상수리비 설명	유무상수리 설명내역 미흡	3	4	12	1	0.782	1
Mot 5	수리결과 확인	제품수리 결과 불만	3	2	6	4	0.508	6
		수리결과 확인 미흡	3	1	3	6	0.366	7
Mot 6	확인전화	수리 후 확인전화 불만	2	4	8	3	0.639	5
		Call center 확인전화 불친절	2	3	6	4	0.500	7

<그림 6> Fuzzy rule bases

16개의 고장평점을 5종류의 고장등급으로 구분하여 <그림 7>과 같은 퍼지추론시스템을 이용하여 [0, 1]사이의 값으로 비퍼지화하여 위험등급에 대한 순위를 정하였다. 그 결과는 위의 <표 3>과 같다.



<그림 7> Fuzzy Inference System

## 6. 결 론

실수(실패, 에러, 고장)가 없는 서비스 시스템은 100% 고객만족 서비스 시스템 설계의 요건이다. 제안된 모델은 서비스 FMEA를 이용하여 서비스 설계에서 치명적인 고장모드를 확인하고 제거하는 설계 방법으로서 축적된 자료가 없는 서비스 기업의 특성상 서비스 전달자의 경험에 의해 위험 등급을 평가하는 도구가 될 수 있다.

제안된 도구는 모든 서비스 접점 또는 진실의 순간 (Mot)에서 잠재적 실패 점, 대기 점, 또는 의사결정 점들에 대한 중요도를 확인하여 그에 대한 서비스 불만원인을 분석하여, 실수방지(failsafe)방법(포카요케)을 위한 도구로 사용되고, 또한 서비스 6시그마에서 CTQ 도구로서 이용될 수 있다.

본 논문에서는 위험 등급법으로 두 가지 요인, 심각도(severity)와 발생도(occurrence)를 다루었다. QS 9000에서

제시하는 탐지가능성(detectability)요인을 고려하는 방법 등 서비스 제품의 특성에 적합한 또 다른 평가요인들의 도입도 고려할 수 있다. 이들은 서비스의 특성에 따라 서로 trade-off되어야 하는 관계를 이룬다고 할 수 있으므로 이들에 대한 관련성도 차후 과제가 된다.

## 참고문헌

- [1] 김준홍, 정원; “신뢰성공학”, 청문각, 2007.
- [2] Sharma, R. K. and Kumar, P.; “Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modeling,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(9) : 15-22, 2005.
- [3] Tay, K. M. and Lim, C. P.; “Fuzzy FMEA with guided rules reduction system of prioritization of failures,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(8) : 15-22, 2006.
- [4] Chung, P-T.; “Combining service blueprint and FMEA for service design,” *The service industries Journal*, 27 (2) : 15-22, 2007.
- [5] Zadeh, L.; “Fuzzy sets,” *IEEE Information and control*, 8 : 338-353, 1965.
- [6] Tellefsen, L.; “Failure mode and effect analysis applied to hospital TB program,” *American Journal of Infection Control*, 33(5) : 162-163, 2005.
- [7] Kingman-Brundage J.; “The ABC’s of service system blueprinting, In *Designing a winning service strategy*,” Bitner LA, Cosby LA, eds, AMA, Chicago, : 30-33, 1989.
- [8] Shoctack, G. L.; “How to design a service, Marketing of services,” *American Marketing Association*, : 221-229. 1981.
- [9] Zeithaml, V. A. and Bitner M. J.; “Service marketing,” Irwin McGraw-Hill, Newyork. 2000,
- [10] Fuzzy logic toolbox 2.