

폐지공정을 이용한 차량용 에어크리너의 DFDA

(Disassembly Assessment of Aircleaner in Passenger-vehicle by Fuzzy)

(진정선*, 김하수*, 강희용*, 양성모*)

Abstract

A disassembly assessment has mostly depend on the subjective decision making from the qualitative element. It is not useful in the practical assesment because it is not specified. The purpose of this paper is an assessmet based on Fuzzy-study-rule. This rule is definitely modified fromnon-fuzzy language of qualitative element. The new assessment method of design for disassembly assessment(DFDA) is practical to introduce the fuzzy number as the conversion of quantitative element from qualitative. It is applied to air-cleaner of passenger-vehicle for the usefulness.

Key word : Disassembly(분해성), Fuzzy-study-rule(퍼지학습규칙), Fuzzy number (퍼지수), Qualitative(정성적인), Quantitative(정량적인)

1. 서론⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

모든제품은 그 생산에서 최종 폐기물이 될 때까지 어떤 형태를 환경 부하를 일으키는데 이는 지구환경, 폐기물 처리를 포함한 다양한 환경문제에 영향을 끼친다. 이렇게 환경성을 증진 시키기 위해서는 환경부하요소를 정량화 할 수 있는 방법이 필요하게 되었으며 각 분야에서 리사이클링을 위한 분해성 평가가 이루어지고 있다.

본 연구는 분해성 평가를 좀더 정확하고 정량적인 방법을 위해 각 산업체에서 활용된 바 있는 원리도화표를 이용하여 퍼지추론과 신경회로망을 적용시켜 새로운 관점에서 분해성 평가식을 세우고 이를 차량용 에어크리너의 평가에 적용시켜 보았다.

2. 연구배경⁽⁴⁾⁽⁵⁾

2.1 퍼지이론

인간의 지능은 크게 학습능력과 의사결정능력으로 특징지을 수 있다. 인공지능은 인간의 지능을 인위적으로 구현한 것으로 이를 위하여는 먼저 인간의 학습 메카니즘과 의사결정 메카니즘에 대한이해가 필요하다.인간의 학습 능력을 인위적으로 구현할 수 있는 대표적인 것으로는 신경회

로망을 들 수 있다. 인간이 보유한 학습능력의 특징은 학습에 따라 저장된 정보가 수정·보완되고, 데이터의 처리는 병렬처리구조인 점이다. 이러한 인간의 의사결정능력을 인위적으로 구현할 수 있는 대표적인 도구는 퍼지이론이다. 이 이론을 통해서 충분한 학습을 통하여 경험적으로 지식을 보유하고 있는 인간은 복잡하고 애매한 상황에서도 합리적인 판단을 할 수 있도록 근거를 제시해준다.

1과 0사이의 진리값을 가지는 명제를 퍼지명제라하며, 퍼지명제의 연산은 무한치논리를 기반으로 한다. 무한치논리와 퍼지논리를 기반으로 의사결정을 하는 것을 각각 근사추론과 퍼지추론이라 한다. 근사추론은 인간의 의사결정 메커니즘을 모델화한 것으로 경험적 지식이 R이고 상황 A'이 주어질 때 결과 B'을 추론하는 것이다.

2.1.1 퍼지관계

보통관계는 원소들 사이의 관계정도가 1또는 0으로 표시되는 관계이다. 퍼지관계는 두가지로 설명할수 있다. 하나는 보통집합 X와 Y사이의 관계정도가 0과 1사이의 값으로 기술되는 퍼지관계이고, 다른하나는 퍼지집합 A와 B사이의 관계

* 전북대학교, 자동차 신기술 연구소

정도가 0과 1사이의 값으로 기술되는 퍼지관계이다.

후자쪽의 관계를 표현하면 다음과 같다.

$X, Y \subseteq R^1$ 이고, X, Y 에 있는 퍼지집합 A, B 가 각각 다음과 같다고 하자.

$$\begin{aligned} A &= [(x, \mu_A(x)) | x \in X] \\ B &= [(y, \mu_B(y)) | y \in X] \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

만일 $\mu_R(x, y) \leq \mu_A(x), \mu_R(x, y) \leq \mu_B(x)$,

$\forall (x, y) \in X \times Y$ 이면,

$$R(x, y) = [(x, y, \mu_R(x, y)) | (x, y) \in X \times Y]$$

는 $A \times B$ 에서 퍼지관계이다.

2.1.2 퍼지관계의 표현방법

퍼지관계 R 는 $X \times Y$ 의 퍼지부분집합이므로 퍼지관계는 퍼지집합 기술법으로 사용한다. 또한 이산퍼지관계는 퍼지관계행렬로 나타낼 수 있다. 여기서는 퍼지관계를 그래프적으로 표현할 수 있다.

이산퍼지관계 R 의 퍼지그래프는

$$R = \sum_i \mu_R(x_i, y_i), x_i \in X, y_i \in Y \quad \text{--- (2)}$$

$\mu_R(x_i, y_i) \geq 0$ 인 원소 쌍 (x_i, y_i) 에 대하여 유향실선과 관계의 정도 $\mu_R(x_i, y_i)$ 를 그래프 Table.1과 같이 행렬로 표현한 것이다.

Table 1 Fuzzy matrix

	x_1	x_2	x_3
x_1	1	0	0.2
x_2	0.3	1	0
x_3	0.5	0.4	0

2.1.3 이산화 및 비퍼지화

입출력집합은 측정결과와 제어대상의 사양으로부터 결정된다. 입출력 변수는 연속신호 또는 이산 신호이며 processing을 할 경우에는 연속 대집합을 이산 대집합으로 이산화 하여야한다. 입·출력변수의 언어값의 이산화에 대하여 생각

하면 경험적 연속 퍼지값을 이산화하는 것은 연속 퍼지 집합을 이산의 퍼지집합으로 변환하는 과정이며. 퍼지집합 A 는 $\int_{x \in X} \frac{(x, \mu_A(A))}{x}$ 로 표현되므로 퍼지집합 A 의 이산화는 대집합 X 와 $\mu_A(x) \in [0, 1]$ 의 이산화를 필요로 한다. $\mu_A \in [0, 1]$ 를 이산화하는 방법에는 선형이산화 방법, 비선형 이산화방법과 두가지 혼합한 방법이 있다.

입출력공간의 퍼지분할은 입출력변수들의 언어값을 결정하는 것으로 퍼지규칙의 작성과 밀접한 관계가 있다.

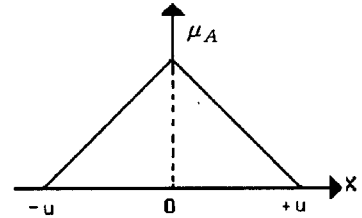


Fig. 1 Shape of function

퍼지분할문제는 언어변수의 term-set에 있는 primary fuzzy subset의 수를 결정하는것과 같고 primary fuzzy subset들은 개인이 학습을 통한 경험과 직관으로 나열한다. 이는 Fig. 2의 NB, PB, ..., 등과 같이 개인에 따라 달라지는 입력값이다. 이 소속함수의 모양은 여러 가지의 형태를 생각할 수 있으나 단조증가형, 삼각형, 종형이 많이 사용된다. 그러나 대부분이 Fig. 1과 같은 형태를 많이 사용한다. 퍼지입력공간에 있는 term-set의 cardinality는 구성할 수 있는 퍼지제어규칙의 최대수를 결정한다. 만일 cardinality가 모두 5이면 최대제어규칙의 수는 5×5 이다.

프로세서의 입력은 보통의 수치값이어야 하므로 근사추론 퍼지값을 보통의 수치값 u 로 변환할 필요가 있다. 퍼지값을 비퍼지값으로 변환하

는 것을 비퍼지화라한다. 퍼지제어규칙이 N 개이고 주어진 수치적인 입력값에 대하여 i -번째 규칙의 적합도가 $w, i=1, 2, \dots, N$ 이며 i -번째 규칙만에 의한 추론결과가 $A_i', i=1, 2, \dots, N$ 라고하면, 전체규칙에 의한 추론결과 u 의 퍼지값이고 $\mu_{A'}(u)$ 가 Fig. 1과 같은 경우에 무게중심 A'

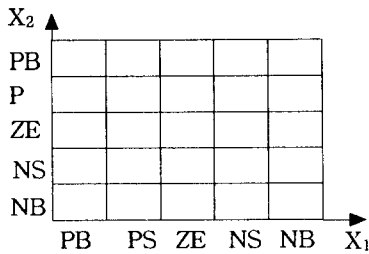


Fig. 2 Primary fuzzy subset

법과 같은 방법이 많이 사용된다. 대집합 U를 N개로 이산하였을 경우 A'의 비퍼지값 u*는 식-(1)과 같이 정의된다.

$$u^* = A' = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_{A'}(u_j) \cdot u_j}{\sum_{j=1}^N \mu_{A'}(u_j)} \quad \text{-----}(2)$$

개개의 퍼지규칙에 의한 근사추론 결과를 무게중심법으로 비퍼지화한 후 전체 규칙에 의한 비퍼지화된 추론결과 u*는 식-(2)와 같다.

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i^* w_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (w_i : \text{weight}) \quad \text{----}(3)$$

3. 원리도화표⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾

원리도화표는 리사이클 설계에 필요한 분해성에 대한 기술수단의 평가검토와 함께 축적된 정보를 구사하여 분해성에 유효한 리사이클 대책에서 효과가 있는 요소 기술을 추출하기 쉬운 형으로 표시하고 요점을 정리 한 것이다.

원리도화법을 사용한 평가 법에서는 우측상부의 기호가 조립품의 분해성을 나타낸다는 것을 의미하고 있다. 표의 수치는 조립품을 분해하는 공수, 실시상의 문제등을 실점(失點)으로 나타낸다. 이는 정성적인 요소를 정량적인 수치로 나타낸 것으로 Table. 2에서 보는바와 같이 왼쪽은 점수가 낮아질수록 이윤이 낮아지는 것을 나타내고 오른쪽은 분해 및 조립의 난이도가 높아지는 것을 나타낸다.

실점이란 분해 및 조립과정에서 전체 점수에서 마이너스되는 점수로서 이의 기준은 위쪽에서

부터 RP(Repeat)의 No.를 정하고 있다. No.가 높을수록 분해성의 난이도가 높아진다. 또 같은 No.라도 횡축에 표시된 항목이 발생하면 실점을 가산해야 하는 방법이다.

4. 평가식

분해성 평가식은 앞서 설명한 원리도화표와 퍼지이론을 도입해 관계를 유도하여 최종적으로 식-(3)과 같은 DFDA-I (Design For Disassembly Assessment)식이 되었다. 이 식은 본 연구에서 원하는 평가를 이루어내는데 그 목적이 있다. 여기에서 공정은 분해 및 조립이 이루어지는 동안의 총 작업 단계이고 공수는 이 공정이 이루어지는 동안의 모든 동작의 수를 의미한다. 여기에 Look up table을 만들어 퍼지수를 이용해 가중치를 구한 것을 적용한다.

DFDA-I :

$$\sum [(\frac{\text{공수}}{\text{공정}} + \frac{\text{실점}}{\text{공정}} \times (\frac{u^* \times w_i}{w_i}))] \quad \text{--}(4)$$




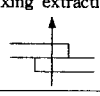
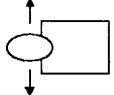
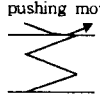
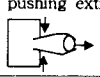



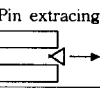

이는 실제 실험하는 동안 실험자가 동작을 살펴 공통적으로 이루어지는 작업을 평균적으로 학습한 결과로 나타낸다. 그러므로 모 회사의 어떤 제품일지라도 실험자의 현장학습과 경험적 지식을 데이터베이스화하면 이는 언제든지 분해성 평가를 이루는데 있어서 용이하게 접근할 수가 있는 것이다.

분해성 평가식의 최종 u*값을 계산하는데 있어 max-min방식을 많이 사용하는데 이는 큰값과 작은값을 삼각형 그래프에서 찾은후 최종 작은값을 선택해 출력에 적용시키는 방법이다.

5. 고찰

본 연구는 차량용 에어크리너를 직접 분해 및 조립을 실시하여 각 사에 대한 시간을 측정하여 이를 평가해 보았다. Table 3은 각사의 분해시간 데이터이다. 이는 보통정수이기 때문에 이를 퍼지수를 변환시켜야 한다. 이 데이터를 각사에 대해 최대값으로 나누어 퍼지값으로 변환시키면 Table 4와 같다.

Table 2 The symbolic chart method

RP No.		Element of base						Addition works
		A	B	C	D	E	F	
		basic negative point	conveyance, movement	need of rotating motion	settling the axle	need of 0.9kg by the hands	need of expert	
1	Downward extracting 	0	-5	-5	-5	-5	-5	Use tool with hands -5
2	Upward extracting 	-5	-5	-5	-5	-5	-5	Unvisual case -15
3	Sideward extracting 	-5	-5	-5	-5	-5	-5	Need of safe protection -20
4	Fixing extracting 	-5	-5	-5	-5	-10	-5	Need of separation removal -20
5	Check opening 	-5	-10	-5	-5	-10	-5	With special tool -5
6	Spring pushing movement 	-10	-10	-5	-10	-10	-5	Need of vibration, environment case -15
7	Spring pushing extracting 	-10	-10	-5	-10	-10	-5	Need of energy cost -20
8	Turning separation 	-15	-10	-5	-10	-10	-5	Take a working time -10
9	Turning extracting 	-20	-15	-10	-10	-5	-5	Special processing of ruined component -20
10	Drawing 	-20	-10	-15	-15	-5	-5	Need of washing and special management -20
11	Pin extracting 	-25	-10	-15	-20	-5	-5	etc.. -5~-20
12	Stationary fit 	-30	-15	-15	-20	-5	-5	

이제 primary fuzzy subset를 나열하여 그 관계를 알아보면 다음 Table 4와 같다. 여기에서 입력은 시간(E)과 공수(ΔE)로 주어진다. 횡축의 시

간 Term은 Table. 3에 근거한 퍼지수 입력이며 종축의 공수는 각사 에어크리너를 실제 분해하는 동안의 총 공수를 의미한다.

Table 3 Nonfuzzy number

	Time of disassembly and assembly					
A	50	36	36	70	100	75
B	310	332	362	160	175	198
C	75	95	115	150	200	140

Table 4 Fuzzy number

	Time of disassembly and assembly					
A	0.13	0.09	0.09	0.19	0.28	0.21
B	0.86	0.92	1	0.44	0.48	0.27
C	0.21	0.26	0.32	0.41	0.55	0.39

Table 5안에 있는 문자는 입력에 대한 추론이며 이제 이를 이용해 삼각형 퍼지함수를 구현해 최종적인 u^* 값을 계산한다. 안의 문자는 숙련자의 언어를 문자화 시킨 것이다. 즉 VG-very good, G-good, N-normal, B-bad, VB-very bad 와 같이 나타냈다.

Table. 5 Prmary Fuzzy Subset

ΔE	E	ZE (t=0)	G (t=0.3)	N (t=0.6)	B (t=1)
ZE (0)			B	VB	
G (10)		G	N	B	VB
N (20)		VG	G	N	B
B (30)			VG	G	

Fig. 3은 A사, B사, C사의 실제 공정을 나타내며 이 과정에서의 공수를 계산했다. 이제 이값을 이용해 최종 분해 평가식인 식-(4)의 DFDA - I 을 구한다. 계산식에서 실점은 원리도화표를 이용해 각 과정에서 이루어지는 공정에 따른 결과값이다. 이 과정에서 부가작업에 해당되는 사항

은 공수에 포함시켰다.

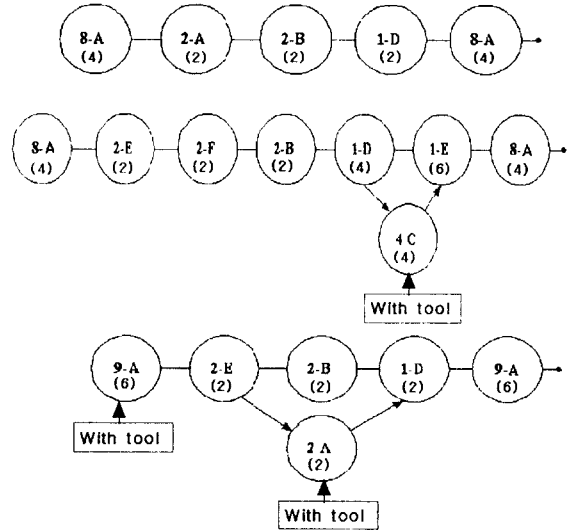


Fig. 3 Sequence Porcessing

Fig. 4는 삼각형 퍼지함수를 구현한 것으로 입력값을 적용시킨 것이다. 첫 번째 입력은 시간을 나타내고 두 번째 입력은 공수를 나타낸다. 이제

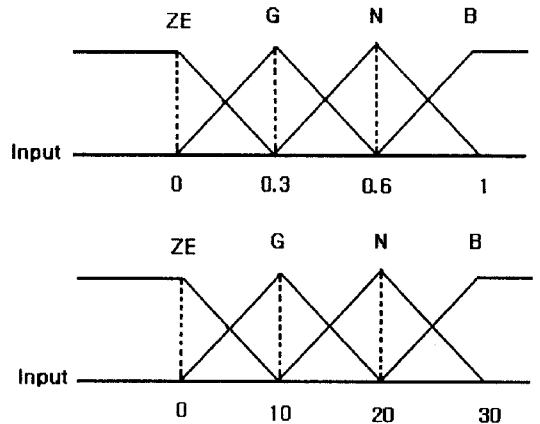


Fig. 4 Input data

출력값을 알기위해 두 개의 입력값에서 각 3사의 6회분의 시간에 대해 공수를 각각 찾아보고 최종 평균값을 찾아 비퍼지수 u^* 값과 가중치를 계산한다. 계산은 max-min 값을 이용하는 것으로 그래프상에서 큰값과 작은값을 찾아 그중 작

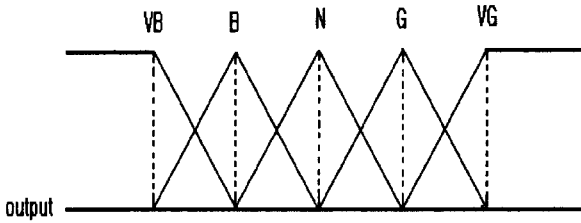


Fig. 5 Output data

은값을 이용해 삼각비례법을 적용시키면 된다.

Table 6은 각사에 대한 최종적인 결론값을 나타낸다.

Table 6 Result

	A	B	C
u^*	0.44	0.1	0.26
Processing	5	7	6
Work times	14	28	18
Total minus value	355	815	615
DFDA-I	30.04	15.64	29.65
Evaluation	Good	Bad	Normal

6. 결론

본 연구에서는 차량용 에어크리너의 분해성평가를 퍼지이론을 도입해 Table. 5에서 보는 바와 같이 평가한 결과 B사의 경우가 가장 분해성평가가 안좋은 것으로 나타났다. DFDA-I 식은 이 값이 작을수록 분해성은 좋지 않음을 평가한다. B사는 A사의 경우보다 약 48.95%개선해야함을 보였고 C사는 A사의 경우보다 3.23%의 개선해야함을 나타냈다.

그러므로 이 모든 것을 종합적으로 분석한결과 B사의 제품을 개선하여 시간과 경제성을 고려해야 할 필요가 있음을 보여준다.

본 연구는 기존의 분해성평가의 애매모호성을 고려한 것으로 좀더 정확하고 정량적인 방법을 모색한 결과로써 연구되어졌다.

추후에 이를 좀더 개선하고 연구하면 에어크리너 제품뿐만 아니라 여러 제품간에서도 평가가 손쉽게 이루어질 뿐만 아니라 그 결과 재설계과정에 있어 방향을 제시할수 있으리라 본다.

7. 참고문헌

1. Peter Dewhurst "Design for Disassembly the basis for efficient service and recycling" University of Rhode Island, Dept. of Industrial and Manufacturing Engineering, Report No.63.
2. Wei Li, Chuck Zhang and Samuel Awoniyi " Design for Disassembly Analysis for Environmentally Conscious Desing and Manufactu- ring", Med-Vol.2-2/MH-Vol, ASME 1995.
3. Ishii, "Material Selection Issues in Design for Recyclability", Proc. of the Second International Ecobalance Conference, 1996. 9.
4. 오광현, 오길록 "퍼지이론 및 응용 I II", 홍릉 과학출판사.
5. 채석, 오영석 "퍼지이론과 제어", 청문각.
6. 中村茂弘, "リサイクル容易化製品開発", 日本ビジネスレポート 株式會社.
7. 中村茂弘, 리사이클 대책의 설계방법, 기계설계 기술, 1995
8. 진정선, 김하수, 강희용, 양성모, "기어장치의 신뢰수명을 고려한 분해 및 조립용이성 평가", 공작기계학회, 1998. 11
9. 진정선, 김하수, 강희용, 양성모, " 원리도화법을 이용한 기어장치의 분해 및 조립용이성 평가", 호남기계학회, 1998. 10