

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 29 卷 第 4 號 1992 年 11 月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 29, No.4, November 1992

## Fuzzy 모델을 이용한 초기선형 생성

김수영\*, 이연승\*\*

Preliminary Hull Form Generation Using Fuzzy Model

by

Kim, Soo-Young\* and Lee, Yeon-Seung\*\*

### 요 약

초기 선형 생성을 위한 B-spline form-parameter 방법의 개선을 위해 Form-parameter 간의 관계를 실적선 데이터 분석으로 Fuzzy 모델링하고, Fuzzy 추론을 통해 Form-parameter 값들을 도출했다.

Fuzzy 모델의 유용성 확인을 위해 Fuzzy 모델에 의해 도출된 선형을 실제의 모델 선형과 비교했다.

### Abstract

To improve the B-spline form-parameter method being used in preliminary hull form generation, this research considers fuzzy modeling of the relationships among form-parameters based on the actual ship data analysis.

Form-parameter values are determined through fuzzy inference.

To verify the validity of the proposed fuzzy model the hull forms of actual ships are compared with hull forms generated by fuzzy model.

---

발 표 : 1992년도 대한조선학회 춘계연구발표회('92. 4. 18.)

접수일자: 1992년 5월 19일, 재접수일자: 1992년 8월 10일

\* 정회원, 부산대학교 조선공학과

\*\* 학생회원, 부산대학교 조선공학과

1. 서 론

초기 선형 생성을 위한 B-spline Form-parameter 방법[2, 5, 12]은 선형(Hull form)표현에 있어서, 충분한 연속성이 보장되고 국부적 변형이 용이하며 직선 표현이 가능한 장점 등을 가지나 경험 축적이 적은 설계자에게는 Form-parameter 값 결정이 어렵고 소요시간이 많다는 단점이 있다. 이와같이 설계자에게 부담을 주는 단점은 크게 다음과 같은 원인들에 의해 야기된다.

- 결정해 주어야할 Form-parameter의 수가 너무 많다.
- 곡선 생성에서 각 Form-parameter 간의 관계가 복잡하여 Form-parameter 간의 영향을 뚜렷이 밝히기 어렵다.
- 각 Form-parameter가 형성에 미치는 기하학적 영향에 대한 인식이 학습 및 경험으로 요구된다.

따라서 본 연구에서는 B-spline Form-parameter 방법에서 야기되는 Form-parameter 초기값 결정의 어려움을 극복하기 위하여, Form-parameter들의 비선형적인 관계를 Fuzzy 이론의 도입으로 파악하고, 그 영향도를 분석하여 각 Form-parameter들의 Fuzzy 모델을 구축했다.

Fuzzy 이론에 의하면, 복잡한 비선형 시스템과 같이 내부 구조를 알기 어려운 경우나 또는 인간의 감각이 중요한 요소로되는 시스템에 대하여 입·출력 데이터만으로도 그러한 시스템의 모델링이 가능하다[3, 4]. 본 연구에서는 Fig.1에서와 같이 B-spline Form-parameter 방법에 필요한 기본곡선들을 Fuzzy 모델링 하고, 종래  $C_p$ 와  $C_w$  값으로 표현되던 선형의 형상특징을 자연언어로 분할한 뒤, Fuzzy 추론을 통하여 Form-parameter 값들을 결정해 낸다.

이때 Form-parameter의 일부는 주요치수와 Fuzzy 언어변수  $C_p, C_w$ 에 의해, 경험식으로 계산되므로 Fuzzy한 값을 갖게 된다. 그러나 궁극적으로 우리가 필요로하는 Form-parameter 값은 전산 처리에 적합한 디지털화된 값이므로 비퍼지화 과정을 필요로하게 된다. 이렇게 결정된 Form-parameter 값을 이용하여 기본곡선을 생성하고 이들로부터 초기 선형을 도출한다.

2. B-spline Form-parameter 방법

B-spline Form-parameter방법[2, 5, 6, 12]은 선형의 특성을 규정하는 선형 계수들의 결합에 의해서 선체 형상을 수학적으로 표현하는 것으로, 서로 다른 선형들의 물리적 성질 비교나 선박의 기본계산등(예를들면 배수량 계산 등)에 이용된다. 이 방법은 곡선의 높은 연속성이 보장되고 선체형상의 Fair한 곡선표현이 가능할 뿐 아니라 곡선의 차수와 정점(Vertex) 수가 설계자에 의해 임의로 선정될 수 있어, 여러가지 방법으로 곡선의 국지적 변형이 가능하다. 본 연구에서는 선형의 표현에 정점수 7인 3차 Open uniform B-spline 곡선을 사용했다.

Fig.1은 결정된 Form-parameter 값으로부터 선형을 생성하는 과정을 보여주고 있으며, Fig.2는 B-spline Form-parameter 방법으로 선형을 생성하는데

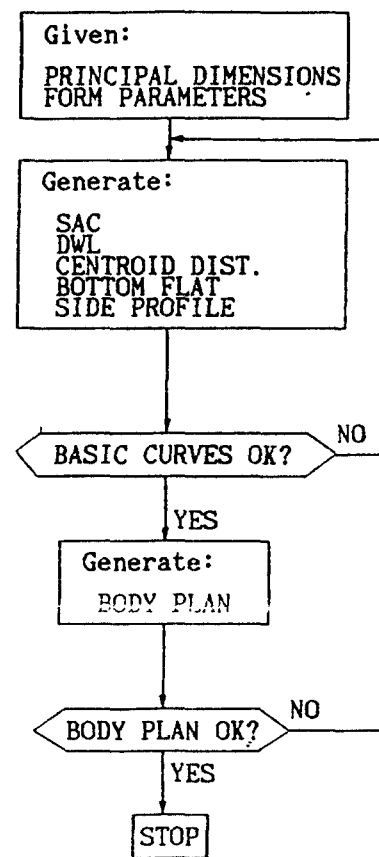


Fig.1 The process of preliminary hull form generation by means of B-spline form-parameter method

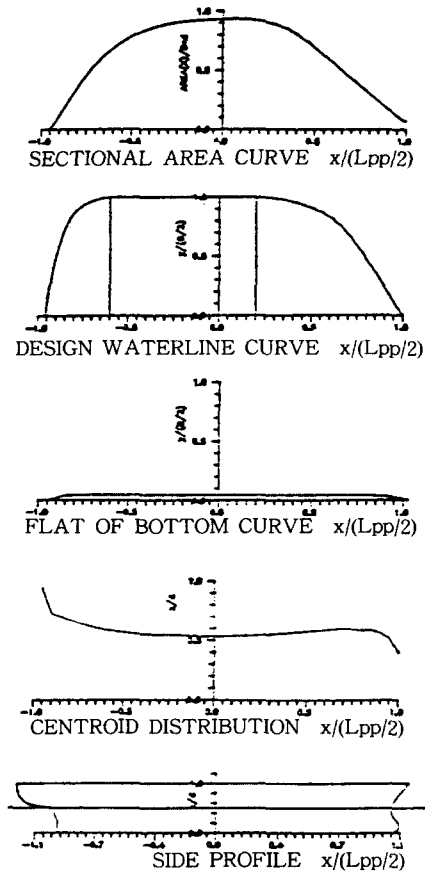


Fig.2 Basic curves for preliminary hull form generation

필요한 기본곡선들을 나타내고 있다.

그 과정을 단계별로 살펴보면, 먼저 주요치수 및 Form-parameter에 의해 Basic curves가 그려진다. 이때 만족할만한 Basic curves가 작성(설계자의 경험으로 판단)되면 이를 이용하여 Body plan을 생성하게 되는데, 그렇지 않을 경우는 Computer interactive 작업에 의해 반복 수정한다.

### 3. Fuzzy 이론 및 Fuzzy 추론법

Fuzzy 이론은 우리가 사용하는 언어와 개념 등에서 보여지는 애매성을 정량적으로 나타내기 위한 것으로, Fuzzy Set[3, 4, 8, 9], Fuzzy Logic[8, 9], Fuzzy Measure[7, 8, 9]를 핵심으로 하는 이론 체계이다.

일반적인 집합(Crisp Set)에서는 언제나 확실한

경계를 설정해 주어야 하지만, Fuzzy 집합은 분리하기 곤란한 개념이나 경계에 소속정도를 나타내는 Membership 함수( $\mu(x)$ )를 도입함으로써 일반적인 집합(Crisp Set)의 경계를 모호하게 하여 나타낸다.

이와같은 Fuzzy 이론의 사고방식을 추론에 이용하면 더욱 고도의 지식처리 시스템을 개발할 수 있다.

본문에서 사용될 몇가지 용어를 정의한다.

• Fuzzy명제(Fuzzy proposition): 명제란 참, 거짓이 분명한 문장으로 「x는 A」라는 형태로 기술되며 Fuzzy 명제는 x의 술어인 A가 Fuzzy 집합  $\underline{A}$ 로 표현되는 것이다. 이때 Fuzzy 집합  $\underline{A}$ 가 Small, Big 등의 술어로 표현되면 이를 Fuzzy언어변수라고도 한다.

• Fuzzy 함의(Fuzzy implication): 함의(Implication)란 논리 결합자 ( $\rightarrow$ )를 사용하여 「P $\rightarrow$ Q」라는 형태로 기술되는 것으로, P가 참이고 Q가 거짓이면 그 문장은 거짓이 된다. 이때 각각의 명제 P와 Q가 Fuzzy 명제로 기술된 것을 Fuzzy함의라 하며 if(x is  $\underline{A}$ ) then(y is  $\underline{B}$ )의 형식으로 표현된다.

• 전건부(Antecedent): 함의의 전반 조건부를 말하며 Fuzzy함의 if이하에서 「x is  $\underline{A}$ 」를 말한다.

• 후건부(Consequent): 함의의 후반 조건부를 말하며 Fuzzy함의 then이하에서 「y is  $\underline{B}$ 」를 말한다.

따라서 함의는 if(전건부), then(후건부)의 형태로 기술된다.

• 전제(Premise): 추론을 위한 모델 입력을 말한다.

• 결론(Conclusion): 전제에 의해 추론된 모델 출력을 말한다.

전문가 시스템에서의 일반적 추론은 지식을 '만일 A 이면 B이다'와 같은 규칙의 형식으로 기술하고, 사실 A에서 규칙의 성립여부를 단지 참(0)과 거짓(1)의 이진 논리로 표현함으로써 결론 B를 도출한다.

그러나 사실이 전제로, 규칙이 Fuzzy함의로 대응되는 Fuzzy 추론에서는 전제의  $\underline{A}$ 가 Fuzzy함의의 전건부  $\underline{A}$ 와 일치하지 않을 경우에도 그 관련정도만큼의 근사추론(Approximate reasoning)이 가능하다.

이러한 Fuzzy 추론과정을 연역법으로 도식화하면

다음과 같다.

전제:  $x$  is  $A'$   
 Fuzzy 함의: if  $x$  is  $A$  then  $y$  is  $B$   
 결론:  $y$  is  $B'$

즉, Fuzzy 언어변수를 사용한 전제(Premise)와 함의(Implication)가 주어졌을 때, 추론복합규칙(Compositional Rule of Fuzzy Inference)인 Sup-Min 연산, Sup-Product 연산, Sup-Bounded Product 연산, Sup-Drastic Product 연산등을 이용하여, 인간의 사고에 더욱 가까워진 새로운 결론을 도출할 수 있게 된다[7, 8].

이러한 Fuzzy 추론법은 전제변수의 형태, 규칙의 형태, 결론부 도출 방법 등에 따라 여러가지로 분류할 수 있으나, 본 연구에서는 전건부에서 Fuzzy한 영역 및 Crisp한 영역을 동시에 고려함으로써 모델입력에 대한 선형식의 계산만으로도 비선형 구조의 추론이 가능한 Tagagi와 Sugeno의 방법[3, 4, 8, 9, 15]을 이용한다.

이 방법에서 이용되는 Fuzzy함의 전건부는 Fig. 3과 같이 Fuzzy 명제가 되고 후건부는 선형식(線形式)이 되며 전제변수는 Fig.4와 같이 Crisp한 영역( $\mu(x)=1$ )과 Fuzzy한 영역( $\mu(x) < 1$ )을 공유하는 사다리꼴형으로 표시된다.

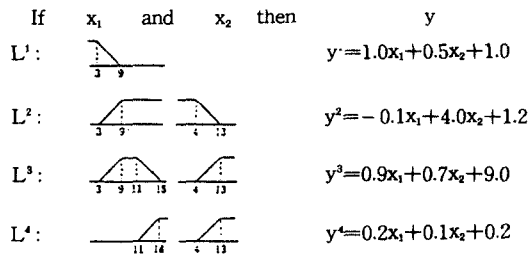


Fig.3 An example of fuzzy model

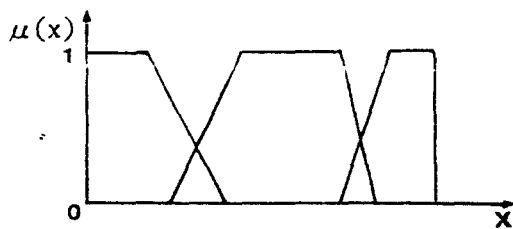


Fig.4 The fuzzy sets of trapezoidal type

일반적인 경우 Fuzzy 추론의 규칙은

$$L^i: \text{if } x_1 \text{ is } A_1^i, x_2 \text{ is } A_2^i, \dots, x_m \text{ is } A_m^i$$

$$\text{then } y^i = C_0^i + C_1^i x_1 + C_2^i x_2 + \dots + C_n^i x_n$$

와 같다. 여기서

$x_j$ : 입력  $A_j^i$ :  $x_j$ 에서의 Fuzzy 집합

$y^i$ : 출력  $C_j^i$ : 후건부 파라메타

이다.

모델은 다입력·1출력이며 각각의 Rule에 의해 출력이 복수개일 경우는  $y_1^i, y_2^i$  등의 변수를 이용한다. Fuzzy 모델로부터의 출력  $y$ 는 가중평균법을 이용하여

$$y = \frac{\sum \omega^i y^i}{\sum \omega^i}$$

와 같이 구하며, 이때 전제로 Fuzzy 언어변수  $x_j^i$ 가 입력되면, Fuzzy 함의  $L^i$ 에 대한 적합도  $\omega^i$ 는

$$\omega^i = \prod_j \max [A_j^i \cap x_j^i]$$

와 같이 결정된다. 즉  $i$ 번째 Fuzzy함의 적합도  $\omega^i$ 는 모델입력  $x_j^i$ 가 Fuzzy 집합  $A_j^i$ 에 성립되는 정도의 최대치를 곱한 값이 된다.

이러한 Fuzzy 모델의 Fuzzy함의는 입력 공간을 Fuzzy 분할하여 각 Fuzzy 부분 공간에서의 선형 입출력 관계를 나타낸다. Fig.3과 같은 2변수, 4가지

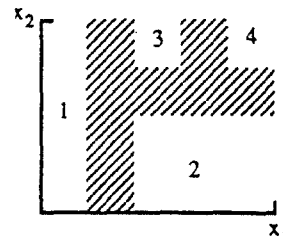


Fig.5 Fuzzy subspaces for fuzzy rules of fuzzy model of Fig.3

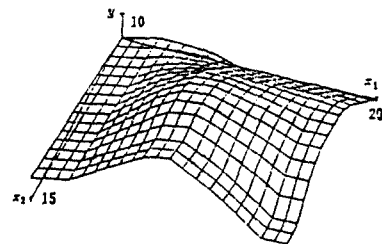


Fig.6 Input-output relation by 4 rules

규칙에 대한 입력 공간의 Fuzzy 분할은 Fig.5와 같고, 그 입출력 관계는 Fig.6과 같이 도시된다. 입력값은, Fig.3 전건부 변수의 비선형 구간을 포함하는  $0 < x_1 < 20, 0 < x_2 < 15$ 이고,  $y$ 는  $x_1, x_2$ 의 각 입력에 대한 Fuzzy 모델의 출력값이다.

4. 기본 곡선의 Fuzzy 모델

Fuzzy 모델을 이용하여 기본곡선의 Form-parameter 들을 도출하기 위해서는 각 Form-parameter 들의 상관관계를 구하는 모델인식(Model Identification)이 필요하다. Fuzzy모델의 인식은 크게 전건부 인식과 후건부 인식으로 나누며 전건부 및 후건부도 각각 구조인식과 파라메타 인식을 필요로 한다.

후건부 구조인식이란 어느변수가 후건부에 관계하고 있는가를 찾는 것으로 변수 감소법을 이용하며, 후건부 파라메타 인식이란 후건부 선형식의 계수를 구하는 것으로 최소자승법을 이용한다.

또 전건부 구조인식이란 변수공간의 Fuzzy분할을 찾는 것이며, 전건부 파라메타란 Fuzzy집합의 멤버쉽 함수를 특정짓는 파라메타를 가리키는 것으로 출력오차의 평방합을 최소화하거나 중상관계수(cd)를 최대로 하는 것을 목적함수로 하여 비선형계획법으로 인식한다 [14, 15].

본 연구에서는 Fuzzy 모델 인식을 위한 데이터로 건조된 경험이 있는 실적선의 입출력 데이터를 이용했다.

Fig.7은 본 연구에서 사용한 모델인식의 알고리즘을 보여주고 있다.

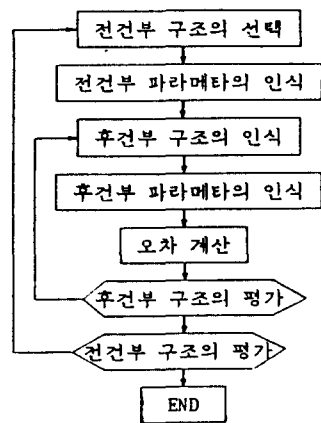


Fig.7 Algorithm for model identification

예를들어 SAC Fuzzy Modeling의 경우, 모델의 작성에 필요한 입출력 데이터로는 실적선 및 실적선 데이터를 체계적으로 변환[11]시킨 선형의 무차원화된 데이터를 이용했고, 선수(Entrance)와 선미(Run)를 분할 모델링하였다. 따라서 SAC의 도출에 필요한 Form-parameter의 수와 종류는 Fig.8에서와 같다.(총 24개)

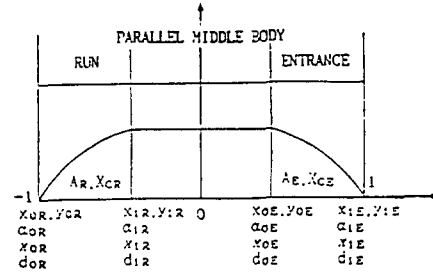


Fig.8 Form-parameter sets of SAC

$X_{CR}$ (선미부 도심) 모델은 모델인식을 통해 선미부 길이( $X_{OR}$ )와 선미부 면적( $A_R$ )으로 전건부 변수가 결정되고, 분할 형태는 Fig.9와 같다.

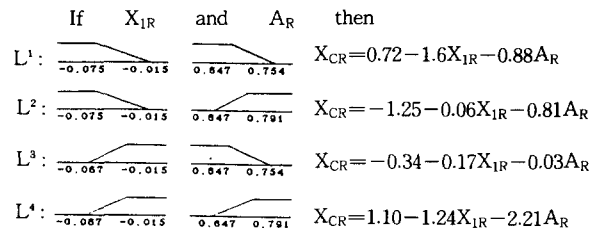


Fig.9 The fuzzy model for  $X_{CR}$  of SAC

또 각도나 곡률, 접선 벡터와 같은 미분형 파라메타는  $X_{CR}$ 모델로부터 Fuzzy 추론된  $X_{CR}$  값을 다시 후건부 변수에 이용하는 3변수 후건부 구조로 결정되었다. Fig.10은 이러한 구조를 갖는 시작점 각도  $\alpha_{OR}$ 의 모델을 보여주고 있다.

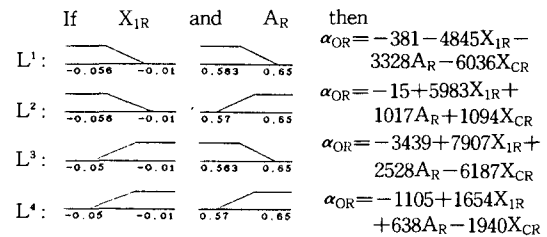


Fig.10 The fuzzy model for  $\alpha_{OR}$  of SAC

모델의 수를 감소시키기 위해 SAC 선미부 모델의 경우, 시작점(AP 면적)을 (-1, 0)로 두어  $X_{OR}$ ,  $Y_{OR}$  을 고정시키고 또 선미부 끝점의 각도  $\alpha_{1R}=0$ , 중앙 평행부 시작점  $Y_{1R}=1$ 로 가정한다. 따라서 필요한 모델의 수는 6개로 되며, 선수부의 경우는 구상선수부의 FP점 단면적비인  $C_{ABT}(Y_{1R})$ 도 전건부 변수가 되어 전건부 구조는 3차원으로 Fuzzy 분할된다.

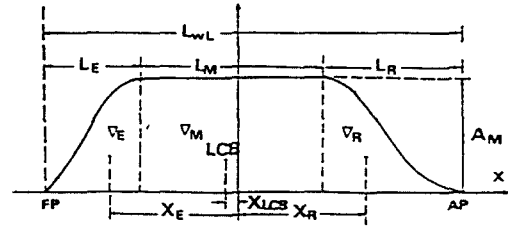


Fig.12 Definition for sectional area curve

5. 모델 입력값 결정과 Fuzzy추론

앞에서 결정된 모델들을 이용하면 모델 입력만으로 각 곡선에 필요한 나머지 Form-parameter들을 추론할 수 있다. 그러나 실제로 모델입력 변수는 인식이 어려운 Form-parameter들로 구성되어 있어, 입력 수치를 설계자가 직접 결정해 주어야 할 경우, 모델을 이용하면서도 많은 경험이나 시간이 요구된다.

본 연구에서는 모델 입력값들의 계산을 위해서  $C_p$ 를 분할하여 Fig.11과 같이 Fuzzy 언어변수로 나타낸 후, 이들  $C_p$ 로 표현된 경험식[10, 13]을 이용한다. 이때 모델 입력값은 Fuzzy 연산으로 구해진

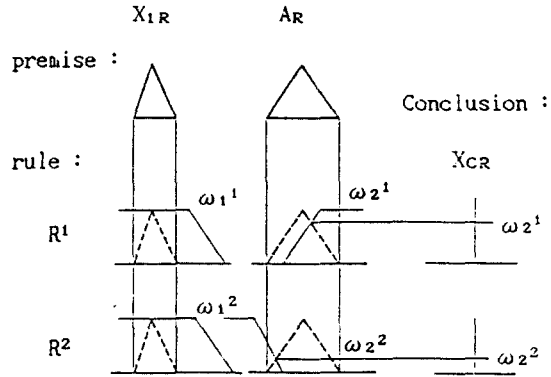


Fig.13 Fuzzy inference for decision of form-parameter value  $X_{CR}$

Table 1 Empirical formulae for calculation of premise input of SAC

중앙 평행부 길이와 배수량	
$C_{PO}=C_p, C_{PM}=0$ for $(0 \leq C_p \leq 0.6)$	
$C_{PO}=1.375C_p - 0.625^2C_p$ for $(0.6 < C_p \leq 1.0)$	
$\Rightarrow \frac{L_O}{L_{WL}} = \frac{1-C_p}{-C_{PO}}, \frac{L_M}{L_M} = 1 - \frac{L_O}{L_{WL}}$	
Volume ( $C_{PE}(=A_E), C_{PR}(=A_R)$ )	
$C_{PE}=0.96C_{PO}$ for $(0 \leq C_{PO} \leq 0.6)$	
$C_{PR}=1.03C_{PO}$	
$C_{PE}=0.2745C_{PO} + 1.1425C_{PO}^2$	
$C_{PR}=1.5455C_{PO} + 1.1425C_{PO}^2$ for $(0.6 < C_{PO} < 0.75)$	
선수, 선미 길이( $L_E(=X_{IE}), L_R(=X_{OR})$ )	
$\frac{L_E}{L_O} = \frac{1-C_{PR}/C_{PO}}{C_{PE}/C_p - C_{PR}/C_{PO}}$ for $(C_{PE} \neq C_{PR})$	
$L_E=L_R=L_O/2$ for $(C_{PE}=C_{PR})$	
Bulbous Bow의 FP 면적( $Y_{C1R}$ )	
$C_{ABT}=A_{BT}/A_M=0.1$ for $(0.56 \leq C_b \leq 0.6)$	

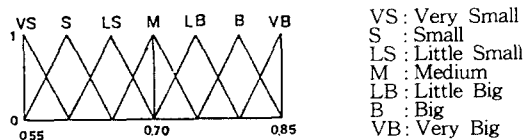


Fig.11 The fuzzy set of  $C_p$

다. Table 1은  $C_p$  값을 이용하여 SAC의 모델 입력값을 계산하는데 필요한 경험식[13]을 나타내며, Fig. 12는 경험식에 사용되는 변수들의 기하학적 역할을 보여주고 있다.

Fig.13은 Form-parameter( $X_{CR}$ ) 값을 결정하기 위한 Fuzzy 추론과정을 나타낸다.

전체 및 함의의 전건부가 모두 Fuzzy 명제이므로 이때 적합도는 Sup-Min 합성으로 결정하고, 결론부 최종 출력값과 전제부 입력값의 디지털화된 형태를 얻기 위하여 무게 중심법으로 비퍼지화시킨다.[1, 7] 즉,  $R^1$ 의  $\sup(\omega_1^1 \Delta \omega_2^1)$ 인  $\omega_2^1$ 가 각각의 적합도로 결정되며 결론부 최종출력으로

$$X_{CR} = \frac{\omega_1^1 X_{CR}^1 + \omega_2^2 X_{CR}^2}{\omega_1^1 + \omega_2^2}$$

이 결정된다.

나머지 것들에 대해서도 같이하여 Form-parameter 들을 결정한다.

6. 초기 선형 도출

Fuzzy 모델 및 Fuzzy 추론을 통해 결정된 Form-parameter 들을 이용하여, 실제 초기선형을 도출하는 과정은 Fig.14와 같다.

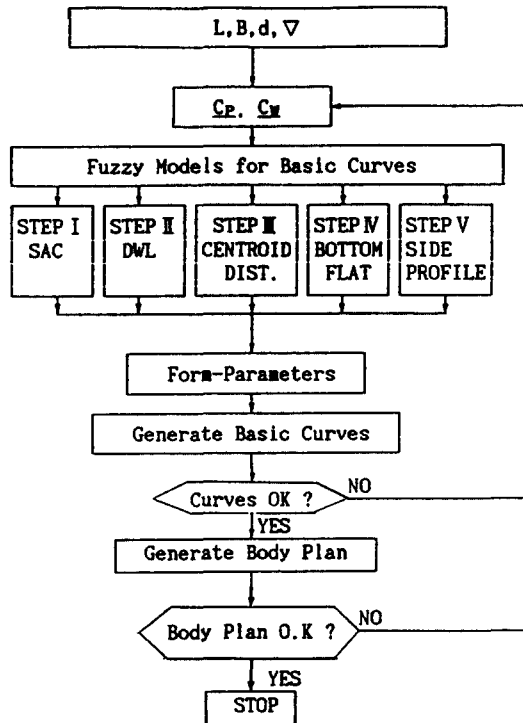


Fig.14 The process of preliminary hull form generation by fuzzy model and fuzzy inference

기본설계과정에서 기본수치 및 각 계수들이 결정되면, Fuzzy 언어변수로 표현된  $C_p, C_w$ 가 각각의 모델에 입력된다. 본 논문에서 인식된 총 Fuzzy 모델의 수는 64개이며, 이로부터 각각의 Form-parameter 값들이 추론된다. 이후의 과정은 Fig.1과 동일하다.

Table 2는 Fuzzy 모델의 검증에 의해, 추론에 의해 결정된 SAC와 DWL의 Form-parameter 값을 실제선(SSPA 720)과 비교하고 있다. Model의 검증을 위한 것이므로 모델입력 즉 전제가 동일하게 주어졌고, 이로부터 추론된 Form-parameter 값들이 비교되었다.

Fig.15, Fig.17은 본 연구방법에 의해 얻어진 Form-parameter 들로부터 결정된 기본곡선이며,

Table 2 The inferred value of form-parameters of SAC & DWL

form parameter	SAC		DWL	
	SSPA	초기 선형	SSPA	초기 선형
$A_R^*$	0.69379	0.69379	0.52221	0.52221
$X_{CR}$	-0.3736	-0.3887	-0.5842	-0.5863
$\alpha_{OR}$	44.64	91.6496	70.53	80.5325
$\alpha_{IR}^\circ$	0.75	0.0	0.71	0.0
$K_{OR}$	-2.0	-2.0	-0.0002	-0.0002
$K_{IR}$	0.0	0.0	0.0	0.0
$d_{OR}$	0.0408	0.0408	0.083	0.1630
$d_{IR}$	0.1006	0.2006	0.0515	0.0515
$X_{OR}^\circ$	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
$X_{IR}^*$	0.0	0.0	-0.3	-1.3
$Y_{OR}^\circ$	0.013	0.0	0.164	0.164
$Y_{IR}^\circ$	1.0	1.0	1.0	1.00
$A_E^*$	0.67202	0.67202	0.47105	0.47105
$X_{CE}$	0.363	0.3654	0.51750	0.5145
$\alpha_{OE}^\circ$	1.13	1.1293	0.05	0.0009
$\alpha_{IE}$	30.2	-30.2020	60.68	-45.6830
$K_{OE}$	0.0	0.0	0.0	0.0
$K_{IE}$	-0.02	-0.0160	-0.06	-0.0638
$d_{OE}$	0.1236	0.3036	0.0445	0.0505
$d_{IE}$	0.0569	0.0639	0.0593	0.0593
$X_{OE}^*$	0.0	0.0	0.25	0.25
$X_{IE}^\circ$	1.0	1.0	1.0	1.0
$Y_{OE}^\circ$	1.0	1.0	1.0	1.0
$Y_{IE}^*$	0.0	0.0	0.0	0.0

\* PARAMETER USED IN PREMISE

° FIXD PARAMETER

Fig.16, Fig.18은 이들 기본곡선들로부터 도출된 정면 선도를 보여주고 있다.

7. 결 론

지금까지의 내용으로부터 다음의 결론을 얻었다.

1. 실제선 데이터 분석을 이용한 모델인식으로 Form-parameter 값 결정에 적합한 Fuzzy 모델링이 가능하다.
2. Fuzzy 모델을 이용한 Fuzzy 추론은 선형 생성을 위한 Form-parameter 값들을 도출할 수 있게 한다.
3. 설계조건으로 주요치수 및 배수량이 지정되면 Fuzzy 모델과 Fuzzy 추론에 의해 설계조건을 만족시키는 선형생성이 가능하다.

- Preliminary hull form  
 $L=90.0\text{m}$ ,  $B=15.2\text{m}$ ,  $d=6.0\text{m}$ ,  $C_b=0.732$ ,  $C_p=\text{MEDIUM}$

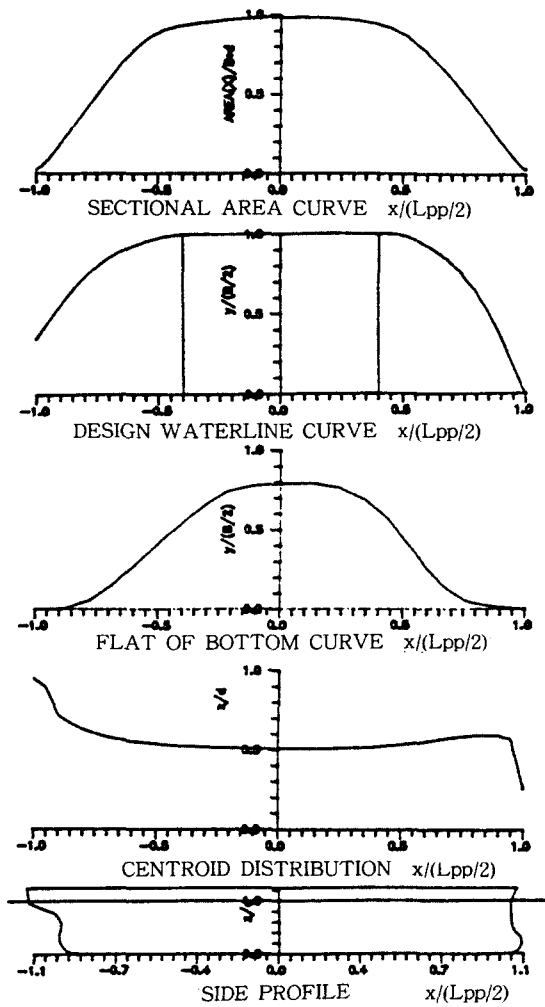


Fig.15 Basic curves determined by fuzzy models

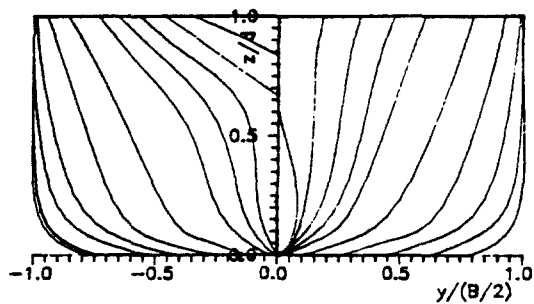


Fig.16 Body plan of new ship generated by fuzzy models

- Preliminary hull form  
 $L=225.2\text{m}$ ,  $B=32.2\text{m}$ ,  $d=10.8\text{m}$ ,  $C_b=0.65$ ,  $C_p=\text{SMALL}$

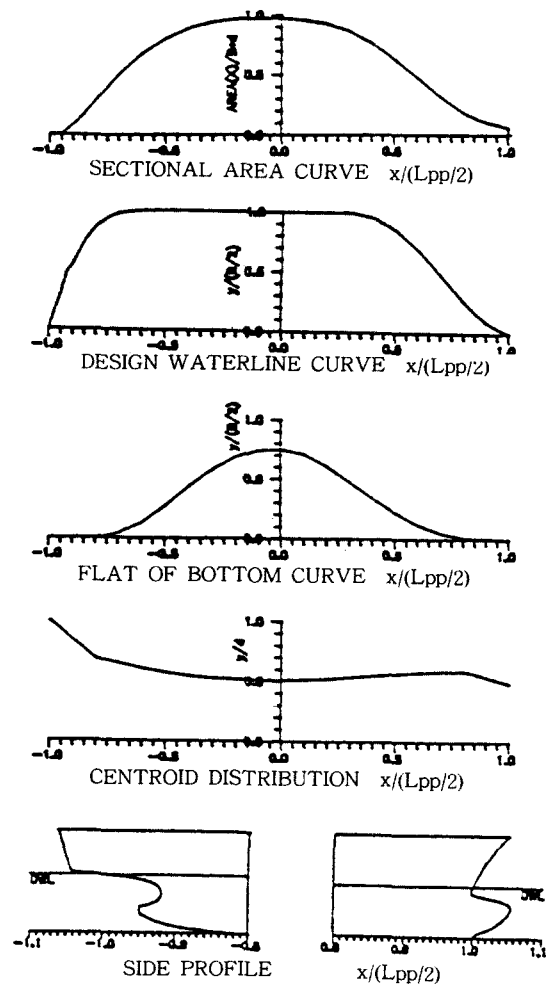


Fig.17 Basic curves determined by fuzzy models

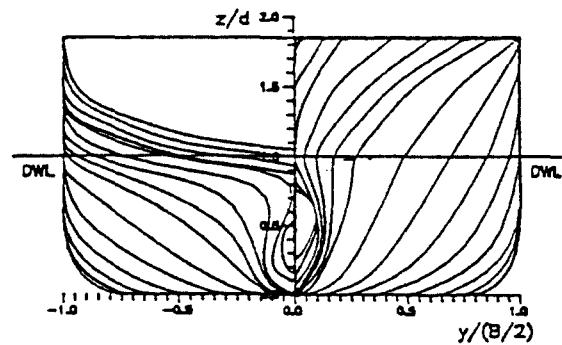


Fig.18 Body plan of new ship generated by fuzzy models



## 참 고 문 헌

- [1] 박재섭, "Fuzzy 이론을 이용한 선형 설계에 관한 연구", 공학 석사학위 논문, 부산대학교, 1992.
- [2] 강사원, 김수영, "B-spline form-parameter 방법에 의한 선형 생성", 대한 조선 학회 Proceeding, November, 1990.
- [3] 강근택, 권태하, "반도체 소자의 퍼지 모델", 대한 전자 공학회 논문집, 제26권, 12호, 1989.
- [4] Sugeno M. and Kang G.T., "Fuzzy Modeling and Control of Multilayer Incinerator", Fuzzy Sets and Systems, vol.18, 1988.
- [5] Creutz, G., "Curve and Surface Design from Form parameters by means of B-splines"(In German), Doctoral Thesis, University of Berlin, 1977.
- [6] Rogers D.F., Adams, J.A., "Mathematical Elements for Computer Graphics", 2nd Ed., McGraw-Hill Pub, 1990.
- [7] Dubois, D.D., Prade H., "Fuzzy Sets and Systems : Theory and Application", Academic Press, New York, 1980.
- [8] 이광형, 오길록, "Fuzzy 이론 및 응용, I 권: 이론, II 권: 응용", 홍릉 과학 출판사, 1990. 1991.
- [9] Sugeno저, 박민용, 최항식 역, "Fuzzy 제어 시스템", 대영사, 1989.
- [10] Reed A.M., Nowacki H., "Interactive Creation of Fair Ship Lines", Journal of Ship Research, Vol.18, pp.96-112, 1974.
- [11] Lackenby H., "On the Systematic Geometrical Variation of Ship Forms", Transactions INA, Vol.92, pp.289-316, 1950.
- [12] 김수영, "B-spline surface 방법에 의한 선체곡면 기법연구", 해사기술연구소 연구보고서, 1991.
- [13] Thieme H., "Uber Grundlagen fur den mathematischen Linienri eines Frachtschiffes", Schiffstechnik, BD. 3, 1955/56.
- [14] Sugeno M. and Kang G.T., "Structure Identification of Fuzzy Model", Fuzzy Sets and Systems Vol.28, pp.15-33, 1988.
- [15] Takagi T. and Sugeno M., "Fuzzy Implication of Systems and Its Applications to Modeling and Control", IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, Vol.smc-15, No.1, pp.116-132, 1985.