

# 퍼지추론에 의한 선박운항의 만족도 분석 연구

† 백 미선 · 박 근홍\* · 양 혜정\*\* · 성 유창\*\*\*

† 한국해양연구원, \*,\*\* 목포해양대학교 대학원 해양안전시스템공학전공  
 \*\*\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부

**요 약** : 우리 나라에서 해상 교통 및 선박의 통항 안전성의 평가를 위하여, 선박조종시뮬레이터 실험을 통해 얻어진 선박운동의 데이터와 조종자의 의견을 반영하여 검토하고 있는 것이 일반적인 수행 방법이다. 세부적인 기법으로는 선박의 해상시설물에 대한 접근도, 선체의 제어도 그리고 선박 조종자의 평가를 들 수 있다. 이 중에서 해양시설물에 대한 선박의 접근 및 선박의 제어도와 관련된 부분은 통계적으로 계산되어 그 기준이 명확한 측면이 있으나, 조종자의 의견에 의한 평가는 상대적으로 기준이 모호한 면이 있고 또한 조종자의 평가와 선박의 제어도와 관계에 대한 연구도 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 선박의 제어도와 조종자의 평가를 각각 기술적 운항만족도와 심리적 운항만족도로 정의하고, 그 관계를 알아 보기 위하여 퍼지 추론을 실시하였다. 이로부터 기술적 운항만족도와 심리적 운항만족도의 상관 관계를 정리하고, 그 관계가 높을수록 관련 평가의 신뢰성은 높을 것으로 생각하였다.

**핵심용어** : 선박조종시뮬레이터 실험, 기술적운항만족도, 심리적운항만족도, 퍼지추론

2012 춘계학술발표대회  
 2012. 6.21 ~ 2012. 6.23

**퍼지추론에 의한 선박운항의 만족도 분석 연구**  
*The Relation of Technical Satisfaction of Operation and Psychological Satisfaction of Operation by Fuzzy Inference*

2012. 6.

○ 백미선 한국해양연구원  
 박근홍 목포해양대학교 대학원  
 양혜정 목포해양대학교 대학원  
 성유창 목포해양대학교 해상운송시스템학부

### 1. 연구의 흐름

- 1 연구의 배경, 목적
- 2 기술적운항만족도와 심리적운항만족도
  - 기술적 운항만족도 : 여유공간량, 표류량
  - 심리적 운항만족도 : 선박조종자의 의견
- 3 퍼지추론 시스템
  - 입력치 퍼지화 (fuzzification)
  - 퍼지규칙의 전진부역 의한 퍼지인ference 적용
  - Implication, 출력 전산
  - 실 출력 퍼지 규칙의 후진부 역합
  - defuzzification
- 4 기술적운항만족도와 심리적운항만족도의 관계
- 5 향후 연구

### 1. 연구 배경

- ❖ 해상교통 및 선박의 통항안전성 분석을 위해 선박조종시뮬레이터를 이용.
- ❖ 평가 방법에는 선박조종의 제어도/난이도 분석 및 조종자의견 수렴이 있음.
- ❖ 선박조종의 제어도/난이도와 선박조종자의견 사이의 관계는 ?

본인 경험에서 얻은 경험 및 선박의 통항 안전성 분석을 위하여 선박조종시뮬레이터 실험을 통해 얻어진 선박운동 데이터와 조종자의 의견을 반영하여 검토하고 있는 것이 일반적인 수행 방법이다. 세부적인 기법으로는 선박의 해상시설물에 대한 접근도, 선체의 제어도 그리고 선박 조종자의 평가를 들 수 있다. 이 중에서 해양시설물에 대한 선박의 접근 및 선박의 제어도와 관련된 부분은 통계적으로 계산되어 그 기준이 명확한 측면이 있으나, 조종자의 의견에 의한 평가는 상대적으로 기준이 모호한 면이 있고 또한 조종자의 평가와 선박의 제어도와 관계에 대한 연구도 부족한 실정이다.

### 1. 연구의 목적

선박의 제어도와 조종자의 평가를 각각 기술적 운항만족도와 심리적 운항만족도로 정의한 후, 기술적 운항만족도를 기술하기 위하여 퍼지 추론을 실시.

기술적 운항만족도와 심리적 운항만족도간의 관계를 정리하고, 그 관계가 높을수록 관련 평가의 신뢰성은 높을 것으로 가정.

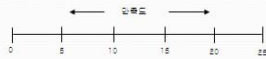
- ✓ 선박조종시뮬레이터의 실험 결과의 평가
- ✓ 퍼지추론을 이용한 기술적운항만족도에 대한 기술
- ✓ 기술적 운항만족도와 심리적 운항만족도에 대한 정의와 관계분석

기술적 운항만족도 : 조종자의 운항성과에 대한 선체운동적 만족도  
 심리적 운항만족도 : 조종자의 운항성과에 대한 심리적인 만족도

† 교신저자 학생회원 : [yo5212@naver.com](mailto:yo5212@naver.com) \*\*\*.\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \* 학생회원 : [parkkh@mmu.ac.kr](mailto:parkkh@mmu.ac.kr)  
 \*\* 학생회원 : [hjyang@mmu.ac.kr](mailto:hjyang@mmu.ac.kr), \*\*\* 중신회원 : [smileseong@mmu.ac.kr](mailto:smileseong@mmu.ac.kr) 061) 240-7180

## 2. 기술적,심리적인 운항만족도의 정의

### •심리적 운항만족도:



시뮬레이터 실험에서 조종자의 운항기술에 대한 심리적인 만족도  
대표적인 것으로 선박 조종자의 주관적 평가 등을 들 수 있음.

### •기술적 운항만족도:

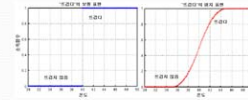
시뮬레이터 실험에서 조종자의 운항기술에 대한 선체운동적인 만족도  
대표적인 것으로 선박의 **여유제어량**, **표류량**, **조타기사용량**, **추진기 효율성** 등을 들 수 있음.

기술적운항만족도를 정량적인 수치로 표현 가능?

## 3. 퍼지집합과 추론 (기술적운항만족도를 표현하기 위한)

### • 정의 : 퍼지 집합(fuzzy set)

• 전체 집합에 포함된 하나의 원소  $x$ 가 퍼지 집합  $A$ 의 멤버인 경우에 구간  $[0,1]$ 에 포함되는 실수 값으로의 사상인 소속함수가 정의 될 수 있으며, 이때 퍼지 집합은 다음과 같다.



일반집합(우)과 퍼지집합(좌)의 비교

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X, \mu_A(x) \in [0, 1]\}$$

### • 퍼지 집합의 표현 방법

• 전체 집합  $X$ 가 이산형이고 유한할 경우

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}$$

• 전체 집합  $X$ 가 연속형이고 무한할 경우

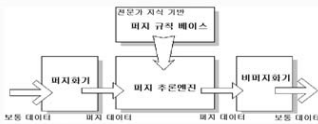
$$A = \int \frac{\mu_A(x)}{x}$$

분류의 방법은 나열법이 아니고, 함수의 표현을 사용하는 방법. - 기술은 집합이 아니고 함수적인 표현이며, 집합이므로 표현이 이루어질 때 집합의 나열과 연속함수의 표현이 가능한 표현 방법

## 3. 퍼지추론시스템

### • 퍼지 추론

퍼지 추론에서는 크게 퍼지화(Fuzzifier), FRB(Fuzzy Rule Base)를 포함한 퍼지 추론, 그리고 비퍼지화(Defuzzifier)로 구성



- ① 입력의 퍼지화 (fuzzification)
- ② 퍼지규칙의 전건부에 의한 퍼지연산자 적용
- ③ Implication, 함의 연산자
- ④ 모든 퍼지 규칙의 후건부 집합
- ⑤ defuzzification

## 3. 추론 규칙

### • 퍼지 명제: 예제들이 포함된 언어적 명제(linguistic proposition)

①  $x \in X, A$ 가  $X$ 의 퍼지 집합일 때 퍼지 명제:  $P = "x \text{ is } A"$

② 퍼지 조건 명제  
 $P \rightarrow Q$  = if P then Q  
 = if "x is A" then "y is B"  
 =  $(X, y)$  is  $R_{P \rightarrow Q}$

$R_{P \rightarrow Q}$ : 조건 명제  $P \rightarrow Q$ 에 대한  $X \times Y$ 의 퍼지 관계

$P$ : 전건부(antecedent portion)     $Q$ : 후건부(consequent portion)

<기술적운항만족도를 구성하는 변수간의 추론 규칙>

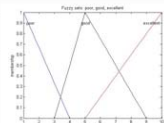
$R^1$ : If 여유제어도 is poor or 표류량 is so many influenced then 기술적운항만족도 is not satisfied

$R^2$ : If 여유제어도 is good then 기술적운항만족도 is average.

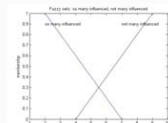
$R^3$ : If 여유제어도 is excellent or 표류량 is not many influenced then 기술적운항만족도 is satisfied

## 4. 퍼지규칙하에서의 추론

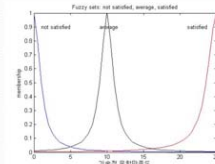
### ① 추론규칙하에서의 멤버십함수의 표현 - 삼각함수 및 종형함수로 소속정함을 표현



퍼지 집합 (여유제어도)



퍼지 집합 (표류량)

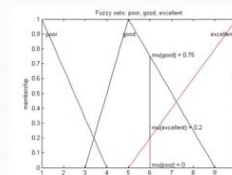


퍼지 집합의 표현 (기술적운항만족도)

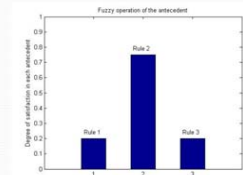
## 4. 퍼지규칙하에서의 추론

### ② 퍼지화 및 연산자의 적용 - 입력변수의 값을 퍼지값(멤버십함수 값)으로 변환 후, 규칙을 만족시키는 정도를 확인함.

예) 아래 그래프들은 여유제어도를 1~10의 값으로 정량화하고, 여유제어도가 6일 때 각 퍼지 집합에 속하는 정도와 이 때 규칙의 전건부를 만족시키는 정도를 표현한 것임.



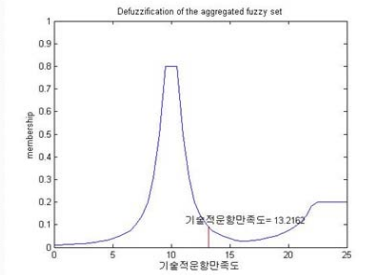
여유제어도가 6일 때 각 집합에 속하는 정도



여유제어도가 6일 때 규칙의 전건부를 만족시키는 정도

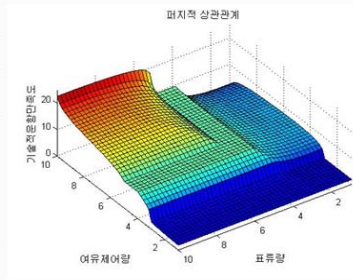
#### 4. 퍼지규칙하에서의 추론

㉔ 비퍼지화(defuzzification) - 하나의 출력값을 얻기 위한 비퍼지화 과정



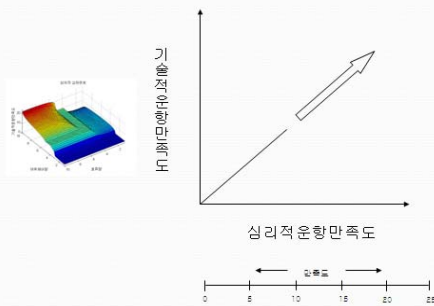
무계중심법을 이용한 비퍼지화 과정

#### 4. 퍼지규칙하에서의 추론



기술적응향만족도 산출에 있어서의 입력변수(여유제어량, 표류량)에 대한 추론 결과

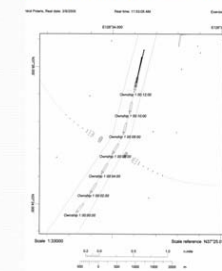
#### 4. 기술적응향만족도와 심리적응향만족도의 관계



#### 4-예시. 기술적응향만족도와 심리적응향만족도의 관계

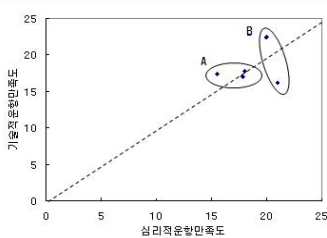
시나리오 조건 (제2연속교, 인천대교 통행 시나리오)

- 선박제원  
대상선박: 30만 DWT급 유조, 적재상태: Half-Loading Condition, 선박속력: 10 Knots
- 외곽조건  
바람: 315도, 26 Knots, 조류: 197도, 2.2 Knots, 파고: 1.5m



항목	제1연속교	제2연속교	제3연속교	제4연속교	제5연속교	제6연속교	제7연속교
제1연속교	기술적응향만족도	1.81	1.28	0.42	1.08	1.48	1.71
	심리적응향만족도	0.17	0.48	0.71	1.08	0.98	0.81
제2연속교	기술적응향만족도	10.85	16.07	18.42	13.18	10.74	11.88
	심리적응향만족도	3.51	3.42	0.81	3.18	2.48	3.81
제3연속교	기술적응향만족도	3.51	0.08	0.81	3.08	2.81	3.18
	심리적응향만족도	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
제4연속교	기술적응향만족도	18.71	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18
	심리적응향만족도	1.71	0.81	0.81	1.71	1.81	1.71
제5연속교	기술적응향만족도	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	심리적응향만족도	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08
제6연속교	기술적응향만족도	1.71	0.81	0.81	1.71	1.81	1.71
	심리적응향만족도	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
제7연속교	기술적응향만족도	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	심리적응향만족도	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

#### 4-예시. 기술적응향만족도와 심리적응향만족도의 관계



- A 그룹**  
 조종자 1(18.0, 17.8)  
 조종자 4(17.8, 17.0)  
 조종자 5(15.5, 17.4)
- B 그룹**  
 조종자 2(21.0, 16.2)  
 조종자 3(20.0, 22.5)

#### 결론

1. 퍼지추론 방법을 이용한 기술적응향만족도에 대한 기술이 가능하였음.
2. 선박조종의 제어도/난이도와 선박조종자의견 사이의 상관 관계를 분석
3. 향후 보다 다양한 조건하에서의 선박운항 시뮬레이터 실험이 필요함