

論文

해상교통정보시스템의 정보제공에 대한 구조분석

장운재* · 김종수**

* 목포해양대학교대학원, ** 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Analysis on Structure about Information assistance of VTS

Woon-Jae Jang* · Jong-Soo Keum**

* Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

** Division of Maritime transportation system, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요약 : 본 연구는 해상교통정보시스템의 정보제공에 대한 구조를 퍼지구조모델법을 이용하여 분석하였다. 일반적으로 퍼지구조모델법에서는 임계치와 파라메타의 선정의 어려움으로 인해 시스템의 전체적인 구조를 파악하기가 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 계층구조 그래프와 분할도를 이용하여 해상교통정보시스템의 정보제공에 대한 전체적인 구조를 분석할 수 있었다. 또한 몇가지의 예를 통해 모델의 해석과 실제 문제점을 제시하고 분석하였다.

핵심용어 : 정보제공, 해상교통정보시스템, 퍼지구조모델, 계층구조 그래프, 분할도

ABSTRACT : This paper aims to Analysis on Structure about Information assistance of VTS(vessel traffic service) using fuzzy structure model. Generally, fuzzy structure model is difficult to all structure of a system by difficulty of the choice of critical value and Parameter. In this paper, is able to analysis all structure about information assistance of VTS system by hierarchical structure graph and division graph. Also, this paper is analysis and show a practical problem with interpretation of a model through how some example again.

Key words : Information assistance, VTS(vessel traffic service), fuzzy structure model, hierarchical structure graph, division graph

1. 서론

최근 해상에서 안전을 확보하려는 방안으로 VTS의 설치가 적극적으로 검토되고 있다. 이것은 라디오, 무선통신장비, VTS등 해상교통정보시스템을 구성하는 여러 요소 중 VTS의 정보제공 역할에 대한 중요성이 높아지고 있는 것으로 볼 수 있다. 실제 항만이용자에 대한 VTS 정보서비스 제공실적을 살펴보면 2004년 80만8759건에서 2005년에는 98만818건으로 21.3% 증가함에 따라 2004년 대비 2005년 VTS 관제구역내의 해양사고가 33.3% 감소한 것으로 나타났다. 한편 이러한 VTS의 설치가 이루어지고 있는 반면에 VTS뿐만 아니라 해상교통정보시스템에 대한 시스템 분석과 설계에 대한 연구는 아직 미비하다. 또한 해상교통정보시스템을 구성하는 대상, 요소 및 범주는 무엇이며, 각 요소 간에는 어떠한 관계를 가지고 있는가? 등을 직관적으로 파악한다는 것은 어려운 문제이다. 따라서 정보시스템 자체가 인간의 판단에 의해 제공되어지는 시스템이기 때문에 시스템 구조의 파악으로 인해 보다 명확한 정보시스템이 구축 될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 인간의 인식과정을 과학적으로 분석하여 그래프화하여 나타내는 방법인 퍼지 구조모델을 이용하여 해상교통정보시스템의 시스템 구조

중 VTS의 정보제공 부분에 중점을 두고 구조분석을 하고자 한다.

일반적으로 인간의 의식구조를 계층구조화 하고, 그래프의 형태로 알기 쉽게 표현한 방법으로는 ISM (Interpretive Structural Modeling)법이 널리 알려져 있다(김의 2, 2001). 그러나 ISM법은 종속관계의 영향정도를 0또는 1로 표현해 그래프 함으로써 실제 종속관계의 영향정도가 [0,1]사이 값이 주어지는 경우에 분석에 어려움이 있었다. 따라서 보다 유연한 모델이 개발될 필요가 있는데 퍼지 구조모델이 제안되고 사용되고 있다. 이러한 퍼지 구조모델은 대상문제를 요소집합과 그 위에 정의된 퍼지 이항관계에 주목하고 유향그래프 등을 이용하여 해석하는 수법으로 대표적인 수법은 ISM법을 확장한 FSM(장의 2, 2005; 天笠, 1989; 椎塚, 尹藤 1992; 山下의 2), FISM/fuzzy(三田村외 2, 1999)가 있고, 인간의 의사결정 지원 등에 응용되어지고 있다. 한편, 퍼지 구조모델은 크게 구체화과정과 구조화과정으로 구성된다. 구체화과정은 요소간의 퍼지 이항관계를 퍼지관계 행렬로 하여 결정하는 것이고, 구조화 과정은 대상문제에 내재한 계층구조를 파악하는 것이다. 종래 퍼지 이항관계를 이용한 구조모델의 문제점중 하나는 구조화과정에 있어서 그래프표사에 의한 분석을 들 수 있다. 구조화과정에서는 생성되어진 퍼지 이항관계 행렬처럼 임계치 또는 파라메타 등을 이용해 계층성과 상호관련성을 추출하여 구조화하고, 그래프화하여 가시화함으로써 문제영역의 구조를

* 중신회원, jwj98@mmu.ac.kr 061)240-7151

** 중신회원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

파악하는 것이 가능하게 된다. 그러나 이때

최적 임계치 또는 파라메타의 동정이 문제가 된다. 또 일정 임계치에 있어 구조화 그래프로부터 대상 시스템의 전체적인 계층구조를 파악하는 것이 곤란하다. 이러한 문제에 주목하여 三田村의 2(2000)은 ‘추이성과 반사성을 가진 퍼지 관계행렬에 있어 퍼지 가도달(Fuzzy Reachability Matrix)행렬의 구조화수법’을 제안하였다. 따라서 본 연구에서도 三田村의 2(2000)이 제안한 모델을 이용하여 해상교통정보시스템 정보제공에 대한 구조를 분석하고자 한다.

1. 구체화 과정
퍼지 가도달행렬 M의 결정
2. 구조화과정
 - (1) 퍼지그래프에 의한 묘사
 - (2) 레벨행렬 a를 이용한 묘사
 - (a) 임계치 M_a 의 결정
 - (b) 레벨행렬 M_a 의 생성
 - (3) 그래프 묘사

2. 이론적 배경

2.1 퍼지 구조모델의 기호와 정의

본 논문에서 사용하는 주요한 기호와 정의는 다음과 같다(三田村의 2, 2000).

- $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$: 요소집합, $J = V \times V$ 로 한다.
- $R = \{(i, j) \mid i, j \in V\} \subseteq J$: V상의 반사적 및 추이적 퍼지 이항관계(퍼지의 순서관계 또는 퍼지 전순서관계).
- 퍼지행렬: 퍼지행렬은 퍼지의 순서관계 R로 귀속도를 나타낸 수치를 요소로 한 행렬이다. 행렬 A의 (i, j) 요소를 a_{ij} 라고 쓴다. 단, $0 \leq a_{ij} \leq 1$ 이다. 또는

$$A(i, j) = [a_{ij}]$$

- 퍼지행렬 a치 a_{ij}, a_{im} 에 대해 다음의 확산을 정의한다.

$$a_{ij}a_{im} = \min(a_{ij}, a_{im})$$

$$a_{ij} + a_{im} = \max(a_{ij}, a_{im})$$

- 퍼지행렬 A, B에 대해 다음의 확산을 정의한다.

$$(A + B)_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$$

$$(AB)_{ij} = \max_k a_{ik}b_{kj}$$

정의 2.1(퍼지 가도달행렬)

퍼지 가도달행렬은 이하의 조건을 만족하는 정방 퍼지행렬 M이다. 단 I는 단위행렬을 나타낸다.

$$M + I = M, M^2 = M$$

2.2 퍼지 구조모델링의 구조화법

퍼지 구조모델은 구체화과정과 구조화과정으로 구성되어 있어 시행착오에 의해 문제를 해석한다(三田村의 2, 2000).

퍼지 구조모델은 요소집합상의 퍼지 이항관계를 일대비교행렬로 작성하여 이용자에게 결정된 것으로 구조모델을 생성 및 해석하는 것이다. 구체화 과정은 대상문제의 요소집합을 결정하고, 요소집합에 대한 집합상의 퍼지 순서관계 R을 퍼지 가도달행렬 M으로 결정하기 때문에 Fuzzy ISM, FISM/fuzzy 등에 의한 방법이 제안되고 있다. 퍼지 ISM에서 이용자는 요소집합상의 전체 퍼지 이항관계를 관계행렬로 하여 입력하고, 관계행렬의 추이적 폐포(transitive closure)를 취함에 의해 퍼지 가도달행렬을 결정한다. 한편 FISM/fuzzy에서는 대화형으로 퍼지 이항관계를 입력하고, 퍼지 가도달행렬을 결정한다.

퍼지 구조모델의 구조화 과정에 있어서는 대상문제의 요소를 정점, 요소간의 관계를 경로(호)로 하여 요소 간에 존재하는 계층성과 상호관계성 등을 추출하고 그래프로 표현하는 것은 대상문제를 파악하는데 있어서 중요하다. 대상문제의 계층성으로는 임의의 두 정점 사이에서 한방향으로 경로가 존재할 때 상호관련성을 유지한다고 말한다.

퍼지 구조모델에서는 이러한 계층성과 상호 관련성을 파악하는 것이 중요하고, 대상문제의 분석이 가능하게 된다.

퍼지의 순서관계 R을 유향그래프로 표현한 경우에는 아래의 2가지의 방법에 의해 그래프화 한다.

- 1) 퍼지 그래프에 의한 묘사

전체 요소집합 V와 그 퍼지관계를 나타내고, 호에 퍼지치를 기입하여 묘사한다.

- 2) 레벨행렬 M_a 를 이용한 묘사

임계치 a를 결정하고, 퍼지 가도달행렬 M을 이치화하고 레벨행렬 M_a 를 생성한다.

$$M_a = [m_{aij}]$$

$$m_{aij} = \begin{cases} 1 & : m_{ij} \geq a \\ 0 & : m_{ij} < a \end{cases}$$

$$0 < a \leq 1$$

이 후 레벨행렬 M_a 를 이용해 그래프화하고, 추출한 결과를 계층구조로 나타낸다.

2.3 구조화과정

구조화과정은 계층성 추출과정, 상호관련성 추출과정 및 묘사과정으로 나눌 수 있다.

1) 계층성 추출과정

계층성 추출과정은 아래의 5 단계로 된다.

- ① 동치류 R_E 의 결정
- ② 계층관계 R_H 의 결정
- ③ 피복관계 R_c 의 결정
- ④ 연결관계의 분할 결정
- ⑤ 레벨분할

[1단계]

퍼지 가도달행렬 M처럼 V의 동치류를 결정한다. 관계 R_E 을 식(1)과 같이 정의 한다.

$${}_xR_Ey, \text{ iff } \exists x, y \text{ such that } m_{xy} = 1 \wedge m_{yx} = 1 \text{ for } x, y \in V \quad (1)$$

이하의 정리처럼 분명하게 V/R_E 는 R_E 의 아래에서의 동치류이다.

정리 2.1 ${}_xR_Ey$ 가 성립될 때, 임의의 요소 z에 대해 이하의 조건이 성립한다.

$$m_{zx} = m_{yz}, m_{yz} = m_{zy}$$

[2단계]

이하의 규칙에 따라 동치류 V/R_E 의 집합 $\{U_1, U_2, \dots, U_L\}$ 상의 계층관계 R_H 를 식(2)와 같이 정의한다.

$$U_i R_H U_j, \text{ iff } \exists x, y \text{ such that } m_{xy} > m_{yx} \text{ for } x \in U_i,$$

단, $L_i = \{U_j \in V/E - L_0 - L_1 - \dots - L_{i-1}; U_i R_c U_k \text{ 되고 } U_k \in V/E - L_0 - L_1 - \dots - L_{i-1} \text{이 존재하지 않는다}\}$

특히, $\#3(D) = \{L_1^i; L_2^i; \dots; L_i^i\}$ 는 #3의 D_i 로 제한하고, L_j^i 는 I 파트의 j 레벨이다. 따라서 계층의 분석에 의한 그래프는 전체의 계층성을 추출한 것이라 할 수 있다.

2) 상호관련성 추출과정

요소간의 상호관련성을 나타내는 관계 R_s 를 추출한다. 관계를 나타내는 퍼지행렬을 S라고 하면, S를 식(5)와 같이 정의할 수 있다.

$$S = [s_{ij}] \quad i, j \in V \quad s_{ij} = m_{ij}m_{ji} \quad (5)$$

정리 2.3 관계 R_s 는 반사성, 대칭성, 추이성을 가진 유의

$$y \in U_j \quad (2)$$

정리 2.2 $(V/R_E)/R_H$ 는 반 순서관계(비반사성, 추이성, 역대칭성)이다.

[3단계]

동치류의 집합 $\{U_1, U_2, \dots, U_L\}$ 상에 정의되어진 계층관계는 정리 2.2처럼 역순서 관계이다. 따라서 간소하게 표현하기 위해 피복관계 R_c 에 의해 나타낸다. 3단계는 $\{U_1, U_2, \dots, U_L\}$ 상의 피복(被覆)관계를 식(3)과 같이 정의 할 수 있다.

$$U_i R_c U_j, \text{ iff } \exists x, y \text{ such that } {}_xR_c y \text{ for } x \in U_i, y \in U_j, U_i \neq U_j \quad (3)$$

피복관계 ${}_xR_c y$ 는 ${}_xR_c z \wedge {}_zR_c y$ 되고 z가 존재하지 않는 것을 말한다. 피복관계를 구하는 것은 그래프에서 추이적으로 장황한 부분을 제거하는 것이다. 계층관계는 피복관계에 반사적 관계를 추가한 추이적폐포를 취함으로써 알 수 있다.

[4 단계]

연결부분으로 분할#2를 행한다.

$$\#2(V/R_E) = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$$

단 V/R_E 의 2개의 동치류 U_i 와 U_j 는, $U_i + U_j$ 일 때(연결할 때), #2의 동일 블록으로 포함된다. 여기서

$$U_i + U_j, \text{ iff } \exists x, y \text{ such that } {}_xR_H y \vee {}_yR_H x \text{ for } x \in U_i, y \in U_j, U_i \neq U_j \quad (4)$$

이다. #2의 결과 V/R_E 는 파트로 분할된다.

[5 단계]

$$\#3(S/E) = \{L_1, L_2, \dots, L_i\}$$

관계이다.

3) 묘사과정

묘사과정에서는 계층성 추출과정과 상호관련성 추출과정에서 얻어진 결과를 묘사한다. 계층성 추출과정에서 얻어진 결과는 그래프로 나타내고 상호관련성 추출과정에서 얻어진 결과는 분할도를 이용하여 나타낸다.

3. 해상교통정보시스템 현황 분석

3.1 해상교통정보시스템 정의 및 현황

해상교통정보시스템의 정의에 앞서 조선자 주위에는 해도 정보, 선내 계기정보, 조선자가 직접관측한 상대선의 정보 등 선박내부에서의 정보와 항로표지, VTS 등 선박외부에서의 정보 등 다양하다. 따라서 이러한 모든 것을 다루는 것은 범

위가 너무 광범위하므로 본 연구에서의 해상교통정보시스템은 [원활한 해상교통을 지원하기 위한 시스템]으로 VTS의 주이용자에게 정보를 제공하는 시스템]을 의미한다. 한편, 해상교통정보시스템의 실태를 파악하기 위해 본 연구에서는 부산항을 출·입항하는 내항선, 외항선의 각 항해사 이상(선장 및 파일럿 포함)을 180명을 대상으로 정보시스템 이용에 대해 설문조사 하였다. 먼저 정보환경에 대해서는 항행정보와 운항업무에 관한 정보로 분류하고 어떠한 기기에 의해 교신되고 있는가를 조사하였다. 그 결과 Fig. 1 ~ Fig. 2에서 보이는 바와 같이 내항선에서는 선박전화가 32%로 가장 높고 VHF가 28%로 VHF보다 선박전화의 이용비율이 높은 것으로 나타났다. 한편, Fig. 3 ~ Fig. 4에서 보이는 바와 같이 외항선에서는 VHF가 34%로 가장 높고, 선박전화가 14%로 이용하는 것으로 나타났다. 따라서 전체적으로는 항행관련정보의 이용에 있어서는 VHF가 약 36%를 점유하고 있고, 그 다음으로는 선박전화가 23% 인 것으로 나타나고 있다. 특히 세부항목에 있어서는 항행정보에서는 팩시밀리가 15%정도로 이용비율이 높고, 무선전화도 8%로 다른 항목에 비해 약간 높은 것으로 나타났으며, 타선항해 정보에 있어 AIS의 정보 이용이 35%로 높게 나타났다.

Fig. 3. Navigational Information of Ocean Vessel.

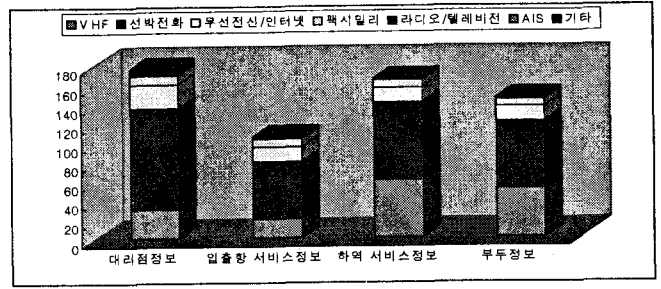


Fig. 4. Operational Information of Ocean Vessel.

한편, 부산항 입항 전/후의 교신의 시기에 대해서는 전반적으로는 입항 후에 교신이 감소하는 것으로 나타났다. 다만, 항만무선국과의 교신은 입항 후 증가하고, 선박이 부두에 도착 직전까지 ETA(도착예정시간)등의 입항관련 본선 스케줄 조정을 위한 통신은 증가하는 것으로 나타났다. 교신내용은 ETA등을 본선에서 대리점으로 연락하는 경우가 약 30%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 하역예정정보 15%와 부두정보 10% 등으로 연락하고 있는 것으로 나타났다.

조우선박에 대해서는 조우선박에 대한 실제 교신 여부에 대해 약 40% 정도만 교신을 하는 것으로 나타났다. 그러나 조우선박에 대한 교신의 필요성에 대해서는 약 62% 정도가 필요하다고 응답함으로써 조우선박과 교신을 잘 하지 않지만 교신의 필요성은 느끼고 있는 것으로 나타났다.

3.2 대상정보 요소

해상교통정보시스템의 대상정보의 요소에 대해 山村 (1988)은 대상이 되는 정보를 크게 6가지 정도로 분류하였다.

1) 자선을 중심으로 한 타선의 동정

선박의 위치, 선종/선형 등의 선박고유의 특성, 출·입항지, ETA, 파일럿 승선 유무, 위험물의 종류 등

2) 교통 환경정보

일반적인 선박의 폭주도, 거대선/위험물선 등의 통행예정, 어선/레저보트의 동정, 묘박선의 상황, 준설작업 및 해양구조물 공사 등의 상황, 해양사고 상황

3) 항로환경 정보

항로표지 정보, 선박 통행신호, 수로정보, 항행경보

4) 조선 지원 정보(조선자가 판단하는 것)

자선의 위치, 묘박위치 안내, 과거의 항행상태, 충돌/좌초/주묘/항로 이탈에 관한 정보

5) 자연환경

각종 기상/해역의 상황 및 태풍, 폭풍경보 예보, 수심/저질 등의 지상

6) 항행관리정보

지속/진로변경/추월금지/통행규제 등에 관한 규제, 지시

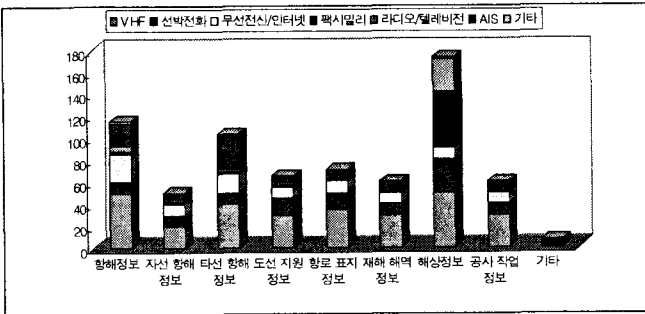


Fig. 1. Navigational Information of Ocean Vessel.

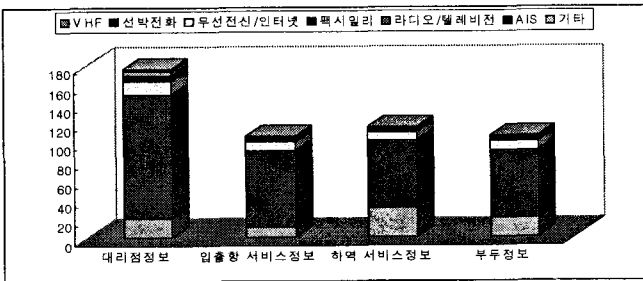
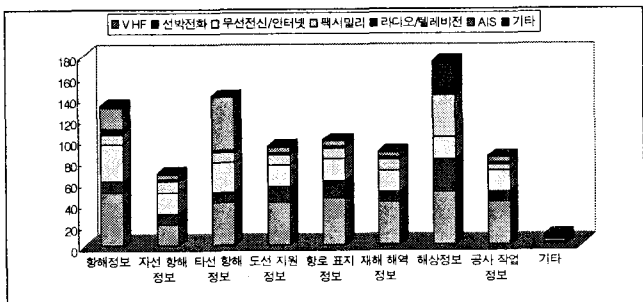


Fig. 2. Operational Information of Ocean Vessel.



그러나, 선박은 일반적으로 운항스케줄에 따르기 때문에 이러한 정보시스템은 항행정보 뿐만 아니라 운항 스케줄에 관한 정보도 함께 고려되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 운항에 관계되는 정보를 포함하여 Brainstorming법에 의해 해상교통 정보시스템의 구성요소 17개를 추출하였다.

4. 구조화 분석

4.1 대상정보의 구조화

대상정보의 구조화를 위해 추출된 17개의 항목에 대하여 V_i 는 V_j 보다 어느 정도 영향관계가 있는가를 설문대상자에게 판단하게 하고, 설문란에 퍼지치 $[0, 1]$ 로 기입하게 하였다. 설문의 대상자는 선박 운항자(항해사 이상, 선장), 대학(교수, 대학원생)그룹으로 하였으며, 총 50매 중 35매를 회수하였다. 또한 설문자료는 계산의 편의를 위해 각 요소에 대해 소수 둘째자리를 반올림한 수를 이용하였다. Table 1은 설문한 대상요소와 영향정도를 나타내고 있다.

Table 1. Factor of Marine Traffic Information System

요소	요소 내용	요소	요소 내용
v1	항행정보	v10	항해정보
v2	운항정보	v11	자선 항해정보
v3	대리점정보	v12	타선 항해정보
v4	입출항 서비스정보	v13	도선 지원정보
v5	하역 서비스정보	v14	항로 환경정보
v6	부두정보	v15	항행 관리정보
v7	교통 환경정보	v16	해상정보
v8	조선 지원정보	v17	공사/작업 환경정보
v9	항로정보		

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17
v1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v2	0.0	1.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v3	0.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v4	0.0	1.0	0.3	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v5	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v6	0.0	1.0	0.3	0.3	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v10	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v11	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v12	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v13	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3
v14	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3
v15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.5	0.5
v16	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.5
v17	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0

대상문제의 요소집합 V 가 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_{17}\}$ 로 결정되고 구체화 과정에 의해 퍼지 순서관계 행렬 M 이 주어졌다고 한다. 여기서 그 행렬 m 을 전장에서 제안한 방법처럼 계층구조화하고 동치류/ R_E 를 결정한다. 괄호에서 정리하고 있는 요소가 동치류이다.

$$V/R_E = \{v_1, v_2, \dots, v_{10}, \{v_{11}, v_{12}\}, v_{13}, \dots, v_{17}\},$$

$$= \{v_1, v_2, \dots, v_{10}, v_{11}, v_{13}, \dots, v_{17}\}$$

$$v_{11} = \{v_{11}, v_{12}\}$$

또한, V/R_E 상의 계층관계 R_H 를 결정한다.

$$(V/R_E)/R_H = \{(v_1, v_7), (v_1, v_8), (v_1, v_9), (v_1, v_{10}), (v_1, v_{11}), (v_1, v_{13}), (v_1, v_{14}), (v_1, v_{15}), (v_1, v_{16}), (v_1, v_{17}), (v_2, v_3), (v_2, v_4), (v_2, v_5), (v_2, v_6), (v_7, v_{10}), (v_7, v_{11}), (v_8, v_{13}), (v_9, v_{14}), (v_9, v_{15}), (v_9, v_{16}), (v_9, v_{17})\}$$

피복관계를 구하는 것은 그래프의 추이적 실선을 제거하는 것이다. 여기에서는 $\{(v_1, v_{10}), (v_1, v_{11}), (v_1, v_{13}), (v_1, v_{14}), (v_1, v_{15}), (v_1, v_{16}), (v_1, v_{17})\}$ 를 제거한 그래프가 피복관계를 나타낸다. 한편, 연결구성을 구하면 이하 두개의 연결성분이 얻어진다.

$$D_1 = \{v_1, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}\}$$

$$D_2 = \{v_2, v_3, v_4, v_5, v_6\}$$

이러한 연결성분은 계층적으로 독립으로 생각해도 좋다. 제 5단계는 레벨 분할을 실시한다.

$$L_1 = \{v_3, v_4, v_5, v_6, v_{10}, v_{11}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}\}$$

$$L_2 = \{v_2, v_7, v_8, v_9\}$$

$$L_3 = \{v_1\}$$

이 된다. 또

$$L_1^1 = \{v_{10}, v_{11}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}\}$$

$$L_2^1 = \{v_7, v_8, v_9\}$$

$$L_3^1 = \{v_1\}$$

$$L_1^2 = \{v_3, v_4, v_5, v_6\}$$

$$L_2^2 = \{v_2\}$$

이 된다. 이후 Fig. 1의 계층구조 관계행렬을 작성하고 이를 토대로 Fig. 3의 계층구조 그래프로 나타낼 수 있다. 또한 Fig. 2의 유사관계 행렬을 토대로 Fig. 4의 분할도로 나타내면 각 요소의 계층구조를 시각적으로 파악할 수 있다.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17
v1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v2	0.0	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v3	0.0	0.3	1.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v4	0.0	0.3	0.5	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v5	0.0	0.3	0.5	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v6	0.0	0.3	0.5	0.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
v10	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	1.0	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
v11	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	1.0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
v12	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	1.0	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
v13	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3
v14	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3
v15	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0	0.5	0.5
v16	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	0.5
v17	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	1.0

Fig. 1. Hierarchical Structure Matrix.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17
v1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v3	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v4	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v5	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v6	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
v9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
v10	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v11	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v12	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v13	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
v14	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
v15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
v16	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
v17	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Fig. 2. Similitude Relation Matrix.

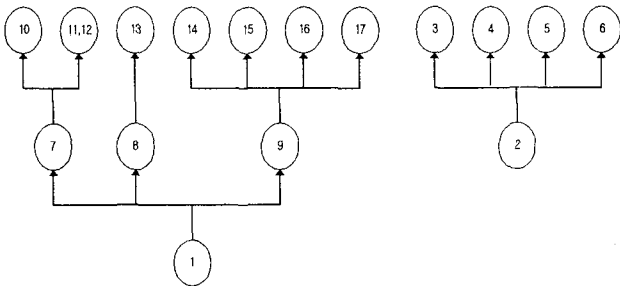


Fig. 3. Hierarchical Structure Graph.

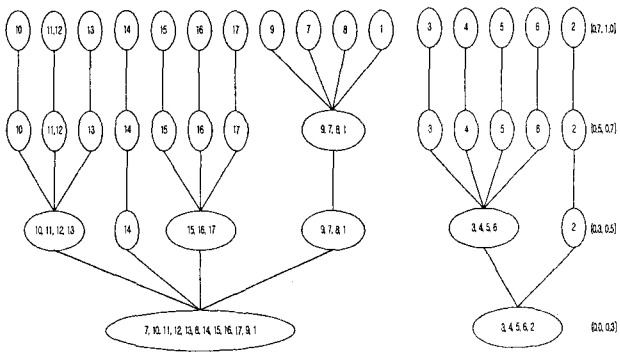


Fig. 4. Expression of Division Graph.

Fig. 1의 계층구조 그래프와 Fig. 2의 분할도를 분석하면 전부 임계치에 있어 레벨행렬 그래프가 가진 정보를 포함하고 있다는 것을 알 수 있다.

4.2 모델 분석 및 고찰

Fig. 1에서 보이는 바와 같이 해상교통정보시스템은 크게 항해정보와 운항정보의 제공으로 나누어진다. 또 항해정보에 있어서는 교통정보, 조선 지원정보, 항로정보 등으로 다시 나눌 수 있으며, 교통정보의 세부 구성요소는 항해정보, 자선/타선 항해정보가 포함되어 있으며, 조선 지원정보는 도선지원 정보가 있다. 또한 항로정보의 세부구성요소는 항로환경정보, 항해관리정보, 해상정보, 공사/작업환경정보 등이 포함되어 있다. 그러나 이러한 정보는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 임계치 $\alpha=(0.7, 1.0]$ 로 할 때의 정보이며, 정보시스템을 구성하는 요소 간에 종속관계가 있기 때문에 그 영향정도(α 치)를 변화시키면 요소간의 영향관계를 확인할 수 있다. 예를 들어 운항정보, 대리점 정보, 입/출항서비스정보, 하역서비스 정보, 부두 정보 등이 각각 분리되어 있던 $\alpha=(0.7, 1.0]$ 에서 $\alpha=(0.3, 0.5]$ 이 된 경우를 살펴보면 대리점 정보, 입/출항서비스정보, 하역서비스 정보, 부두 정보 등의 요소는 하나의 요소화 되어 통합되어 지고 운항정보의 요소만 독립적인 요소가 된다. 이 경우의 정보는 선박이 항해 중인 경우보다 부두 접안을 압둔 선박이 실제 운항 스케줄을 파악하기 위해 사용되는 되는 것이며 이때 어느 하나의 요소를 이용한다고 하기 보다는 전체 요소를 통합적으로 고려하고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 항해 중 예상치 못한 스케줄 변경 등에 의해 한시적으로 이들 정보중 하나를 이용 할 수도 있는 경우도 발생하게 되는데 이때는 $\alpha=(0.7, 1.0]$ 인 경우이다. 따라서 α 치를 명확히 결정해 정보를 파악할 수도 있지만 대상정보가 처해진 상황에 따라 거기에 해당되는 α 를 정해야 할 것이다. 이와 같은 방법으로 다른 요소에 대한 정보의 변화도 살펴볼 수 있다.

한편 자선항해정보와 타선항해정보는 α 의 변화에 관계없이 영향정도가 같아 동치류로 분류되고 있음을 알 수 있다. 이것은 선박을 안전운항 측면에서 본선의 위치확인을 기초로 상대선의 동정을 파악하기 때문에 따로 독립해서 생각할 수 없음을 나타내고 있다.

항해정보, 자선항해 정보 및 타선항해정보는 $\alpha=(0.7, 1.0]$ 인 경우 각각 분리가 되는데 반해 $\alpha=(0.3, 0.5]$ 인 경우에는 공통으로 합쳐지는 것으로 나타났다. 해상에서 상대선박을 조우시 인지확인만 가능하더라도 안전성이 상당히 높아 질 수 있다. 실제 설문조사 결과 많은 조선사가 선박과 조우시 상대선과의 교신에 의해 의사확인을 희망하고 있다. 그러나 상대선의 선명이 불명확하여 (특히 야간) 부를 수 없고, 불러도 응답이 없는 경우가 있고, VHF등의 기기가 설치되어 있지 않는 문제도 있다. 또한 거대선과 위험물 적재선의 동정은 어느 정도 정보제공이 되고 있지만 어선, 소형선, 유선 등

의 동정에 대해 일반상선으로의 정보제공은 거의 없기 때문에 안전항행에 있어 그러한 상황의 파악에 어려움이 있는 것으로 나타났다. 현재 선박에서는 선박사이에 상호 교신하는 것에 의해 어선이나 다른 선박의 정보를 얻는 정도에 지나지 않기 때문에 공통으로 고려해야하는 부분임을 알 수 있다.

도선지원의 경우에는 $\alpha=(0.3,0.5)$ 인 경우에도 다른 요소에 비해 단독적인 요소로 작용하는 것으로 나타났는데 이것은 본선과 파일럿보트에 대한 문제로 한정해서 고려하는 것으로 판단되는데, 본선과 파일럿보트의 교신거리가 한정되어 충분히 직접통신을 할 수 없는 점을 고려한 것이라 할 수 있다.

항로환경 정보, 항행관리정보, 해상정보, 공사/ 작업환경정보 정보는 $\alpha=(0.3,0.5)$ 에서는 통합적으로 고려되어야 하는 요소인 것으로 나타나고 있다. 여기에 대해 설문조사 결과 정보제공방식이 대부분 음청에 의한 정보제공으로 인해 이용에 있어 어려움이 있고 방송되는 위치의 표현도 애매한 경우가 있는 것으로 나타났다. 또한 이러한 정보의 제공이 일방적인 경우가 많아 각종 파장대역을 사용하여 정보를 제공하고 있으므로 전파의 효율적 측면 등에 대해 통합된 정보의 제공도 고려할 필요가 있다.

또한 Fig. 2에서 α 치를 살펴보면 α 치가 낮아질수록 정보시스템을 구성하는 요소가 통합되는 것으로 의사결정시에도 통합적 판단에 의해 행해져야 한다는 것 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 해상교통정보시스템의 정보제공에 대한 시스템 구조를 퍼지 구조모델을 이용하여 분석하였다. 한편 종래의 퍼지 구조모델은 임계치와 파라메타를 동정하는데 상당히 어려움이 많아 본 연구에서는 추이성과 반사성을 가진 퍼지 관계행렬에 있어 퍼지 가도달행렬의 구조화수법을 이용하였다. 또한 계층구조 그래프와 분할도를 이용하여 여러 가지 레벨에 대한 구조분석을 실시하였다. 또한 몇가지 예를 들어 모델의 해석과 그에 따른 실제 문제점과 관련하여 분석 및 고찰하였다.

본 연구에서 퍼지 구조모델을 이용한 구조화 분석은 해상교통정보시스템의 여러 요소 중 VTS가 정보제공을 대상으로 하는 요소에 구조분석의 초점을 맞추었다. 또한, 통합적 판단에 있어 정보 제공자는 조선경험을 바탕으로, 각종 상황 등을 정확히 파악해야 하며 정보제공에 있어 적절한 타이밍과 신뢰성 있는 자료의 제공이 중요한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 정확하고 신속한 정보제공을 위해 첨단화된 정보시스템 분석 장비와 정보제공자의 교육 및 훈련이 필요할 것이다.

향후 연구에서는 해상교통정보시스템 전체 및 각 목적 카테고리별로 세분화하고, 세부적으로는 상황에 맞는 적절한 α 를 설정하여 보다 세밀하고 다각적인 차원에서 구조분석이 이루어져야 할 것이다.

후 기

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-612- F00004).

참 고 문 헌

- [1] 김종수·윤명오·장운재(2001), 연안해역의 항행 안전성 평가에 관한 연구, 해양환경안전학회지, 제7권 2호, pp. 39-48.
- [2] 장운재·양원재·김중수(2005), 해상테러 위험요소의 구조와 우선 순위 분석, 한국항해항만학회지, 제29권 6호, pp.487-493.
- [3] 연합뉴스, http://news.naver.com/news/read.php?mode=LSD&office_id=098&article_id=0000118894§ion_id=117&menu_id=117.
- [4] 山村三朗(1988),海上交通情報システム計劃, 日本航海學會誌,制95号, pp. 51-60.
- [5] 天笠美知夫(1989), システム構成論-ファジイ論理を基礎として-森山書店.
- [6] 椎塚久雄, 尹藤節子(1992),ファジイ構造モデル:Case Study-學生採用意の意識構造-,經營の科學.
- [7] 山下利之(1996),ファジイ構造モデルによる職業選考機および職業生活設計の分析,日本ファジイ學會誌,VOL.8, No.5, pp.861-870.
- [8] 三田村保·若林フ高明·大内東(1999),FISM/fuzzyによるレパトリーグリッドを用いた構造モデリング,日本ファジイ學會誌, VOL.11, No.2, pp.298-308.
- [9] 三田村保·若林フ高明·大内東(2000),ファジイ構造モデルにおける階層グラフを用いた構造化法,日本ファジイ學會誌, VOL.12, No.2, pp.321-328.
- [10] E. Tazaki and M. amagasa(1979), *Structural Modeling in a Class od System Using fuzzy set Theory*, Fuzzy Set system. Vol.2 No1.

원고접수일 : 200 년 월 일

원고채택일 : 200 년 월 일