

항행 선박 주변 환경의 위험도 평가를 위한 퍼지 전문가 시스템

FuzzyES for Environmental Risk Assessment of Ship Navigation

김도연¹ · 이미라² · 박계각³

Do-yeon Kim, Mira Yi and Gyei-kark Park

목포해양대학교 해양전자통신공학부¹

E-mail: kimdoyeoun@mmu.ac.kr

목포해양대학교 해양전자통신공학부²

E-mail(교신저자): yimira@mmu.ac.kr

목포해양대학교 해상운송시스템 학부³

E-mail: gkpark@mmu.ac.kr

요 약

일반적인 사고와는 달리 해양사고는 인명피해와 함께 심각한 자본의 손실을 초래한다. 이러한 해양 사고가 발생하는 원인을 살펴보면 대부분 항해사의 부주의나 잘못된 판단에 의한 것으로 추정되고 있기 때문에, 항해사의 의사결정을 보조하거나 대체할 수 있는 기술에 대한 요구가 있다. 이와 관련한 기술들을 소개하는 많은 연구들이 진행되어 오고 있지만, 항행 중인 선박의 주변 환경(수심, 항로 폭, 어로구역, 조류, 해양사고 발생 건수, 해상 장애물 등)에 대한 고려는 거의 되어있지 않다. 그러나, 실제 항행 상황에서 선박 인근 환경 정보에 대한 고려는 중요한 요소이다. 이전 연구에서 우리는 항행 선박의 다양한 주변 환경 요소가 고려된 환경 위험도 평가에 관한 개념 모델을 소개하였다. 이 연구에서는 항행 전문가의 의견을 수렴하여 각 주변 환경 요소별 상세 설계 내용을 소개하고, 검증용 구현 결과의 분석을 통해 기존 개념 모델에 대한 타당성을 보인다.

키워드 : 항행 안전, 환경 위험도 평가, 항로 인근 환경 요소, 퍼지 전문가 시스템

Abstract

Marine accidents do not correspond with another accidents because of a serious loss of lives and property. The many marine accidents can be attributed to human error like as carelessness and decision faults, and hence there is a strong need for decision-support tools for marine navigation. Much of researchers have introduced the techniques about the tools, but they hardly consider environmental factors (water depth, the width of waterway, a fishing ground, a current, the number of surrounding marine accidents, marine obstacles, etc), which are very important to the decision making of officers. In a previous research, we proposed the conceptual model of environmental risk assessment of ship navigation using fuzzy. This paper describes the detailed design of the environmental factors based on the opinion of navigation experts, and shows the validity of the conceptual model through a prototype system.

Key Words : Navigation safety, Environmental risk assessment, Ship navigation's environment, FuzzyES

1. 서 론

일반적인 사고와는 달리 해양사고는 인명피해와 함께 심각한 자본의 손실을 초래한다. 게다가 유조선 사고의 경우엔 환경적으로 회복되기 어려운 막대한 피해를 입히기 때문에 그 정도가 위중하다고 할 수 있다. 한때 국가적으로 이

슈가 되었던 2007년도의 삼성-허베이 스피리트 원유 유출 사고나 최근 호주 인근에서 발생한 2009년 퀸즐랜드 기름 유출 사고 등 수많은 해양 기름 유출사고가 일어나고 있다. 이러한 사고는 대부분 항해사의 부주의나 잘못된 판단에 의한 사고이다[1].

항해사는 당직을 서는 대부분의 시간을 견시(見視) 업무에 소비하고 이는 항해사에게 많은 피로를 누적시킨다. 견시 업무란 자동차 주행 시 운전자가 전방, 사이드미러, 백미러를 주시해야하는 것과 같이 항해사가 선박의 전방, 좌·우측방을 지켜보는 업무를 말한다. 이는 기상 악화로 인해 시야가 제한되어있을 경우, 잠을 자지 못했을 경우 등 여러 요소에 의해 더욱 가중된다[1]. 이러한 이유로 인해서 환경

접수일자: 2010년 5월 23일

완료일자: 2010년 7월 31일

감사의 글: 본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

자원에 영향을 받지 않는 형태를 지니며 항해사를 보조 혹은 대체할 수 있는 지능형 항행 안전 시스템의 필요성이 제기되어왔으며 이러한 시스템에 대한 연구는 1950년대 유럽에서 시작되어 지금까지도 여러 가지 접근을 통해서 제안되고 있다.

이러한 연구의 예로 퍼지 제어를 이용한 자동 충돌 회피 연구[2]와 뉴로-퍼지 기법을 이용한 선박의 충돌회피에 대한 연구[3], JDL(Joint Director of Labs)모듈을 이용한 선박 정보융합 시스템[4-5]등이 있다.

지금까지 제안된 여러 연구들은 타 선박이나 고정 장애물에 대해서 어느 정도의 적절한 회피 결과를 보이지만 주변 환경 요소에 대한 고려는 거의 되어있지 않다는 문제점이 있다. 대부분의 연구에서 주변 환경 요소는 제한 항행 구역으로 가정하거나 본선의 항행에 영향을 끼치지 않는 고정 요소로 가정을 하는 경향이 있다.

이 연구에서 고려하는 주변 환경 요소란 수심, 해상 장애물, 항로 폭, 어로구역, 조류, 해양사고 발생 건수 등 해도 상에 표시되어 있는 정보와 표시되지 않은 정보 등 실시간으로 얻을 수 있는 주변 상황에 대한 여러 요소들을 뜻한다.

실제 항행상황에서 항해사는 구체적인 수치가 아닌 경험에 의한 판단으로 이 주변 환경 요소들을 판단하는데, 이러한 주관적인 판단은 위험을 초래한다. 전남 여천(현 순천) 인근에서 발생한 1995년 씨프린스 호 사고의 경우 타 선박은 없었으나 기상악화에도 불구하고 계속해서 항로를 유지한 항해사의 부주의에 의해 소리도 덕포해안 동쪽 8km 해상 암초에 좌초되어 원유 9800톤 이상의 기름이 유출되었다. 그로 인해 막대한 환경적, 재산적 피해를 받았고 15년이 지난 아직까지도 잔존 유분이 발견되고 있다[6].

한편, 항행 중인 선박에서 발생하는 정보들은 그 양이 많고 빠르게 갱신된다. 그로 인해 항해사는 견시 업무의 대부분을 정보 확인에 소모하게 되고, 이 때문에 아무리 좋은 안전 항행 장비라 하더라도 또 다른 장비의 추가로 인해 기존 업무에 추가적인 업무 부담만을 초래한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 선내·외 안전정보를 언어적으로 안내하는 연구가 진행되고 있다[7-8].

이전 연구에서 우리는 퍼지 기술을 이용해 주변 환경 요소의 위험도를 항해사에게 안내하는 개념모델을 제안한바 있으며[9], 이 연구에서는 퍼지 전문가 시스템을 이용해 항행 전문가의 의견이 수렴된 각 주변 환경 요소별 상세 설계와 그에 따른 검증용 구현 결과를 보인다. 그리고 그 분석을 통해 이전에 제안한 개념 모델에 대한 타당성을 보인다.

2. 관련 연구

우리는 선행 연구[9]에서 주변 환경 요소의 중요성과 각 환경 요소에 대한 소개, 그리고 그 요소들을 고려한 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가 개념모델을 제안한바 있다. 이 장에서는 주변 환경 요소와 기존에 제안했던 개념모델을 소폭 수정하여 소개한다.

2.1 항행 선박의 주변 환경 요소

주변 환경 요소란 자신에게 영향을 끼치는 여러 가지 객관적, 주관적 요소를 말한다. 자동차 주행 중 주변 환경의 예로 ‘낙석 구간’, ‘사고 다발 구역’, ‘어린이 보호구역’, ‘주변에 존재하는 자동차의 수(교통 혼잡도)’ 등을 들 수 있으며, 이 요소들은 주행 중인 자동차에게 직접적으로 영향을 미치

는 요소는 아니지만 운전자가 주의해야 하는 정보이다.

항행 중에 주변 환경은 ‘본선 주변의 해류 및 조류’, ‘저수심 지역’, ‘어로구역’, ‘본선의 최소 항로 폭’, ‘풍향 및 풍속’ 등 선박에게 직·간접적으로 영향을 끼치는 모든 요소들을 말한다.

최근 ‘본선 주변의 해류 및 조류’ 요소와 ‘바람’ 요소는 선박 내 동력기관의 출력이 항상됨으로써 그 방향과 속도가 본선의 항로 설정에 미치는 영향이 예전보다 적어졌다. 하지만 그 방향과 속도에 따라서 위험도가 기하급수적으로 증가하므로, 여전히 주의해야할 환경 요소이다.

‘저수심 지역’ 요소는 항해사가 한번 수심의 기준치를 결정하게 되면 기준치 이하의 모든 수심을 갈 수 없는 지역으로 판단하게 되는 경향이 있다. 하지만 본선의 흘수에 따라서 다른 선박의 항행 가능지역이 저수심 지역이 되는 경우가 있고 그 반대의 경우도 존재한다. 따라서 ‘저수심 지역’ 요소는 해도상의 수심만이 아닌 선박의 무게가 함께 고려된 형태로 결정되어야 한다.

‘어로 구역 및 고정 물표’ 요소는 그 위치에 따라서 본선에 미치는 영향이 다르다. 본선의 항로상에 이 요소가 있을 경우엔 위험하지만 그렇지 않다면 본선의 안전 상황에 아무런 영향을 끼치지 않는다. 하지만 항로상의 어로구역 등의 요소가 없을 경우에도 만약을 대비하여 해당 구역에 대한 지속적인 주의가 필요하다.

‘항로 폭’ 요소는 본선의 크기와 조종 성능, 항로 표시의 정확도 및 신뢰성, 본선의 현재속도, 바람에의 노출 정도, 조류·해류의 방향 및 속도 등에 따라서 상이하게 설정된다 [10]. ‘항로 폭’ 요소의 여유거리는 국제수상교통시설협회(PIANC) 규칙에 따라서 양방향 통행 시 6.1B(B=선박의 폭)를 기준으로 한다.

‘해양사고 발생 건수’ 요소는 항로 인근에서 발생했던 누적 해양 사고 건수에 따라서 위험도가 차등 증가하며, 위험도는 기름유출 사고, 일반 충돌 사고, 일반 침몰 사고, 해적 출몰 등 위험요소 분석결과를 세부 내용으로 포함한다.

2.2 항행 선박 주변 환경 위험도 평가 개념 모델

선행 연구에서 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가를 위한 개념 모델을 제안하였으며 이번 연구에서 그 모델을 소폭 수정하였으며 그 구조는 그림 1과 같다. 이후 이 논문에서 ERAN(Environmental Risk Assessment for Navigation)은 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가를 의미한다.

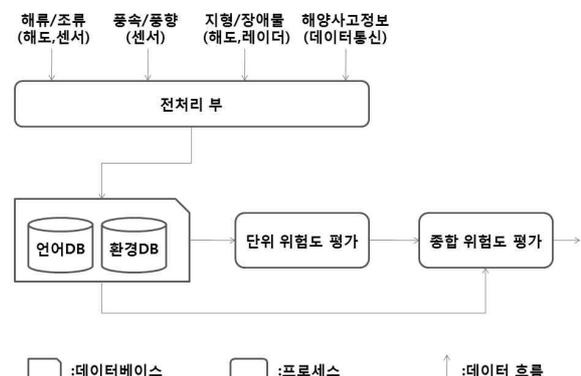


그림 1. 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가 모델 구조
Fig. 1. Structure of ERAN model

제안하는 모델은 크게 '전처리', '단위 위험도 평가', '종합 위험도 평가'의 세 과정으로 이루어지며, 각 과정의 자세한 설명은 아래와 같다.

'전처리' 과정은 다양한 장치로부터의 초기 입력데이터를 분류하여 데이터베이스에 저장한다. 이 과정에서 초기 입력데이터는 데이터베이스에 저장될 때 위험도 평가 모듈이 이해할 수 있는 형태의 데이터로 가공된다. 여기에서 환경 데이터베이스는 주변 환경 요소에 대한 상세한 수치를 관리하기 위해, 언어 데이터베이스는 주변 환경 요소의 언어적 표현을 위해 필요하다.

'단위 위험도 평가'는 주기적으로 환경 데이터베이스 내의 환경 요소들을 판단하여 해당 요소별 단위 위험도를 계산한다. 퍼지 기술을 이용해 각 요소별 입력데이터는 애매한 값으로 결정되며 본선에게 직접적으로 영향을 미치는 요소는 위험도가 높게 측정된다. '종합 위험도 평가'에서는 단위 위험도 평가 결과에 따라서 전체적인 주변 환경 요소의 위험도를 평가하며 항해사에게 그 위험도를 언어적으로 안내하게 된다.

3. 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가 모델 설계

2장에서 소개한 개념모델(그림 1)에서의 단위 위험도 평가 모듈은 그림 2와 같이 설계되었다. 단위 위험도 평가는 각각의 요소를 판단할 수 있는 여러 개의 퍼지 전문가 시스템으로 구성되었다. 그 후 단위 위험도 평가의 결과를 취합해 종합 위험도 평가가 이루어진다.

퍼지 전문가 시스템[11]의 설계는 Crisp 입력 값의 범위와 그들의 관계를 정의해줄 퍼지 지식베이스가 설계되어야 한다. 각 퍼지 전문가 시스템은 해당 도메인 전문가의 검증을 받아야 한다.

이 장에서는 전문가의 의견을 반영한 주변 환경 요소 범위 설계 및 이를 기초로 한 위험도 평가 모듈의 설계 내용을 보인다.

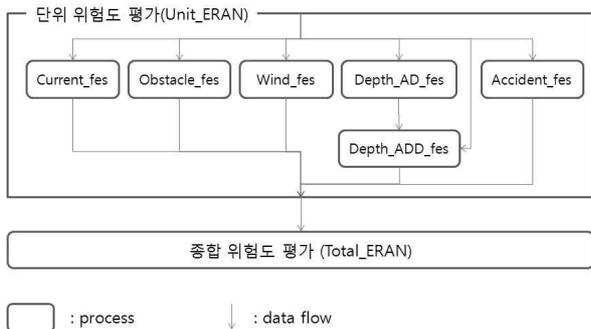


그림 2. 퍼지 전문가 시스템을 이용해 설계된 개념 모델
Fig. 2. Conceptual model designed by FES

3.1 주변 환경 요소 범위 및 각 요소별 설계

이 논문에서 고려하는 환경 요소는 '해류 및 조류', '바람', '해상 장애물(어구구역, 부표, 등대 등)', '저 수심', '해양사고 발생 건수' 요소들이다. 각 요소별 설계에 대한 전문가 검증을 위해서 10개 문항의 설문지를 배포하여 항해경력 5년 이상의 여러 항해사들의 의견을 수렴하였다. 그 전체적인 내

용은 생략하며 각 요소별 설계의 소개에서 결과 일부를 소개한다.

'해류 및 조류' 요소와 '바람' 요소는 그 요소 자체가 미치는 영향보다는 부가적으로 발생하는 파랑에 의해 본선에 미치는 영향이 크다. 이 때문에 두 요소는 방향성에 있어서 같은 위험도를 가지게 되며, 요소가 본선 진행방향 기준의 3시 혹은 9시 방향에서 접근할 경우 선박의 구조상 선박이 앞으로 뒤집힐 수 있어 매우 위험하며 12시 혹은 6시 방향에서 접근할 경우에도 파랑과 파랑의 사이에 선박이 얹힐 수 있어 침몰할 위험성이 존재한다. 이 때문에 대부분의 항행 전문가가는 대부분 정면과 측면을 피해 대각선 방향으로 해당 요소를 맞으며 항행하게 된다. 그림 3은 항해사들의 의견 수렴 결과(a)와 그에 따라서 설계된 방향 위험도(b)이며, 화살표가 의미하는 것은 해당 요소가 본선을 기준으로 어느 쪽에서 접근하는지의 방향을 나타낸다. 그림에서 VD, D, MD, W, S는 각각 Very Danger, Danger, Maybe Danger, Warning, Safety를 뜻하며 의견 수렴결과는 전문가 의견들의 평균으로 계산되었다.

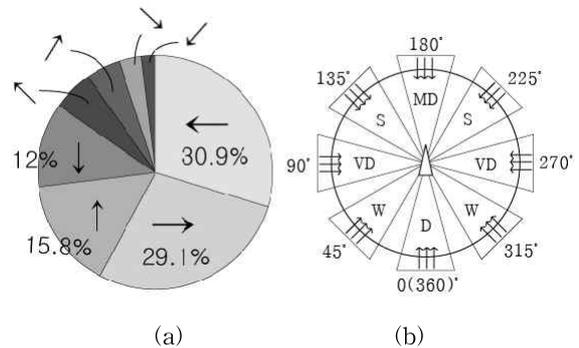


그림 3. 해류, 조류, 바람 요소의 방향 위험도
Fig. 3. Directional risk of a current and a wind

해류와 조류속도, 풍속의 최고 위험 기준은 기상청의 경보를 기준으로 하였으며 해류, 조류 유속 4노트 이상, 풍속은 20m/s이상으로 설계된다.

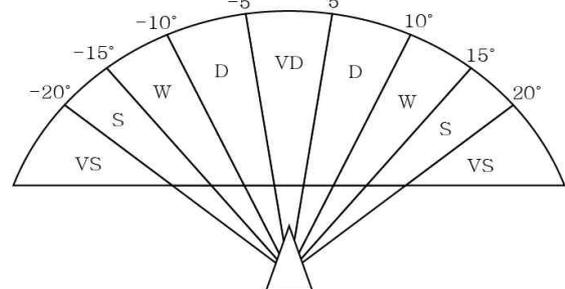


그림 4. 고정 장애물 요소의 방향 위험도
Fig. 4. Directional risk of a static obstacle

'해상 장애물' 요소나 '저 수심' 요소같이 해도 상에 고정적으로 표시되는 요소들은 자선박의 항로에 직접적으로 영향을 미치지 않거나 멀리 떨어져 있는 경우 그 대상이 위험성을 지니고 있어도 본선의 안전상황에는 영향을 미치지 않는다. 그림 4는 고정 장애물에 대한 자선박의 방향 위험도

를 나타내며, VD, D, W, S는 그림 3과 같은 의미이며 VS는 Very Safety를 의미한다.

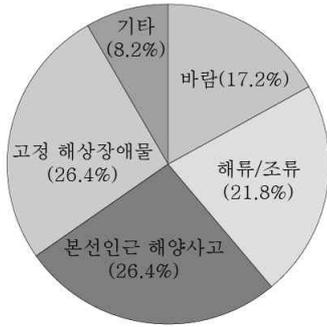


그림 5. 설문조사 결과 : 각 환경 요인 영향도

Fig. 5. Q&A Result : Effectiveness of each environment factors

거리는 해당 대상과 본선과의 거리가 6해리(1해리 -1.852km) 이상일 경우 매우 안전하다고 판단한다.

‘저 수심’ 요소는 ‘해상 장애물’ 요소와는 다르게 대상의 각도와 거리뿐 아니라 해당 지역의 수심까지 고려되어야 한다. 해상 법규상 안전 수심은 자선박의 흘수+30%의 여유 수심이 확보되어야 하고, 이는 고정적인 수치가 아니기 때문에 본선의 상황에 따른 유동성 있는 범위로 설계된다.

‘해양사고 발생건수’ 요소는 설문조사 결과로 항해사들이 생각하기에 여러 주변 환경 요소들 중 높은 위험도를 지니는 요소라고 조사되었고 이는 ‘해양사고 발생건수’ 요소가 고려되어야 하는 근거를 제시한다. 그림 5는 여러 주변 환경 요소 중 본선에 영향을 많이 미치는 요인에 대한 설문조사 결과이다.

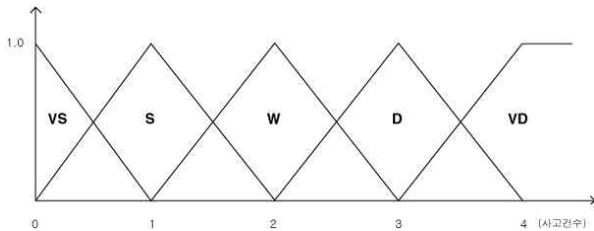


그림 6. ‘본선 인근의 해양사고’ 요소의 퍼지 소속 함수

Fig. 6. Fuzzy membership function of ‘the number of surrounding marine accidents’

‘해양사고 발생건수’ 요소는 사고의 주요인, 부요인, 사고 발생지점, 사고번호로 나뉘어 데이터베이스에 저장하고 본선 기준 6해리 내의 사고 건수를 세어 그 수에 따라 위험도를 측정한다. 설계된 퍼지 소속 함수는 그림 6과 같다.

3.2 단위 위험도 평가의 지식베이스 설계

‘저 수심’ 요소를 제외하고 ‘해류 및 조류’, ‘해상 장애물’, ‘바람’ 요소는 모두 두 개의 입력 값을 받아 하나의 위험도 값을 내보낸다. 하지만 ‘저 수심’ 요소의 경우 대상과의 거리, 각도, 대상의 수심 세 요소를 판단하여 하나의 위험도를 도출해야 되기에 거리와 각도만을 고려한 ‘Depth_AD_fes’ 퍼지 전문가 시스템과 ‘Depth_ADD_fes’ 퍼지 전문가 시스템을 병렬로 연결하여 위험도를 도출한다. 여기에서 ADD의 세 알

파벳은 각각 Angle, Distance, Depth를 뜻한다.

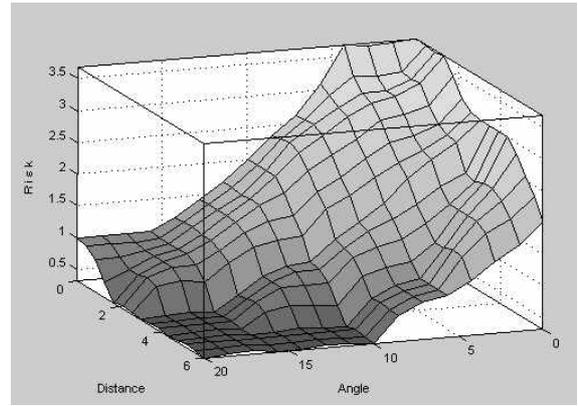


그림 7. ‘Depth_AD_fes’ 지식베이스

Fig. 7. Knowledge base of ‘Depth_AD_fes’

위의 이유로 설계된 여러 지식 베이스들 중 ‘저 수심’ 요소를 위한 두 지식베이스와 ‘해류 및 조류’ 요소의 지식 베이스를 소개한다. 그림 7는 ‘Depth_AD_fes’ 퍼지 전문가 시스템의 결과를 보이고 그림 8은 ‘Depth_ADD_fes’ 퍼지 전문가 시스템의 결과를 보인다.

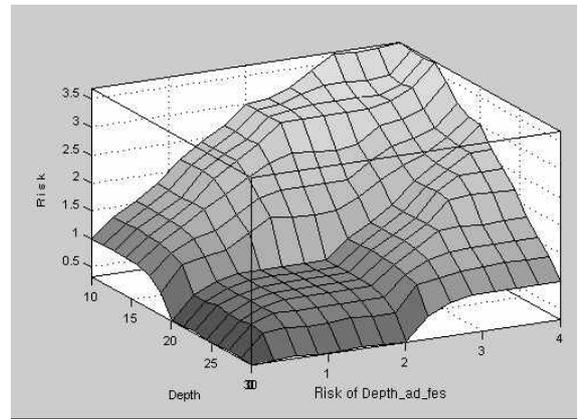


그림 8. ‘Depth_ADD_fes’ 지식베이스

Fig. 8. Knowledge base of ‘Depth_ADD_fes’

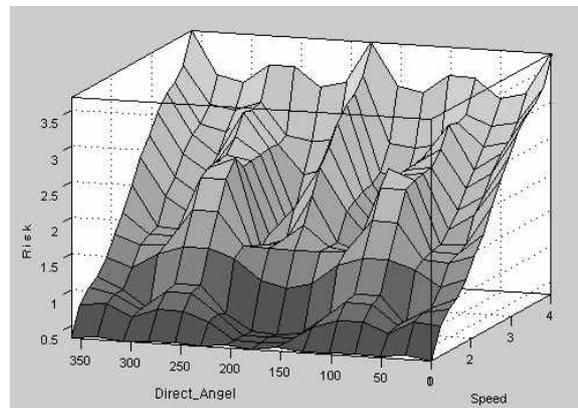


그림 9. ‘Current_fes’ 지식베이스

Fig. 9. Knowledge base of ‘Current_fes’

그림 9는 'Current_fes' 지식베이스이며, 이 결과는 3.1절 그림 3-(b)의 각도 위험도에 따라서 설계되었다. 그 때문에 어떠한 값을 향해 꾸준히 증가세를 보이는 '저 수심' 요소의 지식베이스와는 달리 흡사 과도모양 같은 분석 결과를 보이게 된다.

모든 지식베이스의 3D 표출은 MathWorks 사의 Matlab 을 이용한 결과이다.

3.3 종합 위험도 평가 설계

종합 위험도 평가는 각 요소별 위험도를 판단하여 한 요소의 위험도가 다른 요소들의 위험도 평균의 제곱이 넘을 경우 가장 높은 위험도를 선택해 종합 위험도로 선택하는 방법을 택한다. 그렇지 않은 경우 일정 기준이하의 위험도를 제외하고 모두 더해 그 평균을 종합 위험도 수치로 판단하게 된다. 그 알고리즘은 그림 10과 같다.

위험도 산출부에서 최대 값을 제외한 나머지 요소의 평균 제곱이 의미하는 것은 일반 평균의 경우 하나의 변수가 다수의 변수에 의해 무시당할 수 있기 때문에 하나의 변수에 의해 위험상황에 빠질 수 있는 항해상황을 고려한 것이다. 예를 들어 해류/조류 요소가 90%의 위험도를 지니고 나머지 요소가 0%의 위험도를 지닐 때 일반 평균을 계산할 시 종합 위험도는 30%의 낮은 위험도를 지니게 된다. 하지만 제한한 기법을 이용했을 시 해류/조류 요소의 단위 위험도가 종합 위험도가 되면서 90%의 종합위험도를 지니게 된다.

```

PROCEDURE AssessTotalEnvRisk(unitRisks[n])
:BEGIN
  for(i=0; i<n; i++)
    SumEnvRisk = SumEnvRisk + unitRisks[i];
  maxRisk = max(unitRisks);
  average = (sumEnvRisk - maxRisk) / n;
  if(maxRisk > average2)
    TotalEnvRisk = maxRisk;
  else
    TotalEnvRisk = SumEnvRisk / n;
:END
    
```

그림 10. 종합 위험도 평가 알고리즘
Fig. 10. Algorithm for total ERAN

4. 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가 모델 구현 및 결과 분석

그림 11은 3장에서 설계한 주변 환경 위험도 평가 모델의 검증용 시스템 구조이다.

점선으로 표현된 부분은 이번 검증용 구현에서 사용하지 않는 부분이다. Experimental frame의 Generator는 출력 데이터 검증을 위한 임의의 환경 데이터를 생성하고 Pre-processing 프로세스는 그 데이터를 받아 검증용 모델이 이해할 수 있는 형태로 데이터를 가공하게 된다. 그 후 각 입력데이터는 퍼지 전문가 시스템을 거쳐서 각 요소별 단위 위험도 평가 결과를 계산하는데 사용된다. 마지막으로 Total_ERAN 프로세스에서 판단된 종합 위험도는 Experimental frame의 Transducer 프로세스로 전달되어 사용자에게 단위 위험도와 종합 위험도를 언어적으로 안내하게 된다. 단 Generator는 일정 범위내의 있을 수 있는 위험상황 혹은 안전상황 만을 만들어낸다.

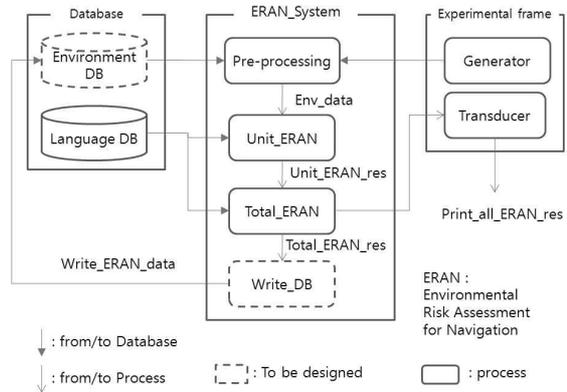


그림 11. 주변 환경 위험도 평가 모델의 검증시스템 구조
Fig. 11. Structure of Test System for ERAN

데이터베이스의 Environment DB는 실질적인 장비에서 수집하는 실시간 환경 정보들과 이전에 판단된 주변 환경 위험도의 목록을 가지고 있게 되는 중요한 데이터베이스이다. 하지만 이 연구에서는 검증용 시스템을 구현하기 위해 실시간 환경 정보를 Generator가 생성하며 생성된 임의의 항해 상황은 매번 다른 상황을 가정하기 때문에 이전의 종합 위험도가 필요하지 않다. 이 때문에 이번 연구에서 Environment DB의 구현이 생략된다.

이 장에서는 구현된 검증용 모델을 통해 임의의 상황에 대한 실행 결과와 그 분석결과를 보이며 하나의 실제 항해 상황 시나리오를 가정하여 그 시나리오에 따른 실행 결과와 그 분석을 보인다.

4.1 임의의 환경에서의 실행 결과

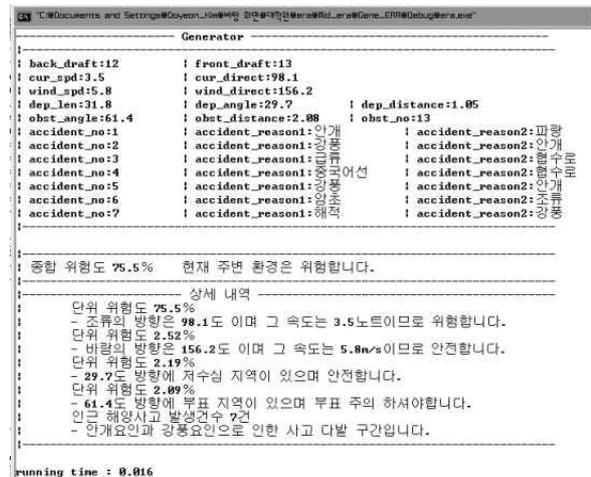


그림 12. 임의의 상황에서의 실행 결과
Fig. 12. Execution result of a random situation

Generator를 통해 수행된 결과는 그림 12와 같다. 실행 결과에서 보이듯 조류(해류)의 방향의 오른쪽 방향을 향하고 그 유속이 3.5노트나 되어 위험하다는 상황판단을 정확히 하고 있다. 다른 요소의 경우 퍼지 전문가 시스템의 계산 결과 안전하다는 판단이 나왔으나 조류(해류)의 경우 본 선에게 직접적으로 영향을 미치는 요소이기 때문에 종합 위험도 판단에 미치는 영향이 크다. 실행결과의 제일 아래 부분을 보면 전체 모델의 실행 시간이 나와 있는데 0.016초라

는 짧은 시간 내에 위험도 판단이 정확하게 이루어진 것을 볼 수 있다. 이는 실시간 시스템에 적용되었을 때 정상적으로 그 기능을 수행할 가능성을 보인다.

4.2 가정된 시나리오에서의 실행 결과

시나리오의 배경은 전문가 의견을 수렴하여 해양 사고가 잦은 목포 인근의 장죽수도[12-13]로 하였다(그림 13). 본선이 순천에서 출발하여 목포로 들어가는 도중의 시나리오이고 다른 선박은 존재하지 않는 상황이다.

시나리오에서 본선은 10노트(1knot = 1.81km/h)의 속도로 항행중이고 본선 예상항로를 따라서 장죽수도에 진입하는 중이다. 항로 우현방향에 등대와 작은 섬, 저 수심 지역이 있으며 전방에 협수로가 존재하지만 여유 공간이 충분하기 때문에 위험 구간은 아니다.

협수로 구간에서 자주 해양 사고가 발생했었고, 그 가장 큰 원인으로 빠른 조류와 바람에 의한 것과 항해사의 부주의에 의한 것이라고 가정한다. 실제로 장죽수도의 최고 조류속도는 4.5노트의 빠른 속도이고 통항량이 많아 해양 사고가 잦은 지역이다.

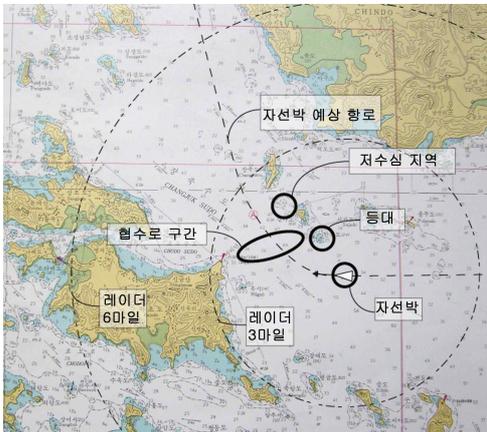


그림 13. 장죽수도 항행 시나리오
Fig. 13. Navigation scenario of 'ChangJuk-sudo'

```

Generator
-----
: back_draft:8 | front_draft:9
: cur_spd:2 | cur_direct:270
: dep_len:9.6 | dep_angle:60 | dep_distance:3.6
: obst_angle:80 | obst_distance:1.8 | obst_no:10
: accident_no:1 | accident_reason:항해사 부주의 | accident_reason2:조류
: accident_no:2 | accident_reason:항해사 부주의 | accident_reason2:바람
: accident_no:3 | accident_reason:조류 | accident_reason2:바람
-----
: 종합 위험도 44.2% 현재 주변 환경은 주의 하셔야합니다.
-----
: 상세 내역
: 단위 위험도 44.2%
: - 조류의 방향은 270도이며 그 속도는 2노트이므로 주의 하셔야합니다.
: 단위 위험도 27.9%
: - 60도 방향에 저수심 지역이 있으며 안전합니다.
: 단위 위험도 1.2%
: - 80도 방향에 등대 지역이 있으며 변침점 주의 하셔야합니다.
: 인근 해양사고 발생건수 3건
: - 항해사 부주의요인과 조류요인으로 인한 사고 다발 구간입니다.
-----
running time : 0.015
    
```

그림 14. 시나리오에서의 실행 결과
Fig. 14. Execution result of the scenario

가정하는 시나리오에서의 주변 환경 위험도 평가 수행 결과는 그림 14와 같다. 그림에서 보이듯이 조류(해류) 속도가 2노트에 그 방향이 우측 정 회 방향을 향하므로 어느 정도의 주의가 필요한 상황이다. 우측에 위험 저 수심 지역

이 있지만 자선박의 항로에 위치하지 않으므로 안전한 상황으로 판단되었다.

5. 결론

이 논문에서는 항행 전문가의 의견을 수렴하여 항행 선박의 주변 환경 요소를 설계하고 그 설계에 대한 타당성을 보였으며 선행 연구에서 제안되었던 다양한 환경 요소들을 고려한 주변 환경 위험도 평가 개념모델을 퍼지 전문가 시스템 기술을 이용한 검증용 시스템으로 구현하였다. 또한, 구현된 결과의 테스트를 위해 임의의 항행 상황과 가정된 시나리오에서의 그 실행 결과를 분석하여 이전에 제안한 개념모델의 타당성과 실시간 시스템으로서의 가능성을 보였다. 현재 항행장비나 시스템에는 항행 주변 환경 요소가 고려되어 있지 않기 때문에, 이러한 연구 결과가 기존 장비에 적용된다면 보다 안전한 항행 안전상황에 관한 정보를 제공하는 요소 기술로 활용 가능할 것이라 기대된다.

향후에는 실제 항행 장비들의 데이터를 이용하여 AIS, ECDIS 시스템과의 결합을 통해 실시간 주변 환경의 위험도를 평가해본 후 그 결과를 검증할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 양원재, 금중수, “항해사의 피로도 평가모델에 관한 연구”, *해양환경안전학회, 年度 春季學術發表會*, pp.1- 6, 2006
- [2] Hasegawa, K., “Automatic Collision Avoidance System for Ships using Fuzzy Control”, *8th Ship Control System Symposium*, Hague, pp.34-58, 1987
- [3] 안진형, “뉴로-퍼지 技法을 利用한 船舶의 衝突 回避에 관한 研究”, *서울대학교 大學院*, 2005
- [4] T. Neumann, “Multisensor Data Fusion in the decision process on the bridge of the vessel”, *Gdynia Maritime University*, Ddynia, Poland, 2007
- [5] 김도연, 조대운, 이미라, 박계각, “정보융합 기술 기반의 지능형 항행안전정보 시스템”, *한국 지능 시스템 학회, 4월 논문지*, Vol 20, No.2, pp 226-233, 2010
- [6] 신현출, 이정호, 임경훈, “암반조건대 대형저서동물 군집에 대한 씨프린스호 유류 유출사고 영향 평가”, *Korean journal of environmental biology*, Vol.26 No.3, pp.159-169, 2008
- [7] 손남선, 김선영, 이한진, 이경중, “음성을 이용한 선박 항행정보 안내시스템”, *한국해양연구원 (Korea Ocean Research And Development Institute / 319999002249)*
- [8] 김영기, 박계각, 이미라, 김동균, “안전항해지원을 위한 항행정보 언어적 표현에 관한 고찰”, *한국 지능 시스템 학회, 추계 학술대회 논문집*, Vol.19, No.2, pp330-336, 2009
- [9] 김도연, 이미라, 박계각, “퍼지를 이용한 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가”, *한국 지능 시스템 학회, 추계 학술대회 논문집*, Vol.20, No.1, pp276-280,

2010

- [10] 김환수, “선박의 안전을 위한 최적 항로배치 및 항로폭 결정에 관한 연구”, *해양安全學會誌*, pp.9-25, 1995
- [11] Michael Negnevitsky, *Artificial Intelligence Second edition- A Guide to Intelligent System*, Addison-Wesley, 2005
- [12] 박성현 외, *연안 통항로 해상교통 환경 평가 연구 용역*, 국토해양부, 2008
- [13] 국립해양조사원, *서해안 항로지*, 해양수산부, 2006



이미라 (Mira Yi)

1998년 : 성균관대학교 정보공학과 학사
 2000년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 석사
 2005년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사
 2005년~현재 : 목포해양대학교 해양전자통신공학부 조교수

관심분야 : 해양정보시스템, 인공지능, 이산사건 시스템 모델링
 E-mail : yimira@mmu.ac.kr

저 자 소 개



김도연 (Do-yeon Kim)

2009년 : 목포해양대학교 소프트웨어과 학사
 2009년~현재 : 동 대학원 해양 전자 정보통신 전공 석사과정

관심분야 : 해양 안전, 시뮬레이션, 가상현실
 E-mail : kimdoyeoun@mmu.ac.kr

박계각 (Gyei-Kark Park)

한국지능시스템학회 논문지 2009년도 19권 2호 참조