

碩士學位論文

퍼지理論 이용한 敵 威脅水準評價
모델開發 研究

2011年



漢城大學校 大學院

産業시스템工學科

産業시스템工學專攻

張 東 學

碩士學位論文
指導教授 洪允基

퍼지理論 이용한 敵 威脅水準評價
모델開發 研究

A Study on the Threat-Level Assessment Model
Development using Fuzzy Theory

2010年 12月 日

漢城大學校 大學院

産業시스템工學科

産業시스템工學專攻

張 東 學

碩士學位論文
指導教授 洪允基

퍼지理論 이용한 敵 威脅水準評價
모델開發 研究

A Study on the Threat-level Assessment Model
Development using Fuzzy Theory

위 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2010年 12月 日

漢城大學校 大學院

産業시스템工學科

産業시스템工學專攻

張 東 學

張東學의 工學 碩士學位論文을 認准함

2010年 12月 日

審査委員長 _____ 印

審査委員 _____ 印

審査委員 _____ 印

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경	1
제 2 절 연구의 목적	3
제 3 절 연구 범위 및 구성	4
제 2 장 이론적 배경 및 의사결정 지원체계현황	6
제 1 절 퍼지이론(Fuzzy Theory)	6
1. 퍼지이론 정의 및 적용현황	6
2. 퍼지척도(Fuzzy Measure)	7
3. 퍼지추론(Fuzzy Inference)	9
4. 퍼지적분(Fuzzy Integral)	10
제 2 절 의사결정 지원체계현황	12
1. 의사결정 지원체계 정의	13
2. 의사결정 지원체계의 필요성	13
3. 의사결정 지원체계의 효과	14
제 3 장 위협수준평가모델 개념설계	16
제 1 절 함정 전투체계의 전투수행 절차	16
제 2 절 적합 위협요소 식별 및 분류	18
1. 해양조건 평가항목	19
2. 적 함정제원 평가항목	19
3. 전략환경 평가항목	20

제 3 절 위협수준평가모델 프로세스 설계	21
1. 위협평가모델 프로세스	21
2. 위협수준평가모델 구조	22
제 4 장 위협수준평가모델 개발	23
제 1 절 각 상위평가항목별 위협수준 평가	23
1. 해양조건평가항목 위협평가	23
2. 적 함정제원평가항목 위협평가	27
3. 전략환경평가항목 위협평가	30
제 2 절 상위평가항목의 중요도	33
1. 상대적 중요도	35
2. 절대적 중요도	38
3. 중요도 보정	40
제 3 절 종합위협수준 평가	42
제 5 장 위협수준평가모델 구현 및 검증	44
제 1 절 위협수준평가모델 구현	44
제 2 절 위협수준평가모델 검증	45
제 3 절 위협수준평가모델 적용(예)	48
1. 가상의 시나리오(1)	48
2. 가상의 시나리오(2)	50
제 6 장 결론 및 향후 연구 방향	54
【참고문헌】	56
【부 록】	58
ABSTRACT	62

【 표 목 차 】

[표 3-1] 위협요소 분류	18
[표 3-2] 해양조건 평가항목에 대한 규칙	19
[표 3-3] 적 함정제원 평가항목에 대한 규칙	20
[표 3-4] 전략환경 평가항목에 대한 규칙	20
[표 4-1] 해양조건 입출력 변수	23
[표 4-2] 해양조건 룰베이스	26
[표 4-3] 적 함정제원 입출력 변수	27
[표 4-4] 사거리 평가 지수	28
[표 4-5] 순항속도 평가 지수	28
[표 4-6] 적 함정제원 룰베이스	30
[표 4-7] 전략환경 입출력 변수	31
[표 4-8] 대내적 상황 평가 지수	31
[표 4-9] 대외적 상황 평가 지수	31
[표 4-10] 전략환경 룰베이스	33
[표 4-11] 쌍대비교 중요도 척도	36
[표 4-12] 상위평가요소의 설문조사 예	37
[표 4-13] 상위요소의 가중치	37
[표 4-14] 행렬의 차수에 따른 RI의 값	38
[표 4-15] 절대적 중요도 산정을 위한 평가척도	39
[표 4-16] 절대적 중요도 산정을 위한 설문문항 예	40
[표 4-17] 절대적 중요도 결과	40
[표 4-18] 상위평가항목의 최종중요도	42
[표 5-1] 위협수준 평가 실험결과	45
[표 5-2] 위협수준 비교 입력데이터	46
[표 5-3] 위협수준 결과 값 비교	47
[표 5-4] 가상의 시나리오(1)	48
[표 5-5] 가상의 시나리오(1) 입력데이터 및 결과	49
[표 5-6] 가상의 시나리오(2)	51
[표 5-7] 가상의 시나리오(2) 입력데이터 및 결과	52

【 그림 목 차 】

<그림 2-1> 퍼지척도	7
<그림 2-2> 퍼지추론의 과정	10
<그림 2-3> 의사결정 지원체계의 효과비교	15
<그림 3-1> 함정 전투체계의 전투수행 절차도	17
<그림 3-2> 위협수준 프로세스	21
<그림 3-3> 위협수준 모델구조	22
<그림 4-1> 해양조건 입출력 변수의 멤버십 함수	25
<그림 4-2> 입출력 변수의 멤버십 함수	29
<그림 4-3> 입출력 변수의 멤버십 함수	32
<그림 4-4> AHP 단계	35
<그림 4-5> 계층적 구조	36
<그림 5-1> 프로그램 UI	44
<그림 5-2> 종합위협수준의 변화	50
<그림 5-3> 위협수준 비교	51

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경

각 군이 현재 추진 중인 전술 C4I체계에는 지휘관 및 참모의 의사결정 지원에 필요한 시스템이 포함되어 있지 못한 실정이다. 육군을 비롯한 해군의 C4I구축 사업의 1차 목표는 정보를 유통시키고 통합하고 전달하는 전장관리 중심의 시스템 구현에 있다. 군의 C4I체계가 지향하는 바는 지휘관·참모의 지휘결심에 필요한 정보를 수집하고 이를 신속하고 정확하게 전달 할 수 있는 체계만이 아니라 지휘결심을 신속히 할 수 있도록 지원하는 데에 있다. 따라서 군은 능력 확장 사업을 통하여 의사결정지원체계를 기존의 C4I체계에 도입하려 하고 있다.

그러나 의사결정지원체계는 기존의 C4I체계 구축과 달리 소프트웨어 중심적이다. 기존의 C4I체계에서 유통되는 정보와 체계를 이용하여 지휘관 및 참모가 지휘결심에 참조할 수 있는 지식을 제공하는 체계를 구축하는 것이다. 물론 이러한 의사결정지원체계의 구현은 비교적 단순한 방법을 이용하여 방책을 평가하고 지원하는 것도 가능하다. 그렇지만 의사결정지원체계가 지향하는 바는 지휘관 및 참모가 지휘결심을 할 수 있도록 선택된 방책에 대하여 비교결과를 제공하고, 그 결과에 대한 원인과 이유를 함께 제공하여 지휘관 및 참모가 최적의 지휘결심을 할 수 있도록 지원하는 것이다.¹⁾

현대의 전쟁에서는 지휘관의 의사결정시 여러 가지 요소를 동시에 수행하여야 함은 물론 신속하게 의사결정을 내려야 한다. 현대의 전쟁은 정보전이다. 신속하고 정확한 정보우위(Information Superiority)가 화력 기동보다도 중요하다. 신속하게 전장상황정보를 공유하여 공통상황을 인식하여야 임무효과가 증진된다. 이를 위해 지휘통제(C2 : Command and Control) 의사결정지원시스템(DSS : Decision Support System)이 필요하다.

1) 고원 외2명, 「의사결정 지원을 위한 모의 모델 개발(I)」, 서울 : 한국국방연구원, 2006. p27

현재의 C4ISR²⁾체계는 정보의 획득 및 공유에 치중하고 있으며 미래에 요구되는 최적 작전계획 수립의 기능은 부족한 실정이다.³⁾ 이 과정에서 위협판단기능이 부족하여 아군의 신속한 대응을 위해 육군은 “전술적 결심 수립 절차”라는 의사결정 체계를 정립하여 활용하고 있다. 따라서 이 절차가 신속히 수행되기 위해서는 정보획득수단 및 분석체계를 통해 지휘관의 효과적인 의사결정을 할 수 있도록 정확한 전장상황 및 적에 대한 실시간 분석 정보가 지속적으로 제공하여야 한다. 그러나 이러한 전장정보 분석 업무가 정보장교들의 수작업에 의하여 이루어짐으로서 많은 인력이 소요됨으로서 분석 결과의 산출이 지연되기도 하고, 분석단계에서 중요 자료가 누락되어 오판을 가져올 수 있는 문제점 등을 안고 있었다. 위와 같은 문제점을 해소하기 위하여 육군은 전장정보분석 업무를 자동화하는 것에 대한 필요성을 절실하게 느끼고 일명 ‘상황위협평가 전문가시스템 (STAFS: Situation & Threat Assessment Fusion Expert System)을 국방부 산하 연구 개발 조직인 국방과학연구소(ADD)에서 주관하고 외부 용역업체에 의뢰하여 개발한 바 있다.⁴⁾

현대의 전쟁에서는 급박한 시간적 제약을 받는 작전 상황에서 적 위협에 대한 신속하게 의사결정을 내려야 한다. 하지만 작전 상황에는 다양한 위협요소가 존재하고, 지휘관은 위협평가에 대한 의사결정시 모든 위협요소를 고려하는 데에 있어, 어려움을 겪을 수밖에 없다. 이를 위해 지휘관의 의사결정을 지원해 주는 위협평가 시스템이 필요하며, 이 시스템은 지휘관이 신속하게 의사결정을 내려 방책의 최적 조합을 달성하기가 쉬울 것이다. 이를 위해 복합적이고 불명확한 위협요소의 모든 상황을 퍼지이론을 이용하여 종합하고, 지휘관의 위협평가에 대한 의사결정시 최선의 방책을 수립할 수 있도록 지휘관을 지원할 수 있을 것이다.

2) C4ISR(Command, Control, Communication, Computer and Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터와 정보, 감시정찰.

3) 김의순 「C4I체계의 의사결정지원체계 개념 및 추진과제」,국방정책연구,2004.

4) 이기호, 김화수. (2000). 「STAFS의 화력분배지원용 전문가 시스템 개발에 관한 연구」, 서울 : 국방대학교,2008.p2.

제 2 절 연구의 목적

경험이 풍부한 의사결정자는 광범위한 지식을 이용하여 정보를 검색하고 문제를 식별하고 해석한다. 그리고 식별된 문제의 심각성을 이해하며 가능하다면 의도를 파악하며, 시간이 허락하는 한 상황을 모델화하여 행동을 선택하고 선택대안을 평가하고 결과를 예측한다. 전통적으로 다양하고 고려사항이 많은 의사결정에서는 분석적 접근방법을 적용하고 있다. 즉, 과업의 모든 연관된 특성을 정의하고, 모든 범위의 가능한 대안을 식별하고, 주요 평가차원을 식별하여, 각 차원에 대한 가중치를 식별하며, 각 차원에 대한 대안별 등급을 결정한 후, 그 결과를 도표형태로 표현하여, 최선의 대안을 선택하는 절차를 거치게 된다. 이 절차는 최적해에 도달하기 위해 광범위하고 복잡한 수학적 계산이 필요하며 많은 시간을 요구한다. 이와 같은 분석적 절차는 경험하지 못했던 주제에 관한 의사결정에는 적합하지만 경험이 풍부한 의사결정자의 실시간 의사결정에는 부적합하다.⁵⁾

또한 우리 군에서는 적의 위협수준을 결정할 때, 정량적인 요소와 정성적인 요소가 합쳐 복합적인 요소에 의해 위협수준을 결정하고 있다. 하지만 위협수준을 결정하는데 있어 복합적인 요소를 동시에 고려하는 것이 매우 어려우며, 또한 적이 나타났을 경우, 즉각적으로 위협수준을 판단하기도 쉽지가 않으리라고 본다. 만약, 적 출현 시 적의 위협수준을 즉각적으로 판단하여, 우선순위를 정해 조치를 한다면 우리 군의 피해를 최소화하고, 불필요한 대응을 하지 않아 인력 및 물질적으로 손실을 줄일 수가 있다.

이러한 위협수준을 평가하기 위해 퍼지이론을 적용하면 복잡한 수식이 필요가 없으며, 과거 분석적 접근방법에 비해 빠르게 위협수준을 판단할 수 있다. 그래서 복잡한 상황에서도 쉽고 빠르게 데이터를 분석할 수가 있다.

이 연구에서는 적의 위협수준을 결정하는 위협요소에 대해 알아보고, 퍼지이론을 이용하여 적의 위협수준을 평가하고, 보다 정확한 위협수준을 평가하기 위해 퍼지척도(fuzzy measure)를 통해 각 위협요소별 중요도를 산

5) 김영길, 『C4I의 기본이해』, 서울 : 기한재, 2003.pp17~18

정하고 퍼지적분을 이용하여 각 상위항목별 위협수준을 종합하여 최종 위협수준을 평가하는 모델을 만들고자 한다.

제 3 절 연구 범위 및 구성

이 연구에서는 적의 위협평가 의사결정 지원시스템을 연구하기 위해 해군의 함정전투체계의 단계 중 위협평가중심으로 연구한다. 함정 전투체계는 <그림 3-1>에서 와 같이 탐지 → 추적 → 식별 → 위협평가 → 무장할당 → 교전 → 명중평가의 단계로 나누어지며 일련의 순환과정을 지속적으로 반복한다. 함정 전투체계의 기능 중 위협평가는 적을 식별하고 식별된 표적은 표적의 속도, 보유무장, 의도 등을 종합 파악하여 위협평가를 실시하여 공격 우선순위를 할당하게 된다.

서해안에 NLL부근에서 적함정이 출현 시 해양환경요소와 적함정의 능력과 적군의 의도가 아 함정에 얼마큼 영향을 주는지 위협수준평가 연구를 통해 알아본다.

적의 위협수준에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해 관련분야 전문가의 자문을 통해 위협요인들을 선정하였다. 위협요소는 크게 3가지 상위평가항목으로 나눈 후, 그에 따른 하위평가항목으로 나타내었다. 먼저, 정량적인 데이터로 나타낼 수 있는 해양조건, 적함정제원이라는 평가항목과, 정성적인 데이터로 나타내는 전략환경 평가 항목 총 3개의 상위평가항목으로 구분한다. 각각의 하위평가항목은 각각의 상위평가항목별 위협수준평가에 영향을 미치는 정도를 규칙으로 표현하였다. 이를 수학적 식으로 종합하는 것은 매우 복잡하다. 그러므로 체계적인 판단과 가능한 많은 대안들을 고려하고, 복잡한 수학적 이론이 필요가 없는 퍼지이론을 사용하여 각각의 상위평가항목별 위협수준을 산정하고, 상위평가항목별 중요도(가중치)를 산정한다. 중요도를 설정함으로써 각 상위평가항목이 위협수준에 영향을 미치는 정도를 알 수 있으며, 종합적인 위협수준을 설정하는데 보다 정확한 데이터로 나타낼 수 있다. 이때 중요도는 믿음의 정도를 나타내는 퍼지척도를 이용하여 나타낸다. 각 상위평가항목별 위협수준은 choquet 퍼

지적분을 통해 종합적인 위협수준을 결정하게 된다.

본 연구의 구성은 제1장 서론에서는 연구의 배경·목적·범위를 제시하고, 제2장에서는 퍼지이론과 의사결정지원체계에 대한 이론적 배경을 살펴본다. 제3장에서는 위협수준평가 모델에 대한 개념모델에 대해 설명을 하고, 제4장에서는 위협수준평가 모델을 제시하며, 제5장에서는 위협수준평가모델에 대한 모의실험 결과를 마지막으로 제6장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시한다.



제 2 장 이론적 배경 및 의사결정 지원체계현황

제 1 절 퍼지이론(Fuzzy Theory)

1. 퍼지이론 정의 및 적용현황

퍼지(fuzzy)란 원래 '애매모호한', '경계가 명확하지 않은'이라는 뜻이다. 퍼지 이론은 불확실함의 양상을 수학적으로 다루는 이론으로 진위, 즉 참과 거짓을 명확하게 구분하기 힘든 개념을 다루는 시스템의 연구이기도 하다. 모든 것을 진과 위로 명확히 구분하는 이분법의 논리에 따르는 현재의 컴퓨터로는 사람 말의 뜻, 즉 자연언어의 의미를 올바르게 파악하여 인간과 마찬가지로 추론 연산을 한다는 것은 곤란하다. 그래서 진위를 명확하게 구분하기 힘든 개념을 다루는 시스템의 연구가 퍼지 시스템의 이론 또는 퍼지 이론으로서 인공지능이나 지식처리의 연구와는 별도의 관점에서 계속되어 왔다. Yes(1), No(0) 등으로 나눌 수 있는 디지털적 발상이 아니라 어느 곳도 아닌 중간영역에 착안한 것이 특징이며, 특히 정보처리나 제어분야에서 성과가 활발하다. 미국·일본 등에서는 로봇·지하철 자동운행 시스템, 엘리베이터, 음성인식장치, 의료진단 등에 응용하여 실용화하고 있으며, 경영학이나 마케팅에의 응용도 시도되고 있다.⁶⁾

정확하게 알지 못하는 상황을 표현할 때 전통적으로 확률을 사용하였다. 예를 들어 '내일 비가 올 확률이 70%'라고 하는 경우이다. 그러나 일기예보자가 비 올 확률을 정확하게 알지 못할 때에는 70%라고 단정하는 것은 옳게 표현했다고 할 수 없다. 다시 퍼지이론에 바탕을 두어 다음과 같이 표현해 보자. 내일 비가 올 가능성이 매우 많다. 이것은 예보자의 불확실한 느낌을 그대로 나타내었다고 할 수 있다. 물론 이때 애매한 표현인 '매우 많다'의 의미가 미리 정의되어 있어야 한다.

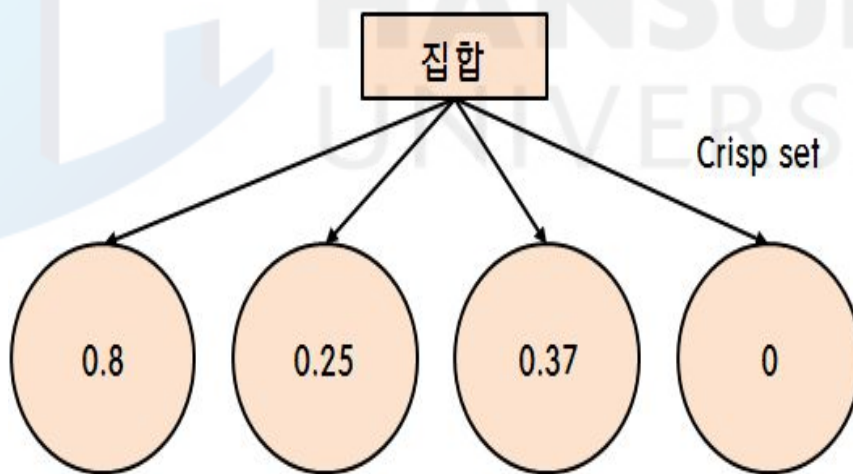
퍼지이론은 1965년 미국 버클리 대학의 Lofti A. Zadeh에 의해 처음 소개되었으며 일본 및 유럽에서 활발하게 연구되고 응용하고 있는 학문이다. 최근 인간과 비슷하게 생각하고, 일하는 컴퓨터를 만들고자 하는 인공지능

6) <http://terms.naver.com/item.nhn?dirId=113&docId=12153>(검색일자 : 2010.11.29)

연구가 활발하게 진행되고 있다. 컴퓨터가 인공지능을 가지고 인간이 원하는 바를 제대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 숫자는 물론이고 애매한 표현을 처리할 수 있어야 한다. 이러한 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공하는 것이 바로 퍼지이론(Fuzzy theory)이다. 일반 컴퓨터는 애매한 표현을 이용하여 계산할 수 없다. 그러나 퍼지이론을 이용한 컴퓨터는 값을 계산할 수 있다. 즉, 퍼지 컴퓨터는 인간이 사용하는 애매한 표현도 이해할 수 있기 때문에 인간과 좀 더 비슷한 일을 한다고 볼 수 있다.⁷⁾

2. 퍼지척도(Fuzzy Measure)

X 를 전체집합, $P(X)$ 를 전체집합 X 의 멱집합(power set), $A_1, A_2, \dots$ 를 $P(X)$ 의 부분집합이라고 할 때, 원소($a \in X$)가 집합 $A_1, A_2, \dots$ 에 속할 가능성은 주관적 판단에 의해 결정될 수 있고, 이 가능성의 모호한 상태는 퍼지 값으로 표현될 수 있다. 이와 같이 임의의 원소가 주어졌을 때 이 원소가 어느 집합에 속할 것 인가하는 믿음의 정도를 퍼지척도라고 한다.⁸⁾ 이를 그림으로 도식화 하면 <그림 2-1>과 같다.



<그림 2-1> 퍼지척도

7) 이광형, 오길록, 『퍼지이론 및 응용』, 서울 : 홍릉과학출판사, 1991.p5.

8) W. Pedrycz, F. Gomide, An Introduction to Fuzzy Set : Analysis and Design, MIT Press, 1998.

퍼지척도 g 는 $P(X) \rightarrow [0,1]$ 과 같이 $P(X)$ 의 원소에 $[0,1]$ 의 값을 부여하며 각 원소마다 정의된다.

퍼지척도 g 는 다음과 같은 경계조건(boundary condition), 단조성(monotonicity), 연속성(continuity)의 세 가지 조건을 만족하여야 한다.

- 경계조건

$$g(\emptyset)=0, g(X)=1$$

- 단조성

$$\text{If } A \subset B \text{ Then } g(A) \leq g(B), (\forall A, B \in P(X))$$

- 연속성

$$A_1 \subset A_2 \cdots \text{ or } A_1 \supset A_2 \cdots (A_i \in P(X)), \text{ then } \lim_{i \rightarrow \infty} g(A_i) = g(\lim_{i \rightarrow \infty} A_i)$$

퍼지척도는 확률척도에서 가법성을 완화시킨 것으로 단조성조건으로부터 다음과 같은 식이 성립한다.

$$g(A \cup B) \geq \text{Max}(g(A), g(B))$$

$$g(A \cap B) \leq \text{Min}(g(A), g(B))$$

그러나 퍼지척도는 확률척도의 가법성을 만족하지 않으므로 두 집합 A 와 B 의 합집합 $A \cup B (A \cap B = \emptyset)$ 에 대한 퍼지척도 $g(A \cup B)$ 를 단순히 $g(A) + g(B)$ 와 같이 각 척도의 합으로 구할 수는 없다. Sugeno는 개별 원소의 척도로부터 이들의 합집합의 척도를 일정한 법칙에 의하여 정하는 다음의 식과 같은 λ -퍼지척도⁹⁾를 제안하였다.

$$\begin{aligned} g(A \cup B) &= g(A) + g(B) \\ &= \lambda g(A)g(B); (\text{where } \lambda > -1) \end{aligned}$$

$$\forall A, B \in P(X), A \cap B = \emptyset$$

λ -퍼지척도에서 λ 는 각 집합들 간의 상호작용관계를 나타내는 것으로,

9) M. Sugeno, "Theory of Fuzzy integrals and Its Applications", Ph.D. Dissertation, "Tokyo Institute of Tech", 1974.

그 크기에 따라 다음의 식 과 같은 서로 다른 성질의 퍼지척도가 된다.

If, $\lambda > 0$, $g(A \cup B) > g(A) + g(B) \Rightarrow$ 상 승 적

If, $\lambda = 0$, $g(A \cup B) = g(A) + g(B) \Rightarrow$ 가 법 적

If, $\lambda < 0$, $g(A \cup B) < g(A) + g(B) \Rightarrow$ 대 체 적

상기의 식과 같이 $\lambda > 0$ 경우에는 상승적(super-additivity)인 관계가 성립되는데, 이때에는 두 집합 A와 B의 효과가 통합되어 상승작용을 일으킴으로써 개개의 개별적인 효과를 단순히 더한 경우보다 더 큰 효과를 나타낸다. 즉, 각각의 성분들이 상호 보강해 준다고 볼 수 있다. $\lambda = 0$ 경우에는 가법적(additivity)인 관계가 성립한다. 이때에는 각각의 요소들이 서로 독립적으로 작용하는 경우로 볼 수 있으며, $\lambda < 0$ 경우에는 대체적(sub-additivity)인 관계가 성립한다. 이때에는 각각의 요소들이 서로 경쟁적이거나 또는 중복인 경우로서, 각각의 요소들은 다른 요소들의 영향을 서로 내포하고 있어서 각 요소들을 동시에 고려하였을 때의 영향은 이들 요소들을 개별로 고려하였을 때의 영향을 단순히 더한 경우보다 더 작은 결과를 가져온다.

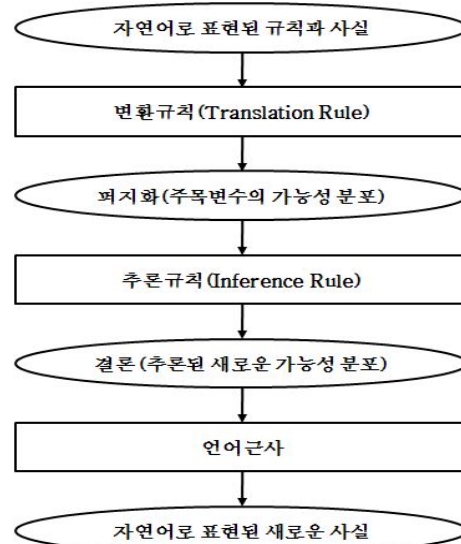
λ -퍼지척도를 $X=\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 인 경우로 확장하면 다음의 식과 같고, 여기서 $\lambda(\lambda > -1, \lambda \neq 0)$ 값은 $g(X) = 1$ 이라는 경계조건으로부터 구할 수 있다.

$$g(\{x_1, x_2, \dots, x_n\}) = \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{i=1}^n (1 + \lambda g_i) - 1 \right], \quad \lambda \neq 0$$

3. 퍼지추론(Fuzzy Inference)

주어진 규칙과 사실의 모음으로부터 논리적으로 타당한 새로운 사실을 얻어내는 과정을 추론이라고 한다. Lofti A. Zadeh는 기존의 추론방법에 퍼지이론을 적용하여 이진논리로 처리할 수 없었던 추론을 자연스럽게 유

도할 수 있는 퍼지추론을 제안하였다. 퍼지추론의 과정은 <그림 2-1>과 같다. 사각형으로 표시한 내용들은 퍼지추론 과정이고, 타원으로 표시한 것은 각 과정의 입출력 정보이다.¹⁰⁾



<그림 2-2> 퍼지추론의 과정

4. 퍼지적분(Fuzzy Integral)

일반적인 퍼지 적분은 적분을 의미한다. 즉, 퍼지적분은 넓이를 의미한다. 하지만 아래에 제시하는 Sugeno 퍼지적분과, Choquet 퍼지적분은 임의의 대상을 평가할 때 각 평가항목의 평가치와 퍼지척도(fuzzy measure)로 나타난 중요도를 종합하는 방법으로 의사결정 분야에서 유용하다. 이 연구에서는 종합적인 위험수준을 평가하기 위한 방법으로 퍼지적분을 이용한다. 퍼지적분의 대표적인 방법에는 Sugeno 퍼지적분 방법과 Choquet 퍼지적분 방법이 있다. 대표적인 퍼지적분 방법인 Sugeno 퍼지적분 방법과 Choquet 퍼지적분에 대해서 알아본다.

1) Sugeno 퍼지적분

임의의 보통집합 X 에 대하여 퍼지척도 $g : P(X) \rightarrow [0,1]$ 가 정의되어 있

10) 이광형, 오길록, 『퍼지이론 및 응용』, 서울 : 홍릉과학출판사, 1991.

고, X 를 정의구역으로 하고 구간 $[0,1]$ 을 치역으로 하는 함수 $h : X \rightarrow [0,1]$ 이 정의 되어 있다고 하자. 이때 $A(A \subseteq X)$ 에서의 함수 h 의 퍼지척도 g 에 대한 Sugeno의 퍼지적분 아래식과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} \int_A h(x) \circ g(\bullet) &= \text{Max}(\text{Min}[\alpha, g(A \cap H_\alpha)]), H_\alpha = \{x|h(x) \geq \alpha\} \\ &= \text{Max}(\text{Min}[\text{Min}h(x), g(A \cap E)]) \end{aligned}$$

Sugeno의 퍼지 적분은 어떤 대상이 여러 항목에 대해서 평가를 되고 각 평가항목의 중요도가 차이가 있을 때 이들 평가치를 종합하는데 이용될 수 있다. 특히, 퍼지적분은 주관적인 판단이 개입되는 평가 문제에서 유용하게 사용될 수 있다.¹¹⁾

2) Choquet 퍼지적분

임의의 보통집합 X 에 대하여 퍼지척도 $g : P(X) \rightarrow [0,1]$ 가 정의되어 있고, X 를 정의구역으로 하고 구간 $[0,1]$ 을 치역으로 하는 함수 $h : X \rightarrow [0,1]$ 이 정의 되어 있다고 하자. $h(x_1) \geq h(x_2) \geq \dots \geq h(x_n)$ 이라 할 때, $A(A \subseteq X)$ 에서의 함수 h 의 퍼지척도 g 에 대한 Choquet 퍼지적분 식은 아래와 같이 정의 된다.¹²⁾

$$\begin{aligned} \int_A h(x) \circ g(\bullet) &= h(x_n)g(H_n) + [h(x_{n-1}) - h(x_n)]g(H_{n-1}) \\ &\quad + \dots + [h(x_1) - h(x_2)]g(H_1) \\ &= \sum_{i=1}^n [h(x_i) - h(x_{i+1})]g(H_i) \\ &\quad \text{여기서 } h(x_{n+1}) = 0, \text{ and } H_i = x_1, x_2, \dots, x_i \end{aligned}$$

특히 퍼지척도 $g()$ 가 가법적일 때, Choquet 퍼지적분은 통상의 가중합이 된다. $h()$ 를 평가항목에 대한 평가치, $g()$ 를 평가항목이 전체평가에 기여하는 정도 즉, 중요도라고 할 때 이들을 종합하는 유용한 방법으로 사용된다.

11) 이광형, 오길록, 전계서.

12) W.Pedrycz. , F. Gomide, op.cit., 1998.

3) Sugeno 퍼지적분과 Choquet 퍼지적분의 비교

이 연구에서는 위의 퍼지적분 방법 중 Choquet 퍼지적분 방법을 사용하기로 한다. Choquet 퍼지적분 방법은 Sugeno 퍼지적분과는 달리 연속적인 계산과정을 통하여 평가항목들이 영향을 미치는 정도를 계산하기 때문에 Min-Max 연산을 통해 계산하는 Sugeno 퍼지적분 방법에 비해 특정 항목의 평가항목이 전체결과에 영향을 미치는 정도가 적다. 만약 평가항목의 개수가 많을 경우는 비슷한 결과를 나타내지만, 평가항목의 개수가 적고, 주관적인 판단의 차이가 큰 경우 Sugeno 퍼지적분은 문제가 발생한다.¹³⁾ 이 연구에서는 상위평가요소의 평가항목이 3개로 평가항목의 개수가 적기 때문에 Choquet 퍼지적분을 사용하기로 한다.

제 2 절 의사결정 지원체계현황¹⁴⁾

의사결정 지원 모의모델의 역할과 기능, 범위를 설정하기 위해 전술 C4I에서의 의사결정 지원체계를 정의하고자 한다. 이러한 의사결정 지원체계에 대한 개념설정이 필요한 이유는 진행 중인 C4I체계 구축사업에 현재까지는 의사결정지원체계에 대한 정확한 개념 설정이 없기 때문이다. 의사결정지원체계 분야에 대한 소요는 다른 무엇보다도 사용자, 즉 작전을 수립하는 지휘관 및 참모로부터 제기되어야 한다. C4I기본 체계가 어느 정도 완성이 되고 사용되는 과정과 지원체계 사업이 구체화되는 과정에서 소요가 구체화 될 수 있을 것이다.

의사결정 지원을 위한 모의모델의 소요는 의사결정 지원체계에 대한 소요에 따라 결정될 것이다. 따라서 구체화된 소요가 없는 상황에서는 가능한 대안들을 고려한 후 최상의 지원체계를 상정하고, 그에 따른 의사결정 지원모델의 소요를 제시하고자 한다.

13) 김영민, 「철근콘크리트 건축구조물의 퍼지기반 상태평가」, 서울 : 서울대학교, 2002

14) 고원 외2명, 전개논문. pp35~38

1. 의사결정 지원체계 정의

의사결정 지원체계에 대한 일반적인 정의는 지휘관·참모의 의사결정에 필요로 하는 정보를 제공하는 체계로 운영분석(Operations Research)기법, 모의분석모델 추론방법 등의 기법을 사용하여, 대안분석 및 선택에 따른 예상 결과정보를 제공함으로써 의사결정을 지원하는 컴퓨터 기반 체계이다. C4I체계에서의 의사결정지원체계는 의사결정을 돕기 위한 지원체계이지 의사결정 체계는 아니다. 간혹 자동교전 시스템과 같은 체계와 혼동되어 지휘결심이 자동으로 수행되는 체계로 생각하는 경우가 있다. 아무리 기능을 확대하더라도 의사결정 지원을 위한 추천체계이지 자동화된 의사결정 체계가 될 수는 없다. 의사결정은 지휘관의 의무이기 때문이다.

의사결정 지원체계의 기능 요구도 지휘관이나 참모에 따라 큰 차이가 존재한다. 단순한 계산식에 의한 피아 전력 평가 값을 제공하는 것으로 충분하다는 지휘관이 있는가 하면, 각 대안별로 상세한 수행결과를 제시할 수 있어야 한다는 지휘관도 있다. 또한 사용자의 경험뿐만 아니라 지휘결심의 종류, 결심까지의 잔여시간, 가용 정보 및 추가 예상 정보 등 다양한 요소에 의해 의사결정 지원체계의 범위와 기능이 결정된다. 다양한 조건에서의 요구조건을 충족할 수 있는 의사결정지원체계를 구축하는 것이 우리군의 의사결정 지원체계의 목표이어야 한다.

2. 의사결정 지원체계의 필요성

의사결정 지원체계가 지휘관 혹은 참모의 다양한 경험과 지식을 대체하여 보다 좋은 대안을 제시하는 것은 불가능하다. 그럼에도 불구하고 의사결정 지원체계를 전술 C4I체계의 주요 하부체계로 포함하고 있는 이유는 지휘관 및 참모의 의사결정에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 특정 상황에서는 보다 타당한 의사결정을 할 수 있는 지침을 제공할 수 있기 때문이다.

네트워크 중심전(NCW : Network Centric Warfare)에서 궁극적으로 추구하는 것은 신속하고 결정적인 의사결정이다. 전투 참여 전력간에 정보공유와 공유된 정보들을 이용하여 상황인식의 정도를 높이는 것의 궁극적

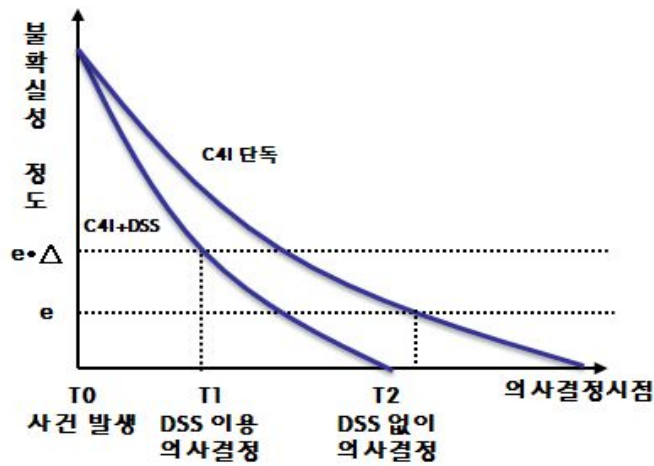
인 목적은 보다 신속한 의사결정을 획득하는 것이다. 앞선 의사결정이 결정적인 승리를 가져올 수 있기 때문이다. C4I체계는 이러한 신속한 의사결정에 도움을 줄 수 있다. 정보의 유통과 관리를 체계적으로 지원해 주기 때문이다.

의사결정 지원체계는 지휘관과 참모가 의사결정을 할 시점에서의 정보가 충분하지 않은 경우에도 과거 자료와의 비교, 정보의 부족한 상황에서의 대안을 가지고 분석하여 자료를 제공함으로써 지휘관 및 참모의 의사결정을 할 수 있도록 지원할 수 있다. 즉, 정보량이 다소 부족하더라도 그 불확실성을 반영한 의사결정을 지원할 수 있는 장점이 있다.

의사결정지원체계의 또 다른 측면은 지휘관과 참모의 자질에 관계없이 평균이상 의사결정이 가능토록 지원할 수 있다는 것이다. 전장에서의 긴박한 상황이나 한계상황에서의 의사결정은 평시의 의사결정과 달리 비합리적일 가능성이 존재한다. 이러한 경우에 의사결정 지원체계는 대안비교를 통하여 각 대안의 장단점을 제시할 수 있다. 또한 지휘관과 참모의 정보 기억력 한계, 인지의 한계 혹은 경험에 의한 편견, 스트레스에 의한 영향 등을 배제한 의사결정을 지원할 수 있는 장점이 있다.

3. 의사결정 지원체계의 효과

의사결정 지원체계의 전투에서의 효과의 정도는 정보의 불확실성과 결심가능시점을 상징적으로 표시한 <그림 2-2>의 그래프의 비교를 통하여 추정할 수 있다. 그래프는 지휘관의 지휘통제 능력이 지휘통제시간에 미치는 영향을 연구한 결과 그래프를 확장한 것이다.



<그림 2-3> 의사결정 지원체계의 효과비교

의사결정 지원체계가 없는 C4I체계와 의사결정 지원체계를 사용한 경우와의 차이가 나타나는 부분을 강조한 것이다. 의사결정 지원체계가 가용한 경우는 정보가 부족한 상황에서도 의사결정이 가능하다는 것이다. 또한 동일한 정보량인 경우에는 의사결정 지원시스템을 이용하는 경우에는 의사결정 시점을 빠르게 할 수 있다는 것이다. 의사결정 지원체계는 신속하고 결정적인 의사결정을 추구하는 네트워크 기반전의 개념을 구현 할 수 있는 최선의 무기체계임을 알 수 있다.

제 3 장 위협수준평가모델 개념설계

해군의 적 위협평가는 지상 전력의 계량화비교보다 더욱 복잡할 뿐만 아니라 함정의 크기와 성능에 따라 해양조건을 극복할 수 있는 능력이 각기 다르다. 또한 해군의 전투는 대공전, 대함전, 대잠전과 같은 다양한 전투가 존재한다.

그래서 이 연구에서는 위협평가항목이 함정에 동일한 영향을 받는다는 가정을 위해 함정과 함정간의 전투인 대함전만을 고려하며, 적함정은 SO-1급 경비정¹⁵⁾급 함정이라고 가정하여 해양조건을 극복할 능력은 같다고 가정하였다. 또한 적함정무장체계로는 여러 가지 무장체계 중 적함정의 함포만을 고려하며, 함포의 수는 1개로 가정한다. 아 함정의 함정제원은 적함정과 동일하다고 가정하였다.

제 1 절 함정 전투체계의 전투수행 절차¹⁶⁾

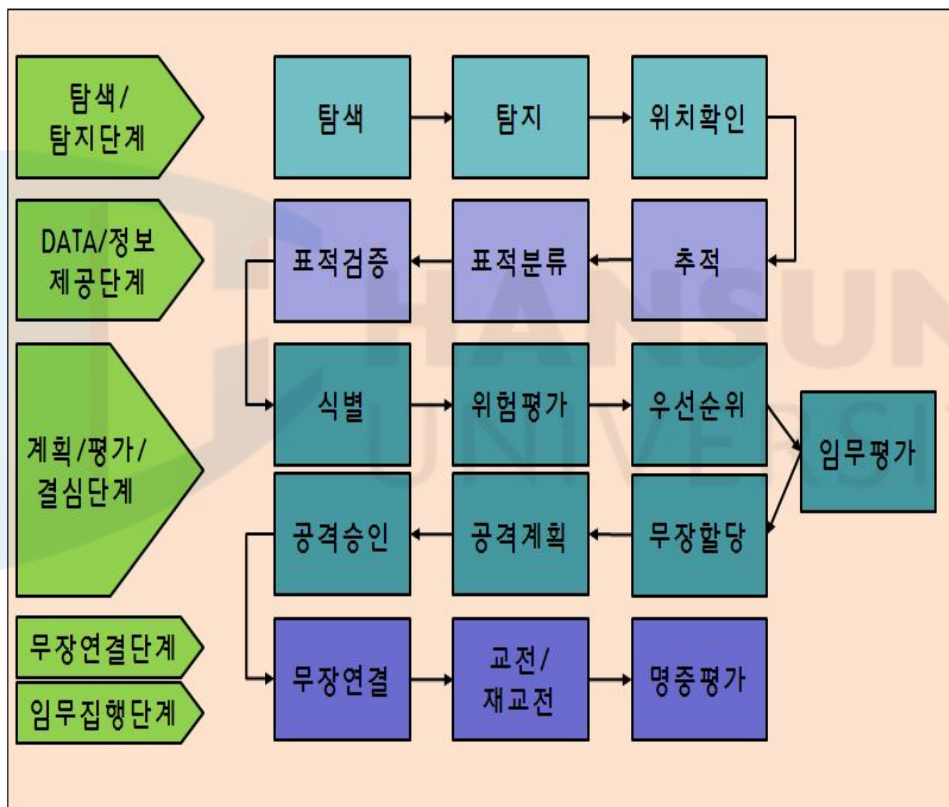
전투체계를 보유하고 있는 전투함정의 일반적인 전투체계 전투수행 절차는 크게 탐색·탐지단계, Data·정보 제공단계, 계획·평가·결심단계, 무장 연결·임무 집행 단계로 나누어지며 일련의 순환과정을 지속적으로 반복한다. <그림 3-1>은 각 단계에 대한 세부 설명으로 탐색·탐지단계에서 임무 집행 단계까지의 일련의 과정을 나타낸다. 함정은 적 정보를 획득하기 위하여 자함 센서(레이더, 음탐기, 전자전장비, 적아식별기) 등을 이용하여 탐색을 실시하며 탐색을 통해서 탐지된 표적은 지속적인 위치확인 과정을 거쳐 추적을 실시하게 된다.

추적된 표적은 함정에서 보유하는 통신망 및 센서체계 등을 통해 적아

15) 1995년 하바로프스크에 위치한 제레노돌스크 조선소와 케르치 조선소에서 최초로 진수된 초계정으로, 1958년 이후 후속함들은 배수량 200톤까지 증가하여, 67년까지 생산되었다. 1960년 초반 구소련에서 도입되어, 조선민주주의 인민공화국이 아직도 운용하는 초계정이다. 당 시 6~8척이 도입되었고, 1968년부터 북한에서 직접 건조하여 단순 초계용으로 운용되는 초계정으로 알려져 있다. 1990년 중반까지는 19척으로 알려졌고, 최근 자료에서는 18척이 운용되고 있다.

16) 이근록, 「시뮬레이션을 활용한 함정 전투체계의 효과측정에 관한 연구」, 서울 : 국방대학교, 2009.

구분 단계인 표적분류 및 검증 절차를 거치며 검증이 완료된 표적은 다시 식별절차를 거침으로써 적에 대한 정보를 완전히 식별한다. 식별된 표적은 표적의 속도, 보유무장, 의도 등을 종합 파악하여 위협평가를 실시하여 공격 우선순위를 할당하는데 이때 성분작전장교는 인근 우군세력과 정보교환을 통해 표적에 대한 공격을 수행 및 양도 여부를 결정하는 임무평가 단계를 거치게 된다. 임무평가에 의해 자함에서 작전수행하게 된다면 우선순위에 따라 표적에 대해 무장할당을 실시하고 공격계획을 지휘관에게 승인을 받는다. 지휘관의 공격승인 시 각각 우선순위 표적에 대해 무장별 연결을 통하여 교전을 실시하고 명중여부를 평가하는 절차를 수행하게 되는 것이다.



<그림 3-1> 함정 전투체계의 전투수행 절차도

이 연구에서는 계획·평가·결심단계의 과정 중 위협평가에 대해 알아보기 위해 위협요소를 식별하고 적함 출현 시 시간의 흐름에 따라 각 단계별 위협수준평가를 실시하여, 지휘관의 의사결정시 지원을 해주는 모델을 개발한다.

제 2 절 적함 위협요소 식별 및 분류

적함의 위협요소는 적함의 능력을 나타내는 정량적인 데이터와 적함의 의도로 나타내는 정성적인 데이터로 나눌 수 있다. 정량적인 데이터는 자함센서(레이더, 음탐기, 전자전장비, 적아식별기)와 데이터 통신으로 수신되는 정량적인 데이터와 적함의 의도로 파악할 수 있는 정성적인 데이터로 나눌 수 있다. 정성적인 데이터는 느낌, 의견, 판단 등의 정보가 포함된다.

위협요소를 식별하기 위해 전문가에게 자문하여 적함정의 위협평가 시, 영향을 미치는 위협요소를 식별하고 분류해 보았다. [표 3-1]는 전문가의 자문한 결과를 표로 나타내었다.

[표 3-1] 위협요소 분류

구분	중요도	위협요소
해양조건	예) 0.3	파고(m)
		시간대(hour)
		대기온도(℃)
		강수량(mm)
적함정제원	예) 0.8	사거리
		순항속도
전략환경	예) 0.5	대내적 환경
		대외적 환경

1. 해양조건 평가항목

해양조건 평가항목은 해양전장환경을 나타낸 정량적인 데이터로 자함의 센서와 데이터통신을 통해 아 함정에 수신을 받는다. 해양조건은 다시 파고, 시간대, 대기온도, 강우량 4개의 하위평가항목으로 분류하였다. 하위평가항목 중 파고는 해상의 파도의 높이를 측정한 데이터이며, 시간대는 현재 시간을 나타낸다. 대기온도는 대기온도를, 강우량은 시간당 해양에 강수량을 측정한 값이다.

이를 바탕으로 하위평가항목이 해양조건 평가항목의 위협수준에 어떻게 영향을 미치는지 전문가의 견해를 바탕으로 규칙에 대한 내용을 [표 3-2]에 나타내었다.

[표 3-2] 해양조건 평가항목에 대한 규칙

규칙	내용
1	파도의 높이가 높을수록 위협수준은 낮아진다.
2	취약시간에 위협수준이 높아진다.
3	대기온도가 낮거나 높으면 위협수준이 낮아진다.
4	강우량이 많을수록 위협수준은 낮아진다.

2. 적 함정제원 평가항목

적 함정제원 평가항목은 정량적인 데이터로 적함정제원에 관한 데이터이다. 적함정제원은 다시 사거리와 순항속도 2개의 하위요소로 분류하였다. 이 중 사거리는 적 함정이 보유한 무장의 사거리로 이 연구에서는 적 함정이 보유한 1정의 함포의 사거리만을 고려한다. 순항속도는 적 함정의 순항속도를 의미한다.

이를 바탕으로 하위평가항목이 위협수준에 어떻게 영향을 미치는지 전문가의 견해를 바탕으로 규칙에 대한 내용을 [표 3-3]으로 나타내었다.

[표 3-3] 적 함정제원 평가항목에 대한 규칙

규칙	내용
1	아 함정이 적 함정 함포 사거리 내에 존재할 경우 위협수준이 높아진다.
2	적함정의 속도가 순항속도 낮거나 높으면 위협수준이 높아진다.

3. 전략환경 평가항목

전략환경 평가항목은 앞의 두 항목과는 달리 정성적인 데이터로 적의 대·외적 환경에 관한 데이터이다. 즉, 적의 대·내외적 환경으로 인해 적의 의도를 파악하려는 항목이다. 적의 위협을 평가할 때, 정량적인 데이터만으로는 위협평가를 할 수가 없다. 적함정이 아 함정에 공격할 의도가 있는지를 파악하기 위한 항목들이다. 전략환경은 다시 대내적환경과 대외적 환경 2개의 하위요소로 분류하였다. 이중 대내적 환경은 최근 적군의 국내 환경을 의미한다. 예를 들면, 최근 이슈가 되는 김정일 사망설이나, 김정은 후계자 같은 사건들을 의미한다. 대외적 환경은 적군의 우리나라 및 외국 사이에 외교적 관계를 나타낸다. 예를 들면, 천안함, 연평해전 같은 사건이나, 이산가족상봉 등 여러 가지 상황이 있을 수가 있다.

이를 바탕으로 하위항목에 위협수준에 어떻게 영향을 미치는지 전문가의 견해를 바탕으로 규칙에 대한 내용을 [표 3-4]에 나타내었다.

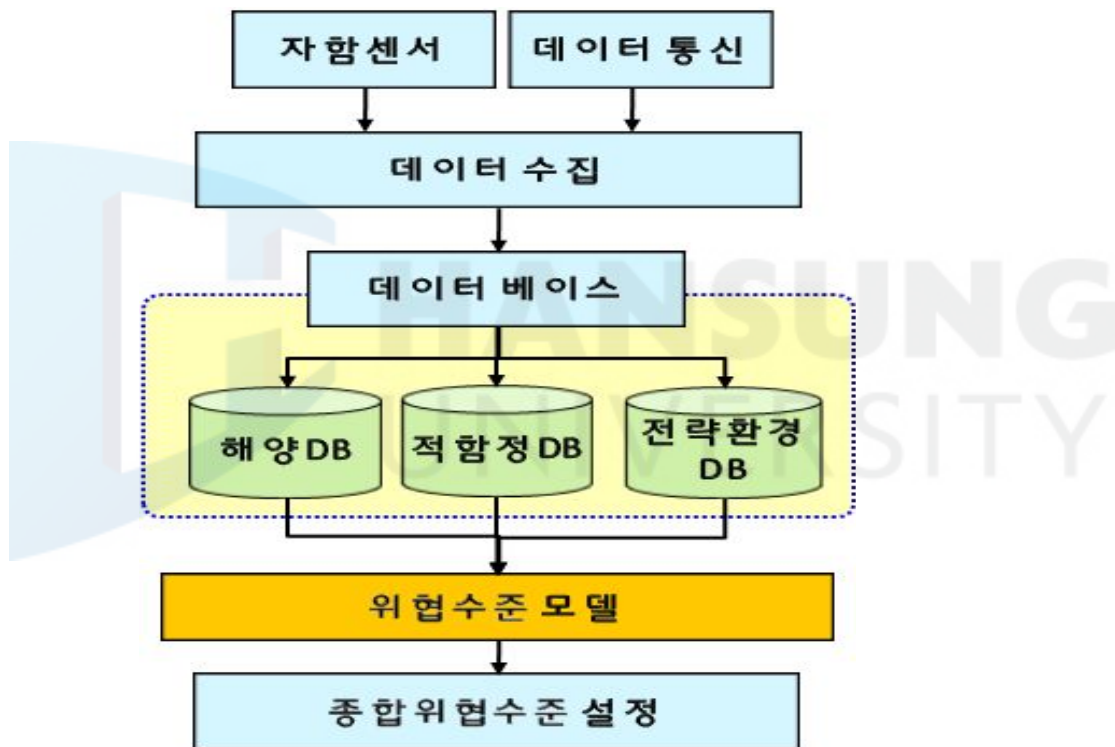
[표 3-4] 전략환경 평가항목에 대한 규칙

규칙	내용
1	적의 대내적 상황이 나쁠수록 위협수준은 높아진다.
2	적의 대외적 상황이 나쁠수록 위협수준은 높아진다.

제 3 절 위협수준평가모델 프로세스 설계

1. 위협평가모델 프로세스

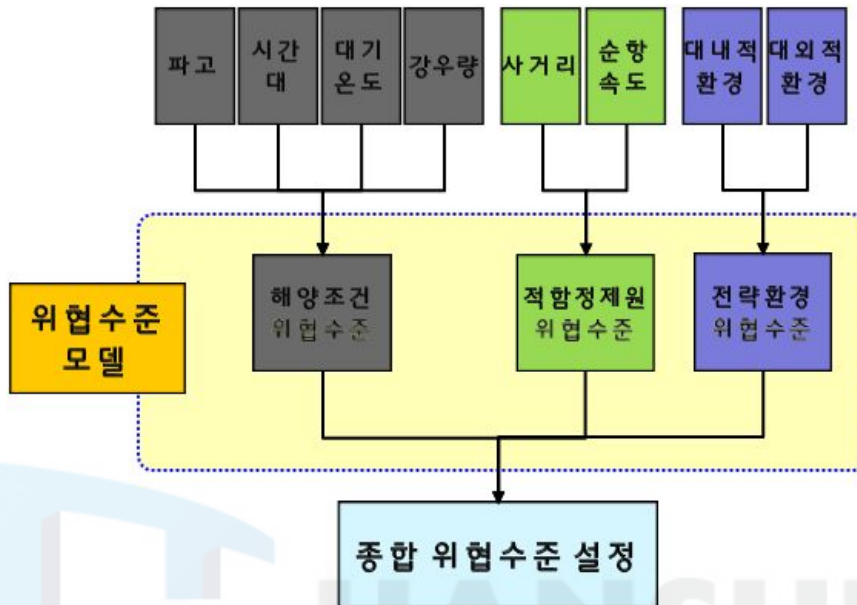
자함센서(레이더, 음탐기, 전자전장비, 적아식별기), 데이터 통신을 통해 수집된 데이터는 각 상위평가항목별 데이터베이스에 저장된다. 이때 해양조건에 관련된 데이터는 해양DB에 저장되며, 적함정제원에 관련된 데이터는 적함정DB에 저장되며, 전략환경에 관련된 데이터는 전략환경DB에 저장된다. 이렇게 수집된 데이터를 통해 위협수준 모델에 입력데이터로 들어오며, 위협수준모델의 프로세스를 거쳐 종합위협수준을 결정하게 되는데 이를 <그림 3-2>과 같이 나타낼 수가 있다.



<그림 3-2> 위협수준 프로세스

2. 위협수준평가모델 구조

앞에서 소개한 위협수준 프로세스 중 위협수준 모델 모듈은 <그림 3-3>과 같이 설계하였다.



<그림 3-3> 위협수준 모델구조

위에 그림에서 보면 위협수준 모델은 해양DB, 적함정DB와 전략환경DB에서 수집된 데이터 중 위협요소에 영향을 미치는 요인들을 선정하고, 각 요인들은 퍼지이론을 적용하여 각각의 위협수준을 결정한다. 그 후 각각의 위협수준은 종합위협수준을 결정하기 퍼지적분을 실시한다.

제 4 장 위협수준평가모델 개발

제 1 절 각 상위평가항목별 위협수준 평가

위협수준에 영향을 미치는 평가항목들은 보통 모호한 언어적 표현에 의해 평가하게 되므로 이를 정량화하기 위해서 퍼지추론을 이용한다. 먼저, 적합의 위협수준을 판단하기 위한 요소를 파악하기 위해, 현역군인의 자문을 통해 위협요소 조사하였다. 그 결과는 앞에 [표 3-1]로 나타났으며, 3가지 상위평가항목으로 분류하였다. 그 중 해양조건, 적합정제원은 정량적인 데이터이며, 적합 의도는 정성적인 데이터이다. 각 상위평가항목별 위협수준을 알아본다.

1. 해양조건평가항목 위협평가

해양조건 위협요소는 해양전장환경을 고려한 평가요소이다. 즉, 해양의 환경에 대한 데이터이다. 이 데이터들은 자함의 센서나 데이터통신 등을 통해 수집되는 정량적인 데이터이다. 이렇게 수집된 정보 중 전문가의 자문을 통해 이 중 위협평가에 가장 영향을 많이 미치는 요소 4가지를 설정하였다. 해양조건에 대한 위협평가를 나타내기 위한 입·출력 변수를 아래 [표 4-1]로 나타내었다.

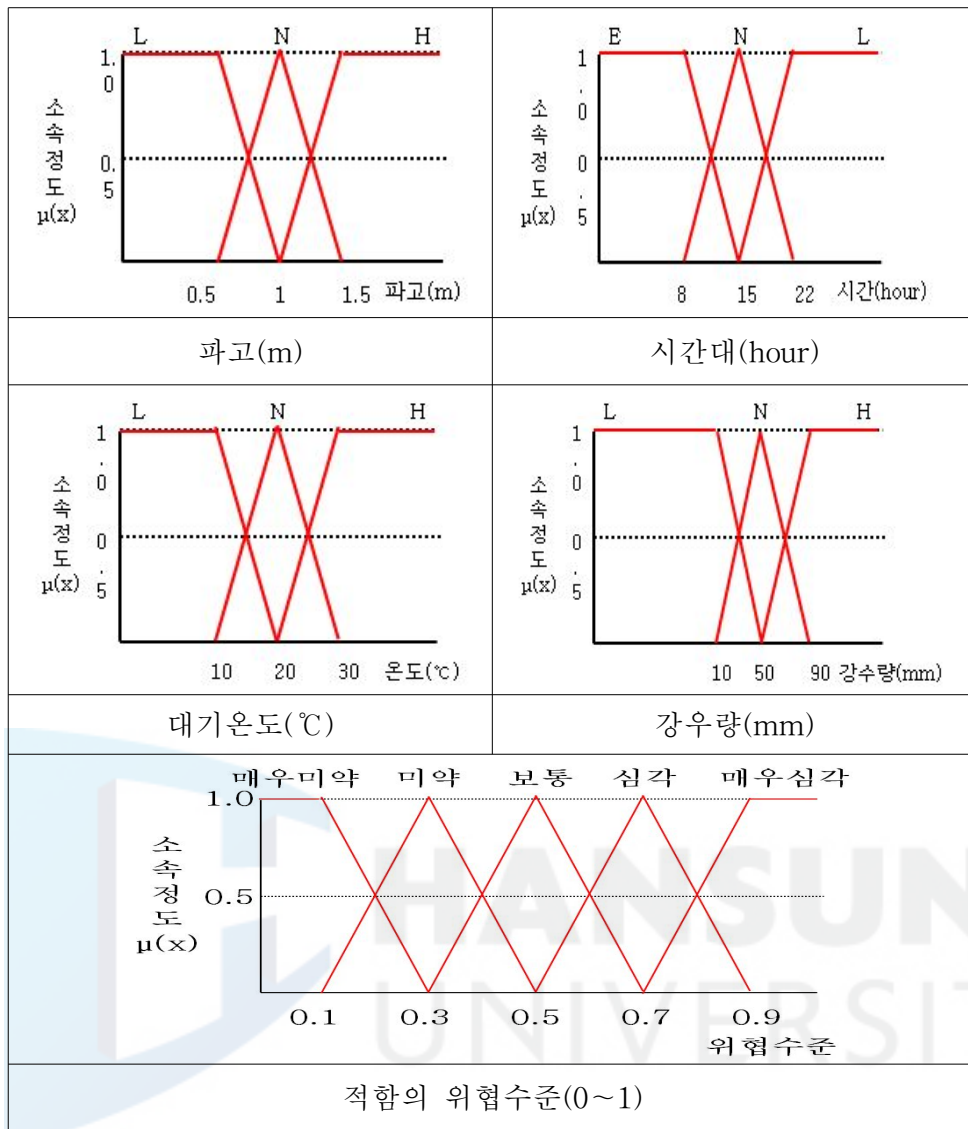
[표 4-1] 해양조건 입출력 변수

입력	파고	바다의 파도 높이(m)
	시간대	시간(hour)
	대기온도	대기온도(℃)
	강우량	강우량(mm)
출력	위협수준	적합의 위협수준(0~1)

해양조건의 4가지 입력변수는 각 입력변수별 삼각퍼지집합을 통하여 언어변수에 속할 정도를 구한다. 각각의 입력변수에 대한 언어변수를 고려해보면, 파고의 경우 파도가 높다(H: high), 파도가 정상이다(N : normal), 파도가 낮다(L : low)로 표현하였다. 시간은 시간이 저녁이다(L : late), 시간이 일과시간이다(N : normal), 시간이 새벽이다(E : early)로 표현하였다. 대기온도는 대기온도가 높다(H: high), 대기온도가 정상이다(N : normal), 대기온도가 낮다(L : low)로 표현하고, 강우량은 강우량이 높다(H: high), 강우량이 정상이다(N : normal), 강우량이 낮다(L : low)로 표현하였다.

이와 같이, 4개의 입력과 하나의 출력을 결정한 후, 전문가의 경험과 지식을 바탕으로, 각각의 입력을 각각 3개의 언어변수로 나누어 표현하였고, 출력은 5개의 언어적인 변수로 설정하였다. 이를 아래 <그림 4-1>으로 나타내었다.

각 입력변수별 언어적 분할에 따라, 언어적인 4개의 입력 변수의 조합에 3장의 해양조건 규칙에 따른 총 81개의 퍼지 룰베이스를 [표 4-2] 생성하였다. 이 때, 적합 위험수준을 나타내는 언어적 변수는 매우 심각(A), 심각(B), 보통(C), 미약(D), 매우미약(E)로 나타내고, 언어변수를 나타내는 수치는 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1로 정의 한다. 예를 들어 파고의 높이가 정상이고, 시간대가 새벽이며, 대기온도가 정상이고, 강우량이 높다면 룰베이스에 의해 출력변수는 매우심각(A)가 된다.



<그림 4-1> 해양조건 입출력 변수의 멤버십 함수

[표 4-2] 해양조건 룰베이스

과고 시간대 강우량 대기 온도		L			N			H		
		E	N	L	E	N	L	E	N	L
H	H	A	B	A	A	B	A	D	D	D
	N	B	C	B	B	C	B	E	E	E
	L	D	D	D	D	D	D	E	E	E
N	H	A	B	A	A	B	A	D	D	D
	N	B	C	B	B	C	B	E	E	E
	L	D	D	D	D	D	D	E	E	E
L	H	B	B	B	B	B	B	D	D	D
	N	B	C	B	B	C	B	E	E	E
	L	D	D	D	D	D	D	E	E	E

해양조건 위협수준을 산정하기 위해 센서나 데이터 통신을 통해 수신된 데이터를 위에 삼각 퍼지집합을 통해서 언어변수의 소속정도를 구한 후, 룰 베이스를 통해 해양조건에 대한 위협수준을 구한다. 해양조건의 4개의 요소가 위협수준 평가를 하는데 있어 선형관계를 따르지 않는 비선형관계에 있다. 비선형관계이기 때문에 계산이 복잡하여 처리속도가 길어지게 된다. 하지만 퍼지이론을 적용하면 복잡한 수식이 필요가 없으며 처리속도가 향상된다. 선형관계가 따르더라도 변수가 많아질 경우 계산이 복잡하기 때문에 퍼지이론을 적용하여 위협수준을 평가한다. 해양조건의 위협수준을 계산하기 위해 비퍼지화(defuzzification)과정을 거쳐 위협수준을 산정한다. 이때 비퍼지화 기법은 일반적으로 많이 쓰이고 있는 무게중심법(center of area method)을 사용한다. 무게중심법을 구하는 식은 아래 식과 같다.

$$x_0 = \frac{\sum_{i=0}^n \mu_s(x_i) \cdot x_i}{\sum_{i=0}^n \mu_s(x_i)}$$

여기서 x_0 는 비퍼지화된 값이며, $\mu_s(x_i)$ 는 변수 x_i 가 집합 S에 소속된 정도를 나타낸다. 여기서 비퍼지화 된 값은 해양조건의 위협수준을 나타내는 값이 된다.

2. 적 함정제원평가 항목 위협평가

적 함정제원 위협요소는 적함대의 제원 대한 데이터이다. 적 함대에 대한 제원에 대한 정보는 센서나 데이터 통신을 이용해 얻은 정보를 이용하여 위협수준을 평가한다. 이 연구에서는 전문가에게 자문을 얻어 적 함정제원요소 중 위협수준 평가에 영향을 크게 미치는 2가지만을 고려하였다. 적함정제원에 대한 위협평가를 나타내기 위한 입·출력 변수를 [표 4-3]으로 나타내었다.

[표 4-3] 적 함정제원 입출력 변수

입력	사거리	적함의 함포의 사거리
	속도	적함의 순항속도
출력	위협수준	적함의 위협수준(0~1)

각각의 입력요소의 대한 [표 4-4],[표 4-5]의 평가지수를 통해 언어변수를 결정하였다.

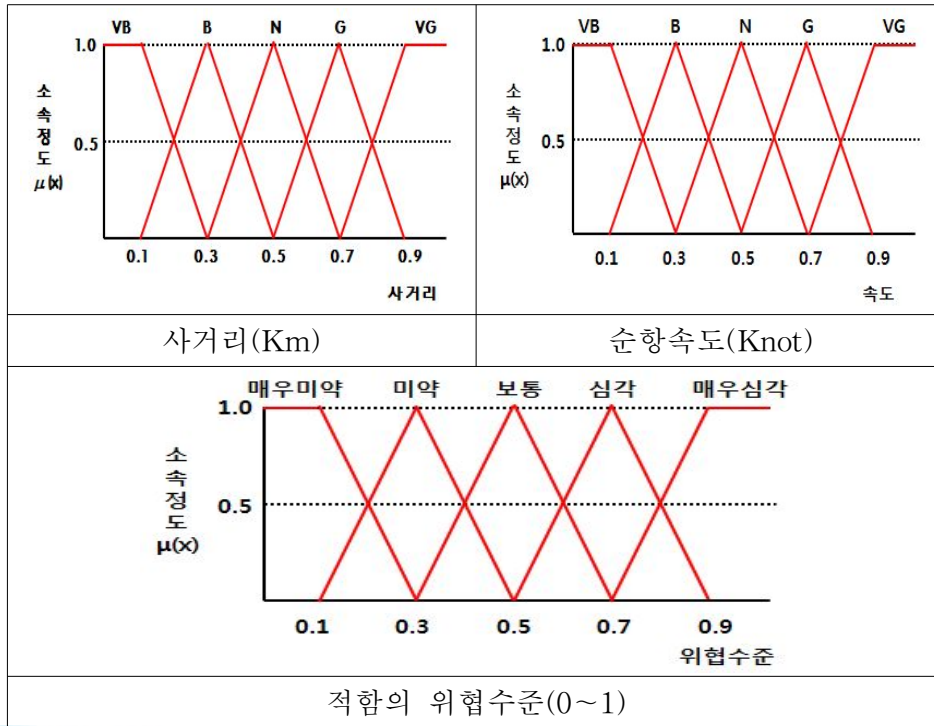
[표 4-4] 사거리 평가 지수

언어변수	사거리와 거리	평가지수
매우 길다	10 Km 초과	0.9
길다	0 ~ 10 Km	0.7
보통이다	사거리 내에 있다	0.5
짧다	-10 ~ 0 Km	0.3
매우 짧다	-10 Km 미만	0.1

[표 4-5] 순항속도 평가 지수

언어변수	순항속도 기준	평가지수
매우 빠르다	5 Knot 이상	0.9
빠르다	0 ~ 5 Knot	0.7
보통이다	순항속도 이다	0.5
느리다	-5 ~ 0 Knot	0.3
매우 느리다	-5 Knot	0.1

이와 같이, 2개의 입력과 1개의 출력을 결정한 후, 전문가의 경험과 지식을 바탕으로, 각각의 입력을 각각 5개의 언어변수로 나누어 표현하고, 출력도 5개의 언어적인 변수로 설정하였다. 이를 아래 <그림3-2>으로 나타내었다.



<그림 4-2> 입출력 변수의 멤버십 함수

<그림 4-2>의 언어적 분할에 따라, 언어적인 5개의 입력 변수의 조합에 따른 총 25개의 퍼지 룰 베이스를 [표 4-6] 생성하였다. 이 때, 적합 위험 수준을 나타내는 언어적 변수는 매우 심각(A), 심각(B), 보통(C), 미약(D), 매우미약(E)로 나타내고, 언어변수를 나타내는 수치는 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1로 정의 한다. 예를 들어 아함정이 적합정 함포의 사거리 내에 존재하고, 적합의 속도가 순항속도이면 룰베이스에 의해 출력변수는 심각(B)가 된다.

[표 4-6] 적 함정제원 룰베이스

		사거리				
		VB	B	N	G	VG
속도	VB	D	B	A	B	D
	B	E	C	A	C	E
	N	E	D	B	D	E
	G	E	C	A	C	E
	VG	D	B	A	B	D

적 함정제원 위협수준을 산정하기 위해 센서나 데이터 통신을 통해 수신된 데이터를 위에 <그림 4-2> 삼각 퍼지집합을 통해서 언어변수의 소속정도를 구하고, 룰 베이스를 통해 적함정제원에 대한 위협수준을 구하게 된다. 적함정제원의 2개의 요소가 위협수준 평가를 하는데 있어 해양조건과 마찬가지로 선형관계를 따르지 않는 비선형관계이다. 비선형관계이기 때문에 이를 수학적으로 계산을 하면 매우 복잡하고 처리속도가 길어지게 된다. 하지만 퍼지이론을 적용하면 복잡한 수식이 필요가 없고, 처리속도가 향상된다. 적함정제원의 위협수준을 계산하기 위해 비퍼지화(defuzzification)과정을 거쳐 위협수준을 산정한다. 이때 비퍼지화 기법은 일반적으로 많이 쓰이고 있는 무게중심법(center of area method)을 사용한다. 여기서 비퍼지화 된 값은 적함정제원의 위협수준을 나타내는 값이 된다.

3. 전략환경평가항목 위협평가

전략환경 위협요소는 해양조건, 적함정제원에 속하지 않으면서, 적의 위협평가에 영향을 미치는 정성적인 요인을 나타내는 평가요소이다. 이중 위협수준평가에 영향을 미치는 2개의 요소를 전문가의 자문을 통해 선정하였다. 평가항목 중 정량적으로 표현하기 어렵거나 의사결정자의 판단이 어

려운 경우에는 선택항목의 적합정도를 퍼지이론에 의한 언어변수로 나타내도록 하였다. 언어변수의 단계는 5단계로 구분하였다. 아래[표 4-7]는 전략환경에 대한 위협평가를 나타내기 위한 입·출력 변수를 아래 표로 나타내었다.

[표 4-7] 전략환경 입출력 변수

입력	대내적 환경	적의 대내적 상황
	대외적 환경	적의 대외적 상황
출력	위협수준	적함의 위협수준(0~1)

각각의 입력요소의 대한 [표 4-8],[표 4-8]의 평가지수를 통해 언어변수를 결정하였다.

[표 4-8] 대내적 상황 평가 지수

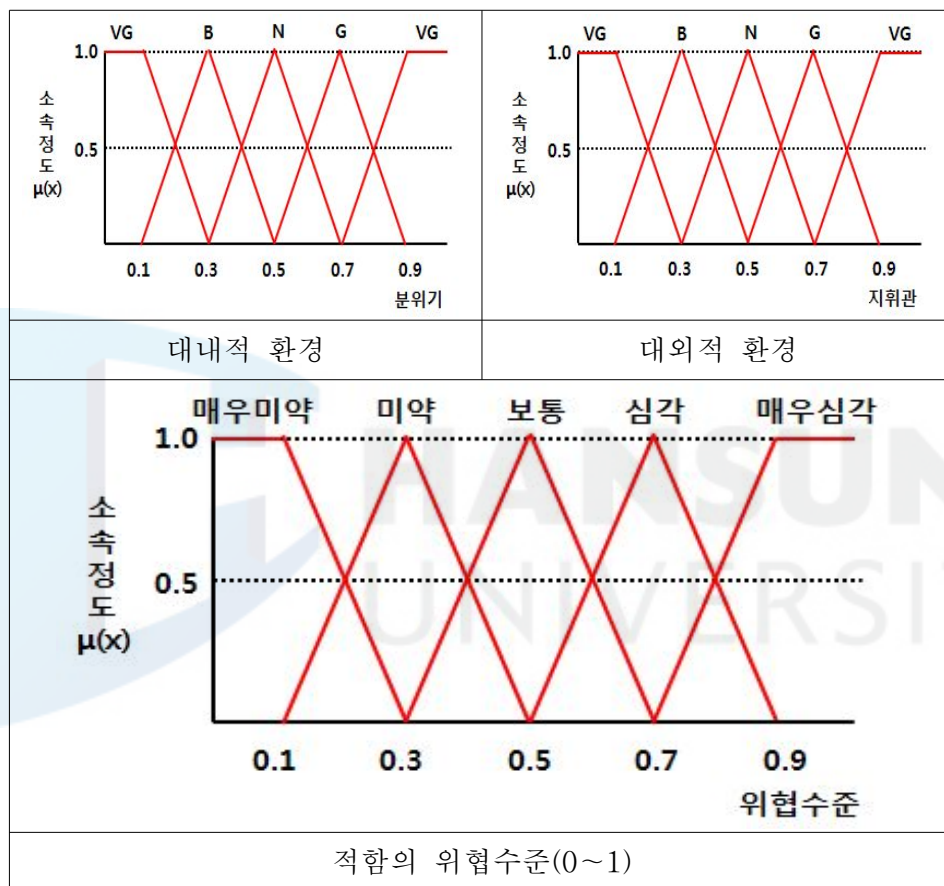
언어변수	대내적 상황	평가지수
매우 좋다	적의 대내적 상황이 매우 좋다	0.9
좋다	적의 대내적 상황이 좋다	0.7
보통이다	적의 대내적 상황이 보통이다	0.5
나쁘다	적의 대내적 상황이 나쁘다	0.3
매우 나쁘다	적의 대내적 상황이 매우 나쁘다	0.1

[표 4-9] 대외적 상황 평가 지수

언어변수	대외적 상황	평가지수
매우 좋다	적의 대외적 상황이 매우 좋다	0.9
좋다	적의 대외적 상황이 좋다	0.7
보통이다	적의 대외적 상황이 보통이다	0.5
나쁘다	적의 대외적 상황이 나쁘다	0.3
매우 나쁘다	적의 대외적 상황이 매우 나쁘다	0.1

각각의 요소의 대한 값은 삼각퍼지집합을 통하여 언어변수에 속할 정도를 구하고, 비퍼지화과정을 통해 위험수준을 산정한다. 이때 비퍼지화 기법은 무게중심법을 사용한다.

이와 같이, 2개의 입력과 하나의 출력을 결정한 후, 전문가의 경험과 지식을 바탕으로, 각각의 입력을 각각 5개의 언어변수로 나누어 표현하고, 출력은 5개의 언어적인 변수로 설정하였다. 이를 아래 <그림 4-3>으로 나타내었다.



<그림 4-3> 입출력 변수의 멤버십 함수

<그림 4-3>의 언어적 분할에 따라, 언어적인 5개의 입력 변수의 조합에 따른 총 25개의 퍼지 룰 베이스를 [표 4-10]으로 생성하였다. 이 때, 적합

위협수준을 나타내는 언어적 변수는 매우 심각(A), 심각(B), 보통(C), 미약(D), 매우미약(E)로 나타내고, 언어변수를 나타내는 수치는 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1로 정의 한다. 예를 들어 북한의 대내적 상황이 좋고, 대외적 상황이 보통이면 출력변수는 심각(B)가 된다.

[표 4-10] 전략환경 룰베이스

		대내적 환경				
		VB	B	N	G	VG
대외 적환 경	VB	A	A	B	D	D
	B	A	A	B	D	E
	N	A	B	B	E	E
	G	A	B	B	E	E
	VG	B	C	C	E	E

전략환경 위협수준을 산정하기 위해 적의 대·내외 상황을 위에 <그림 4-3> 삼각 퍼지집합을 통해서 언어변수의 소속정도를 구하고, 룰베이스를 통해 전략환경에 대한 위협수준을 구하게 된다. 전략환경의 2개의 요소가 위협수준 평가를 하는데 있어, 정성적인 데이터이기 때문에 퍼지이론을 적용한다. 적합정제원의 위협수준을 계산하기 위해 비퍼지화(defuzzification) 과정을 거쳐 위협수준을 산정한다. 이때 비퍼지화 기법은 일반적으로 많이 쓰이고 있는 무게중심법(center of area method)을 사용한다. 여기서 비퍼지화 된 값은 전략환경의 위협수준을 나타내는 값이 된다.

제 2 절 상위평가항목의 중요도

종합적인 위협수준을 산정하기 위해 상위평가항목에 각각의 가중치를 산정한다. 가중치는 평균치를 산출할 때 각 개별치에 부여되는 중요도로

비중을 서로 달리하는 여러 품목에 대한 하나의 평균치를 산출할 때, 단순한 산술평균만으로는 합리적인 수치를 뽑을 수가 없으므로 비중에 따라 각 개별품목에 알맞은 중요도를 결정하고 이를 적용시켜 평균치를 얻게 된다.¹⁷⁾ 그러므로 각각의 상위평가항목이 종합적인 위협수준에 얼마나 영향을 미치는지를 알아보기 위해 중요도를 산정한다. 주관적인 평가에서는 중요도를 수식으로 명확하게 산정하는 것은 거의 불가능하며 이때는 전문가의 경험이나 지식이 큰 역할을 차지한다. 가중치를 구하는 대표적인 방법에는 척도표시법(rating method), 점수할당법(point allocation method), 중회귀분석법(multiple regression method), 교환분석법(trade-off method), AHP(Analytical Hierarchy Process : 계층화 의사결정법) 및 Entropy 방법 등이 있다. 정량적인 평가항목과 정성적인 평가항목이 혼합된 평가에서 가중치를 구하는 것은 어려운 일이다. 이 연구에서는 복잡한 의사결정 문제를 효과적이고 체계적으로 해결할 수 있는 AHP를 이용하여 상대적인 중요도를 산정하고, 주관적 의사결정 문제의 해결에 적합한 퍼지적분을 수행하기 위해서는 상위평가요소의 절대적인 중요도가 요구되므로 퍼지척도 개념을 이용하여 상위평가요소의 절대적인 중요도를 산정한다. 퍼지척도는 개별 평가항목의 상위 평가항목에 대한 기여도로서 그 수치의 신뢰성이 다소 떨어진다. 이에 비하여 평가항목을 일대일 비교하여 구한 상대적 중요도는 그 수치의 신뢰성이 상대적으로 높다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 상황을 고려하여 퍼지척도를 이용하여 상위평가요소간 종합위협수준에 기여하는 정도인 절대적 중요도를 구하여 AHP로부터 구한 상위평가요소의 상대적인 중요도에 반영함으로써 종합위협수준의 중요도를 산정한다.

이 연구에서는 중요도를 산정하기 위해 현역군인 및 관련전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 E-mail 및 설문지를 통하여 시행하였으며, 설문지 35부를 배포하여 32부를 회수하였다. 설문응답자의 경력은 평균 16.7년이고, 20년 이상의 경력자가 33%를 차지하였다.

17) <http://100.naver.com/100.nhn?docid=2211>(검색일자 : 2010.11.29)

1. 상대적 중요도

상대적 중요도를 산정하기 위해 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 이용한다. AHP는 Thomas L.Saaty 교수가 고안한 모델로 정성적인 분석법의 일종으로 한 명 혹은 여러 명의 의사결정자가 참여하는 다기준(Multiple-criteria) 의사결정 문제에 사용된다. 평가기준과 대안을 계층적(Hierarchy)인 구조로 파악하여 최적의 대안을 선택한다. 자료가 완비되지 않은 여건 하에서 계획을 수립하고, 시간적으로 촉박한 상황 하에서 의사결정지원, 부서 간 의견 대립된 상황 하에서 대응방안수립 시에 사용된다. 평가 기준이 20개를 초과 할 때 다른 의사결정 방법보다 유용하다. AHP에서는 주관적인 평가와 상대적 비교를 사용하기 때문에 결과의 해석에는 어느 정도 제약이 필요하다. 즉, 판단 값 자체가 언어적 표현에 대응하는 수치이기 때문에 결과의 수치도 마찬가지로 언어적으로 해석해야 한다. AHP를 산정하는 단계는 <그림 4-4>와 같다.



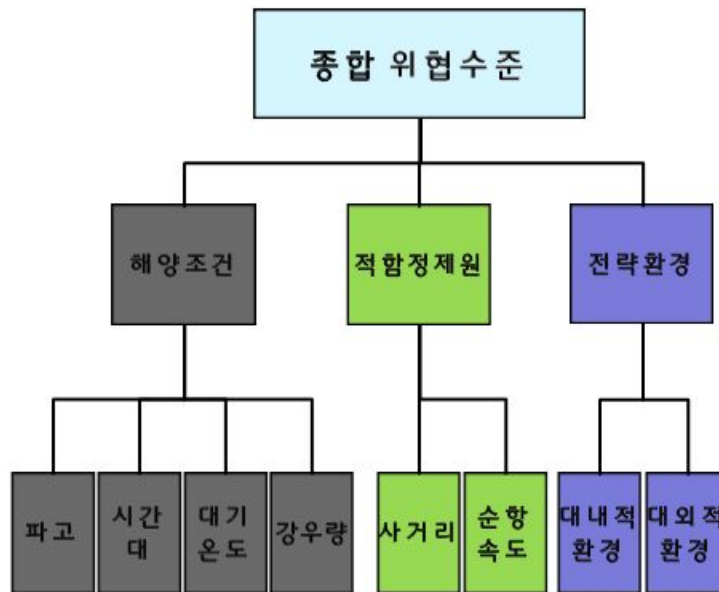
<그림 4-4> AHP 단계

1) 문제의 정의 및 목표설정

종합위협수준을 평가하기 위해 각 상위평가요소에 중요도를 부여한다. 상위평가요소는 해양조건, 적 함정제원, 전략환경 3가지로 구성되어 있다. 중요도가 클수록 종합위협수준에 많은 영향을 미친다.

2) 목적의 계층화

문제의 구조를 파악하고, 개별비교를 실시하기 위해서 <그림 4-5>와 같이 계층구조를 작성한다.



<그림 4-5> 계층적 구조

3) 비교행렬 작성

AHP를 이용하여 상위평가요소별 상대적인 가중치를 계산하기 위해 쌍대비교 중요도 척도[표 4-11]를 이용하여 비교행렬을 작성한다. 예를 들어 상위평가 항목 i 가 다른 상위평가 항목 j 보다 약간 더 중요하면, 중요도는 3이 되고, 반대는 $1/3$ 만큼 중요하다는 의미이다. [표 4-12]는 이러한 비교행렬을 통해 나온 결과중 하나의 모습이다.

[표 4-11] 쌍대비교 중요도 척도

중요도	의미
1	i 와 j 가 동일한 중요(Equal Importance)
3	i 가 j 보다 약간 더 중요(Moderate Importance)
5	i 가 j 보다 상당히 더 중요(Essential Importance)
7	i 가 j 보다 매우 더 중요(Demonstrated Importance)
9	i 가 j 보다 절대적으로 더 중요(Extreme Importance)
2,4,6,8	intermediate values

[표 4-12] 상위평가요소의 설문조사 예

j \ i	해양조건	적 함정제원	전략환경
해양조건	1	5	3
적 함정제원	1/5	1	0.5
전략환경	1/3	5	1

4) 가중치 계산

비교행렬을 작성한 후, 상대적인 가중치를 구하기 위해 Microsoft office Excel을 이용하여 아래와 같이 상대적인 가중치를 구했다. 가중치는 [표 4-13]과 같다.

[표 4-13] 상위요소의 가중치

j \ i	해양조건	적 함정제원	전략환경	가중치
해양조건	1	5.4	3.64	0.091
적 함정제원	0.19	1	0.3	0.671
전략환경	0.27	3.33	1	0.237

5) 일관성 검증

AHP를 이용하여 각 상위요소의 상대적인 가중치를 고려할 때, 주관적인 판단이 들어가기 때문에 가중치에 대해 얼마나 일관성이 있는지 판단해야 한다. 이때 일관성이란 다양한 의사결정 모형을 이용하여 정책의사결정에 관여하는 이해당사자로서 정책행위자의 의사결정의 인지적 분석과정을 통해 측정할 수 있으며, 분석적 계층화 방법(Analytic Hierachy Process: AHP)에서는 일관성지수(Consistency Index: CI)를 통해 대안들에 대한 쌍비교 행렬이 일관된 평가를 담고 있는가를 평가한다.¹⁸⁾ 이를 위

해 Microsoft Excel를 이용하여 구한 일관성지수는 0.0371이다.

이때, 일관성지수가 완벽할 경우 0이 되며, 그 크기가 0.1보다 크지 않다면 일관성이 있다고 판단한다. 또 다시, 일관성 지수를 검증하는 방법으로 정합도(Consistency Ratio : CR)를 이용하는데 CR은 아래 식과 같은 방법으로 구한다.

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \text{ 여기서, } C.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

이때, R.I(Random Index)는 행렬의 차수 n에 따라 [표 4-14]와 같이 정의 된다.

[표 4-14] 행렬의 차수에 따른 R.I의 값

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

일관성지수는 검증하는 정합도는 인간 판단력의 한계 때문에 대체로 0보다 크며 일관성이 나쁠수록 그 값이 커지게 된다. 정합도가 0.1보다 작으면 일관성이 있다고 일반적으로 생각한다.

이를 이용하여 R.I를 구하면 0.064로 0.1보다 작으므로 설문조사를 통해 나온 상대적인 중요도는 믿을 수 있다고 할 수 있다.

2. 절대적 중요도

퍼지적분을 이용하여 종합적인 위협수준을 산정하기 위해서는 각 상위 평가요소의 절대적인 중요도가 필요하다. 이를 위해 상위평가요소가 종합 위협수준에 얼마나 영향을 미치는 정도를 퍼지척도(fuzzy measure)를 이용하여 절대적 중요도를 산정한다. 일반적인 의사결정 문제에서는 각 평가

18) T. L. Saaty, (1980) The Analytic Hierarchy Process: Planing, Priority, Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill Book Co.

항목이 의사결정에 기여하는 정도 또는 중요도를 퍼지척도로 사용한다. 주관적인 의사결정문제에서 객관적인 값으로 구하기는 매우 어려우며 일반적으로 전문가의 경험을 이용하여 산정하게 된다. 그래서 절대적 중요도를 산정하기 위한 방법으로는 전문가의 경험을 이용하기 위해 설문조사를 통하여 절대적인 중요도를 산정하였다. [표 4-15]는 설문조사 시에 상위평가 요소가 종합위험수준에 영향을 미치는 정도를 나타내는 평가척도이다.

[표 4-15] 절대적 중요도 산정을 위한 평가척도

언어변수	언어변수의 의미	평가척도	평가지수
절대적으로 중요하다	절대적인 영향을 미친다	6	0.90
극히 중요하다	극히 큰 영향을 미친다	5	0.75
매우 중요하다	매우 큰 영향을 미친다	4	0.60
중요하다	많은 영향을 미친다	3	0.45
약간 중요하다	약간의 영향을 미친다	2	0.30
중요하지 않다	미미한 영향을 미친다	1	0.15
전혀 중요하지 않다	전혀 영향을 미치지 않는다	0	0

예를 들어 상위평가항목 i가 극히 중요하다고 생각하면 평가척도가 5가 되며, 그에 따른 평가지수는 0.75가 된다. [표 4-16]는 절대적 중요도 산정을 위한 설문조사의 예이다.

[표 4-16] 절대적 중요도 산정을 위한
설문문항 예

구분	평가척도
해양조건	5
적 함정제원	2
전략환경	3

[표 4-17]은 설문조사 결과를 나타내 표이다.

[표 4-17] 절대적 중요도 결과

구분	중요도
해양조건	0.42
적 함정제원	0.75
전략환경	0.52

3. 중요도 보정

중요도 보정은 퍼지척도로부터 평가항목들간의 상대적인 관계인 내적관계(Redundancy)를 구하고, 이러한 내적관계를 AHP로부터 구한 평가항목의 상대적 중요도에 반영하여 구한다. 즉 상대적 중요도를 절대적 중요도의 내적관계만큼 일정비율로 증감함으로써 보정된 중요도를 구할 수 있다.

예를 들어, 상위평가항목인 해양조건(x_1), 적 함정제원(x_2), 전략환경(x_3)이고 X 는 평가항목의 집합이다. 상위평가항목 $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ 의 AHP에 의한 상대적인 중요도 $\{W_r\} = \{0.091, 0.671, 0.237\}$ 이고, 퍼지척도에 의한 절대적 중요도 $\{W_a\} = \{0.42, 0.75, 0.52\}$ 이다. Sugeno의 λ -퍼지척도에서

$g(X)=1$ 경계조건으로부터 변수 λ 를 구한다. 여기서 λ 는 평가항목간의 관계를 나타내는 지표로 쓰인다. $\lambda>0$ 인 경우에는 상승적(super-additivity)인 관계를 나타내고, $\lambda=0$ 인 경우에는 가법적(additivity)인 관계를 그리고 $\lambda<0$ 인 경우에는 대체적(sub-additivity)인 관계를 나타낸다. 상승적인 관계에서는 평가항목들이 서로를 보강하여 주며, 가법적인 관계에서는 평가항목들이 서로 독립적이며, 대체적인 관계에서는 평가항목들이 서로 경쟁적인 상태에 있음을 나타낸다. Sugeno λ -퍼지척도에서 경계조건을 적용하면 아래식과 같다.

$$1 + \lambda = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda g_i)$$

λ 를 구하기 위해 퍼지척도에 의한 절대적인 중요도 $\{W_a\} = \{0.42, 0.75, 0.52\}$ 에 대하여 방정식을 만들면 아래 식과 같다.

$$(1 + \lambda g_{a_1})(1 + \lambda g_{a_2})(1 + \lambda g_{a_3}) - 1 - \lambda = 0$$

이를 위에 식에 대입하면

$$(1 + 0.42\lambda)(1 + 0.75\lambda)(1 + 0.52\lambda) - 1 - \lambda = 0$$

위의 방정식을 λ 에 대해 풀면 $\lambda = -0.89$ 가 된다. λ 는 퍼지척도에 따른 평가항목들 간의 내적관계로 $\lambda<0$ 이므로 이 평가항목들은 대체적인 관계를 나타낸다.

평가항목의 중요도 $\{W\}$ 는 AHP에 의한 상대적인 중요도 $\{W_r\}$ 에 일정한 상수 c 를 곱하여 $c \times \{W_r\}$ 과 같이 나타낼 수 있다. 즉,

$$\{W\} = c \times \{0.091, 0.671, 0.237\}$$

여기서 c 는 퍼지척도 상수이고, 이 값은 $\{W_a\}$ 를 Sugeno λ -퍼지척도의 경계조건을 적용하여 구할 수 있다. 이를 식으로 나타내면 다음 식과 같다.

$$(1 + \lambda ga_1)(1 + \lambda ga_2)(1 + \lambda ga_3) - 1 - \lambda = 0$$

$$= (1 + 0.091 \times \lambda \times c)(1 + 0.671 \times \lambda \times c)(1 + 0.237 \times \lambda \times c) - 1 - \lambda = 0$$

위의 방정식에 λ 값인 -0.89 을 대입하여 c 에 대하여 풀면 $c= 1.38$ 이 된다. 최종적으로 평가항목의 중요도를 구하면 $\{W\}=\{0.16, 0.926, 0.327\}$ 이 되고 이를 정리하면 [표 4-18]과 같다.

[표 4-18] 상위평가항목의 최종중요도

중요도 평가항목	상대적 중요도	절대적 중요도	보정된 중요도
해양조건	0.091	0.42	0.16
적 함정제원	0.671	0.75	0.926
전략환경	0.237	0.52	0.327

제 3 절 종합위협수준 평가

상위평가요소와 위협수준과 각 상위요소별 보정된 중요도를 통해 종합적인 위협수준을 평가할 수가 있다. 이때 3개의 상위 위협수준과 중요도를 종합하기 위해 2.1절에 Choquet 퍼지적분식을 사용한다. 이 때 상위평가요소의 보정된 중요도가 $\{0.16, 0.926, 0.327\}$ 이므로, 상위평가요소들을 동시에 고려했을 때의 중요도를 λ -퍼지척도를 이용하여 구하면 [표 4-19]와 같다.

$$g(\{x_1, x_2\}) = g(\{x_1\}) + g(\{x_2\}) + \lambda(\{x_1\})g(\{x_2\})$$

[표 4-19] 상위요소의 Sugeno - λ 척도

Set	중요도
$\emptyset$	0
{x1}	0.16
{x2}	0.926
{x3}	0.327
{x1,x2}	0.954
{x1,x3}	0.44
{x2,x3}	0.984
{x1,x2,x3}	1

상위평가항목의 위협수준이 각각 {0.343, 0.519, 0.574}이고 앞에서 구한 보정된 중요도를 가지고 종합위협수준을 예를 들면 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \int_x h(x) \bullet g(x) \\
 &= h(x_1)g\{(x_1, x_2, x_3)\} + [h(x_2) - h(x_1)]g\{(x_2, x_3)\} + [h(x_3) - h(x_2)]g\{(x_3)\} \\
 &= 0.343 \times 1 + (0.519 - 0.343) \times 0.984 + (0.574 - 0.519) \times 0.327 \\
 &= 0.534
 \end{aligned}$$

제 5 장 위협수준평가모델 구현 및 검증

제 1 절 위협수준평가모델 구현

본 연구를 위해 개발된 모델은 Microsoft Visual Studio 6.0의 Visual Basic 6.0을 이용하여 개발하였으며, 사용자 인터페이스(UI)는 <그림 5-1>과 같다.

해양조건항목은 자함센서 및 데이터 통신으로 받은 실시간 데이터를 통해 위협평가를 실시한다. 이 연구에서는 여러 가지 상황일 때의, 위협평가를 알아보기 위해 임의적으로 데이터를 발생하여, 여러 가지 상황에 대해 위협평가를 실험한다. 또한 적 함정제원 항목도 자함센서나 데이터 통신으로 받은 데이터를 통해 위협평가를 실시하며, 여러 가지 상황에 대해 위협평가를 실험하기 위해 임의적으로 데이터를 발생하여 실험한다. 하지만 전략환경에 대한 데이터는 실험자의 판단에 의해 실험을 실시하며, 실제 전장상황에서는 지휘관이 결정을 하게 된다.

해양조건	
파고	0
시간대	0
대기온도	0
강우량	0
위협수준	0

적함정제원	
유효사거리	0
순항속도	0
위협수준	0

전략환경	
대내적환경	0
대외적환경	0
위협수준	0

종합위협수준	
	0

START

<그림 5-1> 프로그램 UI

제 2 절 위협수준평가모델 검증

모델검증을 위해 실제 데이터를 모델의 입력데이터로 넣어 결과 값을 실제상황과 비교하는 것이 가장 정확한 검증방법이다. 하지만, 군 특성상 실제데이터를 사용하지 못함으로, 임의의 데이터를 이용하여 이 모델에 대해 검증해 본다.

먼저 모델의 결과 값의 상증하 기준을 확인하여 검증하기 위해 [표 5-1] 과 같은 입력데이터를 넣었다.

[표 5-1] 위협수준 평가 실험결과

순 서	해양조건				적 함정제원		전략환경		종합 위협 수준
	파 고	시간 대	대기 온도	강우 량	사거리	순항 속도	대내적 환경	대외적 환경	
1	2	15.5	5	3	0.9	0.5	0.8	0.8	0.18
2	0.3	7	6	4	0.55	0.55	0.15	0.15	0.895
3	1.1	15.5	25	52	0.75	0.75	0.55	0.55	0.454

첫 번째 데이터는 위협수준이 낮은 상황에 대해 고려하였으며, 이에 맞는 입력데이터를 입력해 보았다. 그 결과 0.18의 결과 값이 나왔다. 두 번째 데이터는 위협수준이 높은 상황에 대해 고려하였으며, 이에 맞는 입력데이터를 입력해 보았다. 그 결과 0.895라는 결과 값이 나왔으며, 세 번째 데이터는 위협수준이 중간 상황에 대한 대해 고려하였으며, 이에 맞는 입력데이터를 입력하여 0.454이라는 결과가 나왔다.

예상대로 첫 번째 데이터가 0.18이라는 0에 가까운 결과 값이 나오므로 위협수준이 낮은 상황임을 알 수 있었으며, 두 번째 데이터는 0.895라는 1에 가까운 결과 값을 나타내면서 위협수준이 높은 상황임을 알 수 있었다. 마지막 데이터가 0.454이라는 결과 값이 나오면서 위협수준이 중간 상황에 대한 상황을 잘 나타내고 있다.

다른 검증 방법으로 임의의 입력데이터를 바탕으로 모델의 위협수준과

전문가의 위협수준을 비교해보기로 한다. 집단의 특성이 동질적 일 때 집단의 크기는 적어도 비슷한 결과가 나타나므로, 여기서는 비슷한 경험과 경력을 가진 3명의 전문가에게 임의로 50가지 상황을 제시하였고, 이를 입력데이터로 정리하였다. [표 5-2]는 입력데이터 중 일부를 정리하였다.

[표 5-2] 위협수준 비교 입력데이터

순 서	해양조건				적 함정제원		전략 환경	
	파고	시간대	대기 온도	강우량	사거리	순항 속도	대내적 환경	대외적 환경
1	2.94	1.66	19.70	0.02	0.87	0.89	0.54	0.58
2	1.05	9.68	12.41	76.52	0.18	0.07	0.91	0.74
3	0.33	23.87	30.54	28.14	0.38	0.93	0.70	0.09
4	0.60	19.40	31.03	54.81	0.55	0.35	0.13	0.48
5	0.80	10.18	24.19	2.66	0.41	0.59	0.11	0.96
6	0.04	24.13	22.60	45.60	0.47	0.03	0.81	0.94
7	2.71	20.17	20.39	55.42	0.36	0.74	0.17	0.23
8	0.79	22.13	26.09	81.60	0.20	0.22	0.35	0.26
9	1.52	8.22	6.46	98.44	0.75	0.96	0.56	0.63
10	0.60	6.06	8.22	8.60	0.85	0.58	0.66	0.80
...	...	...	...	...	...	...	...	...
42	2.55	18.64	3.12	54.90	0.60	0.89	0.54	0.32
43	0.24	15.95	29.32	98.83	0.12	0.32	0.82	0.51
44	0.95	10.98	34.84	47.96	0.69	0.66	0.17	0.65
45	1.68	13.75	9.21	40.91	0.44	0.15	0.83	0.39
46	0.32	17.91	10.40	30.17	0.98	0.82	0.78	0.41
47	2.95	14.95	22.64	8.58	0.10	0.42	0.47	0.93
48	2.41	17.89	10.53	75.91	0.50	0.75	0.94	0.07
49	1.36	13.95	32.30	65.01	0.96	0.98	0.96	0.69
50	0.50	12.31	12.65	18.74	0.43	0.02	0.27	0.50

3명의 전문가는 50가지 상황에 대해 결과 값을 직관적인 전문가의 견해에 따라 0~1 까지 수로 나열하였고, 각 상황별 3명의 전문가의 결과 값에 평균을 내었다. 이 중 일부를 [표 5-3]에 정리하였다.

[표 5-3] 위협수준 결과 값 비교

순서	종합 위협수준	
	모델	전문가
1	0.408	0.433
2	0.48	0.500
3	0.744	0.800
4	0.75	0.717
5	0.632	0.600
6	0.827	0.700
7	0.71	0.800
8	0.55	0.333
9	0.588	0.600
10	0.344	0.483
...	...	...
42	0.182	0.19
43	0.603	0.66
44	0.730	0.77
45	0.307	0.39
46	0.231	0.38
47	0.855	0.9
48	0.287	0.3
49	0.822	0.85
50	0.542	0.6

모델과 전문가의 결과 값을 동시에 살펴보면, 몇 개의 데이터를 제외하고는 대부분 비슷한 결과를 보이고 있다. 모델의 결과 값과 전문가의 결과 값이 다른 이유는 위협수준평가모델에는 정성적인 평가항목이 포함되어 있기 때문이다. 그러므로 이 모델이 지휘관의 위협평가시 지휘관의 의사결정을 지원하는 체계로 충분히 활용될 가치가 있다고 판단된다.

제 3 절 위협수준평가모델 적용(예)

1. 가상의 시나리오(1)

시간의 흐름에 따라 위협수준의 변화를 알기 위해 가상의 시나리오를 통해 모델을 실험해 본다. 이를 위해 가상의 시나리오를 [표 5-4]처럼 가상의 시나리오를 작성해 보았으며, 이에 맞는 임의의 입력데이터를 [표 5-5]처럼 입력하였다.

[표 5-4] 가상의 시나리오(1)

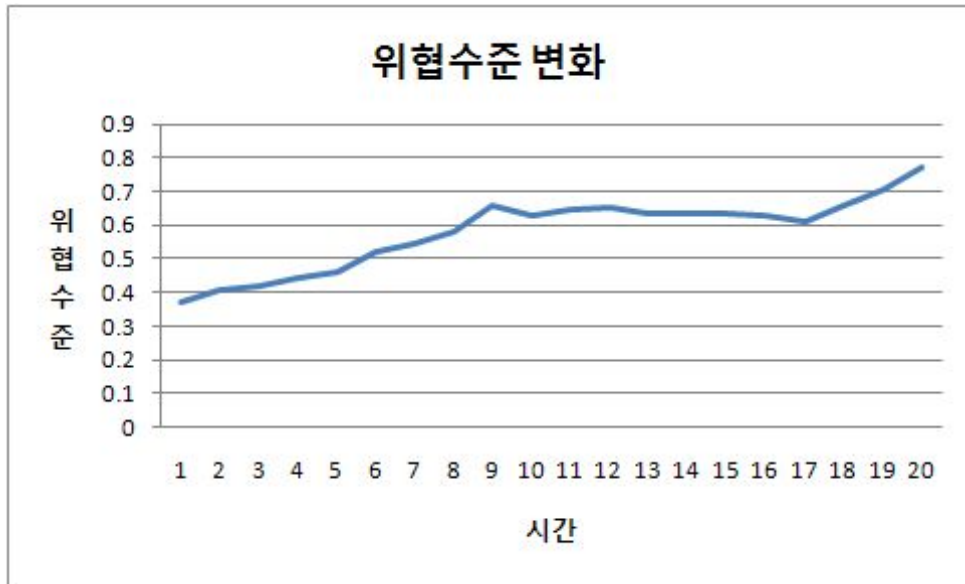
구 분		내 용	비 고
해양 조건	일 시	2010년 11월 OO일 오전 10시~12시	
	장 소	해상	
	날 씨	맑음	
적 함정 제원	종 류	경비정(1척)	
	순 항	28knot	
	속 도		
	가 용 무 기	함포 1정	
대내외 상황	대 내 상 황	최근 적의 상황이 대내적으로 다소 나쁘다	
	대 외 상 황	최근 적의 상황이 대내적으로 다소 나쁘다	

[표 5-5]의 입력데이터를 토대로 상황을 자세히 살펴보면 해상의 날씨는 대체로 맑은 편이고, 적의 대내외적인 상황은 다소 나쁜 편이다. 이런 상황에서 적의 함정이 오전 10시 해상에 적함정이 출현 했을 때는 모델을 통한 위협수준이 0.372가 나왔다. 이를 보아, 대내외적인 상황이 다소 나쁘더라도 적함정의 사거리 내에 진입하지 않았기 때문에 위협수준이 낮다는 것을 알 수 있다. 하지만 시간이 0.1시간씩 증가하면서, 적 함정은 순항속도보다 빨리 이동하였다. 이로 인해 아함정이 적함정의 사거리에 가까워지

면서 위협수준이 0.77까지 증가하고 있다. 이를 그래프로 나타내면 <그림 5-2>과 같다.

[표 5-5] 가상의 시나리오(1) 입력데이터 및 결과

순 서	해양조건				적 함정제원		전략환경		종합 위협 수준
	파 고	시간 대	대기 온도	강우 량	사거리	순항 속도	대내적 환경	대외적 환경	
1	0.5	10	20.1	3	0.9	0.50	0.32	0.45	0.372
2	0.4	10.1	20.3	2	0.88	0.55	0.32	0.45	0.406
3	0.3	10.2	20.4	1	0.86	0.60	0.32	0.45	0.418
4	0.2	10.3	20.4	1	0.84	0.65	0.32	0.45	0.446
5	0.3	10.4	20.5	0	0.82	0.70	0.32	0.45	0.459
6	0.4	10.5	20.2	0	0.80	0.75	0.32	0.45	0.519
7	0.1	10.6	21	0	0.78	0.80	0.32	0.45	0.547
8	0.3	10.7	21	0	0.76	0.85	0.32	0.45	0.583
9	0.4	10.8	21	0	0.74	0.90	0.32	0.45	0.66
10	0.2	10.9	22	0	0.72	0.85	0.32	0.45	0.63
11	0.3	11	21.3	0	0.70	0.80	0.32	0.45	0.647
12	0.4	11.1	20.9	0	0.68	0.75	0.32	0.45	0.652
13	0.5	11.2	21	0	0.66	0.70	0.32	0.45	0.634
14	0.3	11.3	20.4	0	0.64	0.65	0.32	0.45	0.636
15	0.4	11.4	20.5	0	0.62	0.60	0.32	0.45	0.634
16	0.3	11.5	20.6	0	0.60	0.55	0.32	0.45	0.627
17	0.2	11.6	20.7	0	0.58	0.50	0.32	0.45	0.611
18	0.1	11.7	20.5	0	0.56	0.45	0.32	0.45	0.66
19	0.5	11.8	20.5	0	0.54	0.40	0.32	0.45	0.704
20	0.7	11.9	20.5	0	0.52	0.35	0.32	0.45	0.77



<그림 5-2> 종합위협수준의 변화

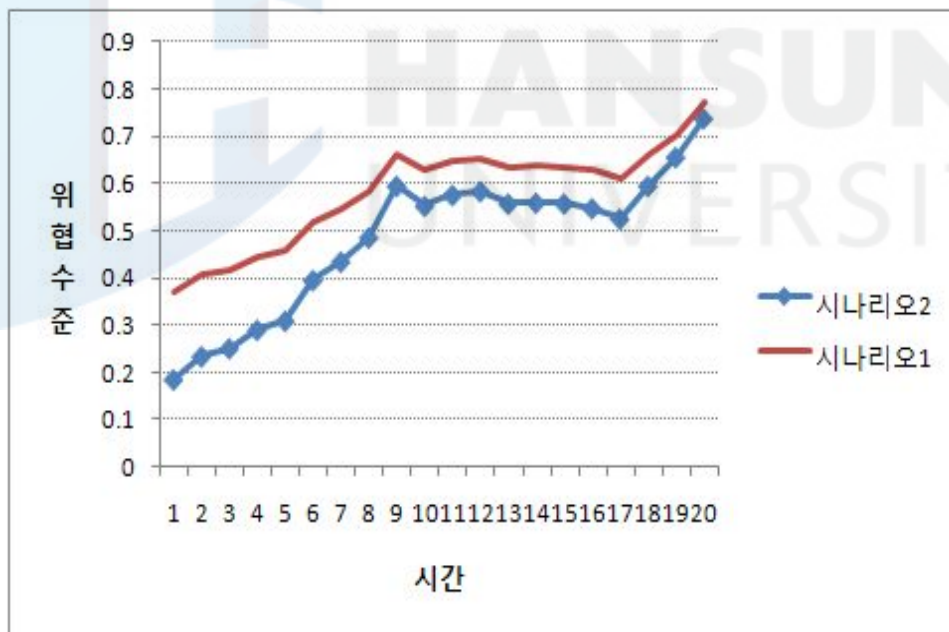
2. 가상의 시나리오(2)

가상의 시나리오(2)는 적의 대내외적인 상황과 적함정제원간에 위협수준에 얼마나 영향을 미치는지 알아보기 위한 실험으로, 이를 위해 가상의 시나리오를 [표 5-6]처럼 가상의 시나리오를 작성해 보았다. 또한 이에 맞는 임의의 데이터를 [표 5-7]에 입력하였다.

즉, 가상의 시나리오(1)에 적의 대내외 적인 상황을 바꿔서 실험해 보았다. 이를 위해, 입력데이터는 가상의 시나리오(1)에 대내적 상황을 0.32에서 0.8로, 대외적 상황을 0.45에서 0.85로 각각 수정하여 적의 대내외적 상황이 매우 좋다고 가정한 후 이 때의 위협수준을 [표 5-7]에 나타내었다.

[표 5-6] 가상의 시나리오(2)

구 분		내 용	비 고
해양 조건	일 시	2010년 11월 OO일 오전 10시~12시	
	장 소	해상	
	날 씨	맑음	
적 함정 제원	종 류	경비정(1척)	
	순 향		
	속 도	28knot	
	가 용 무 기	함포 1정	
대내외 상황	대 내 상 황	최근 적의 대내적 상황이 매우 좋다	
	대 외 상 황	최근 적의 대외적 상황이 매우 좋다	



<그림 5-3> 위협수준 비교

[표 5-7] 가상의 시나리오(2) 입력데이터 및 결과

순 서	해양조건				적 함정제원		전략환경		종합 위협 수준
	파 고	시간 대	대기 온도	강우 량	사거리	순항 속도	대내적 환경	대외적 환경	
1	0.5	10	20.1	3	0.9	0.50	0.8	0.85	0.186
2	0.4	10.1	20.3	2	0.88	0.55	0.8	0.85	0.235
3	0.3	10.2	20.4	1	0.86	0.60	0.8	0.85	0.252
4	0.2	10.3	20.4	1	0.84	0.65	0.8	0.85	0.291
5	0.3	10.4	20.5	0	0.82	0.70	0.8	0.85	0.31
6	0.4	10.5	20.2	0	0.80	0.75	0.8	0.85	0.396
7	0.1	10.6	21	0	0.78	0.80	0.8	0.85	0.435
8	0.3	10.7	21	0	0.76	0.85	0.8	0.85	0.486
9	0.4	10.8	21	0	0.74	0.90	0.8	0.85	0.595
10	0.2	10.9	22	0	0.72	0.85	0.8	0.85	0.553
11	0.3	11	21.3	0	0.70	0.80	0.8	0.85	0.576
12	0.4	11.1	20.9	0	0.68	0.75	0.8	0.85	0.584
13	0.5	11.2	21	0	0.66	0.70	0.8	0.85	0.558
14	0.3	11.3	20.4	0	0.64	0.65	0.8	0.85	0.56
15	0.4	11.4	20.5	0	0.62	0.60	0.8	0.85	0.558
16	0.3	11.5	20.6	0	0.60	0.55	0.8	0.85	0.548
17	0.2	11.6	20.7	0	0.58	0.50	0.8	0.85	0.526
18	0.1	11.7	20.5	0	0.56	0.45	0.8	0.85	0.595
19	0.5	11.8	20.5	0	0.54	0.40	0.8	0.85	0.656
20	0.7	11.9	20.5	0	0.52	0.35	0.8	0.85	0.738

가상의 시나리오(2)를 통한 결과 값과 가상의 시나리오(1)의 결과 값을 비교해 보자. 예상대로 가상의 시나리오(2)는 적의 대내외상황이 좋으므로, 위협수준이 가상의 시나리오(1) 보다 낮다는 것을 알 수가 있다. 하지만, 시간이 지남에 따라 적 함정체원의 위협수준이 높아지면서, 위협수준의 차이가 줄어들어 가는 것을 알 수가 있다. 이를 그래프로 나타내면 <그림 5-3>과 같다. 그래프를 보면 알 수 있듯이, 시간이 지남에 따라 위협수준의 간격이 줄어들고 있는 것을 알 수 있다. 이는, 앞에서 위협수준에 가장 영향을 미치는 평가항목이 적함정체원이기 때문이다.



제 6 장 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 적함정이 해상에 나타났을 때, 아군의 지휘관이 적 함정에 대한 위협평가 시 의사결정을 지원해 주는 모델을 만들기 위한 연구이다. 해상에는 여러 가지 위협평가에 영향을 미치는 요소가 존재한다. 이 연구에서는 여러 가지 위협평가요소 파악하여 신속하게 위협수준을 결정하고, 특히 위협평가요소 중 정량적인 평가요소 뿐만 아니라, 정성적인 평가요소까지 고려하기 위한 모델을 제시하였다. 2가지 종류의 평가요소를 종합하기 위해 퍼지이론을 이용한 위협수준평가 모델을 제안하였다. 이를 위하여 위협수준에 영향을 미치는 요소를 전문가에게 자문을 구해 구체적인 위협요소를 결정하였고, 위협요소는 다시 정량적인 데이터와 정성적인 데이터로 분류하였다. 분류된 데이터들은 3개의 상위평가항목으로 분류하였으며, 위협평가를 위해 위협요소는 퍼지개념을 이용하여 언어변수로 나타낸 후 이를 퍼지추론을 통하여 정량화하였다. 각 상위평가항목별 중요도를 산정하여 종합적인 위협수준을 평가하기 위해, 주관적인 평가에서 적용성이 높은 Choquet 퍼지적분을 이용하였다.

이 위협평가모델은 지휘관의 위협평가 시 신속하게 의사결정을 내릴 수 있게 지원을 해주며, 이를 이용하여 적 함정의 우선순위를 결정할 수 있게 된다. 하지만 이 모델은 지휘관의 의사결정을 돕기 위한 지원체계의사결정지원모델이지 의사결정체계는 아니다. 즉, 이 모델을 통해 얻은 결과 값은 적 함정의 위협수준을 정량적인 수치로 반영하는 잣대로 이용할 수는 없다. 다만 이 모델의 결과값을 토대로 적의 위협수준을 지휘관이 결정하는데 지원해주는 것이다. 위협평가에 대한 의사결정은 지휘관의 중요한 임무 중 하나이므로, 이 모델의 결과값으로 적의 위협수준을 결정하는 것은 지휘관의 판단에 맡긴다. 따라서 지휘관에 따라 같은 위협수준 결과 값이 같더라도 다른 위협평가 결과가 나타나게 된다.

이 연구에서 개발한 위협평가수준모델은 퍼지이론을 적용하였고, 3가지 상위평가항목과 함정 대 함정의 전투인 대함전만을 고려하였다. 향후 연구에서는 퍼지이론 외에 학습이 가능한 신경망, 휴리스틱 알고리즘 등 인공

지능기법을 적용할 수 있으며, 향상된 위협수준평가를 위해 해양 및 이를 둘러싼 육지 영역, 대기 등에 해당하는 환경요소로 표현할 수 있는 제한적인 영역의 합성환경인 해양전장환경을 모의하여 해양의 여러 가지 요소뿐만 아니라 해양과 대기 및 지표 등과의 상호 연관성을 파악하여 적용시킨다. 그리고 가장 영향을 많이 미치는 평가항목인 함정제원을 함포의 종류, 함정의 크기 및 용도 등으로 보다 구체화하여 적용시키며, 정성적인 평가항목을 보다 세밀하고 다양화 시켜야겠다. 또한 전투의 종류를 대함전뿐만 아니라 공중전 및 대잠전까지 포함될 수 있어야 하며, 함정간의 일대일 전투가 아닌 다대다 전투까지 모두 포괄하는 연구가 이뤄져야겠다.



【 참고문헌 】

1. 국내문헌

- 고원 외2명, 「의사결정 지원을 위한 모의 모델 개발(I)」,
서울 : 한국국방연구원, 2006.
- 김영길, 『C4I의 기본이해』, 서울 : 기한재, 2003.
- 김영민, 「철근콘크리트 건축구조물의 퍼지기반 상태평가」, 서울대학교
공학박사학위논문, 2002.
- 김의순, 「C4I체계의 의사결정지원체계 개념 및 추진과제」, 국방정책연구, 2004.
- 문운철, 이승철, 남창우, 「Hard Disk Drive 검사시스템의 고장 진단을
위한 퍼지-이진 논리 결합형 전문가 시스템에 관한 연구」,
『대한전기학회』, 제53D권 제6호, 2004.6.
- 이광형, 오길록, 『퍼지이론 및 응용』, 홍릉과학출판사, 서울, 1991.
- 이근록, 「시물레이션을 활용한 함정 전투체계의 효과측정에 관한 연구」,
서울 : 국방대학교, 2009.
- 이기호, 김화수. (2000). 「STAFS의 화력분배지원용 전문가 시스템
개발에 관한 연구」, 서울 : 국방대학교, 2008.
- 황지선, 이찬식, 「퍼지이론을 이용한 초기 건설공사의 리스크 관리 방법」,
『한국건설관리학회논문집』, 제5권 제2호 2004.4.

2. 국외문헌

Pedrycz. W., Gomide. F., *An Introduction to Fuzzy Set :
Analysis and Design*, MIT Press, 1998.

Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process: Planing,
Priority, Setting, Resource Allocation*, New York
: McGraw-Hill Book Co. 1980.

Sugeno.M., “Theory of Fuzzy integrals and Its Applications”, 1974
Ph.D. Dissertation, “Tokyo Institute of Tech”, 1974.



【부 록】

위협평가요소의 중요도 산정을 위한 설문

본 설문은 서해안 NLL부근에 출현하는 적함정의 위협평가 지원하는 모델을 위한 설문조사입니다. 적함정의 위협요소로는 해양조건, 적함정제원, 전략환경의 3개의 상위평가요소로 구분하였으며, 해양조건의 하위요소로는 파고, 시간대, 대기온도, 강우량이고, 적함정제원의 하위요소는 사거리, 순항속도, 전략환경의 하위요소는 대내적 상황, 대외적상황입니다.

※ 아래표는 3가지 상위평가요소의 하위요소별 의미를 나열한 것입니다.

구분	위협요소	의미
해양조건	파고(m)	파도의 높이
	시간대(hour)	현재 시간
	대기온도(℃)	대기의 온도
	강우량(mm)	해양에 비가 내린량
적함정제원	사거리	적 함포 사거리
	순항속도	적 함정 순항속도
전략환경	대내적 환경	적군의 국내상황
	대외적 환경	적군의 국외상황

Part I. 설문 응답자 일반사항

■ 다음의 문항 중 해당사항에 √ 표 해주시기 바랍니다.

1. 귀하의 연령은?

- ① 21 ~ 30세 ② 31 ~ 40세 ③ 41 ~ 50세 ④ 50 이상

2. 귀하가 속해 있는 군은?

- ① 육군 ② 해군 ③ 공군 ④ 해병대 ⑤ 기타()

3. 귀하의 계급은 ?

- ① 하사 ② 중사 ③ 상사 ④ 원사 ⑤ 준위 ⑥ 소위 ⑦ 중위 ⑧ 대위
⑨ 소령 ⑩ 중령 ⑪ 대령

4. 귀하가 군에서 군무한 경력은?

- ① 1년미만 ② 1 ~ 5년 ③ 6 ~ 10년 ④ 11 ~ 19년 ⑤ 20년 이상



Part II. 위협요소의 상대적인 중요도 평가

■ 아래표의 중요도를 기준으로 상대적인 중요도를 평가해주세요.

중요도	의미
1	i와 j가 동일한 중요(Equal Importance)
3	i와 j보다 약간 더 중요(Moderate Importance)
5	i와 j보다 상당히 더 중요(Essential Importance)
7	i와 j보다 매우 더 중요(Demonstrated Importance)
9	i와 j보다 절대적으로 더 중요(Extreme Importance)
2,4,6,8	intermediate values

※ 가로항목(i)과 세로항목(j)의 두 항목을 비교해서 상대적인 중요도를 기입해주세요. “-” 항목은 기입하지 않으셔도 됩니다.

예) 적합정제원항목이 해양조건보다 약간 더 중요하면 위의 표를 토대로 ①은 3이 되며, 적합정제원항목이 해양조건보다 약간 더 미흡하면 반대로 ①은 1/3이 됩니다.

j \ i	해양조건	적합정제원	전략환경
해양조건	1	①	②
적합정제원	-	1	③
전략환경	-	-	1

Part II. 위협요소의 절대적인 중요도 평가

■ 아래표를 토대로 각 항목별 절대적인 중요도를 평가해 주세요

언어변수	언어변수의 의미	평가척도	평가지수
절대적으로 중요하다	절대적인 영향을 미친다	6	0.90
극히 중요하다	극히 큰 영향을 미친다	5	0.75
매우 중요하다	매우 큰 영향을 미친다	4	0.60
중요하다	많은 영향을 미친다	3	0.45
약간 중요하다	약간의 영향을 미친다	2	0.30
중요하지 않다	미미한 영향을 미친다	1	0.15
전혀 중요하지 않다	전혀 영향을 미치지 않는다	0	0

예) 해양조건이 위협요소에 절대적인 영향을 미치면 평가척도는 6이고, 적함정제원이 미미한 영향을 미친다고 생각하면 평가척도는 1이고, 전략환경이 많은 영향을 미친다고 생각하면 평가척도는 3입니다. 이를 정리한 표는 아래와 같습니다.

구분	평가척도
해양조건	6
적함정제원	1
전략환경	3

※ 절대적인 중요도 평가항목을 기입해주세요.

구분	평가척도
해양조건	
적함정제원	
전략환경	

ABSTRACT

A Study on the Threat-level Assessment Model Development using Fuzzy Theory.

Jang, Dong Hak

Major in Industrial Systems Engineering

Dept. of Industrial Systems Engineering

Graduate School, Hansung University

This study introduces a threat level assessment model adapting Fuzzy theories in order to help make decisions for better covering quantitative factors and qualitative ones together. The threat is classified into three major categories - one resulting from navigational condition, another from target vessel specification and the other from external decision environment. The threat levels by each category are examined by a fuzzy inference, and its corresponding weights are assigned via fuzzy measures. Finally the high level threat measures become integrated via a Choquet Fuzzy Integral method into ultimate threat level indicators.