해군 전투체계 지원용 전문가시스템의 지식베이스 개발에 관한 연구
(구축함 中心)

A Study on the Knowledge Base Development of Expert System for Naval Combat System

김 화수* , 이 정훈**

요 약

본 논문에서는 구축함의 대공방어분야에 대한 업무를 IDEF0기능 모델링 방법을 통해 체계적으로 분석하였으며 미국방성의 산하기구인 DARPA에서 연구한 CPOF(Command Post Of Future) 의사결정 모델을 토대로 구축함의 대공방어분야에서 상황평가 단계에 대한 의사결정 과정을 심도 깊게 분석하였다. 또한 구축함의 대공방어분야에서 분석된 업무수행 절차를 토대로 상황평가 단계에서 의사결정과정에 따른 필요한 규칙집합을 식별하고 규칙집합 내부의 규칙들을 효과적으로 추출하기 위하여 규칙집합들에 대한 정의, 규칙에 입력되는 데이터, 규칙집합의 결과값, 규칙집합간의 상호관계를 분석하였다. 이러한 도메인 지식개발은 장차 해군 전투체계 지원용 전문가시스템을 개발하는데 중요한 기회기반이 될 것이다.

1. 서 론

2차대전 당시 해상에서 전쟁을 수행하는 함정들은 정보에 목말라 있었다고 해도 과언이 아닐 정도로 정보에 부재라는 고통에 시달렸으며 이러한 문제를 해결하기 위해 부단한 노력을 해왔다.

오늘날 함정이 보유하고 있는 각종 센서, 무기체계와 이들을 통제하고 운용하도록 하는 각종 통제장치들을 보면 하나의 전투 단위요소에서 보유하고 있는 장비는 대단한 규모이며 현대적인 탐지장비에 의해 얻어지는 수많은 정보를 어떠한 경우에도 한 사람이 처리할 수 없다는 사실은 이미 오래 전부터 인식되어 왔다.

이는 현대전쟁에서 함정방어 임무를 통합 조정하는 업무와 복잡성 측면에서 비교될 수 있는 업무는 그렇게 많지 않다는 것이며 각종 위협요소는 함정을 중심으로 공중, 해상, 수중, 지상의 모든 차원에서 존재 가능성이 있다.[7],[8],[10]

이러한 함정의 위협요소 중에서 대공위협은 함정에게 상당한 위협존재이며 함정의 느린속력으로 고속의 공중항체에 대항하는 것은 함정의 대응시간을 보다 더 단축시키게 된다.

또한 함정의 대공방어 분야는 국면이 빠르게 전개되고 상황이 급박하게 변하기 때문에 인간이 올바른 판단을 내리기에는 많은 문제점이 야기될 수 있으며 방어함정의 생존성측면에서 상당한 위험이 따른다.[9]

본 논문에서는 해군 전투체계 지원용 전문가시스템의 지식베이스를 개발할 때 구축함(DD)이 수행하는 전투수행업무 중에서 대공방어 분야로 도메인을 설정하였으며 대공방어 분야의 업무 프로세스를 IDEF 0 기능 모델링 방법을 이용하여 분석하였으며, 미 국방성 산하기구인 DARPA에서 연구한 CPOF(Command Post Of Future) 의사결정모델을 참조하여 상황평가 단계를 상황판단/ 분석 단계, 수행가능요소식별/ 평가 단계, 최적수행가능요소식별/ 평가 단계로 구분하여 분석하였다.[12],[13]

또한 각 단계별 규칙집합을 정의하고 규칙집합의 입력요소에 따라 처리결과값이 유도될 수 있도록 기준을 만들었으며 이러한 기준에 의한 처리결과 값이 규칙화 될 수 있도록 하여 앞으로 해군 전투체계 지원용 전문가시스템을 구축하는데 도메인 지식으로 활용하는데 기회기반이

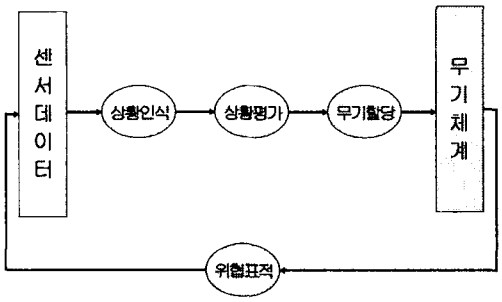
* 국방대학교 교수(전산정보학과)
** 국방대학교 석사과정(전산정보학과)

될 수 있도록 하였다.[1],[3],[4]

2. 해군 전투체계(대공방어 분야) 업무 분석

2.1 해군 전투체계 업무 프로세스 조사 및 분석

구축함에서 위협에 대한 전반적인 업무 처리 절차는 센서로부터 들어오는 Raw Signal을 처리하여 각종 콘솔로 주어지며 여기에서 상황인식, 상황평가, 무기할당이라는 일련의 처리과정을 통해 위협상황을 처리하게 된다. 이를 그림으로 도시하면 <그림 2-1>과 같다.[14]



<그림 2-1> 구축함의 전투수행 개념

구축함의 전투수행 개념을 통한 전반적인 업무를 IDEF0 기능모델링 방법에 의해 전체적인 업무개념을 분석하여 <그림 2-2>에 전투수행을 위한 업무 프로세스를 도시하였다.[12]

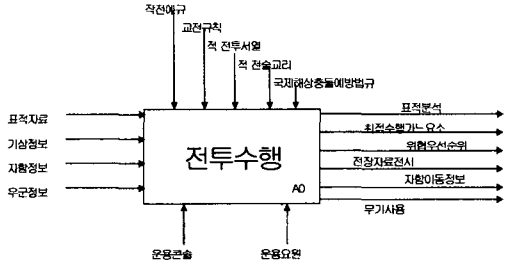
전체적인 전투수행 업무 프로세스에는 입력요소로서 표적정보, 기상정보, 우군정보, 자함정보가 구성되어 있다. 또한 전투수행을 하는 활동의 결과로 전장자료전시, 표적분석, 위협우선순위, 최적수행가능요소, 무기사용에 대한 산출결과가 출력요소로 나오게 되며 이러한 전투수행 활동의 통제 및 제약요소는 각종 작전예규, 교전규칙, 적 전투서열, 적 전술교리, 각종 법규가 들어가게 되며 이러한 전투수행활동의 주체는 크게 운용콘솔, 운용요원으로 표현하였다.

이 장에서는 전투수행 업무의 전반적인 개념을 파악하고 지식베이스를 구축하기 위해 대표적이고 큰 영향을 미치는 요소들을 식별하였으며 각 요소들의 관계들을 정의하므로 써 방대한 전투체계를 보다 이해하기 쉽도록 하였다.

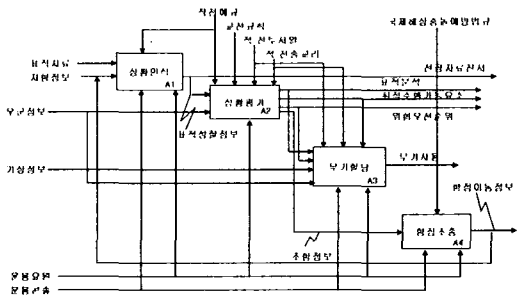
<그림 2-2>는 전투체계가 전투수행을 위한 전체 프로세스를 도시하였으며 <그림 2-3>전투수행 프로세스의 하위프로세스들과 이들간의 관계를 도시하였다.[5]

(1) 상황인식 단계

상황인식 단계는 센서데이터로부터 입수된 Raw Signal의 전장자료를 각 자료처리 장치를 거쳐 작전 운용자 콘솔과 데이터 저장장치로 보내지며 작전 운용자 콘솔에서는 이를 운용자인



<그림 2-2> 전투체계의 전투수행 프로세스



<그림 2-3> 전투수행 프로세스의 하위프로세스

인간이 볼 수 있는 기호나 심볼, 문자, 음성 등으로 전시하게 된다.

구축함의 센서장비로는 전장자료를 수집하는 각종 레이더, IFF와 구축함의 자함정보를 수집하는 GPS, 자이로, 자함속력 측정기 등이 있으며 이들은 입력자료이다.

이러한 입력자료들은 자료 처리기에서 해석하고 처리하여 출력자료로 전시신호가 다시 각 콘솔의 입력자료로 들어가며 콘솔의 LPD에서 출력자료로 전장자료를 전시하게된다.

(2) 상황평가 단계

상황평가 단계는 각 콘솔에 전시된 자료를 바탕으로 표적이 적군인지, 아군인지 혹은 중립국인지 판단/ 분석한 결과와 각종 법규와 지침서를 토대로 표적에 대한 의사결정을 내리게 되는 단계이다.

여기에서는 상황인식 단계에서 출력자료로 출력된 전장자료가 콘솔에 전시되면서 작전운용자의 상황평가가 입력자료로 들어가게 되며, 각 자함의 센서에서 도출된 우군정보, 자함정보 들이 입력자료가 되어 상황을 평가하게 된다.

(3) 무기할당 단계

무기할당 단계는 상황평가 단계에서 내려진 의사결정을 구축함의 실제 행동으로 표현되는 단계로 적극적인 방법으로 표적을 무력화 할 것인지 소극적인 방법으로 표적의 행동이 의도한

대로 되지 않도록 교란할 것인지 아니면 두 가지 방법을 혼합하여 사용할 것인지 구체적인 행동으로 옮겨지게 된다.

여기에서는 상황평가 단계에서 도출된 최적 수행가능요소와 함정 센서로부터 획득한 기상정보, 우군정보 들이 입력자료로 들어가서 표적을 선정하고 확인된 표적에 대해 무기를 선정하게 된다.

상황평가 단계에서 내려진 의사결정을 토대로 적극적인 방법(Hard Kill)에서 활용할 수 있는 무기는 미사일(Missile), 함포(Gun), 근접방어 무기체계 등이 있으며 소극적인 방법(Soft Kill)에는 채프나, 전자전, 기만체계 등을 선택할 수 있다.

(4) 함정조종 단계

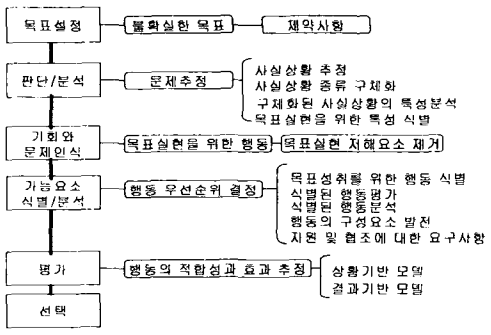
함정조종 단계는 함정으로 접근하는 위협을 효과적으로 회피하거나 함정이 보유하고 있는 무기체계를 사용하는 것에 지장이 없도록 함정의 침로나 속력을 조종하는 것을 말한다.

현재 함정 건조 추세는 함정의 구조물이나 무기체계의 배치에 있어서 이러한 장애를 받지 않도록 하고 있으며 모든 방위에서 접근하는 위협에 대해 함정의 이동을 최소화하면서 무기체계 운용을 가능하게 하고 있다.

2.2 상황평가 단계의 의사결정과정 세부분석

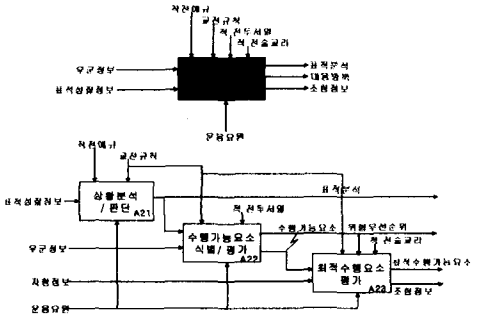
모든 위협상황에 대한 대처방안에 있어서 상황평가 단계는 문제해결을 위해 가장 중요한 요소이며 여기에 의사결정이라는 문제해결 방안이 도출되게 된다.

미국방성 산하기구인 DARPA에서 연구한 CPOF 의사결정 모델을 바탕으로 상황평가 단계에 대한 보다 세부적인 프로세스를 추출하였으며 <그림 2-4>와 같은 의사결정 프로세스 모델을 만들었다.[13]



<그림 2-4> 의사결정 프로세스 모델

<그림 2-4>에서 생성된 모델에서 목표설정 단계는 이미 함정이 적의 위협에 대해 최소한의 목표는 함정의 생존을 보장하는 것이기 때문에 목표는 이미 설정되어 있는 것으로 가정하였으며 이를 토대로 상황평가 단계에서 의사결정 과정을 현재 대공분야에 적용하여 업무 프로세스를 분석하면 <그림 2-5>와 같이 세 개의 하위 프로세스를 식별하였다.



<그림 2-5> 상황평가 단계의 하위프로세스

(1) 상황분석/ 판단 단계

상황분석/ 판단 단계는 전장자료 전시를 통해 제공되는 표적의 정보를 가지고 사실상황을 분석 판단하여 표적에 대한 분석을 하게 되며, 이러한 상황분석/ 판단 단계에서 도출되는 표적분석에는 강한 위협, 보통 위협, 위협없음으로 분석할 수 있다. 이는 다음단계에 대한 입력자료가 된다.

(2) 수행가능 요소 식별/ 평가 단계

수행가능 요소 식별/ 평가 단계는 상황분석/ 판단 단계에서 도출된 표적분석 자료와 우군정보를 가지고 위협을 분석하고 그에 따른 수행가능 요소를 식별하고 평가하게 된다.

(3) 최적수행요소 평가 단계

식별된 가능요소들 중에서 최적의 수행요소를 평가하기 위하여 함정정보를 토대로 평가하게 되는데 함정정보는 함정이 보유한 무기체계가 현재 사용가능한지 또는 보유 무기체계가 모두 소모되어 사용이 불가능한지 식별하여 최적의 수행요소를 평가하게 된다.

최적수행요소 평가 단계에서 도출되는 결과는 함정이 수행할 수 있는 최적방안이 나올 수 있으며 최적수행방안은 함정이 무기체계를 사용하여 위협을 제거하든지 아니면 위협요소를 회피하는 것이며 회피를 하기 위해서 적절한 침로와 속력이 제공되어야 한다.

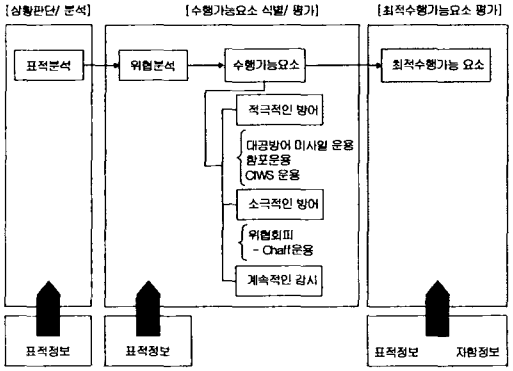
3. 대공방어 분야 규칙집합 분석/ 설계

3.2.1 규칙집합 일반

대공방어 분야의 규칙집합들은 상황평가 단계에 대해 분석한 결과를 토대로 규칙집합을 식별하고 식별된 규칙집합들에 대한 정의 , 규칙집합에 입력되는 데이터, 중간결과 값 및 규칙

집합간의 상호관계를 파악하여 마지막 단계의 최적 수행요소를 도출하는 것이다.

<그림 3-1>의 대공방어 임무의 업무 프로세스를 중심으로 각 업무 프로세스를 지원할 수 있는 규칙집합들을 식별 및 정의하고 이러한 규칙집합들은 다음 단계의 프로세스를 지원할 수 있는 입력값이 될 수 있으며 또한 하나의 문제해결을 위한 규칙이 될 수 있다.



<그림 3-1> 업무프로세스별 규칙집합

상황판단/ 분석단계에는 표적분석 규칙집합이 있으며 표적의 국적과 형태를 식별하게 되는데 표적정보를 토대로 분석을 한다.

표적분석을 하기 위한 입력요소로서 전자파 접촉, IFF응답, 교신설정, 고각, 속력이라는 표적정보가 있으며, 표적분석을 통해 도출된 결과값은 수행가능요소 식별/ 평가에서 위협분석 규칙집합을 위한 입력값이 된다.

추출한 입력요소는 표적분석을 하기 위한 다음과 같은 특징이 있다.

(1) 전자파 접촉 : 표적이 발산하는 센서장비의 정보를 분석하여 도출되는 값으로 적성인지 아군인지 혹은 중립국인지 식별할 수 있는 가장 중요한 요소이다.

(2) IFF응답 : 우군 함정, 항공기나 민간항공기는 IFF에 응답을 한다.

(3) 교신설정 : 우군 함정을 포함해서 민간 상선이나 여객선들은 지정된 교신채널로 교신이 가능하다.

(4) 고 각 : 표면접촉물이나 공중 접촉물에 대해 식별할 수 있는 자료가 된다.

(5) 속 력 : 해상 접촉물은 속력이 낮으며 공중 항체는 비행을 유지하기 위하여 속력이 빠르다.

이러한 입력요소를 가지고 적성, 중립국, 아군을 식별하게 되고 여기에서 표적의 형태인 항공기, 대함 유도탄, 함정을 식별하게 된다.

수행가능요소 식별/ 평가 단계에서는 위협분석 규칙집합과 수행가능요소 규칙집합이 있으며 위협분석 규칙집합은 표적분석에서 나온 결과가 입력요소로 되어 위협의 우선순위를 식별한다. 또한 위협분석에서 도출된 위협우선순위는 세분화한 위협등급으로 나누고 그에 따른 수행가능요소를 식별한다.

위협분석 규칙집합에는 위협에 대한 평가를 내리는 것으로 강한위협, 보통위협, 위협없음이 있으며 수행가능요소에는 함정이 취할 수 있는 행동으로서 적극적인 방어, 소극적인 방어, 계속적인 감시로 식별하였다.

수행가능요소에서 적극적인 방어는 함정에서 보유하고 있는 각종 무기체계를 이용하여 표적을 무력화시키는 것이며 여기에 포함되는 무기체계는 대공 미사일, 함포, 근접방어 무기체계인 CIWS(Close In Weapon System)가 있다.

소극적인 방법에는 위협을 회피하는 것이 있으며 효과적인 위협회피를 위해 기만체계를 동시에 운용하고 함정의 이동을 최대화하여 적의 공중항체의 위협범위를 벗어나는 것이다. 또한 사정거리 외곽에 있는 대공 위협요소에 대해서는 아군에게 전파하면서 계속적으로 감시임무를 수행하게 된다.

이러한 수행가능요소 식별/ 평가 단계에서 도출된 출력값은 최적수행가능요소 평가 단계의 입력값으로 사용이 되며 여기에서는 앞의 단계에서 얻은 수행가능요소들 중에서 현재의 함정의 정보 즉 함정의 보유한 무기체계의 가용여부와 사정거리에 따라 최적의 수행가능요소를 평가할 수 있다.

3.2.2 상황판단/ 분석 단계 규칙집합 분석 및 설계

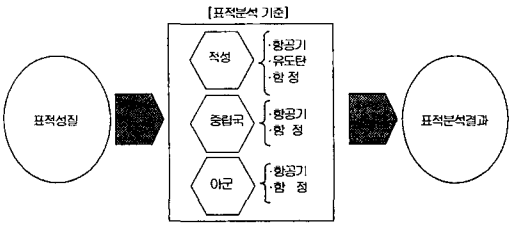
상황판단/ 분석 단계의 규칙집합은 함정의 센서데이터를 분석 평가하여 표적을 분석하게 되며 표적의 분석에는 서브규칙집합으로 표적의 국적식별에 관한 적성, 중립국, 아군이라는 3개의 표적국적과 연관이 있는 서브규칙집합이 있다. 또한 각각의 서브규칙집합에는 표적의 형태식별에 관한 항공기, 대함 유도탄 보유함정, 대함 유도탄이라는 3개의 서브 규칙집합이 있다.

표적국적 서브규칙집합은 표적의 국적식별을 위한 입력요소로서 전자파, IFF응답, 교신설정이 있으며 표적형태 서브규칙집합에 영향을 미치게 된다. 또한 표적형태 서브규칙집합은 표적의 형태를 식별하기 위한 입력요소로서 전자파, 고각, 속력, 침로/ 속력의 수정이라는 것이 있다.

이러한 입력요소는 국적식별과 표적의 형태를 규칙화할 수 있는 사실들을 토대로 추출하였으며 입력요소가 표적분석에 미치는 영향을 도시하면 <그림 3-2>와 같다.

이러한 입력요소에 따라 나타나는 사실을 토대로 처리 결과값이 나오게 되며 표적분석 규칙집합을 도출하게 된다.

(1) 입력요소
- 전자파 접촉(적 전자파, 우군 전자파, 중립국 전자파)
- IFF 응답(IFF 응답, IFF 무응답)
- 교신설정(교신설정 가능, 교신설정 불가능)



<그림 3-2> 표적분석 규칙집합

- 고 각(고각 있음, 고각 없음)
- 속 력(150KTS이상, 500KTS이상, 60KTS이하)
-침로/속력 수정횟수(자유, 제한, 일정)

(2) 처리결과 값
- 표적성질_전자파 접촉 = 적성, 중립국, 아군
- 표적성질_IFF 응답 = 적성or중립국, 아군
- 표적성질_교신설정 = 적성, 중립국or아군
- 표적성질_고각 = 항공기or유도탄, 함정
- 표적성질_속력 = 항공기, 유도탄, 함정
- 표적성질_침로/속력 수정 = 항공기or함정, 유도탄

<표 3-2> 표적분석 집합규칙 판단요소 및 기준

	식성	적 성			중 립 국		아 군	
	형태 / 입력요소	항공기	유도탄	함 정	항공기	함 정	항공기	함 정
표적성질	전자파	전자파 접촉	접촉무	추적 전자파 접촉	전자파 접촉	전자파 접촉	우군 전자파 접촉	우군 전자파 접촉
	IFF응답	응답무	응답무	응답무	응 답	응답무	응 답	응 답
	교신설정	불가능	불가능	불가능	가 능	가 능	가 능	가 능
	고 각	있 음	있 음	없 음	있 음	없 음	있 음	없 음
	속 력	150 노트 이상	500 노트 이상	60 노트 이하	150 노트 이상	60 노트 이하	150 노트 이상	60 노트 이하
	침로/ 속력 수정	자유	제한	자유	일정	일정	자유	자유

<표 3-1> 표적분석 규칙집합의 표적 판단요소 및 기준으로부터 추출한 규칙집합의 일부를 예시하였다.

(3) 표적성질 사실(fact)

f1 : 항공기는 고각이 있다.

f2 : 항공기는 속도가 120KTS 이상이다.

f3 : 항공기는 방향전환이 자유롭다.

f4 : 항공기는 속력변환이 자유롭다.

(4) 표적분석 규칙(rule)

r1 : IF 접촉물= 고각이 있음, THEN 표적분석= 항공기or유도탄이다.

r2 : IF 접촉물= 속력이 500kts이다. THEN 표적분석=항공기or유도탄이다.

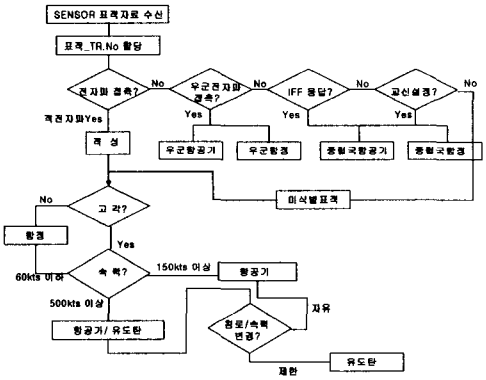
r3 : IF 접촉물= 방향전환이 자유롭다. THEN 표적분석=항공기이다.

표적에 대한 입력자료 값에 따라 생성된 규칙은 r1과 r2에서 항공기이거나 유도탄이라는 확실한 값이 나오지 않으며, 이와같은 규칙은 의사결정에 지장을 초래할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 <그림 3-3>에 표적분석 판단기준을 제시하였으며 확실한 국적과 표적의 형태를 식별할 수 있도록 하였다.

<표 3-1> 표적분석 규칙집합 판단요소 및 기준을 토대로 설명하면 센서로부터 표적자료가 수신되면 표적에 대해 먼저 추적번호(Track No)를 부여하고 전자파를 분석하게 되며 전자파가 적 전자파이면 적성으로 식별하고 다른 전자파이면 우군전자파인지 확인한다. 확인되지 않으면 IFF응답을 확인하게 된다.

IFF응답은 응답을 하게 되면 <표 3-1>에 따라 중립국 항공기가 되고 응답이 없으면 마지막 단계인 교신설정을 하게 되는데 교신설정을 통해 중립국 항공기인지 함정인지 알게 되며 교신설정 단계시 까지 응답이 없을 경우 일단은 적으로 간주하게 된다.



<그림 3-3> 표적분석 판단기준

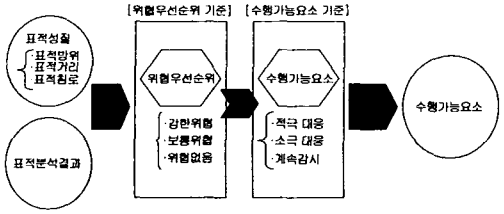
3.2.3 수행가능요소 식별/ 평가 단계 규칙집합 분석 및 설계

수행가능요소 식별/ 평가 단계는 상황판단/ 분석 단계에서 나온 결과값을 가지고 위협분석과 위협분석에 따른 함정이 수행할 수 있는 요소를 식별하고 이를 평가하는 것이다.

위협분석 규칙집합에는 강한위협, 보통위협, 위협없음 이라는 3개의 서브 규칙집합이 있으며 수행가능요소 규칙집합에는 적극대응, 소극대응, 계속감시라는 3개의 서브 규칙집합이 있다.

함정의 센서데이터로부터 입력받은 표적성질 중에서 표적방위, 표적거리, 표적침로와 앞 단계인 상황판단/ 분석 단계에서 도출된 표적분석결과가 입력요소로 들어가서 위협우선 순위가 결

정되고 그에 따른 수행가능요소가 식별된다. <그림 3-4>에서는 입력요소에 따라 수행가능요소 식별/ 평가 단계 규칙집합에 대한 수행과정을 도시하였다.



<그림 3-4> 수행가능요소 식별/ 평가 단계 규칙집합

3.2.3.1 위협분석 규칙집합 분석 및 설계

위협분석 규칙집합은 위협우선순위를 결정하기 위한 규칙집합으로 강한위협, 보통위협, 위협없음이라는 3개의 서브규칙집합이 있다고 하였다.

이러한 3개의 서브규칙집합을 식별하고 정의하기 위하여 필요한 입력요소는 상황판단/ 분석 단계에서 도출된 표적분석 규칙집합에서 나온 결과값과 표적성질 입력요소인 표적방위, 표적거리, 표적침로가 입력값으로 들어가 위협우선순위를 결정하게 된다.

입력요소에 따라 나타나는 사실을 토대로 처리 결과값이 나오게 되며 위협분석 규칙집합을 도출하게 된다. 다음은 입력요소에 따른 처리결과값 일부분을 나타내었다.

(1) 입력요소

- 표적분석_Tr.No적성항공기∧표적성질(접근, 배회)
- 표적분석_Tr.No적성유도탄∧표적성질(접근, 배회)
- 표적분석_Tr.No적성함정∧표적성질(접근, 배회)
- 표적분석_Tr.No중립국항공기∧표적성질(접근, 배회)

(2) 처리결과값

- 표적분석_Tr.No적성항공기∧표적성질_접근 = 강한위협
- 표적분석_Tr.No적성항공기∧표적성질_배회 = 강한위협
- 표적분석_Tr.No유도탄∧표적성질_접근 = 강한위협
- 표적분석_Tr.No유도탄∧표적성질_배회 = 강한위협
- 표적분석_Tr.No중립국항공기∧표적성질_배회 = 위협없음

이 논문에서는 표적의 행동은 크게 접근과 배회로 나누었으며 표적의 행동성향이 여러 가지가 있으나 대공방어 분야에서는 정지하고 있는 표적은 의미가 없으므로 언급을 하지 않았다. 또한 표적행동에 따른 기준에서 함정 CPA(Closest in Point of Approach)와 방어함정의 보유무기 최대사정거리를 기준으로 정의하였다.

이러한 표적성질을 접근, 배회로 구분하기 위한 행동기준이 필요하므로 센서데이터로부터 접촉된 표적자료를 근거로 표적행동에 대한 판단기준을 만들었다.

<표 3-3> 표적행동 판단기준

표적행동		기 준	비 고
접근	항공기	함정CPA<사정거리	
	유도탄	함정CPA≤500m	함정중심 반경
	함 정	함정CPA<사정거리	
배회	항공기	사정거리<함정CPA	
	유도탄	사정거리<함정CPA	
	함 정	사정거리<함정CPA	

<표 3-2>는 표적의 방위/ 거리와 행동방향에 따른 표적의 행동기준을 도표화하였으며 이를 좀 더 세부적으로 기술하면 다음과 같다.

적으로 평가된 항공기나 함정의 운동방향을 계산하였을 때 방어함정의 사정거리 이내로 들어오는 것을 접근이라고 하였으며 유도탄은 운동방향을 계산하였을 때 가장 함정과 가까워지는 지점이 함정중심 반경 500m 이내로 정의하였다.

이렇게 설정한 이유는 항공기나 함정은 방어함정의 보유무기 사정거리 외곽에서는 대응을 할 수 가 없기 때문이며 유도탄은 유도탄의 탐색폭을 고려한 임의의 수치로 정의하였다. 배회는 항공기나 함정은 방어함정의 보유무기 최대사정거리 외곽에서 행동하는 것으로 정의하였으며 유도탄은 방어함정의 사정거리를 벗어나 방어함정과 무관하게 이동하는 것이라고 정의하였다.

이러한 표적행동 판단기준은 표적의 위협분석을 할 수 있는 판단기준이 되며 표적의 행동에 따라 결정된 표적의 행동기준으로 위협우선순위가 결정되게 된다.

먼저 위협분석에서는 위협에 따른 위협우선순위를 식별하여야 하며 위협우선순위를 본 논문에서는 강한위협, 보통위협, 위협없음으로 구별하였다.

<표 3-3>은 위협우선순위 기준과 등급에 대해 제시하였으며 강한위협은 적으로 이미 평가된 표적을 포함해서 미식별로 평가되었지만 함정으로 접근하여 위협의 요소가 있다고 판단되는 접촉물들이 여기에 포함된다. 특히 강한 위협에는 위협요소는 분명히 있지만 즉각적인 대

응이 필요한 위협요소와 시간상 계속적인 감시가 필요한 위협요소가 있기 때문에 두가지 부류로 구별하였다.

보통위협의 요소는 식별이 되지 않은 항공기와 함정으로써 아군함정의 사정거리 외곽에서 함정진로와 상관없이 행동을 할 경우이다. 위협없음에는 우군세력과 적성이 아닌 것으로 식별된 모든 항공기와 함정을 말하며 여기에는 민간항공기도 포함된다. 이러한 타국의 민항기와 상선, 여객선 등을 중립국 항공기와 함정으로 정의하였다.

<표 3-3>의 위협우선순위 기준과 등급으로부터 추출한 위협분석 규칙집합의 일부를 예시하였다.

(3) 표적성질 사실(fact)

f11 : Tr.No적성항공기가 방어함정으로 접근한다.

f22 : Tr.No미식별 함정이 방어함정 주변 해상을 배회한다.

f33 : Tr.No적성유도탄이 방어함정으로 접근한다.

(4) 위협분석 규칙(rule)

r101 : IF 표적분석_Tr.No적성항공기=접근
THEN 위협분석=강한위협∧등급 0

r102 : IF 표적분석_Tr.No미식별 함정=배회
THEN 위협분석=강한위협∧등급 2

r103 : IF 표적분석_Tr.No적성유도탄=접근
THEN 위협분석=강한위협∧등급 3

r104 : IF 표적분석_Tr.No적유도탄함정=접근
THEN 위협분석=강한위협∧등급 1

3.2.3.2 수행가능요소 규칙집합 분석 및 설계

수행가능요소 규칙집합은 방어함정에서 현재의 위협분석에서 도출된 결과를 해결하기 위하여 수행가능요소를 식별하기 위한 규칙집합으로 방어함정에서 취할 수 있는 모든 것이 포함되어야 하는데 크게 적극대응, 소극대응, 계속감시라는 3개의 서브규칙집합이 있다.

이러한 3개의 서브규칙집합을 식별하고 정의하기 위하여 필요한 요소가 위협분석에서 도출된 위협우선순위 결과값이 다시 수행가능요소 규칙집합의 입력값으로 들어가게 된다.

여기에서는 위협분석에서 나온 위협우선순위를 5개의 위협등급으로 세분화하였으며 위협등급이 4로 식별된 중립국 항공기, 함정과 아군세력은 위급한 문제를 해결하기 위해 불필요한 요소를 입력값에서 제외시켰다.

입력요소에 따라 나타나는 사실을 토대로 처리결과값이 나오게 되며 수행가능요소 규칙집합을 도출하게 된다. 다음은 입력요소에 따른 처리결과값 일부분을 나타내었다.

<표 3-4> 위협우선순위 판단기준과 등급

국 적	위협우선순위	위협등급	기 준
적성 or 미식별	강한 위협	0	- 적 항공기가 방어함정으로 접근 - 적 유도탄이 방어함정으로 접근 - 적 함정의 추적전자파 접촉 - 미식별 항공기가 방어함정으로 접근 - 방어함정에 공격행동을 하는 중립국 항공기 - 방어함정에 공격행동을 하는 중립국 함정
		1	- 적 유도탄 함정이 방어함정으로 접근 - 미식별 선박이 방어함정으로 접근 - 방어함정 사정거리 외곽에서 이동하는 유도탄
		2	- 적항공기가 방어함정의 사정거리 외곽에서 방어함정 진로와 상관없이 배회 - 적 대함 유도탄 보유함정이 방어함정의 사정거리 외곽에서 방어함정진로와 상관없이 배회
미식별	보통 위협	3	- 미식별 항공기가 방어함정의 사정거리 외곽에서 방어함정 진로와 상관없이 배회 - 미식별 함정이 방어함정의 사정거리 외곽에서 방어함정 진로와 상관없이 배회
아군 or 중립국	위협 없음	4	- 우군 세력 - 중립국으로 식별된 항공기 - 중립국으로 식별된 함정

(1) 입력요소

- 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_강한위협_등급0(적극대응, 소극대응, 계속감시)
- 표적분석_Tr.No적성유도탄_접근_강한위협_등급0(적극대응, 소극대응, 계속감시)
- 표적분석_Tr.No미식별항공기_접근_강한위협_등급0(적극대응,소극대응,계속감시)

(2) 처리결과값

- 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_강한위협_등급 0 = 적극대응or소극대응
- 표적분석_Tr.No적성유도탄_접근_강한위협_등급 0 = 적극대응or소극대응
- 표적분석_Tr.No미식별항공기_접근_강한위협_등급 0 = 적극대응or소극대응

입력요소에 따른 처리결과값은 적극대응, 소극대응, 계속감시이며 위협우선순위 따른 함정의 수행가능요소 규칙집합에서 적극대응규칙집합과 소극대응규칙집합, 계속감시규칙집합을 정의하기 위해서 위협우선순위를 4개의 위협등급으로 세분화하고(5번째 위협등급 4는 제외시켰음) 위협등급에 따른 수행가능요소를 만들었으

며 이를 <표 3-4>에 제시하였다.

위협우선순위에서 세분화한 위협등급 0과 위협등급 1은 모두 위급한 상황이지만 위협등급 1의 경우에는 표적이 완전히 식별되지는 않은 상태이므로 방어함정의 입장에서 위협을 느끼는 행동을 하고 있는 경우이며 마지막까지 식별을 위한 계속적인 활동을 하도록 하고 대공무기체계는 대공 표적이 발생할 때까지 대기태세를 유지한다.

마지막 위협우선순위 등급 2와 등급 3의 경우는 현재 방어함정에서 취할 수 있는 행동이며 등급 3은 미식별 표적에 대한 식별활동을 계속하도록 하였다.

이러한 위협우선순위 따라 세부적인 위협등급을 구분하고 그에 따른 수행가능요소를 식별하였으며 식별된 수행가능요소를 판단하고 평가하기 위한 수행가능요소 판단기준 및 평가요소를 <그림 3-5>에 도시하였다. <그림 3-5>에 따라 표적분석을 통해 식별된 표적은 국적식별 결과에 따라 적성, 미식별, 아군/ 중립국으로 나누어지며 행동기준을 판별한 뒤에 위협등급과 그에 따른 수행가능요소가 나오게 된다.

이러한 수행가능요소 판단기준에 따라 추출한 수행가능요소 규칙 일부를 다음과 같이 나타내었다.

(3) 수행가능요소 규칙(rule)

r201 : IF 표적분석_Tr.No적성항공기&표적성질_접근&위협분석_강한위협_등급 0 THEN 적극대응

r202 : IF 표적분석_Tr.No적성항공기&표적성질_접근&위협분석_강한위협_등급 0 THEN 소극대응

r303 : IF 표적분석_Tr.No적성함정&표적성질_배회&위협분석_강한위협_등급 2 THEN 계속감시

r304 : IF 표적분석_Tr.No식별항공기&표적성질_배회&위협분석_보통위협_등급 3 THEN 계속감시

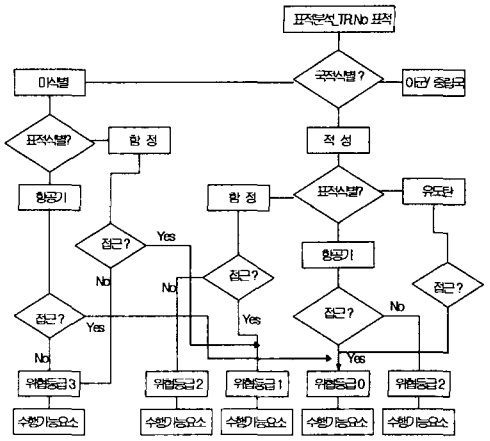
3.2.4 최적수행가능요소 평가단계 규칙집합 분석 및 설계

최적수행가능요소 평가단계는 수행가능요소에서 식별한 함정의 모든 수행가능요소를 함정이 보유하고 있는 자원인 무기체계 정보와 표적의 성질 정보를 비교하여 최적의 수행가능요소를 평가하는 단계이다.

이 단계는 상황평가의 마지막 단계이며 앞에서 도출된 수행가능요소로도 방어함정에서는 운용자가 수행할 수 있는 부분을 선별할 수 있지만 긴급한 상황에서 보다 효율적으로 한정된 자원을 운용하는 것을 지원하기 위하여 함정의 자원과 표적의 성질을 비교/ 분석하여 최적의 수행가능요소를 식별한다면 방어함정에서는 의사결정시간을 단축시키므로 써 대응시간을 연장할 수 있을 것이다

<표 3-5> 위협우선순위 따른 수행가능요소

위협등급	행동	수행가능요소
0	적극대응	- 미식별 공중표적은 식별활동을 계속한다 - 대공 미사일을 발사한다 - 전자전을 수행한다 - 함포를 발사한다 - 근접방어무기를 발사한다
	소극대응	- Chaff를 발사&방어함정을 현위치에서 최대속력으로 이동시킨다
1	적극대응	- 미식별 수상표적은 식별활동을 계속한다 - 전자전을 수행한다 - 대공 무기체계 대기태세 유지& · 대공표적 발생시 대공미사일을 발사한다 · 함포를 발사한다 · 근접방어무기를 발사한다
	소극대응	- Chaff를 발사&방어함정을 현위치에서 최대속력으로 이동시킨다
2	계속감시	- 레이더로 행동을 감시한다 - 인접한 아군에게 전파한다 - 무장을 준비태세로 한다
3	계속감시	- 미식별 표적은 식별활동을 계속한다 - 레이더로 행동을 감시한다 - 인접한 아군에게 전파한다 - 무장을 준비태세로 한다

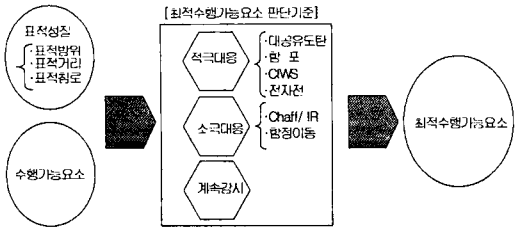


<그림 3-5> 수행가능요소 판단기준

본 단계에서도 표적성질자료인 추적표적의 방위/ 거리, 침로를 입력요소로 필요로 하고 있으며 수행가능요소 규칙집합에서 추적표적에 대한 위협등급 자료가 입력요소로 들어가서 최적수행가능요소를 식별/ 평가하게 된다.

<그림 3-6>은 입력요소에 대한 최적수행가능요소를 추출하는 수행과정을 도시하였으며 이러

한 최적수행가능요소에서 입력요소에 따라 나타나는 처리결과값 일부를 아래에 나타내었다.



<그림 3-6> 최적수행가능요소 단계 규칙집합

(1) 입력요소

- 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_위협등급 0 ∧표적성질(방위/ 거리, 침로)
- 표적분석_Tr.No적성유도탄_접근_위협등급 0 ∧표적성질(방위/ 거리, 침로)
- 표적분석_Tr.No미식별함정_접근_위협등급 1 ∧표적성질(방위/ 거리, 침로)

(2) 처리결과값

- 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_위협등급 0 = 대공유도탄 대응
- 표적분석_Tr.No적성유도탄_접근_위협등급 0 = 함포대응
- 표적분석_Tr.No미식별함정_접근_위협등급 1 = CIWS 대응

또한 이러한 최적수행가능요소를 식별/ 평가하기 위해서 두 가지 기준을 마련하였으며 하나는 표적의 방위/ 거리, 침로를 비교하여 무기체계가 대응할 수 있는 기준과 다른 하나는 이러한 사정거리대별로 무기체계가 선택될 수 있는 최적수행가능요소 판단기준을 만들었다.

<표 3-6> 무기체계 대응기준

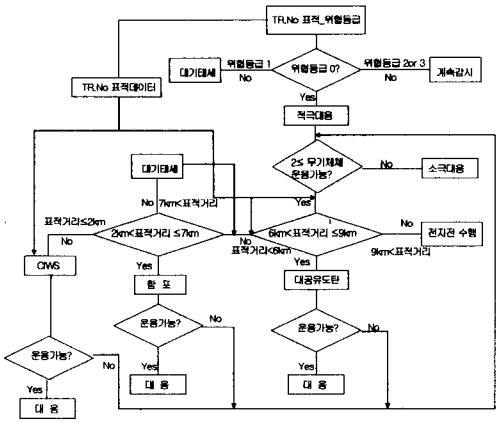
대응무기체계	사정거리	비 고
대공 유도탄	6km~8km	적극대응
함 포	2km~6km	〃
CIWS	2km이내	〃
Chaff	·	소극대응

<표 3-5>는 표적의 방위/ 거리, 침로에 대해 방어함정의 무기체계가 대응할 수 있는 기준을 도표로 나타내었다.

이러한 대응기준에 따라서 표적에 대응하기 위한 최적수행가능요소를 식별하기 위한 수행과정은 앞 단계에서 접촉된 표적이 방어함정에 대해 어떠한 행동을 수행하느냐를 판단/ 분석하였으며 이러한 결과로 위협분석을 하였다.

위협분석을 거친 표적은 위협우선순위가 결정되고 위협우선순위를 세분화한 위협등급으로 수행가능요소들이 식별되지만 방어함정의 의사결정 시간을 최소화하여 대응시간을 연장하기 위해 최적수행가능요소를 식별을 필요로 하게 된다. 그래서 최적수행가능요소는 표적의 방위/ 거리, 침로를 방어함정의 보유무기 사정거리와 비교하여 그에 따르는 최적의 수행요소를 식별하는 것이다.

이러한 최적수행가능요소를 식별하는 판단기준은 <그림 3-7>에 도시하였으며 최적수행가능요소 판단기준에서는 추적번호를 할당받은 표적의 위협등급을 확인하고 위협등급이 0이면 적극대응 상태로 들어가고 위협등급 1이면 대기태세를 유지한다. 나머지 위협등급 2 또는 3은 계속감시 상태에 있게 된다.



<그림 3-7> 최적수행가능요소 판단기준

적극대응 상태에서 다시 가용무기체계의 대수를 확인하고 2개 이상의 무기체계가 가용하면 각 거리대별 대응 가능한 무기체계로 대응을 하고 그렇지 않으면 소극대응 상태로 들어가 기만체계인 Chaff를 운용하면서 최대속력으로 현위치를 이탈하게 된다.

각 무기체계는 각자의 사정거리내에 표적이 들어오면 운용가능 여부를 판단하여 대응하고 교전중에 무기체계에 대해 운용이 불가하면 운용불가에 대해 신호를 보내고 전체 시스템은 가용무기체계를 체크 후에 적극대응과 소극대응을 다시 결정하게 된다.

또한 각 무기체계에 대한 운용범위를 중복시킨 부분이 있으며 이는 명중률 중대와 한정된 무기자원을 고려하여 설정하였다.

<그림 3-7> 최적수행가능요소 판단기준를 식별하고 규칙을 추출하였으며 아래에 일부를 예시하였다.

(3) 최적수행가능요소 규칙(rule)

r401 : IF 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_위협등급 0∧표적거리_8km∧ 2개이상 무기체계_가용 THEN 대공미사일 운용

r430 : IF 표적분석_Tr.No적성항공기_접근_위협등급 0∧표적거리_9km∧ 2개이상 무기체계_

가용 THEN 전자전 운용
r450 : IF 표적분석_Tr.No미식별항공기_배회_위협등급 2 THEN 계속 감시

4. 결 론

본 논문은 해군 전투체계 지원용 전문가시스템의 지식베이스 개발을 위해 여러 함정 타입 중에서 해군의 주력함정인 구축함(DD)을 대상으로 선정하였다. 또한 함정의 임무는 다양하지만 함정의 주요 임무 중의 하나가 공중으로부터의 위협을 방어하는 것으로서 지식베이스 모듈에 포함될 도메인 지식을 대공방어 분야로 한정하였다.

대공방어 분야 업무 프로세스를 분석하여 그 가운데 가장 중요한 상황평가 단계를 세부적으로 분석하여 상황판단/ 분석, 수행가능요소 식별/ 평가, 최적수행가능요소 평가단계라는 3가지 세부프로세스를 추출하였으며 이들 단계별로 규칙집합을 만들었다.

이러한 각 단계별 규칙집합은 표적성질 요소의 필요한 부분을 입력요소로 하여 판단기준과 비교하여 규칙을 정의하고, 규칙을 추출하였으며 이러한 규칙들의 관계를 정의하였다.

그러나 도출된 규칙은 관련교범과 일부 전문가와의 인터뷰를 통하여 나온 것으로 규칙들에 관한 신뢰성이 검증되지 않았다. 또한 대공방어 분야라는 도메인에 고려가 되어야 하는 요소이지만 빠진 부분이 있을 수 도 있으며 설정한 도메인과 관련은 있지만 다른 도메인과 더 연관성이 있어서 부득이 제외한 부분도 있다. 따라서 도출된 규칙들에 신뢰성 검증과 추가적인 고려요소 식별을 통하여 보다 효과적인 해군 전투체계 지원용 전문가시스템을 개발할 수 있을 것이다.

본 논문은 앞으로 군사목적용 지휘통제 시스템에 전문가시스템을 구현하기 위해 필요한 지식베이스 모듈을 설계시 기초지식을 제공할 수 있을 것이다. 또한 해군 전투체계의 여러 수행단계 중에서 상황평가 단계에서 중요한 의사결정 과정을 체계적으로 분석하므로 써 임무수행을 위한 업무를 분석하기 위한 기초/ 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 김화수, 조용범, 최종욱, 「전문가 시스템」, 집문당, 1997.

[2] 김화수, 고순주, 「인공지능의 이론과 실제」, 집문당, 1995.

[3] 김화수, 이기호「STAFS시제의 지식베이스 모듈 구축지원에 관한 연구(최종보고서)」, 국방대학교, 2000.

[4] 국방과학연구소 「함정 대공방어체계 최적 구성방안 연구」, 1996.

[5] 박칠성 「 해상 대공방어 체계 연구」, 전투발전단, 1996.

[6] 기술정보 「해군 전투체계의 추세」, 해군본부, 1993.

[7] 기술정보 「통합시스템에 대한 통합」, 해군본부, 1994.

[8] 기술정보 「미래의 해군 지휘통제 시스템」, 해군본부, 1995.

[9] 해군교범 0-2 「해군전」, 해군본부, 1999.

[10] 학습지침서 O-2-8-110「전투정보관 과정」, 해군교육사, 1998.

[11] Richard J. Mayer, 「IDEF0 Function Modeling」, Knowledge Based System, 1994.

[12] David Noble, 「Command Post Of Future Decision Models」, Evidence Based Research Inc 2000.

[13] Gerald A. Silver, Myrna L. Silver, 「System Analysis and Design」,Addison-Wesley Publishing Company, 1989.

[14] Christian Pauli 「Support the Decision Making Process in Ship Air Defense by Knowledge-Based User Interfaces」, 2001.

[15] Bruce A. Chalmers, James R. Easter, Scott S. Potter 「Decision-Centred Visualisations for Tactical Decision Support on a Modern Frigate」, 2002.