연근해 어업어선의 경제적 기관마력 설정에 관한 연구

강 대 선/선박검사기술협회 연구개발부장
박 제 웅/조선대학교 선박해양공학과 교수
최 교 호/강원전문대 박용기계시스템과 교수

〈지난호에서 계속〉

제3장 연근해 어선의 경제적 도출을 위한 기관마력 설정 시스템 개발

제1절 기관마력설정을 위한 경제성 평가 기법에 대한 이론적 분석

1. 경제성 평가 이론

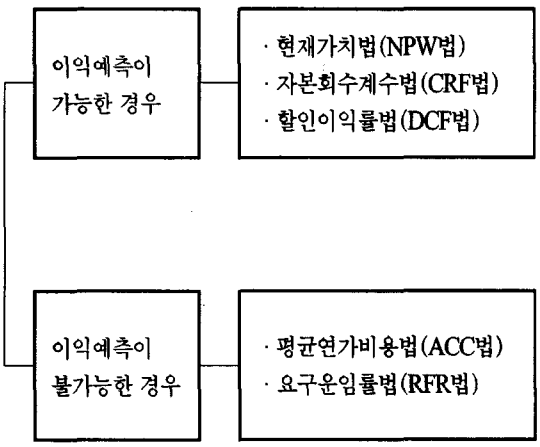
어업은 수산자원의 고갈 및 급속한 주변환경의 변화로 미래의 불확실한 상황을 예측하면서 투자하기에는 어려운 분야이므로 가능한 한 미래수익을 정확하게 예측해야 함은 물론이거니와 어민의 궁극적인 목표인 이익의 극대화를 가져올 수 있는 계획과 실행이 필요하다. 특히 수산업의 경우에는 투자비용에 대한 외부의존도가 크기 때문에 초기투자를 결정하기 전에 충분한 사전검토를 통하여 사업의 타당성, 즉 어업투자에 대한 경제성 평가를 심도 있게 수행해야만 할 것이다. 이 같은 사실은 많은 어민들이 투자에 확신을 갖지 못하며, 중장기 어업시장동향에 대해 일종의 두려움을 가지고 있다는 것과 같은 의미라고 볼 수 있다. 그러나 어업의 투자가 경영전략에 따라 다양하게 또한 여러 가지 요인을 계기로 해서 실시된다 하더라도 어업의 경영안전과 존속을 위한 수익성의 획득은 무시할 수 없음을 알 수 있다.

어업경영에 있어서 선박투자를 위한 의사결정시 사용되는 경제성 평가기준에는 당해 투자계제적 제 상황에 따라 여러 가지 형태가 있을 수 있는 바, 상호 배타적인 어선 투자안 간의 경제적 상황별 경제성 평가기준은 〈그림 19〉와 같다. 이러한 관점에서 앞으로 도래할 고유가 시대에서 어민들의 어업경쟁력을 향상시키기 위해 어업투자에 큰 비중을 차지하고 있는 어업활동비용인자인 연료비 및 어로비에 대한 경제성 분석을 수행하여 연근해 어업의 업종별 · 선종별로 최적 기관마력설정에 적용이 가능한 몇 가지 경제성 평가기법 이론은 다음과 같다.

이 같은 사실은 많은 어업경영인들이 장래 장기에 미치는 투자안 평가에 확신을 갖지 못하며 또 이와 같은 평가절차가 반드시 유효한 것이라고 보고있지 않음은 물론 중장기 시장동향에 대해 일종의 막연한 기대감을 가지고 있다는 것과 같은 의미라고 볼 수 있다. 그러나 어업의 투자가 경영전략에 따라 다양하게 또한 여러 가지 요인을 계기로 해서 실시된다 하더라도 어업의 경영안전과 존속을 위한 수익성의 획득은 무시 할 수 없음을 알 수 있다.

2. 경제적 기관마력설정의 제(諸) 평가지수

현재와 같이 고유가 시기가 도래할 수 있는 세계 에너지 시황 하에서 연근해 어업의 어장의 장거리화에 따른 고출력 기관마력으로 인한 유류비의 증가를 감소시킬 수 있는 방안을 제시할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 연근해 어선의 선형 · 주기관, 주기관 · 추진기, 주기관 · 어로시스템의 불균형으로 인한 비경제적인 요인을 최소화하여 가장 경제적인 기관마력설정을 통하여 유류비의 절약을 위한 방법 제시하고자 한다. 특히 수산업의 경우에는 투자비용에 대한 외부의존도 및 기대수익에 대한 위험부담으로 인하여 투자를 결정하기 전에 충분한 사업의 타당성에 대한 경제성 평가를 심도 있게 수행해야만 할 것이다. 이러한 관점에서 어업활동에서 발생하는 총 비용 중 큰 비중을 차지하고 있는 기관 및 어로작업소요마력을 가장 경제적으로 설정하는 실용성이 있는 경제성 평가 기준(기법)을 제시하였다.



〈그림 19〉 기관마력설정을 위한 경제성 평가기법에 대한 이론적 분석

가. 순현재가기법 (Net Present Value Method: NPVM)

순현재가기법은 대상어선의 어획량으로부터 얻을 수 있는 수익을 예측할 수 있을 때 일반적으로 사용되는 경제성의 분석기준이다. 즉 NPVM는 어선이 어업활동을 하는 선령안에 어획량으로 얻은 연간수입과 어선을 운항하는데 필요한 연간운항비(여기서는 연료비 및 어로작업소요마력경비)의 현재가치의 총합계를 나타낸다.

$$NPV = \sum_{1}^{n} [PW \times (annual\ cargo\ quantity \times freight\ rate) - PW \times (annual\ operating\ cost) - PW \times (ship\ acquisition\ cost)]$$

여기서, n : 선령
PW : present worth : $1/(1+i)^n$
I : 연이자율 또는 할인율

위의 식에서 나타난 바와 같이 순현재가기법은 어선의 사용기간에 어선을 운항하여 얻은 총수입에서 총지출액을 공제한 예상수익을 현재가치로 표시한 것이므로 순현재가액의 값이 큰 어선이 경제성이 있는 어선이다. 만약 어선의 사용기간 동안에 연간수입 및 운항비가 일정하고 어선을 일시불로 구입하였다고 가정하면

여기서, SPW : series present worth factor

$$\frac{(1+i)^{n-1}}{i(i+i)^n}$$

$$NPV = SPW \times (annual\ cargo\ quantity \times freight\ rate) - (annual\ operating\ cost) - ship\ first\ cost$$

그러나 이와 같이 단순화된 순현재가액은 비교목적의 경제성 평가에서는 일반적으로 많이 사용되는 기준이나, 어떠한 두 어선의 경제성을 비교할 때 절대적인 값만을 나타내게 되므로 상대적인 비교에는 불합리하다. 따라서 순현재가액의 값을 초기투자액(ship first cost)으로 나

누어줌으로써 보다 합리적인 경제성 기준을 얻을 수 있으며 이를 NPV*라 하고 NPV*를 상대적인 비교목적에 많이 사용한다.

$$NPV^* = \frac{NPV}{P}$$

여기서, P : 초기투자액

나. 최소비용요구율(Required Cost Rate : RCR)

일반적으로 상선에서는 최고요구운임율(Required Freight Rate : RFR)이라 칭하고 있다. 이 평가기법은 수입의 예측이 불확실하고 특히 장래의 운임율 등을 알 수 없을 경우에는 각 어선의 연간어획량(annual transport capacity)과 연간평균비용(annual average cost)으로부터 요구되는 최소비용율을 구하여 이 값이 가장 작은 어선을 선택할 수 있다.

$$RFR = \sum_{1}^{n} \frac{[PW \times (a.o.c) + PW \times (s.a.c)}{annual\ cargo\ quantity}$$

여기서, a.o.c는 annual operting coast
s.a.c는 ship acauisition coast

그런데 NPVM에 의한 경제성 평가는 NPVM≥0 일 때 NPVM값이 제일 큰 투자안을 선택하는 것이며 투자에 대한 효율성을 판단할 수 없기 때문에 이를 보완하기 위한 것이 바로 CBR법이다. 이 방법은 일명 수익성지수법(Profitability index method)으로서 윗 식으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CBR = \frac{\sum_{t=1}^{n} P \times Q_t(1+r)^{-t}}{[\sum_{t=1}^{n} C_{ct}(1+r)^{-t}] + Co}$$

여기서 적용한 CFR은 현금유입의 현가를 총 투자액의 현가로 나눈 값인데 CFR ≥ 1 일 때 투자가치가 있고 그 값이 크면 클수록 유리한 투자가 되는 것이다. CFR법은 수익대최적비용법으로서 NPV법의 결점을 보완하기 위해 미래의 투자까지를 현재가치로 환산하여 단위투자에 대한 수익을 평가함으로써 수산업의 효율성을 판단할 수 있다.

제2절 경제적 기관마력설정모형 분석

1. 최적화 기법

어선설계를 최적화 문제로 변환하여 풀고자 할 때에는 그 문제에 적합한 정식화, 즉 알고리즘을 구성하게 된다. 최적화의 일반적인 구성은 독립변수(independent variable), 목적함수(objective function) 및 제약조건(constraints)으로 되어 있으며 종속변수(dependent variable)는 최적화 수행과정에서 계산하게 된다.

최적문제를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

Maximize or Minimize $F(X)$

$$Gi(X) \geq 0,\ i=1, 2, \cdots m$$

Subject to

$$Hj(X) \geq 0,\ j=1, 2, \cdots n$$

여기서, F(X) : objective function
X = (X1, X2, X3, ··· Xn) : independent variable
Gi(X) : inequality constraints
Hj(X) : equality constraints

좀더 자세히 설명하면 비선형계획문제의 표현은

제약조건 :

$$G_i(x_1, x_2, \cdots, x_n) \leqq 0,\ (i = 1, 2, \cdots, m)$$

또는 벡터 x로 표시하면,

$G_i(X) \leqq 0,\ (i = 1, 2, \cdots, m)$

$x = [x_1, x_2, \cdots, x_n]^r$

목적함수 :

$Z = F(x) \rightarrow$ 최소화

와 같이 된다.

즉 제약조건과 목적함수를 조합하여

$$p(x, \gamma_k) = F(x) + \gamma_k \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{G(x)}$$

와 같은 함수를 만들어 이것의 극치를 구하는 방법(Penalty법)을 사용하는 경우를 앞 절에서 설명하였듯이 극치에 가까워져 γ_k를 작게하면 참의 최적치에 가까워지는데, 이를 SUMT법(Sequential Unconstrained Minimization Technique)이라고 한다.

한 예로서

최소화 F(x)

제약조건 $gj(x) \geq 0,\ j=1, 2, \cdots, m$

위의 문제를 SUMT기법을 사용하여 전환하면

$$p(x, \gamma_k) = F(x) + \sum_{i=1}^{m} G[g_j(x)]$$

여기서, $P(X, \gamma_k)$: 수정목적함수

F(x) : 목적함수

γ_k : 응답계수

m : 제한조건 계수

G[gj(x)] : 페널티항

가 된다.

2. 비용계산 모델

본 연구에서는 경제성 분석의 비용모델을 기관마력 비용과 어업 경제성 비용모델로 나누었으며 이는 경제적인 어선을 도출함에 있어 다양하게 경제성 분석요인을 검증하기 위해서이다. 일반적으로 경제성 평가을 구하기 위해서는 설계모델을 기초로 하여 건조비와 그 어선을 운항하는 데 소요되는 총비용을 구해야 할 것이다. 일반적으로 어선의 경제성을 평가하기 위한 비용 구성요소는 어선이나 일반 어선이 크게 차이를 보이고 있지 않으며 여기서는 어선의 경우로 다음과 같이 구성하였다.

1) 건조비(Building Cost : BC)

건조비는 재료비, 일반경비 및 공비(工費)로 구성된다. 재료비는 선체구조, 선체의장,기관의장, 전기의장으로 나누며 工費는 (공수) × (노임)으로, 그리고 일반경비는 설계비, 제시설사용비, 제비용등으로 구분할 수 있다. 선주가 초기에 어선을 구입할 때 발생되는 비용은 크게 건조비와 기타경비로 구분할 수 있으나 어선의 경우에는 기타비용이 미미한 것으로 사료되어 선주가 어선을 구입할 때 기타경비는 제외하였다.

2) 운항비

어선을 소유한 선주가 어업활동을 하는데 필요한 여러가지의 어업경비를 크게 자본비, 운영비, 어구구입비로 구분하였다. 자본비(Capital Cost)는 감가상각비, 차입자본의 이자로 나누고 운영비는 선원의 급료, 관리영업비, 선용품비, 연료비, 판매비 등으로 구분하며 어구구입비 및 보합금 및 어업환경 위험분산도 등을 별도 항으로 하였다.

운항비의 주요 항목의 추정은 다음과 같다.

① 연료비

대상어선의 설계조건에 만족하는 SHP = (L, B, D, T, Cb, V) 기본제원으로 부터 22.5 rT 또는 300 rT의 통계적인 방법으로 소요마력을 구한다.

연료비 = C1 × (연료소비율) × SHP1 × 항해일수 + C2 × (연료소비율) × SHP2 × 조업 일수

에서 C1, C2 는 단위 연료 소비액

3) 감가상각비

감가상각비 계산에는 정액법, 정율법 및 년수계산법이 있는데 어선의 경우에는 자산의 수명기간중 선가가 후반부보다 전반부에 더욱 많은 감가상액을 계산하는 년수계산법을 이용하는 것이 타당하다고 본다. 이 방법으로 구한 상가율(償價率)은 시간이 경과함에 따라 감소하여 이율 × (초기년도가치액-잔존가치)로 나타낼 수 있다.

즉 어떤 특정 년도의 減價償却額(dep)은

dep = (초기년도 어선구입비-중고선 가격) + [(v-t+1)/2v(v+1)]이다.

여기서, v : 선령
t : 특정년도

4) 漁業環境 危險分散度에 관한 內容推定:

일반적으로 어업환경의 위험분산도를 추정하기란 주어지는 변화요인이 너무 많아 어렵지만 여기서는 이에 대한 인자를 간략하게 고려하는 것이 바람직하다고 사료되어 재조명하여 보기로 한다. 즉 어업지역의 장거리화, 어장의 다변화, 선원 수급의 어려움 및 어선의 고선령화 등의 요인으로 인하여 적기에 어업활동을 할 수 없어 수익이 감소되는 경우가 빈번할 것이다. 이러한 요인을 고려한 어업활동의 위험분산도는 과거의 어선의 어업활동 신뢰도를 기초로 하여 구하였다.

5) 그 외의 항목

위에서 거론한 항목 이외에도 어업 활동시에서 발생되는 비용은 어구구입비, 선원비 등 무수히 많으며 이들 항목에 대한 비용계산은 실적선의 자료를 활용하여 적절히 구성을 하였다.

제3절 경제적 기관마력 설정 시스템 개발

1. 시스템의 모형

(1) 시스템의 접근

현재 우리나라 근해어업은 자원감퇴, 어업인력의 감소, 어업의 비경제성화, 수산물 수입개방 등 총체적인 어려움에 직면하고 있는바, 이러한 구조적인 문제 해결의 부분적 접근방안을 강구하기 위해 적정 어획강도에 따른 어선 세력의 감축과 이와 더불어 경제성 있는 어선개발의 필요성에 따라 기본 데이타를 보완하여 사용하였다. 어업별 어선의 최적규모는 어업환경평가(어자원, 어로기법) 등에 기초를 둔 적정어획량하에서 선주가 이윤의 극대화 할 수 있는 단위척당규모를 의미하며 어선의 크기(G/T)와 수반되는 어선의 기본제원을 포함하고 있다. 또한 어업별 어선의 최적규모 선정은 1차적으로 어업 환경의 변화와 어업활동조건 즉, 어획지역, 항해거리, 어로방법, 항해속력, 조업일수, 기후조건, 안정성 등의 제반조건이 변화될 때 최적규모 및 어선의 제원을 구하게 된다. 설계조직상 검토되어야 할 사항은 어업별로 어선의 특성이 크게 다르기 때문에 이에 대한 기본 데이타를 각 어장별 환경변화 및 어선의 조선공학적 측면을 공히 만족하는 즉, 어선의 안정성 및 경제성을 함께 고려하였다.

어업별 어선의 최적규모 결정에 있어서 주요한 인자인 어선세력, 적정어획강도, 어획량(생산량)을 기초로 하여 단위노력당 어획량(CPUE)의 연도별 추이를 구하여 이를 연간 적정어획량으로 보고 이에 최적한 어선의 규모 및 어선의 각 제원을 구하였다.

즉, 어획 노력량 = f(어선의 총톤수)
적정 어획량 = 적정 어획강도 × 연간 어획량
단위 노력당 어획량(CPUE) = (적정)어획량/어획 노력량

앞 장에서 언급하였듯이 경제적 기관마력설정을 위해서는 먼저 어선의 기본설계조직을 구성하여 이를 토대로 주기관 마력 및 조업시 마력 등을 계산해야 할 것이다. 일반적으로 어선의 기본설계 최적화 모델에 있어서 설계변수란 초기설계에서 설계하고자 하는 치수 등을 표시하는 변수로서, 이는 설계하는 사람의 판단에 의해 결정되는 것이다. 설계변수의 결정은 업종에 따라 차이는 있겠지만 보통 어선의 경우 초기설계에서 배의 길이, 폭, 깊이, 흘수 등을 설계변수로 직접 택할 수 있다.

① 설계변수(design variable)

본 연구에서 설계변수는 항해속력(V), 어선의 길이, 어선의 폭, 어선의 깊이, 방형계수(C_b)로 설정하였다. 특히 방형계수는 어선의 전체부피을 결정하는데 중요한 인자가 되므로 설계변수로 선택하였다.

② 종속변수(dependent variables)

종속변수란 설계변수 값을 기초로 하여 수학적인 식으로부터 계산되는 값을 나타내는 변수를 말하며, 이 변수는 설계자의 의사와는 무관하게 구해진다. 따라서 어선설계에 있어서 종속변수는 업종별로 다양한데 존재하게 된다. 어선설계시 주요 종속변수들을 개략적으로 나열하여 보면 다음과 같다. 한 예로 어선조업에 관련되는 제 계수, 기관마력설정에 관련된 변수로서는 전저항, 추력 및 프로펠러 효율,조업보조기관 등이 있고, 중량 및 배수에 관련된 변수로는 경하중량, 연료소비량, 급수중량, 재화중량 등이 존재하게 되는 것처럼 종속변수는 설계변수를 제외한 모든 값이라 해도 과언이 아니다.

③ 제약조건

어선을 이용하여 수산업에 있어서 경제적 기관마력설정은 어선기본설계는 기능상 요구되는 조건 및 제반 상황 등을 고려하여 수행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 어선기본설계모델을 최적화 기법에 적용하기 위한 전단계로 초기설계 및 경제성을 평가하기 위해서 다음과 같은 제약조건을 설정하였다.

- 조업조건에 관련된 조건 : 4개
- 설계변수 및 종속변수의 설계기능 영역(feasible region)이 관련된 조건 : 20개
- 기관마력에 관련된 조건 : 5개

(2) 경제적 기관마력설정시스템 Logic

본 연구에서는 어업별, 규모별 어선의 기본설계모델, 최적화기법, 기관마력설정 경제성평가지수을 찾아 이를 기초로 한 Economic Analysis Structure를 통합적으로 구성하였다.

1) 어선 기본설계 모델

① 배수량-중량식

어선설계에서 초기에 수행되는 단계는 배수량의 추정이며, 이는 설계될 어선과 일반적인 요구사항들을 만족시킨 가운데 일반적인 물리법칙 또한 충족시켜줘야 한다. 즉, 모든 조업조건에서 어선은 침몰하지 않고 모든 가능한 외력과 모멘트에 대해서 견뎌야 한다. 그 부력표준은 설계자가 정의한 배수량과 똑같은 중량의 합을 필요로 한다. 표준형상의 어선에 관한 배수량을 정의하기 위해서는 경하중량을 가급적 정확하게 추정하며, 경하배수량(△lsh)은 다음의 공식에 의해서 구하였다.

$$\triangle lsh = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \cdots\cdots W_9 + \cdots$$
$$= W\ lsh$$

여기서,

W_1 : 승무원의 무게와 그것의 영향(W_{crew})
W_2 : 어구의 무게(W_{fg})
W_3 : 청수의 무게(W_{frw})
W_4 : 식료품의 무게(W_{prv})
W_5 : 연료와 윤활유의 무게(W_{flo})
W_6 : 얼음의 무게(W_{ice})
W_7 : 고기의 무게(W_{fish})
...

끝의 5개 항은 청수, 식량, 연료, 윤활유, 어름, 어획물의 양적인 면에서 어장까지 도달하기 이전, 어획활동을 하는 동안에 항구로 돌아올 때의 각각의 운항에서 달라진다.

어창에 포획한 고기가 부분적으로 또는 완전히 만선이 되는 동안 배의 총중량은 계속적으로 조업하는 중에 변화하고 결국 계산하기 위해 몇 가지 특정한 Loading Condition을 확인할 필요가 있다. 이러한 조건들은 다음과 같다.

- 어장을 향해 출발할 때
- 어장에 도착했을 때
- 어장을 떠날 때
- 항구에 도착했을 때

이러한 4가지 전형적인 조건에서 최대 중량은 최대 건현에 대응되는 최대 배수량의 정의에 사용된다. 실제적인 조작에서, 어장을 떠날 때 어창이 포획한 생선으로 가득찰 확률은 매우 높지 않다고 가정한다. 작은 어선들에 대해서 그들의 초기설계는 재하중량의 1/2, 승무원의 무게와 영향, 어구의 무게, 청수의 1/2, 식량의 1/2, 연료의 1/2, 윤활유의 1/2, 얼음과 고기의 1/2 무게에 대응되는 반재상태의 무게를 기준으로 한다.

$$\triangle 1/2\,\text{load} = W_{lsh} + W_{crew} + W_{fg} + 1/2(W_{prv} + W_{frw} + W_{flo} + W_{ics} + W_{fish})$$

② 배수량-중량식의 평가

다양한 크기들의 어선을 비교하는 것과 설계목적들에 대한 배수량의 근사치를 가능하게 하는 형상들을 얻는 것은 배의 크기에 영향을 주는 주요한 인자로써 어창수용력을 다루기 위한 논리이다. 보통 어창은 배수량에 관계가 있고 이 비율[$V_{fh}/\triangle(m^3/t)$, V_{fh}/Cubic Number]은 어선의 독특한 형상과 크기영역에 대해 상수로 통계적 자료로 활용하였다. 배의 크기 즉, 배수량, cubic number, 길이 등의 일정한 설계변수의 비율은 배의 독특한 형상 및 크기영역에 대한 상수이며 대부분 설계과정들에 대한 기본 데이터로 활용하였다. 배수량의 추정을 위한 어창용적계수 V_{fh}의 사용은 유사선의 일반배치, 똑같은 선체구조물, 속도, 내구성에 제한적이다. 또한 배의 크기는 너무 많이 차이가 나지 않도록 하였다.

배의 중량에 영향을 주는 일부분의 인자들이 $V_{fh}/\triangle$값으로서 선택된 배와 다르다면 그때 이러한 배의 중량 차이를 고려한 수정값을 적용하였다. 즉, 설계할 배와 유사한 배의 $V_{fh}/\triangle$의 비율을 이용하여 일차적인 배수량 추정을 수행하는 것은 소형어선의 분야에서 보편화되었다. 어창의 용적은 outline과 일반적 요구사항들에 포함된 인자들중의 하나이므로 $V_{fh}/\triangle$값이 기준선으로 설계 되어질 어선이 주요 설계 특징과 유사하다면 선 배수량 계산에 대한 기초자료로서 택해질 수 있다. 또한 기준선의 선택은 빠르고 정확한 설계를 위해 중요하다.

2) 설계과정

어선설계란 시행착오의 연속이라 표현할 수 있듯이 다양한 설계변수 값을 가정하여 최적해을 찾을 때까지 대체설계가 수행되어진다. 한 예로 용적의 검토를 위해 무게와 다른 설계특징들, 초기설계도면들(또는 척도에 의한 최소한의 선체도면에서) 일반배치도, lines, 일부 구조상의 부분에 대해 반폭과정을 거쳐 해을 구했다. 우선, $V_{fh}/\triangle$의 값이 선택해야 한다. 그리고 이 기호의 평가의 유일한 방법은 유사한 outlines과 일반적 요구사항들에 상응하는 어선들 또는 이미 존재하는 배들로부터 $V_{fh}/\triangle$를 계산하였다.

소형어선설계를 위해 충분한 정확성을 가진 정밀한 프로그램을 단순화하는 방법은 다음 원칙에 따라 계산하였다.

최소 기본치수 L, B, T, D, C_B를 찾는다.

- GM(L, B, T, D, C_B)
- $\triangle$(L, B, T, D, C_B)

만족조건

- GM(L, B, T, D, C_B) $\geq$ 요구된 GM
- $\triangle$/추정된 중량 ≥ 1
- $\triangle$/추정된 중량 ≥ 1.05 (5%의 마진)
- $\triangle$ loaded - $\triangle lv \geq V_{fh} \times J_{fi} \times W_f$ + 마진

- $V_{opt}(L, B, T, D, C_B) \geq$ 요구된 속도

여기서,

△ loaded = 창고에 100% 고기를 가진 조건에 배수량

△ lv = 어창의 용적

J_{fi} = 어창에서 얼음이 있는 물고기의 확실한 무게

V_{opt} = 1해리에서 물고기 1톤을 운반하기 위한 최소비용에 대한 속도

〈그림 20〉의 과정은 몇몇 단계로 나뉘어 개별적으로 풀리고 다음 단계를 위해 정보를 일반화해주는 방정식의 시스템으로 발전되어야 한다.

결론적으로 위의 설계과정이론을 통하여 본 연구의 어선설계의 주요사항을 요약하면 다음과 같다

즉 설계 변수로 L, B, D, Cb, V를 채택하여

$L \geq 24$인 어선에서

$0.99 \leq V(L,B,D,T,Cb)/V(\text{estimated volume}) \leq 1.01$

$L < 24$인 어선에서

$\Delta(L,B,D,T,Cb)/\text{Weight estimated} \geq 1$

$GM(L,B,D,T,Cb) \geq GM\ \text{required}$

$\Delta(L,B,D,T,Cb) - LWT \geq (Vfish \times \gamma fish \times SF + Vfresh \times \gamma fresh + Vfuel \times \gamma fuel)$

0. outlines와 일반 요구사항들의 준비
1. 유사선 목록의 준비와 평가
2. $\frac{V_{fh}}{\triangle}, \frac{L}{B}, \frac{B}{T}, \frac{B}{D}, C_B$의 선택
3. △,▽, L, B, T, D의 추정
4. 경하시 배의 중량의 평가(치수의 결정)
5. 대표적 하중조건에 대한 무게의 계산
6. 개략적 일반배치
7. C_{WL}, C, C_P의 선택
8. 개략적 Lines
   어창고 용적의 검토
   트림과 복원성에 대한 검토
   어구기구의 작동에 대한 검토
   엔진룸에 대한 검토
   내부설비에 대한 검토
9. 저항 및 추진에 대한 검토
   (주엔진의 최종 선택)
10. 동력이 제거되었을 때 등 보조기관의 선택과 계산
11. 최종적 일반배치 및 Lines 도면의 준비
12. 설계서의 준비가 필요하다면 2로 되돌아간다.

〈그림 20〉 설계과정의 개요

VF = (Vfish + Vfresh + Vfuel) = k3f(Cb,L,B,D)로 보고 실적선의 자료부터 중회귀 분석법을 활용하여 k3을 구하여 실제 구하고자 하는 대상어선의 최적규모 선정에 주요한 인자로서 사용하였다. 즉 어업환경이 불리한 여건으로 변화되는 추세에서 1회 출항시 어선의 제성능이 만족하는 조건하에서는 VF가 최적치를 갖도록 설계하는 것이 바람직하다고 본다. 따라서 본 연구에서는 VF와 소요연료량, 청수량, 조업일수, 일일 어획량 등에 대한 구성을 재조명하여, 즉 VF≥VR(조업일수, 일일 평균어획량, 연료소비율, 청수소비율, 속력)을 만족하는 조업일수를 찾는 Algorithm을 구성하였다.

여기서, VR = (Vfuel + Vfish + Vfresh)

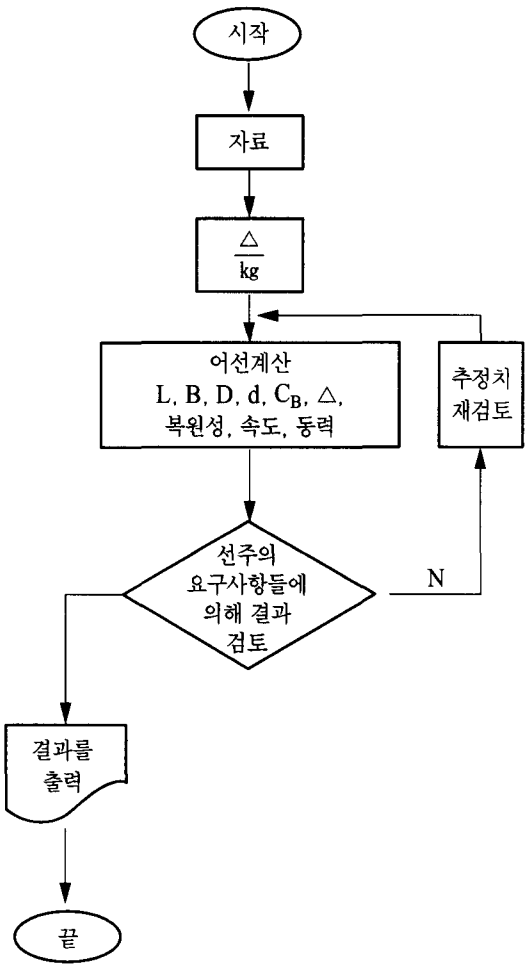
VfuelR = (SHP × C1 × 조업일수(i = n~m) + SHP × C2 × 항해일수)/γfuel

VfishR = 일일 평균어획량 × 조업일수(i = n~m)/(storage factor)γfish

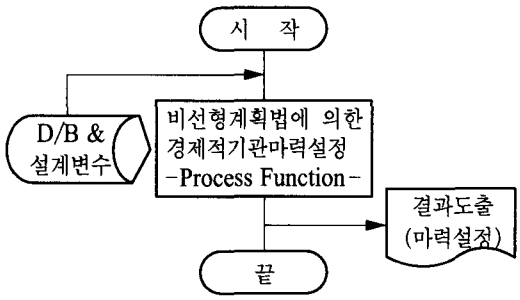
VfreshR = (선원수 × 1일 청수 사용량 × 1회 출어일수) / γfresh

한편 어선의 속력이 증가되고 있는 추세에서 대상어선의 저항 및 소요마력을 보다 정확하게 계산할 수 있으면 바람직한 것이다. 그러나 실제로 고속어선(Fn ≥ 0.55)에서 현재 국내에서 보유하고 있는 수조에 의한 시험으로부터 실선의 값을 구하기는 어려운 실정이다. 따라서 저항 및 마력계산 과정을 수학적 알고리즘(Algorithm)으로 구성할 필요가 대두되어 통계적인 데이타를 사용하여 소요마력을 추정하는 방법, 즉 22.5γT 및 300γT 데이타를 기초로 하여 설계조직을 구성하였다.

그리고 경제적 기관마력설정의 개념설계 및 시스템의 흐름도는 다음과 같다.



〈그림 21〉 어선 설계 프로그램의 단순화



〈그림 22〉 개념설계 및 시스템 흐름도

2. 시스템의 평가지수(기관마력설정 평가지수)

앞 절에서도 언급하였듯이 본 연구는 어선이 어업활동중에 소요마력당 1회 출어비가 가장 적게 소요된 적정마력을 산출하는 것이다. 따라서 평가지수는 항해시 마력과 조업시 마력을 공히 검토하여 단위마력당 최소비용 평가기준(CHR)을 제시하였다. 한편 어선의 경우에는 조업경비의 감소측면보다는 어획고의 증가가 수익성에 직접적인 영향을 주고 있으므로 이와 같은 요인을 가장 적합하게 반영할 수 있는 평가기준을 선택해야 할 것이다. 이러한 점을 감안하여 어선의 경제성 평가기준으로서 NPV를 기초로 한 CFR을 위의 CHR과 별도로 적용하여 두 평가지수의 결과을 비교분석하여 하였다. 이러한 경제성 평가기법을 경제성이 있는 어선의 설계에 적용할 때 어선의 특성에 따라 선택하겠지만, 어선에 적용할 경우 조업경비의 비용측면보다도 어획고의 증가가 수산업의 수익성에 중요한 인자이므로 이러한 특성을 감안하여 경제성 어선의 설계시 사용해야 할 평가기준을 적절하게 택해야 할 것이다. 즉 본 연구 보고서에서 적용하고자 하는 대상어선 선정의 경제성 평가기준은 이를 충분히 고려할 수 있는 기법을 CHR과 CRF를 택하여 사용하였으며, 두 평가지수의 식은 다음과 같다.

$$CHR = \Sigma(1NRFCOST)/(SHP/\triangle)$$

여기서,

1NRFCOST : 년간 기관마력과 관련된 총 비용

△ : 배수량

$$CFR = \frac{\sum_{i=1}^{n} [PW(\text{연간어획량} \times \text{평균어가})]}{\sum_{i=1}^{n} [PW(\text{연간출어경비}) - PW(\text{어선구입비})]}$$

여기서,

n : 어선 사용년수

PW : Present Worth Factor

: 내부 수익율 또는 할인율

3. 시스템의 최적마력 계산 방법

본 연구에서 기관마력 계산과정은 일본에서 기 발표된 어선 저항을 통계적인 방법으로 이를 프로그램화시켜 사용하였다. 그 방법을 요약하면 어선의 모형에 관한 저항시험자료와 Froude 수 및 선형요소에 관해 다음과 같은 식을 세우고 이에 필요한 각 독립변수의 계수를 구함으로 알 수 있다.

$$C_T = f(\text{선형요소}, Fn)$$

그러나, 이번 연구에서는 많은 양의 어선 모형에 관한 정확한 저항시험자료의 부재로 Tsuchiya[3] 및 Kobayashi[4, 5]등에서 구한 회귀방정식의 계수들을 이용하였으므로, 통계해석의 이론에 관하여 간단히 언급한다.

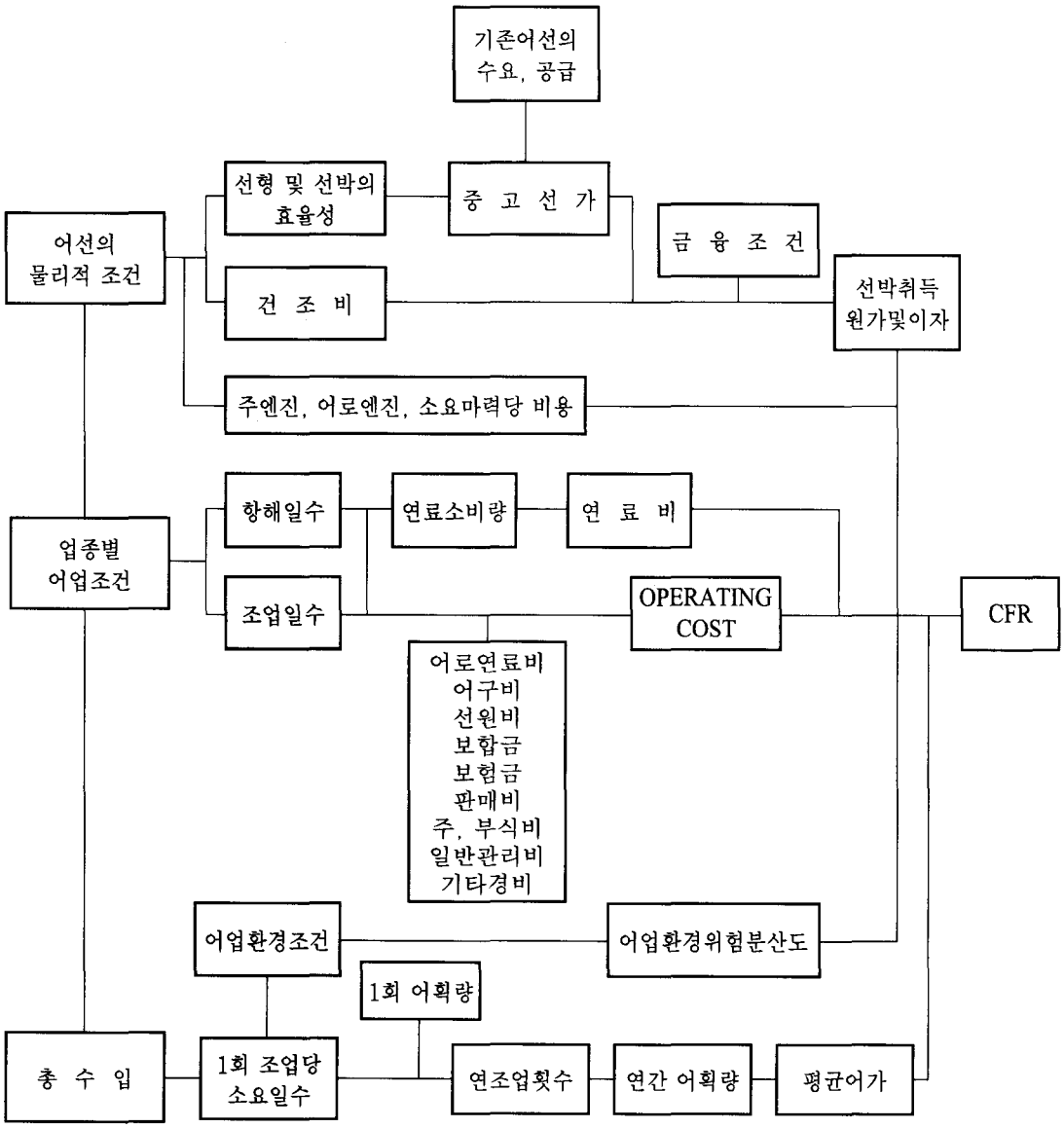
N개의 독립변수 $x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n$으로 부터 변수 y는

$$y = f(x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n)$$

과 같이 표시되고, 함수 $f(x_1, x_2, \cdots\cdots, x_n)$은 각각의 독립변수들의 임의의 영역내에서 M개의 데이타를 이용한 k차의 다항식으로 보고 다음과 같은 다항식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} Y = {} & a_0x_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots\cdots + a_nx_n + \\ & a_{11}x_{11}{}^2 + a_{22}x_{22}{}^2 + \cdots\cdots + a_{nn}x_{nnn}{}^2 + \\ & a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + \cdots\cdots + a_{1n}X_1X_n + \\ & a_{23}X_2X_3 + \cdots\cdots \end{aligned}$$

X_n은 x_n을 기준으로 정규화(normalization)한 것이다.

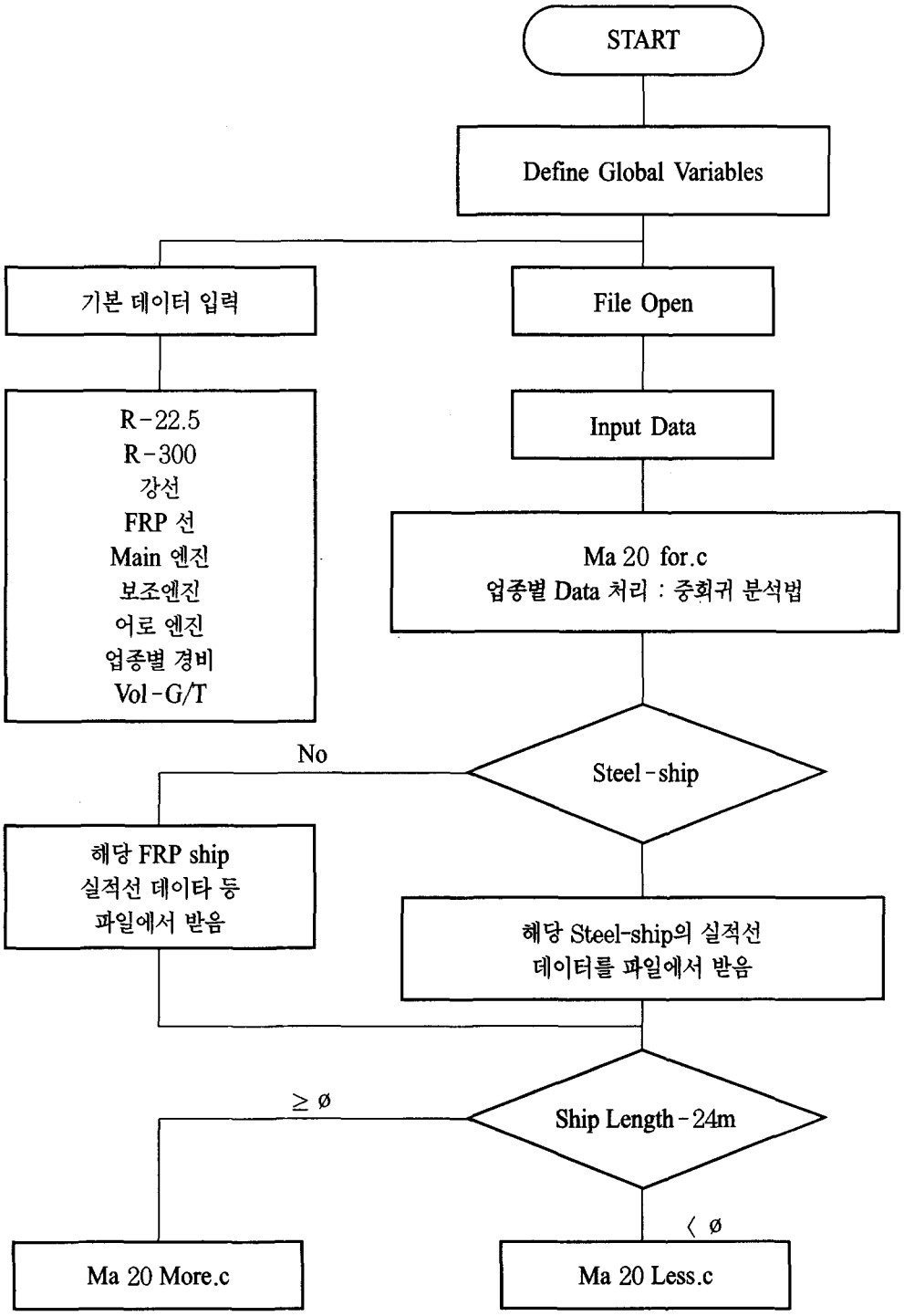


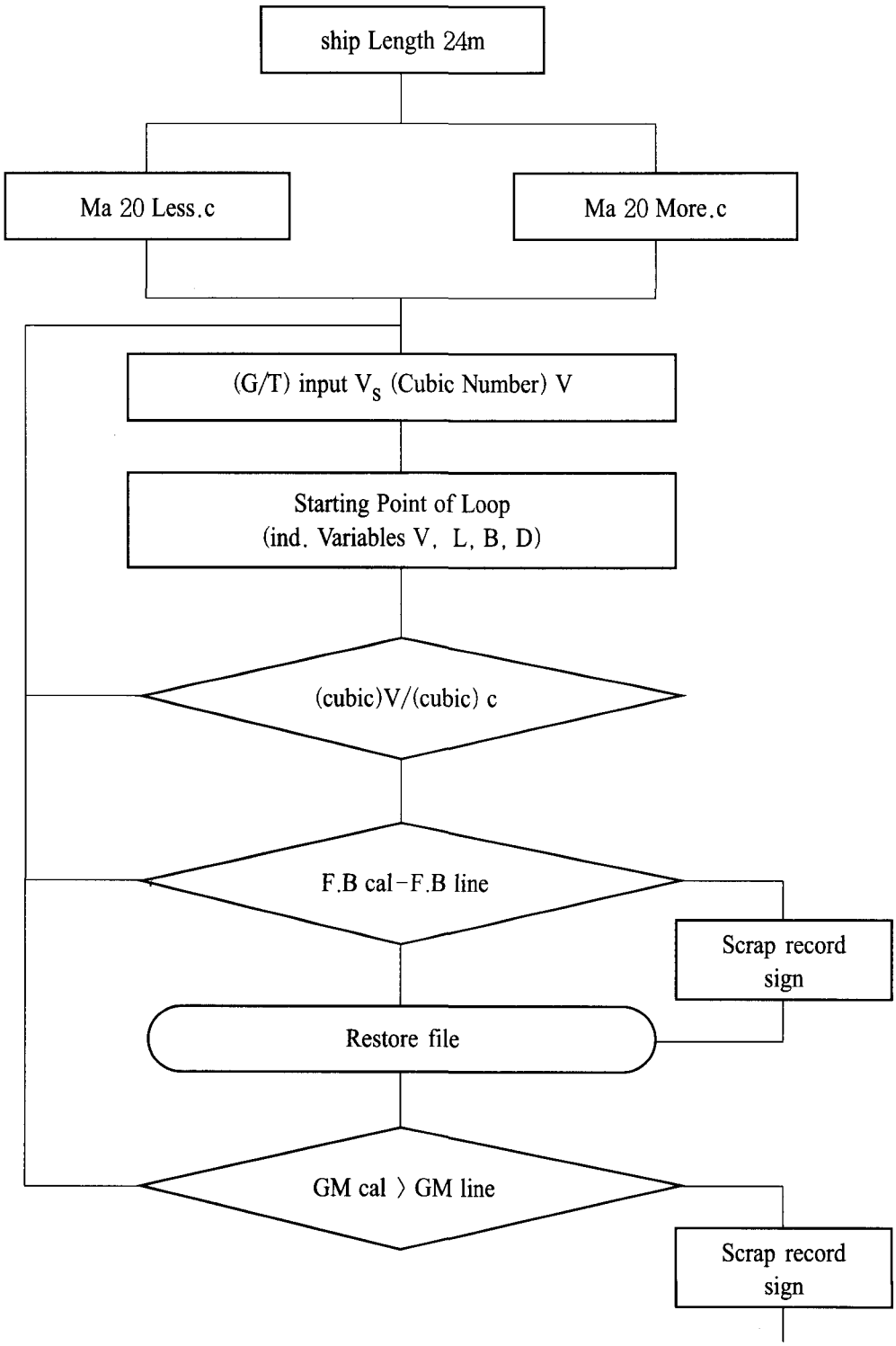
〈그림 23〉 업종별, 규모별 경제성 분석 모델

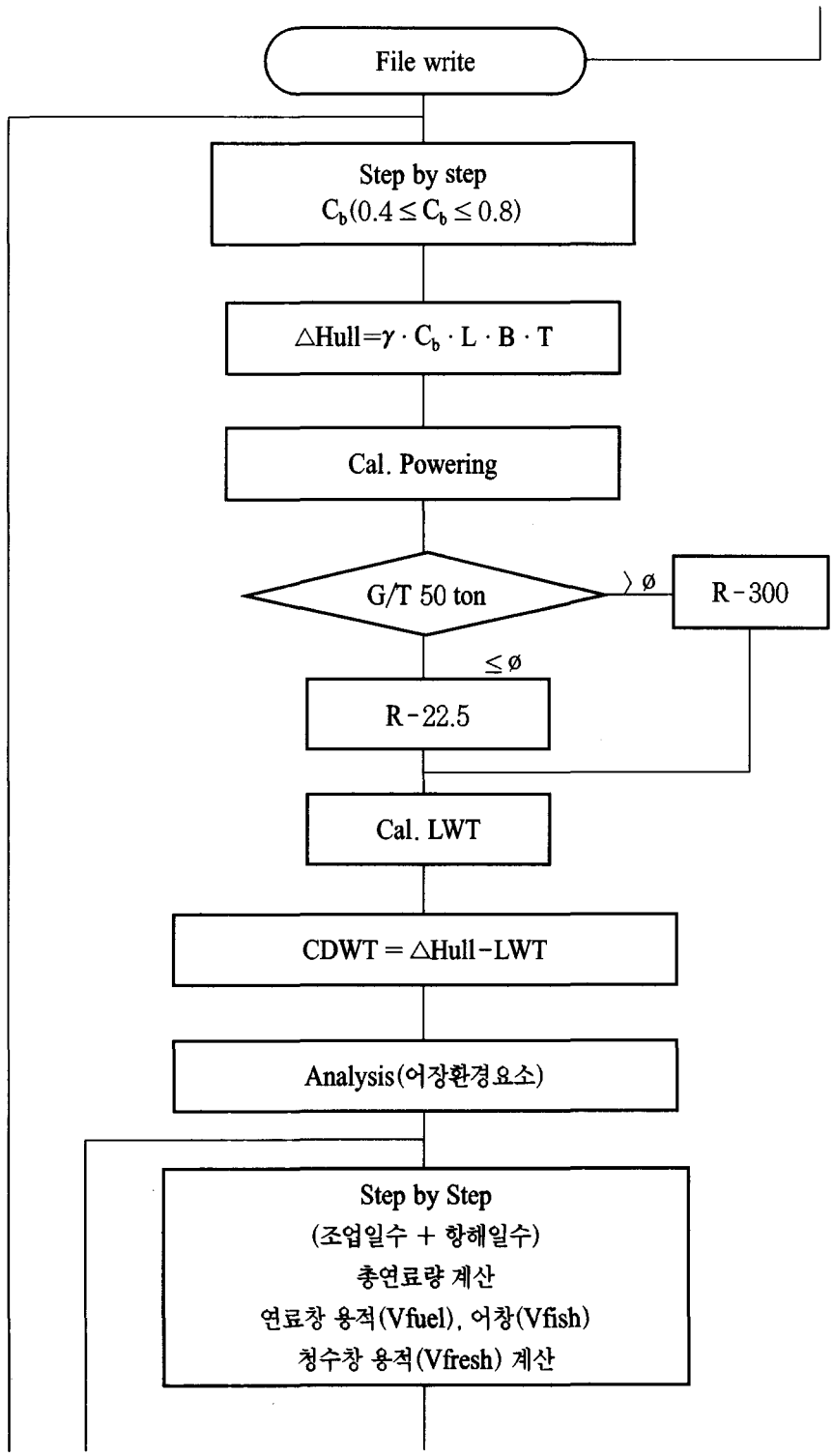
4. 시스템(옵티피쉬 1.0) 개발 완료

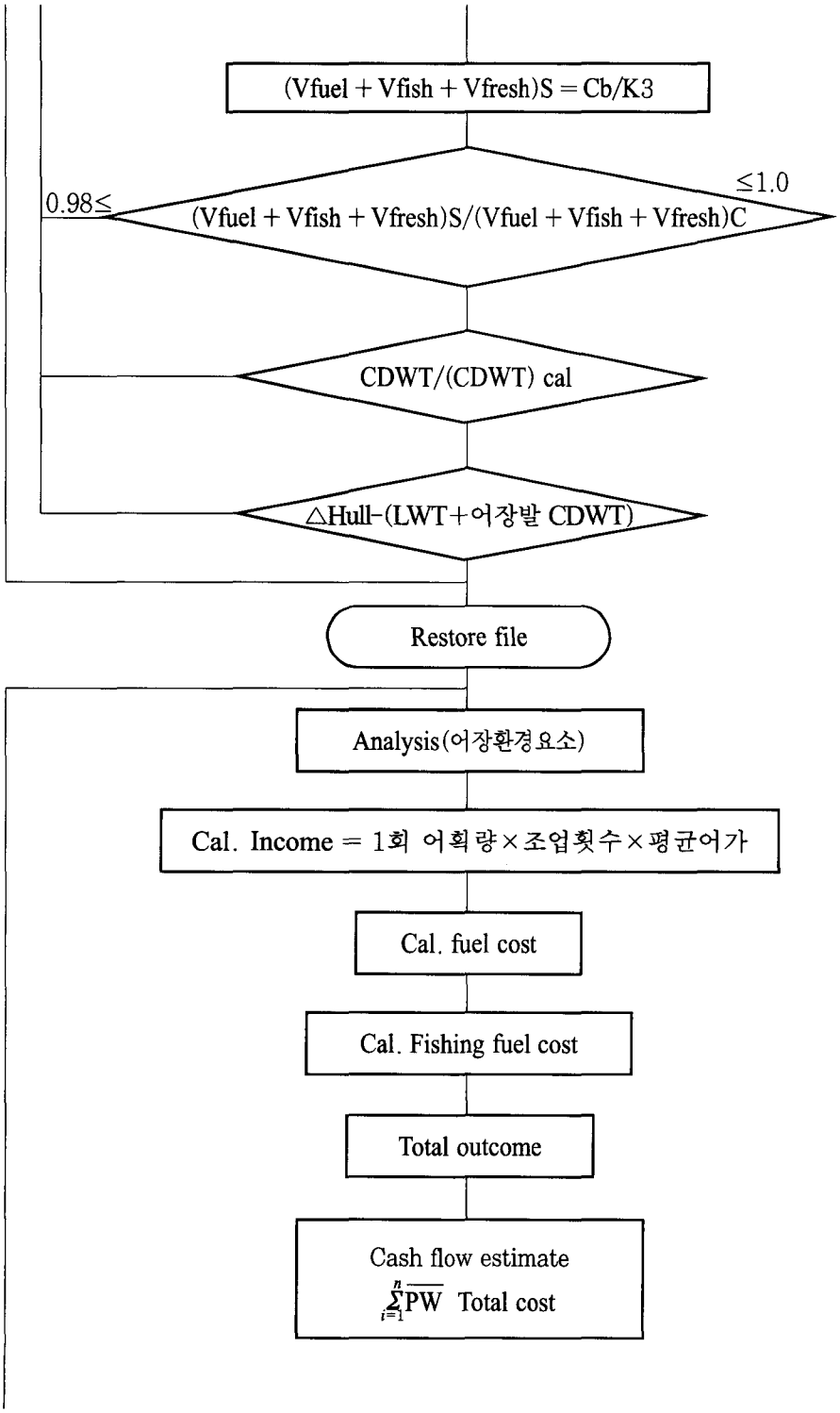
이상의 연구과정을 통하여 개발이 완료된 시스템을 "옵티피쉬1.0" 이라 칭하였으며, 시스템의 흐름도는 〈그림 24〉와 같다. 옵티피쉬1.0은 프로그래밍 언어를 OS(Windows 95 & 98 Windows NT)간의 이식성, 호환성 그리고 확장성 등을 고려하여 Visual C++ 6.0을 이용하였고, 사용상에 용이함을 주기 위해 PopUP 메뉴형태를 취하였다

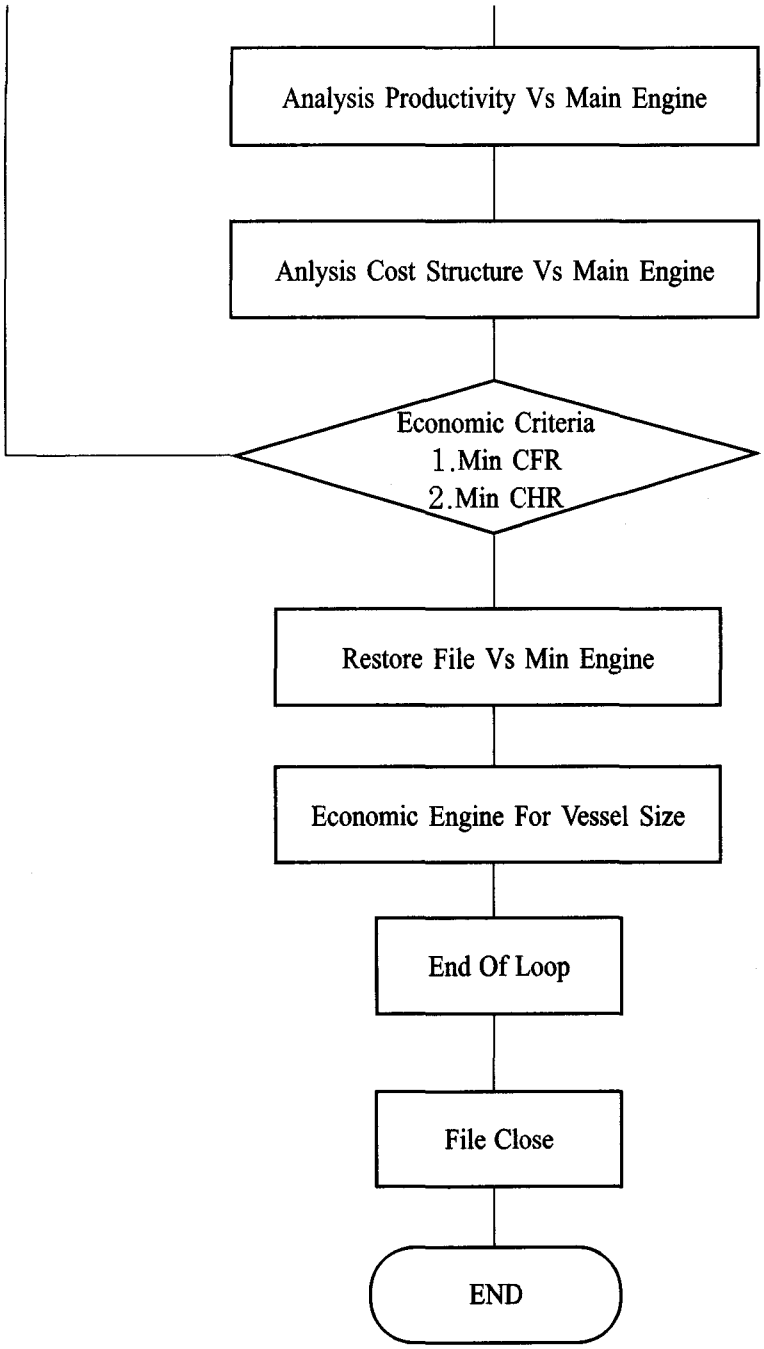
〈그림 24〉는 업종별 · 규모별 어선 경제적 기관마력 선정시스템 흐름도를 나타내고 있다.


START
Define Global Variables
기본 데이터 입력
File Open
R-22.5
R-300
강선
FRP 선
Main 엔진
보조엔진
어로 엔진
업종별 경비
Vol-G/T
Input Data
Ma 20 for.c
업종별 Data 처리 : 중회귀 분석법
No
Steel-ship
해당 FRP ship
실적선 데이타 등
파일에서 받음
해당 Steel-ship의 실적선
데이터를 파일에서 받음
≥ ø
Ship Length-24m
〈 ø
Ma 20 More.c
Ma 20 Less.c


ship Length 24m
Ma 20 Less.c
Ma 20 More.c
(G/T) input V_S (Cubic Number) V
Starting Point of Loop
(ind. Variables V, L, B, D)
(cubic)V/(cubic) c
F.B cal-F.B line
Scrap record sign
Restore file
GM cal 〉 GM line
Scrap record sign


File write
Step by step
$C_b(0.4 \leq C_b \leq 0.8)$
$\triangle Hull = \gamma \cdot C_b \cdot L \cdot B \cdot T$
Cal. Powering
G/T 50 ton
〉ø
R-300
≤ø
R-22.5
Cal. LWT
CDWT = △Hull-LWT
Analysis(어장환경요소)
Step by Step
(조업일수 + 항해일수)
총연료량 계산
연료창 용적(Vfuel), 어창(Vfish)
청수창 용적(Vfresh) 계산


(Vfuel + Vfish + Vfresh)S = Cb/K3
0.98≤
(Vfuel + Vfish + Vfresh)S/(Vfuel + Vfish + Vfresh)C
≤1.0
CDWT/(CDWT) cal
△Hull-(LWT+어장발 CDWT)
Restore file
Analysis(어장환경요소)
Cal. Income = 1회 어획량×조업횟수×평균어가
Cal. fuel cost
Cal. Fishing fuel cost
Total outcome
Cash flow estimate
$\sum_{i=1}^{n}\overline{PW}$ Total cost



〈그림 24〉 업종별 규모별 어선 경제적 기관마력 선정 시스템 흐름도

〈다음호에 계속〉