creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

경영학박사 학위논문

시스템다이내믹스를 활용한 선박투자의 재무적 타당성 평가 연구

A Study on Financial Feasibility of
Ship Investment Project Using
System Dynamics

지도교수 이 기 환

2017년 2월

한국해양대학교 대학원

해 운 경 영 학 과

최 정 석

Collection @ kmou

본 논문을 최정석의 경영학박사 학위논문으로
인준함

위원장 신 한 원

위 원 손 판 도

위 원 신 용 존

위 원 이 재 민

위 원 이 기 환

2016 年 12 月

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원
해 운 경 영 학 과

Collection @ kmou

Collection @ kmou

목 차

초 록(Abstract) ····· Ⅶ

제 1 장 서 론 ····· 1
1.1 연구의 배경 및 목적 ····· 1
1.2 연구의 범위 및 방법 ····· 2
1.3 연구의 구성 ····· 4

제 2 장 이론적 고찰 ····· 6
2.1 선박투자 재무적 타당성 평가 ····· 6
2.2 시스템다이내믹스 ····· 11
2.3 선행연구 고찰 ····· 18

제 3 장 평가모델 구축 ····· 23
3.1 모델 구축 방법과 과정 ····· 23
3.2 모델 구축 대상과 실증분석 사례 선정 ····· 29
3.3 실증분석의 흐름과 사례개요 ····· 31

제 4 장 실증분석 ····· 38
4.1 기존 DCF방식에 의한 선박투자 재무적 타당성 평가 ····· 38
4.2 시스템 구조설정 및 구성변수 선정 ····· 46
4.3 인과지도 작성 ····· 54
4.4 시뮬레이션 모델 구축 ····· 59
4.5 시뮬레이션 모델 검증 ····· 90
4.6 시스템다이내믹스를 활용한 선박투자 타당성 평가 ····· 94
4.7 기존 DCF방식과 시스템 다이내믹스 방식 비교·분석 ····· 102

Collection @ kmou

제 5 장 결 론 ····· **104**
5.1 연구결과의 요약 ····· 104
5.2 연구의 시사점과 향후과제 ····· 105

참 고 문 헌 ····· **108**

감사의 글 ····· **112**

부록 : 시뮬레이션 모델의 수식 ····· **113**

KOREA MARITIME AND OCEAN UNIVERSITY
1945
한국해양대학교

Collection @ kmou

<표 목차>

<표 1> 시스템 다이내믹스의 역사적 발전과정 ····· 13
<표 2> 통계적 분석과 시스템 다이내믹스간의 비교 ····· 15
<표 3> 선행연구의 한계점 및 연구의 의의 ····· 22
<표 4> 인과지도 작성을 위한 주요 기호 체계 ····· 26
<표 5> 자금조달 구조 ····· 33
<표 6> 발주 선박 상세제원 ····· 35
<표 7> 1,800TEU 컨테이너선 수주 조선소 현황 ····· 37
<표 8> 1,800TEU 컨테이너선 현금흐름 기본 가정 ····· 39
<표 9> 1,800TEU 컨테이너선 운항수입 항목 가정 ····· 40
<표 10> 1,800TEU 컨테이너선 운항비용 항목 가정 ····· 40
<표 11> 1,800TEU 컨테이너선 고정비용 항목 가정 ····· 41
<표 12> 프로젝트 추정 영업활동 현금흐름 ····· 42
<표 13> 프로젝트 상환가능성 검토 ····· 44
<표 14> 가중평균자본비용(WACC)을 통한 할인율 산정 ····· 45
<표 15> 프로젝트 수익성 평가 ····· 46
<표 16> 수입 부문 구성변수 ····· 48
<표 17> 비용 부문 구성변수 ····· 49
<표 18> 해운시장 부문 구성변수 ····· 50
<표 19> 금융시장 부문 구성변수 ····· 51
<표 20> 거시경제 부문 구성변수 ····· 51
<표 21> 사업성과 부문 구성변수 ····· 52
<표 22> 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 구성 변수 자료현황 ····· 53
<표 23> 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수 ····· 59
<표 24> 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 변수 구분 ····· 59
<표 25> 수입부문 모델 투입변수 ····· 60

Collection @ kmou

<표 26> 운임 수입 추정을 위한 투입변수 ····· 63
<표 27> 중고선 가격 모델 투입변수 ····· 65
<표 28> 중고선 가격 예측 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수 ··· 65
<표 29> 중고선 가격 예측을 위한 변수 구분 ····· 65
<표 30> 중고선 가격 예측 시스템다이내믹스 예측 결과 ····· 67
<표 31> 비용부문 모델 투입변수 ····· 69
<표 32> 연료유 가격 모델 투입변수 ····· 72
<표 33> 연료유 가격 예측 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수 ··· 72
<표 34> 연료유 가격 예측을 위한 변수 구분 ····· 72
<표 35> 연료유 가격 예측 시스템다이내믹스 예측 결과 ····· 74
<표 36> SD예측값과 전망기관 예측치 비교 ····· 77
<표 37> 금융비용 모델 투입변수 ····· 78
<표 38> 단위근 검정 결과 ····· 81
<표 39> log difference 후 단위근 재검정 결과 ····· 82
<표 40> ARIMA기법을 활용한 국고채 수익률 예측결과 ····· 83
<표 41> 자기상관계수 수식 ····· 84
<표 42> ARIMA 예측 결과에 따른 Libor금리 추정값 변화 ····· 85
<표 43> 연도별 Dynamic 할인율 ····· 86
<표 44> 사업성과 모델 투입변수 ····· 86
<표 45> 사업성과 부문 모델 시뮬레이션 결과 ····· 88
<표 46> MAPEs 검증결과 ····· 92
<표 47> 시뮬레이션 모델의 상관관계 분석 결과 ····· 93
<표 48> 시스템 다이내믹스를 활용한 재무적 타당성 평가 결과 ····· 94
<표 49> 일반 DCF방식과 시스템다이내믹스 방식 사업성분석 비교 ····· 101
<표 50> 일반 DCF방식과 시스템다이내믹스 방식 추정값 차이 비교 ····· 102

dCollection @ kmou

[그림 목차]

[그림 1] 연구의 구성 및 절차 ····· 5
[그림 2] 신규투자 재무적 타당성 평가 방법 개념도 ····· 10
[그림 3] 시스템 다이내믹스 모델구축 방법 ····· 24
[그림 4] 시스템 다이내믹스 모델링 과정 ····· 25
[그림 5] 인과지도 작성 예시(해운-수요-공급 예시) ····· 27
[그림 6] 실증분석의 흐름 ····· 32
[그림 7] 선박 투자 구조 ····· 34
[그림 8] 1,800TEU 컨테이너선 선가 추이 ····· 36
[그림 9] 선박투자 재무적 타당성 분석 모델의 시스템 구조 ····· 47
[그림 10] 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 인과지도 ····· 55
[그림 11] 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위한 인과지도 Decision Tree ····· 56
[그림 12] 중고선가 예측 인과지도 ····· 57
[그림 13] 연료유 가격 예측 인과지도 ····· 58
[그림 14] 수입 부문 시스템다이내믹스 모델(SFD) ····· 61
[그림 15] 수입부문 모델 시뮬레이션 결과 ····· 61
[그림 16] 운임수입 몬테카를로 시뮬레이션 결과 ····· 63
[그림 17] 중고선가 예측 시스템다이내믹스 모델(SFD) ····· 66
[그림 18] 중고선가 예측 변수별 시뮬레이션 결과 ····· 68
[그림 19] 비용부문 시스템다이내믹스 모델(SFD) ····· 70
[그림 20] 비용 부문 모델 시뮬레이션 결과 ····· 71
[그림 21] 연료유 가격 예측 시스템다이내믹스 모델(SFD) ····· 73
[그림 22] 각 변수 별 예측 결과 ····· 75
[그림 23] 금융 비용 부문 시뮬레이션 모델(SFD) ····· 79
[그림 24] 금융비용 모델 시뮬레이션 결과 ····· 80
[그림 25] Dynamic할인율과 일반 할인율 비교 ····· 85

Collection @ kmou

[그림 26] 사업성과 부문 시뮬레이션 모델(SFD) ····· 87
[그림 27] 통합시뮬레이션 모델 ····· 89
[그림 28] 시뮬레이션 모델의 수식과 단위 검증 결과 ····· 91
[그림 29] 2016-2029년 NPV 분석결과 ····· 95
[그림 30] 일일 운임수입 민감도 분석 결과 ····· 97
[그림 31] 선원비 민감도 분석 결과 ····· 98
[그림 32] 물가상승률 민감도 분석 결과 ····· 100
[그림 33] 연료비 민감도 분석 결과 ····· 101

Collection @ kmou

ABSTRACT

A Study on Financial Feasibility of Ship Investment Project using System Dynamics

Choi, Jung Suk

Department of Shipping Management
Graduate School
Korea Maritime & Ocean University

Advised by Professor Lee, Ki-Hwan

This study is initiated to overcome limits of current method in purchase of vessel, requiring immense amount of investment, and to stimulate virtuous cycle by introducing financial feasibility of vessel investment project.

The objective of this study is to develop a dynamic and systematic vessel investment economic feasible model based on casual loop between variables affecting business performance in purchase of vessel.

To achieve the objective, this study conduct establishing of financial feasibility of vessel investment model using System Dynamics method. Then perform simulation to get the dynamic DCF. Finally conduct comparison analysis with the commonly used DCF method.

Formerly, feasibility studies related to purchase of vessel was not actively

Collection @ kmou

in progress, despite the critical importance of the study. Most widely used vessel investment validity method is DCF based profit estimation. This method holds limitations; under the DCF method, income and cost affecting business performance is merely estimated through fragmentary practice to project future profitability. Thus, DCF method holds limitations since the method does not fully consider future market condition. On the other side, vessel investment requires minimum investment period of 10 years, therefore enhanced realistic method to project income and cost is magnified in businesses.

System Dynamics is a dynamic analysis method performing simulation, using casual loop between social phenomenon and dynamic system. Hence, system dynamic method is regarded as a realistic method since it estimates future income, cost and profitability in consideration of casual loop between various variables that could occur in a respect to vessel investment.

To fulfill the above statements, system dynamics through 5 processes using financial feasibility of vessel investment project is performed.

First, structure of system is set in place then income and cost factor variables in evaluation of business performance and using analysis of actual case is selected. The case used in this study is a 1,800TEU container vessel ordered by a "A Korean shipping company" Case which evaluated business performance following vessel investment of financial amortization period throughout 12 years were used in actual Empirical analysis.

Based on the case, to evaluate dynamic business performance using system dynamics, 6 variables: income, cost, business performance, shipping market, world economy, financing market were selectively applied in particular model.

Second, casual loop diagram between 6 variables are structured and casual relationship stream in variables affecting financial validity evaluation is examined from qualitative point of view. Prior to the structuring of casual

Collection @ kmou

loop diagram, relationship between income and cost which affects business performance immediately are set up and causal relationship with shipping market, financial market and world economy are identified. Besides, additional casual loop diagram is established for various variables used in projection of sub-model, bunker price and second hand vessel prices.

Third, in a step to stock flow diagram, 3 main models: income, cost and business performance, 3 sub models: bunker price forecast, freight rate income forecast, second hand vessel price forecast are established and estimated value using dynamic simulation is forecasted and enhanced business performance estimation reality.

Fourth, objectivity of simulated result in accordance with reality is verified by comparing the result with historic data. Variables used simulating estimation of studied model are bunker price, second hand price and government bond. R^2 results between Historic time series of variables and simulated result were 0.989, 0.916, 0.998, showing high correlationship. Furthermore, MAPEs results which is used to see coherency between historic data and simulated results came out to be 10.01%, 10.19%, 4.16%, showing suitable coherence.

Fifth, Dynamic NPV result derived from such system dynamics is compared with NPV result of general DCF method. Dynamic NPV result revealed to be more conservative than the general DCF method based NPV result. It is analyzed that conservative outcome of dynamic NPV result is owing to the various factors such as depressed global economy and acceleration of unbalance between supply and demand in shipping market was reflected and improved reality in vessel investment.

Under the above performed study, to overcome the limitations of commonly used DCF method in financial feasibility analysis model in purchase of vessel, SD model, a dynamic analysis method is applied and induced resonable estimation based on casual relation between variables.

Collection @ kmou

Additionally, a new forecast model is established for overall management of risks in variables used and future cash flow estimation is provided but it has few limitations of it's own.

First, SD evaluation method, forecasting future cash flow using results of estimation of various variables and casual loop diagram structured through qualitative decision shows difficulty in selection of variables from objective proof side.

Second, limiting number of variable in studied model due to the adversity in structuring such a model and credibility of performed results is where the advantage of system dynamics was not fully utilized.

Third, rather than to offer an alternative to overcome limitations of commonly used DCF method, dynamic DCF evaluation method with SD is used and could not fully surmount the limitations.

Thus, conducive to improve financial feasibility of vessel investment project, diversified variables and analysis to prove objectivity needs to be analyzed. Eventually, objectivity in cash flow forecast and supplementary analysis method in accordance with reality needs to be applied to improve credibility and prediction of SD model.

Collection @ kmou

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1.1.1. 연구의 배경

글로벌 해운산업은 지난 수백 년 동안 호황과 불황을 반복하며 성장해오고 있다. 해운경기 변화의 흐름 속에 선 순환적 경영전략을 취한 해운기업은 더욱 성장해왔고, 그렇지 못한 기업은 부실이 심화되며 도태되어왔다. 국내의 경우 가까운 사례를 살펴보면 1997년 외환위기, 2008년 글로벌 금융위기 등으로 인해 해운위기 상황이 발생하여 해운 및 전후방 산업에 큰 타격을 입은 결과, 변화에 적절히 대처한 기업은 생존할 수 있었으나, 그렇지 못한 기업은 폐업의 길을 갈 수 밖에 없었다. 이렇듯 전 세계 조선 1위, 해운 5위 국가인 우리나라 역시도 경기순환에 따른 후행투자로 선박이라는 거대 자본재의 자산가치 하락, 투자비용 증대 등의 유동성 위험에 노출되는 악순환이 반복되고 있다.

특히, 막대한 자본의 투입이 요구되는 선박 도입에 관한 선순환적 투자 구조가 형성되지 않아 호황기에 배를 구입하고 불황기에 배를 매각하는 악순환 구조가 반복되고 있다. 국내 해운기업들은 해운 위기 때마다 고가에 선박을 도입한 것으로 인해 원리금과 이자 등 금융상환에 어려움을 겪고 선박 운항 수익 대비 비용측면의 부담 증가 때문에 기업 자체의 부실이 심화되고 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 국내 해운기업의 상당수는 기업 경영자의 주관적인 판단에 의존한 선박 투자 의사를 결정하고 있다. 물론 일부 해운기업의 경우 금융권의 요구 또는 투자성과의 객관적인 판단을 위해 외부 컨설팅 전문기관을 통해 선박 투자에 대한 타당성을 평가받고 있지만, 이들 대부분이 회계법인 또는 신용평가사들로 해운 시장에 대한 이해가 바탕이 된 타당성 평가를 못하고 해운경기에 영향을 미치는 다양한 원인변수들을 적절히 반영하지 못하는 실정이다. 따라서 해운시장의 변화에 영향을 미치는 주요 변수들을 사업성 평가에 통합적으로 반영하고, 변수들의 관계를 인과적·수리적 개념으로 접근하는 새로운 선박 투자 타당성 평가 모델의 필요성은 증대되고 있다.

Collection @ kmou

1.1.2. 연구의 목적

본 연구는 선박투자에 따른 사업성과에 영향을 미치는 수입과 비용의 주요 변수들간의 종합적인 인과관계를 바탕으로 동태적이고 체계적인 방법에 의한 선박 투자 타당성 모델을 활용하여 해운기업들의 선순환적 투자구조를 유인하여 해운기업의 부실위기를 방지하는데 도움이 되고자 한다. 선박투자 의사결정의 경우 선박가격의 변화와 직·간접적으로 관련된 글로벌 경제여건, 해운시황, 금융, 운항비용 등 각각의 영향요인에 대한 체계적 관리가 필요하다. 이러한 종합적인 고려가 가능해야 경기변동에 따른 후행 투자로 인한 자산가치 하락, 투자비용 증대 등 유동성 위험의 악순환의 고리를 단절시킬 수 있을 것이다. 따라서 경기변동에 민감한 해운산업의 속성과 해운업계의 특수성을 고려하여 선순환적인 선박 투자 의사결정 시기를 결정하기 위해서는 선박의 수익성을 예측할 수 있는 다양한 과학적 수단의 도입이 필요한 상황이다. 그러므로 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 선박투자를 위한 현실적인 사업성 평가 모델을 구축하여 선박투자 실패에 따른 해운기업의 유동성 위기를 방지하고자 한다.

둘째, 시스템 다이내믹스와 같은 동태적 기법을 활용한 선박의 수입과 주요 비용에 대한 예측분석을 통해 미래 해운시장 변화에 대한 선제적 대책 수립을 지원하고자 한다.

셋째, 선박 투자로 인해 발생 가능한 주요 위험요인들을 사전에 파악함으로써 투자 당사자나 금융기관 등 이해당사자들의 각종 리스크를 경감시키고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법, 구성

1.2.1 연구의 범위

본 연구를 통한 모델 구축 대상은 선박투자의 재무적 타당성 분석이며, 실증분석 모델은 1,800TEU 방콕막스 컨테이너선이다. 실증분석 대상을 컨테이너선으로 선정한 이유는 해운산업의 선종 가운데 컨테이너 시장의 경기 변화가 민감하며, 국내 해사산업에 미치는 파급력 역시 다른 선종에 비해 크기 때문에 선박 투자에 따른

Collection @ kmou

리스크 관리가 가장 필요하기 때문이다. 컨테이너선 시장의 경우 최근 얼라이언스 중심의 구조재편과 아시아 역내 시장의 전환배치(Cascading) 확대에 따른 경쟁 과열 등 다이내믹한(Dynamic) 시장 변화에 직면해 있기 때문에 보다 면밀한 주의가 필요한 상황이다.

본 연구의 시간적 범위는 신조선박을 도입하여 운항하는 것을 전제조건으로 하여 국내 A선사의 1,800TEU급 컨테이너선 도입 사업성 평가 분석 내용을 실증분석의 대상으로 사용하였다. 동 사업성 평가의 시간적 범위는 12년간이며, 이는 원리금 상환기간을 기준으로 선박투자의 적정성을 평가하는 일반적인 사업성 평가 논리를 감안하여 적용하였다.

본 연구의 내용적 범위는 첫째, 시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자 재무적 타당성 분석 모델을 구축하기 위해 경제성 분석 개념과 일반적인 분석 방법, 선박 투자 타당성 분석관련 평가항목을 고찰하고, 둘째, 선박투자 재무적 타당성 분석의 구성요인과 영향요인 등 사업 타당성 결정요인을 기초로 시스템 다이내믹스를 활용한 시뮬레이션 모델을 구축하고 동 모델에 대한 검증을 실시하며, 셋째, 구축한 모델을 활용하여 선박투자 재무적 타당성 분석 결과를 도출하고, 동 결과가 의미하는 바를 해석하고 활용성과 시사점을 도출하는데 있다.

1.2.2. 연구의 방법

본 연구는 시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자 재무적 타당성 분석 모델 구축을 위해 1,800TEU급 컨테이너선의 모델을 설정하고, 기존 선박투자 타당성 분석에 사용되었던 DCF(현금흐름할인법)기반의 실제 자료를 바탕으로 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 연구 목적 달성을 위해서는 다음과 같은 연구방법을 수행하였다.

첫째, 본 연구는 선행연구를 통해 선박투자 재무적 타당성 평가의 중요성과 기존 평가 방법 모델을 소개하고 이들 방법론이 갖는 의미와 한계에 대해 설명하였다.

둘째, 본 연구의 선박투자 재무적 타당성 평가 방법인 시스템 다이내믹스의 분석방법과 특징을 소개하고, 선박투자 결정에 영향을 미치는 주요 수입과 비용, 사업성과, 환경 변수들을 파악한 후 시스템 다이내믹스를 적용한 모델을 활용하였다.

Collection @ kmou

셋째, 도출된 주요 요인들을 바탕으로 실제 1,800TEU급 컨테이너선을 대상으로 동태적 재무적 타당성을 평가하고 기존의 주요 사업 타당성 평가방법인 DCF(현금흐름할인법)과 비교 분석 및 시스템다이내믹스 평가방법에 대한 실증 연구를 실시하였다.

1.3 연구의 구성

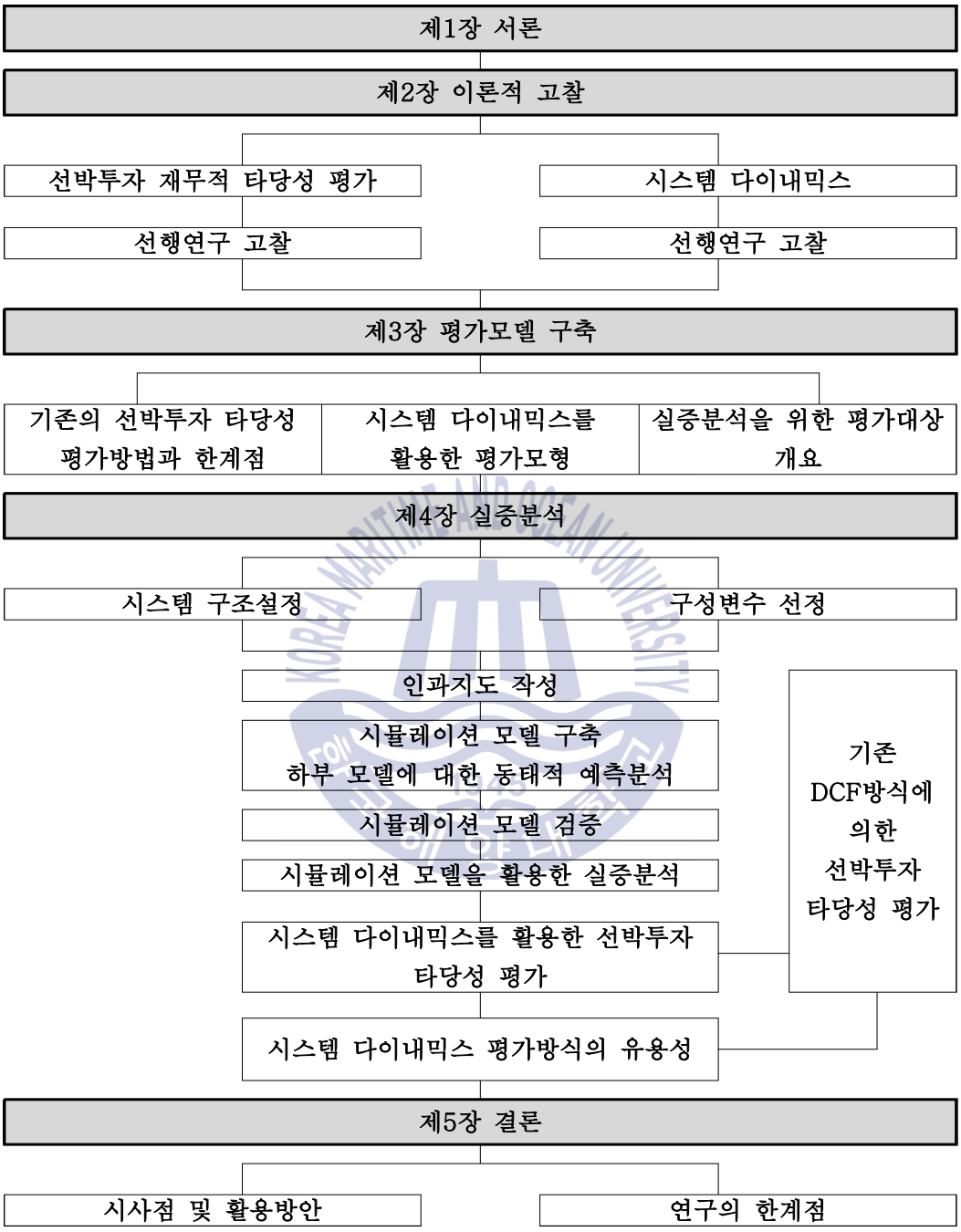
본 연구의 구성에 따른 절차는 [그림 1]과 같으며, 제1장에서는 연구 배경과 목적, 범위와 주요 구성절차에 대해 소개하고, 제2장 이론적 고찰에서는 선박투자 재무적 타당성 평가의 개념을 소개하고 이와 관련된 선행 연구를 고찰하였다. 그리고 본 연구의 선박투자 재무적 타당성 평가 분석방법인 시스템 다이내믹스의 개념과 논리 및 방법 등을 함께 고찰하였다.

제3장 평가 모델 구축에서는 기존 선박투자 재무적 타당성 평가에 사용되고 있는 DCF모형을 설명하고, 기존 방법이 갖는 한계를 파악하고 인식함으로써 새로운 사업 타당성 평가방법의 필요성을 제시하였다. 또한 새로운 평가 모델 구축을 위한 분석방법인 시스템 다이내믹스를 활용한 모델을 구축하기 위한 방법, 절차 및 대상과 사례를 선정하여 시스템 모델 구축을 위한 구조를 설정하였다.

제4장 실증분석에서는 시스템 다이내믹스를 적용한 모델 구축을 위해 구성 변수간 인과관계를 파악하여 인과지도를 작성하고, 시스템 구조에 따른 수입과 비용, 환경 요인과 같은 대분류 별 모델과 통합적 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 또한 각각의 구성변수 가운데 사업성 평가에 중대한 영향을 미치는 요소들을 선별하여 하부 다이내믹 모델링을 구축하여 미래 경기변화에 따른 동태적 관점의 예측분석을 실시하였다. 그리고 시뮬레이션 모델에 대한 타당성을 검증하고, 검증된 시뮬레이션 모델을 활용하여 1,800TEU급 컨테이너선 투자에 대한 재무적 타당성 분석결과를 산출하고, 기존 분석방법인 DCF방법 등과의 비교분석을 통해, 분석 결과값이 가지는 의의를 파악하였다.

제5장은 결론으로 연구결과와 시사점, 연구의 한계점 및 향후 과제를 기술하였다.

Collection @ kmou



[그림 1] 연구의 구성 및 절차

Collection @ kmou

제 2 장 이론적 고찰

2.1 선박투자의 재무적 타당성 평가

2.1.1. 재무적 타당성 평가의 개념

송경모(2013)는 추정 편익을 사업에 기인하여 발생하는 편익이라고 할 때 이 편익의 범위를 어떻게 설정하느냐에 따라 경제성이라는 어휘의 의미가 달라진다고 설명했다. 평가하려는 대상의 편익이 국가 전체의 경제관점에서 영향을 미칠 경우와 오직 사업자 또는 투자자에게만 영향을 미칠 경우로 구분하여 표현하는 방식의 차이가 발생된다. KDI공공투자관리센터(2008)는 오직 사업자에게만 귀속되는 현금흐름만을 대상으로 하는 경제성 분석을 재무적 타당성 분석이라고 정의했다. 즉 재무적 타당성 평가와 경제성 평가는 NPV법, IRR법 등 평가 방식과 기법에서는 동일한 방식을 적용하지만 평가 결과가 미치는 영향을 기준으로 구분되고 있다.

신규 사업을 추진함에 있어서 고려되어야 할 다양한 평가요인들 가운데 재무적 타당성 평가는 투자 목적에 대한 가장 원론적이고 기본적인 고려요인이다. 일반적으로 새로운 사업을 추진함에 있어서 고려되어야 할 사항으로는 물리적 환경, 법적 요인, 재무적 타당성 평가 등 3가지 요인을 손꼽을 수 있다.

첫 번째, 물리적 환경의 경우 제반시설과 같은 인프라 환경이 갖추어져야 하는 투자의 경우 중요한 고려대상이다. 예를 들어 연간 무더위가 기승을 부리는 아프리카에 스키장을 건설하는 사업안은 물리적 여건상 부적합하다고 할 수 밖에 없을 것이다.

두 번째, 법적 요인의 경우 특정 사업 투자로 인해 발생 가능한 환경규제, 민원발생, 생태규제 등에 대한 고려 요인이며, 주로 부동산 투자 등에서 많은 고려요인이 되고 있다.

마지막으로 재무적 타당성 평가는 신규투자를 함으로써 발생 가능한 현금흐름이 경제적으로 타당성이 있는지에 대한 여부를 판단하는 분석방법이며, 프로젝트 파이낸싱과 같이 미래 획득 가능한 수익성이 프로젝트 금융조달의 담보물이 되는

Collection @ kmou

신규투자에 가장 중요시되는 고려요인이다.

재무적 타당성 평가의 개념에 대해 Fabozzi and Peterson(2003)은 신규 투자에 대한 사업 타당성을 평가하기 위한 분석적 수단으로서 미래 시장상황의 예측을 바탕으로 재무적 여건과 운영 성과를 평가하는 분석방법이라고 정의했다. 이를 통한 최종 타당성 검토 결과는 예상되는 수익성이 투자에 따른 위험성에 비해 어떠한 수준인지에 따라 결정되며, 재무적 타당성 평가는 이러한 두 요인을 적절하게 분석하는 것에 의미를 두고 있다.

2.1.2 재무적 타당성 평가의 필요성

재무적 타당성 평가는 신규 투자 사업에 대한 투자자의 요구 수익률을 충족시킬 수 있는지와 금융권의 여신을 확보하기 위한 검증 수단으로서 필요한 절차라고 볼 수 있다.

Bennet(2003)은 재무적 타당성 평가는 투자자들의 관점에서 신규 투자 프로젝트에 대한 타당성을 검토하기 위해 필요하며, 투자금 대비 미래 사업의 경제적 수익성이 입증되어야 하며, 이를 검증하기 위해 현금흐름(Cash Flow)과 내부수익률(IRR)을 평가하는 것이 중요하다고 주장했다.

Hofstrand & Holz-Clause(2009)는 재무적 타당성 평가의 필요성에 대해 다음과 같이 설명하였다.

1) 재무적 타당성 평가는 투자 프로젝트를 면밀히 검토하고 합리적 대안의 기준을 제시한다.

2) 투자 사업 대상 가운데 가장 타당성이 높은 비즈니스를 선택할 수 있는 기회를 제공한다.

3) 면밀한 조사과정을 통해 신규 사업기회에 대한 가능성의 기준을 제시한다.

4) 신규 투자 프로젝트 추진 시 방해요소들을 명확히 제시한다.

5) 신규 투자 초기의 주요 리스크 요인들에 대한 면밀한 검토를 통해 투자안에 대한 성공 가능성을 높일 수 있다.

Collection @ kmou

6) 의사 결정을 위한 의미 있는 정보를 제공한다.

7) 투자 사업의 타당성이 충분히 검토되었다는 증거문서를 제공한다.

8) 프로젝트 투자에 대한 선박금융 또는 금융투자의 승인을 확보하는데 도움이 된다.

9) 가장 매력적인 투자 품목이 무엇인지에 대한 정보를 제공한다.

2.1.3. 재무적 타당성의 평가 방법

일반적으로 재무적 타당성의 평가는 현금흐름할인법(이하 DCF: Discounted Cash Flow)을 통해 수행되고 있다. DCF는 사업 투자를 통해 미래 획득 가능한 현금흐름을 적정한 할인율로 할인하여 현재가치의 사업 타당성을 평가하는 방법이다. 이때 획득 가능한 현금흐름이란 총유입현금에서 총유출현금을 공제한 것으로 신규투자에 따른 영업활동을 통해 창출 가능한 현금흐름(이하 FCF : Free Cash Flow)를 의미한다. 따라서 투자안에 대한 신규사업의 사업 가치는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{i=0}^{m} - \frac{ECF_i}{(1+r)^i} + \frac{m\text{기말회수청산가치}}{(1+r)^m}$$

FCF를 바탕으로 도출한 사업가치가 재무적 관점에서 타당성이 있는 지 여부를 확인하기 위한 평가 방법으로는 주로 NPV(Net Present Value: 순현재가치법)과 IRR(Internal Rate of Return : 내부수익률법)이 사용되고 있다. 이 밖에도 편익-비용 분석, 부채상환계수 평가방법(DSCR) 등이 선박 투자를 위한 재무적 타당성 평가 방법으로 사용되고 있지만, 해운기업의 투자 관점에서 가장 중요하게 요구되는 평가항목은 NPV와 IRR이라 할 수 있다. 그 이유는 편익-비용 분석은 일반기업의 투자 타당성 평가 보다는 공공 투자 성격의 사업에 적합한 분석 방법이며, 부채상환계수 평가방법은 금융권의 관점에서 대출 여신의 상환 가능성을 사업 타당성의 결정 여부로 인식하는 평가 기법이므로 해운기업의 관점과는 상이하다고 할 수 있다.

순현재가치법(이하 NPV)은 신규 사업을 통해 창출될 것으로 예상되는 현금흐름에 대해 미래의 투자가치를 현재의 가치로 적정하게 할인(Discount)하여 평가하는

Collection @ kmou

방법이며 NPV가 0이상이면 현재가치를 기준으로 신규 투자안의 사업 타당성이 긍정적이라는 것을 의미한다. NPV는 복리수익률의 개념을 통해 쉽게 이해할 수 있다. 현재의 1억원은 4년뒤의 1억원과 비교하여 분명 더한 가치를 갖고 있다. 왜냐하면 현재 1억원을 8% 복리 이자 기준으로 투자할 경우 4년 뒤 136억원의 가치를 갖게 되기 때문이다. NPV를 통한 투자 타당성 평가는 미래의 투자기간 동안의 모든 순현금흐름을 현재가치로 전환한 다음 합산한 값을 사용하며 t기간 동안 현금유입을 CI_t, 현금유출을 CO_t라고 할 때 그 수식은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CI_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=o}^{n} \frac{CO_t}{(1+r)^t}$$

내부수익률법(이하 IRR)은 대상 신규투자안의 현금흐름을 투자사업의 예상되는 수익률로 할인하여 NPV가 0이 되는 값을 의미한다. 예컨대 1억원을 투자할 경우 1년 뒤에 2,000만원의 수익을 확보할 수 있는 사업안이 있다면 NPV가 0이 되는 IRR은 아래와 같으므로 20%라는 사실을 알 수 있다.

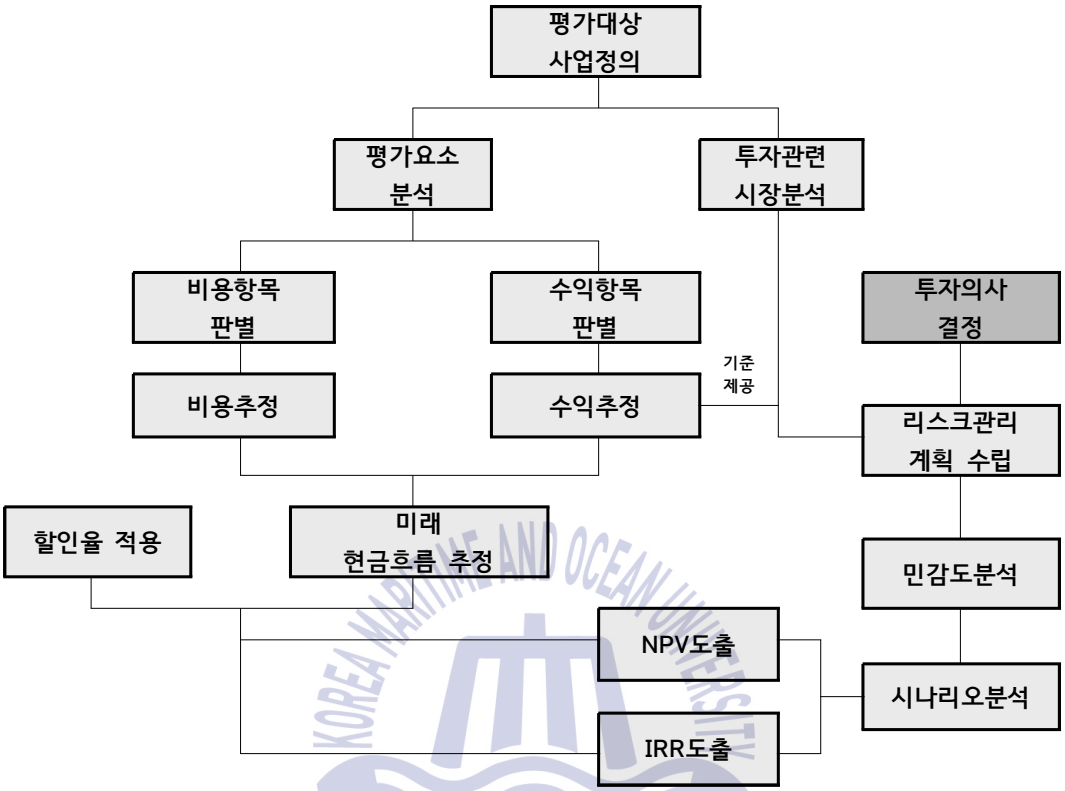
$$-10억원 + \frac{12억원}{(1+20\%)} = 0$$

따라서 IRR은 투자기간 중 발생하는 t기간 동안 현금유입을 CI_t, 현금유출을 CO_t라고 할 때 그 수식은 아래 식을 만족하는 y값을 의미한다.

$$IRR = \sum_{t=0}^{n} \frac{CI_t - CO_t}{(1+y)^t} = 0$$

이상과 같이 산출된 FCF 값을 바탕으로 NPV와 IRR을 구하여 신규투자의 재무적 타당성을 평가하는 방식의 개념도는 [그림 2]와 같이 정리할 수 있다.

Collection @ kmou



[그림 2] 신규투자 재무적 타당성 평가 방법 개념도

위와 같은 일련의 흐름에 따라 신규투자 사업의 재무적 타당성 평가는 진행이 되며, 최종적인 투자가 결정되기 위해서는 사업 타당성 결정요소인 NPV와 IRR의 결과값을 토대로 다양한 리스크 분석이 수행되어야 한다. 한 가지 특징적인 부분은 재무적 평가에도 기술적, 환경적 평가방식인 투자관련 시장분석이 꼭 필요하다는 것이다. 이는 시장의 환경에 따라 수익추정을 위한 편익항목들의 값들이 결정되기 때문이며, 리스크 관리 계획을 수립하기 위해서도 시장분석은 반드시 필요한 요인이라고 할 수 있다.

2.1.4. 선박투자 재무적 타당성 평가의 의의

선박 1척에 수천만 달러를 상회하는 거대한 자본이 소요되는 선박투자사업은 선박가치의 변화, 운임 시장의 변동성 등 다양한 대내외 변수들로 인해 정확한 투자시기를 판단하지 않으면 큰 투자 실패를 경험할 수 있다. 실제로 지난 2008년 180K

Collection @ kmou

케이프선 1척에 USD 1억을 넘어섰던 선박가격은 리먼 사태 이후 급격한 가격 하락세를 경험했으며, 불과 2년 뒤인 2010년도에 USD 5,000만 이하로 가격이 급락하였다. 운임시장 역시 컨테이너선의 경우 아시아-유럽구간 항로 TEU당 운임이 2015년 USD 2,000 수준이었지만 2016년 1분기에 들어 초대형 컨테이너선 공급 증가와 과잉 경쟁 영향으로 10분의 1 수준인 USD 200까지 하락한 사례도 나타나고 있다. 이렇게 해운시장의 변화무쌍한 환경 속에서 막대한 투자가 소요되는 선박투자사업은 해운산업에 대한 전망과 대내외 변수에 대한 리스크 검토뿐만 아니라, 선박투자에 따른 수익성 확보를 평가할 수 있는 재무적 타당성 검토가 필요하다.

전체적인 해운시장의 여건을 바탕으로 수입과 비용을 추정하고 이를 통한 현금흐름을 분석하여, 내용연수 기간 동안 적절한 할인율에 기반을 두어 수익성을 평가하는 재무적 관점의 사업 타당성 평가는 선박투자에 대한 불확실성을 사전에 경감시키고 보다 객관적인 관점에서 투자를 결정할 수 있는 원동력이 되고 있다는 점에서 그 의의가 있다고 볼 수 있다. 이러한 재무적 타당성 평가를 위한 대표적인 방법으로는 편익-비용 비율, 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)등이 있다. 또한 타당성 분석을 위한 수입과 비용 추정에 사용된 변수들에 대한 오차를 보완하고 실제 사업의 리스크 변화를 사전에 파악하기 위해 민감도 분석도 함께 수행하고 있다.

2.2 시스템다이내믹스

2.2.1. 시스템 다이내믹스의 개념

시스템 다이내믹스(System Dynamics)는 사회현상의 동태적 구조를 인과관계를 기반으로 모델화하여 시뮬레이션 함으로써 사회체계를 분석하고 정책을 탐구하는 방법론이다.

시스템 다이내믹스는 1961년 미국 MIT 대학의 Forrester 교수가 전기공학분야에서 사용되는 순환고리 이론을 인과적 관계를 중심으로 다양한 순환고리 구조를 가진 일반 사회 시스템에 적용할 수 있다고 생각하여 미국 공군의 생산과 재고 관리에 적용하는 모델을 개발하고 응용하면서 시작되었다.[1)]

Collection @ kmou

시스템 다이내믹스의 세계관은 사회구조가 행태를 결정짓는다는 것에 기초하고 있다.[2] 여기에서 구조란 피드백 루프(Feedback Loops)를 의미하며 행태란 동태적 행태유형을 의미한다. 피드백 루프(Feedback Loops)는 사회 현상이 발생하게 되는 원인을 규명하고 A라는 원인변수가 B라는 결과변수에 미치는 영향을 단편적 사고방식이 아닌 순환적 사고방식으로 인지하여 다양한 개선안을 도출하는 것이다. 동태적 행태유형(Dynamic Pattern of Behavior)은 피드백 과정을 통해 도출되는 결과값들이 예측 가능한 특정 행태를 보이는 것이 아니라 동태적 인과관계에 따라 서로 상호 보완적인 결과로 나타난다는 것이다. 즉 현재는 이해의 대상이고, 미래는 창조의 대상이지 현재의 상태가 미래의 단편적인 결과의 원인은 아니라는 것을 의미한다.

또한 시스템 다이내믹스는 시스템(System)과 다이내믹스(Dynamics)의 결합어로서 시스템은 관찰대상이나 공간상의 영역, 또는 어떤 물질의 양이며, 경계에 의하여 다른 사물과 구분되어지는 것을 의미한다.[3] 다이내믹스는 시스템의 정태적 변화보다는 사회현상의 동적인 변화를 의미하며, 시스템 다이내믹스는 관찰대상의 공간적·물질적 구조변화에 대해 동적인 관점으로 사회현상의 원인을 규명하고 미래 방향을 예측하는 방법론을 의미한다.

2.2.2. 시스템 다이내믹스의 역사적 배경

시스템 다이내믹스가 최초로 등장한 계기는 1961년 미국 MIT 대학의 Forrester 교수가 그의 저서 산업동태론(Industrial Dynamics)에서 "산업동태론은 산업시스템들의 행태를 연구하는 방식으로서, 정책 및 의사결정과 구조 그리고 시간지연 등이 어떻게 상호 연결되어 시스템의 성장과 안정성에 영향을 주는지를 밝힐 수 있다."[4]고 설명하며 현재 사용되고 있는 시스템 다이내믹스 방법론의 효시가 되었다. 이후 Forrester 교수는 보스톤 전 시장을 역임한 John. F. Collins와의 협력을 통해 사회 전반에 걸친 폭 넓은 사회 문제에 관심을 갖게 되고 이를 바탕으로 도시 동태론[5]을 발표하며 전 세계의

1) 김도훈·문태훈·김동환 (1999)

2) 김동환 (2011)

3) Look & Sauer (1982)

4) Forrester (1961)

5) Forrester (1969)

Collection @ kmou

주목을 받게 된다. 도시동태론은 도시를 행태에 따라 16가지 존으로 구분하고 각각의 존이 갖는 고유의 동태적 특성에 대해 설명하며, 이에 따른 도시개발계획의 효율적 모델안을 제시하였다. 그 결과 인구과밀에 따른 미래 도시위기 해결을 고민하고 있던 로마클럽의 초대를 받아 세계사회경제체계를 시스템 다이내믹스로 구현화한 World 1 모형을 설계하였다. 이는 후에 World 2로 재발표되어 그의 저서 세계동태론[6]에 소개되었다.

세계동태론은 World 2 모델을 적용하여 세계인구와 산업생산, 환경문제, 식량위기 등 주요 변수사이의 인과적 관계를 분석하여, 지구의 인구 수용력 문제로 인해 21세기에는 세계의 사회경제체계의 붕괴를 초래할 수 있으며, 인간 스스로의 위기 경감조치와 각 국가들의 정책적 개입이 미래의 지속가능한 사회를 유지할 수 있는 원동력이 될 것이라고 설명했다. 이후 로마클럽은 세계 동태론 연구의 확장을 요청했고, 그 결과 오늘날 도시공학, 사회과학, 환경학 등 다양한 분야에서 사용되는 광범위한 연구 방법론으로 사용되고 있다.

<표 1> 시스템 다이내믹스의 역사적 발전과정

구분	주요내용
1960년대	◦ Forrester 교수에 의해 “Industrial Dynamics”, “Urban Dynamics”, “World Dynamics”가 발간되면서 하나의 학문체계를 구축함
1970년대	◦ Meadow의 “The Limits to Growth”가 발표되면서 기존 도시계획 중심의 연구분야가 환경정책의 개발 분야로 확대됨
1980년대	◦ Barry Richmond의 STELLA 프로그램이 기존의 Dynamo를 대체하면서 그래픽 시뮬레이션 기법 도입으로 대중화의 기반을 가짐
1990년대	◦ Senge의 “The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization”이 베스트셀러가 되면서 유용성에 대한 전 세계 이목을 집중시킴
2000년대	◦ Forrester 교수 주도로 1990년부터 시작한 대중화 프로젝트로 전 세계 학생들에게 시스템 다이내믹스 교육 제공

자료 : 김동완 (2011), P.4.

6) Forrester, (1971)

Collection @ kmou

2.2.3. 시스템 다이내믹스 특징

시스템 다이내믹스의 연구 분야는 정치, 경제, 사회, 문화, 환경, 군사 등 사회현상에서 발생 가능한 거의 모든 분야에 적용 가능하다. 특히 여러 가지 경제, 사회 현상을 계량화 또는 정성적으로 분석하는데 폭넓게 사용되고 있다.

이러한 시스템 다이내믹스는 기존의 보편적인 통계적 분석방법 및 다른 기타 여러 연구 분석 방법과 구별되는 고유한 특징을 가지고 있다.

첫째, 사회현상의 원인을 규명하는데 그치는 게 아니라 인과관계에 초점을 두는 직관적 사고 방식을 기반으로 변수들을 추출하여 체계화하고 있다. 모든 사회현상의 원인을 시스템 사고(Systems Thinking)에 기반하며, 단선적인 방식이 아닌 원인과 결과의 동태적 변화 관점에 초점을 맞춰 현상을 파악하는 정성적·정량적 분석방법을 동시에 채택하고 있다. 따라서 독립변수와 종속변수를 구별하지 않고 변수들 간의 상호 영향관계에 초점을 두는 연구 분석 방법론이다.

둘째, 시스템 다이내믹스의 핵심은 피드백 루프의 발견과 이해에 있다.[7]추상적인 변수들이 아니라 구체적인 피드백 루프에 의해 발생되는 시스템의 동태적 변화를 이해하는 것이 시스템 다이내믹스의 본질이라고 할 수 있다. 여기서 피드백 사고란 시스템의 작동 메커니즘이 피드백 루프라는 점을 인식하고 이를 발견하여 활용하는 사고방식이다. 피드백 구조를 통해 시스템의 변화를 외부변수보다는 내부변수에서 찾게 되며, 특정변수와 관련된 설명력에 주안점을 두기 보단 시스템의 전반적인 구조에서 사회현상의 원인을 규명하고 있다. 이러한 피드백 구조는 각종 정책과 관련된 변수들 간에 존재하는 피드백 구조를 발견하여, 정책의 성공과 실패의 원인을 구조적인 측면에서 이해하고 정책처방을 내리는 데 사용되고 있다.[8]

셋째, 시스템을 구성하는 모든 원인변수들 사이의 인과 관계를 정량적으로 표현할 수 있을 뿐만 아니라, 정성적 변수 역시도 계량화 할 수 있어 기존 통계론적 분석방법의 한계를 극복하고 사회 시스템 전반을 모델화하는 데 유용하다.[9]

---

7) 김동환 (2011), P.12.

8) 김도훈·문태훈·김동환 (1999), P.50.

9) 문태훈 (2011), P.61-77.

Collection @ kmou

넷째, 복잡한 시스템을 구성하는 변수들간의 비선형관계를 분석하는데 유용하다.[10] 시스템 다이내믹스 구성변수들간의 관계는 상호 의존적이며, 복잡한 비선형성을 인과적 관계에 따라 구조화하여 시스템 변화에 큰 영향을 미치는 특정 변수를 파악하는데 유용하다.

다섯째, 시스템적 사고에 따라 도출된 결과가 사회 현상에 부적합한 결론으로 판명될 경우 이를 수정하고 보완하는 과정이 상대적으로 용이하다. 시스템 구성 변수를 추가, 제외하거나 수정하는 방식이 컴퓨터 시뮬레이션 상에서 손쉽게 적용되어서 연구자의 오류수정이 용이하며, 모델 수정 및 보완이 간편하다.

여섯째, 시계열적 변화에 따라 발생 가능한 사회현상의 결과를 다양한 시나리오에 따라 결과값을 도출할 수 있다. 예측하고자 하는 결과에 대해 시뮬레이션 분석을 실시하여 다양한 케이스에 따라 상이한 결과값을 도출하여 정책 개발에 따른 리스크 관리의 수단으로 활용될 수 있으며, 입력변수의 값을 변화하여 시간의 변화에 따라 도출되는 결과 값을 비교분석 할 수 있다.

<표 2> 통계적 분석과 시스템 다이내믹스간의 비교

특성	통계적 분석	시스템 다이내믹스
분석 논리	◦ 기존의 경험적 자료	◦ 변수들간의 인과적 관계
분석 대상	◦ 정적 행태	◦ 동태적 행태 유형
분석 초점	◦ 변수간의 상관관계	◦ 모든 변수들간의 순환관계 (피드백 구조)
분석 목표	◦ 통계적 정확성 추구	◦ 인과적·설명력, 구조적 정확성
예측 결과	◦ 단기적 예측	◦ 장기적 예측
분석 결과	◦ 통계적 검증의 결과	◦ 도식화된 구조, 서술적 형태
정책 처방의 실험	◦ 어려움	◦ 쉬움

자료 : 김도훈·문태훈·김동환 (1999), P.52.연구자 재구성

10) 박경열 (2012), P.47.

Collection @ kmou

2.2.4. 시스템 다이내믹스 구성요소와 기본논리

4-1. 시스템 다이내믹스 구성요소

① Stock Variables(수준변수) : 시스템의 상태를 나타내는 저량 또는 수준변수를 의미한다. 수준변수는 현재 시점을 기준으로 누적된 시간의 변화에 따른 결과값이다. 따라서 시스템을 갑자기 멈추어도 기 누적된 결과값을 바탕으로 그 값이 존재 가능하다.

② Flow Variables(변화율변수) : 시스템의 수준변수(Stock)에 변화를 발생시키는 유입량(Inflow)와 유출량(Outflow)를 의미하며, 시스템이 동태적으로 존재할 수 있게 만드는 시간에 따른 변화량이다.

③ Auxiliary(보조변수) : 수준변수 또는 변화율 변수의 계산을 보조하기 위해 독립변수와 종속변수로 구성된 함수식으로 직접 저량(Stock)의 변화에 영향을 미치지 않고 관계식을 통해서만 영향을 미친다.

④ Constant(상수) : 시스템 다이내믹스 모형을 구체화하기 위해 보조변수와 함께 사용되는 특정 값을 의미한다.

⑤ Time Bound & Data Set (시간설정 및 저장) : 시뮬레이션을 시작하기 위해 시간의 단위와 시작 및 종료시간 등을 구체화하고 시뮬레이션 결과를 저장하는 기능을 의미한다.

⑥ Sensitivity Analysis(민감도 분석) : 주요 입력변수들의 변화에 따라 결과값들의 변화를 파악하고 이들 결과가 미치는 영향에 대해 분석하는 기능이다.

⑦ Smooth Function(Smooth 함수) : 이동평균과 같은 개념으로 정보의 지연이 발생하는 경우 특정 투입변수 값이 시뮬레이션 결과에 서서히 인식되도록 적용되는 함수기능이다.

⑧ Step Function(Step 함수) : 시간에 따른 입력 값들을 조정해 주는 함수기능이다.

Collection @ kmou

4-2. 시스템 다이내믹스 기본논리

시스템 다이내믹스는 다양한 투입 변수들의 시계열적 변화들을 동태적 관점에서 종합적으로 이해하기 위한 방법으로 연립미적분방정식 체계를 기반으로 하고 있다.

시스템 다이내믹스에서는 미분방정식을 Flow Equation(유량방정식)[11]의 개념으로 인식하여 함수의 해를 구하고 있다. 일반적인 단순 회귀방정식은 $y = ax + b$와 같은 구조를 취하며 미지의 x의 값을 구하고 있다. 미분방정식은 이러한 방정식 내에 미분계수가 포함되어 $y' = ay + b$와 같이 방정식 내에 미지수 y와 y의 미분도한수(y')가 동시에 포함되어 적분 등을 활용하여 해를 구하고 있다. 시스템 다이내믹스는 컴퓨터를 사용하여 시스템 안에서 이산(Discrete System)모델을 세우는 방식을 사용하고 있다. 따라서 컴퓨터가 사회현상을 모델링 하는 과정에서 이산모델을 사용하는 모델식으로 차분방정식을 사용하고 있다. 즉 모든 컴퓨터의 계산이 작은 주기(period)를 가지고 반복적으로 계산된다는 것이다. 주기에 대해 반복적이라는 뜻은 미분치보다는 한주기 과거의 값, 2주기 과거거의 값, k번째 샘플링 이전의 값들과의 상관관계로 계산된다는 뜻의 차분방정식을 사용하고 있다는 것을 의미한다. 차분 방정식의 기본구조는 $P_t = aP_{t-1} + b$이고 이를 1기간의 차이 대신 dt 만큼의 차이로 가정하면 다음과 같다.

$$\frac{P_t - P_{t-\triangle t}}{dt} = (a-1)P_{t-\triangle t} + b$$

이러한 차분에서 $\triangle t$를 무한히 작게 만드는 것이 미분(differential)이며 다음과 같이 정의된다.

$$P = \frac{dP}{dt} = \lim_{\triangle t \to 0} \frac{P_t - P_{t-\triangle t}}{\triangle t} = \mathrm{Lim}_{\triangle t \to 0}(aP_t + b') \quad \text{간단히} \quad P = aP + b$$

따라서 P의 시간에 따른 변화량(P')은 P의 함수, 또는 Level P의 Flow(P')는 P의 함수이며 시스템 다이내믹스 프로그램에서의 Flow Equation은 다음과 같이 정의할 수 있다.

11) 전대욱 (2011), P.126-127.

Collection @ kmou

$$P_t = P_{t-dt} + [aP+b]\cdot dt \text{ 또는 } P = \int [aP+b, P_0]$$

2.3 선행연구 고찰

2.3.1. 선박투자 타당성 평가 선행 연구

선박투자를 위한 타당성 평가 연구들은 주로 재무적인 관점을 중심으로 연구되었다. 가장 일반적인 선박투자 타당성 평가 방법으로는 DCF 기반의 수익성 추정 방식이 사용되고 있으며, 특히 국내외 주요 연구에서는 DCF 기반의 재무적 타당성 평가결과를 선박의 경제적 투자 가치평가방법으로 설명하는 사례들이 소개되었다. 따라서 선박의 경제적 타당성을 평가하는 것은 결국 재무적인 관점에서 선박을 투자하기 위한 투자 가치를 평가하는 것과 같은 의미이며, 이러한 분야에 다양한 연구들이 발표되고 있다.

Tvedt(1997)은 불확실한 시장상황 하에서 VLCC선에 대한 자산가치를 평가하기 위해 DCF기반의 선박 가치 측정이 필요하며, 선박 운항을 통해 창출되는 현금흐름을 매해 일정 수준의 할인율을 적용하여 중고선 가격이 해체가격 아래로 떨어지는 시기까지 측정한 뒤 총 Cash Flow의 합을 측정하면, 수익성 기반의 선박 가치가 평가된다고 주장하였다.

김현직(2010)은 해운기업이 전략적 선박투자를 위한 의사결정을 위해 경제적 타당성 분석이 필요하며, 선박 투자안의 경제성 평가기준으로 최저 요구운임(이하 RFR : Required Freight Rate)산출 방식이 적합하며, RFR이 가장 낮은 투자안을 선택하는 것이 합리적인 평가기준이라고 설명했다. RFR은 IRR을 이론적 배경으로 하여 개발되었으며, 최소한의 투자수익을 달성하기 위해 필요한 기대 운임율이라고 볼 수 있다. 김제은(2006) 역시 선박 설계의 관점에서 경제성을 검토한 결과 수송비용을 낮출 수 있는 최적 설계가 필요하며, 이를 위한 평가기준으로 RFR을 채택하고 RFR을 설계변수들의 함수로서 모델링했다. 이를 통해 다양한 선종들의 최적의 RFR을 구하여 주요 선박의 설계변수(LOA, Bredth, Beam 등)들의 합리적 결정이 가능하게 하였다.

Collection @ kmou

DCF나 RFR과 같이 전통적인 선박 투자 타당성 평가 방식 이외에도 최근에는 국내외를 포함해 동태적 방식의 선박 투자 타당성 평가 관련 연구들이 활발히 진행되고 있다. 동태적 방식이란 정태적 방식이 아닌 다양한 관점의 사회변화 관점에서 현상을 평가하는 방식으로, 투입변수나 결정변수들을 한정짓지 않고 다양한 환경적, 기술적 여건을 고려하여 확률론적 관점과 같은 보다 유연한 형태로 평가하는 방식을 뜻한다.

김치열(2008)은 선박의 투자 타당성 판단에 주로 활용되는 현금흐름할인법(DCF)법이 해운시장의 다이내믹한 변화와 불확실성을 제대로 반영하지 못하고 있기 때문에 ROA(Real Option Analysis)를 활용한 선박 투자 타당성 평가 방식이 필요하다고 주장하였다. ROA를 활용하면 선박 투자 후 발생되는 다양한 시장 변화 상황에 대해 포기옵션, 축소옵션, 확장옵션 등 다양한 선택적 판단에 근거한 유연한 선박 투자가 가능하다고 설명하였다.

French & Gabrielli (2005) 역시 현금흐름할인법(DCF)의 주요 투입변수들인 수입부문과 비용부문의 설정과정에서 발생 가능한 불확실성에 대한 한계점을 극복하기 위해 확률론적 접근 방법인 몬테카를로 시뮬레이션 평가방법의 우수성에 대해 설명하였다. Adland(2000)는 이러한 몬테카를로 시뮬레이션 평가방법을 실증분석을 통해 연구하여 유의한 결과를 도출해내었다. 동 연구에서는 드라이벌크선의 경제적 가치 분석을 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하여 미래 현금흐름의 현재가치를 측정하고 선령과 운임, 그리고 해체가격을 결정하는 변수들에 대해 2,000번의 시뮬레이션을 통해 확률론적 순현재가치(NPV)를 측정하여 일반적인 순현재가치(NPV) 결과 값과의 검증을 실시하였다.

2.3.2. 시스템 다이내믹스 선행 연구

시스템 다이내믹스는 1961년 등장 이후 정부기관에서부터 민간기업에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되어왔다. 특히 특정기관의 의사결정 수립과 수요예측, 환경문제 등 인간이 주체가 되어 다룰 수 있는 거의 모든 분야에 적용되고 있다.

그러나 시스템 다이내믹스를 이용한 해운분야의 연구는 아직까지 활발하게 진행되지 않고 있는 상황이다. 이는 해운산업이 특수한 분야로서 수요여건과 공급여건 뿐만

Collection @ kmou

아니라 거시경제와 금융시장 등 기타 연관 산업들과 유기적인 연관성을 맺고 있기 때문에 쉽게 구조적 모델을 정립하고 변수들간의 인과관계를 설정하는 것이 힘들기 때문으로 풀이된다. 특히 시스템 다이내믹스를 이용한 재무적 타당성 분야에서는 아직까지 활발한 연구가 진행되지 않고 있다. 오히려 항만 분야를 중심으로 시스템 다이내믹스를 이용한 예측 관련 연구는 다수 진행되었다. 여기태·정현재(2011)는 한국과 중국, 일본의 컨테이너 항만 분야의 경쟁력을 비교 분석한 뒤, 이들 각 국가의 환적화물 처리물량을 시나리오에 따라 예측하였다. 그리고 각 국가별 환적항만으로서의 경쟁력을 비교 분석하여 2030년까지의 연도별 환적화물 처리물동량을 예측하였다.

송상근(2014) 역시 부산항을 중심으로 환적물동량에 영향을 미치는 변수들간의 인과관계를 파악한 뒤, 경쟁국가인 중국의 변화에 따라 부산항의 환적 물동량을 예측하였다. 또한 정성적인 변수들에 대한 객관성을 확보하기 위해 부산항을 둘러싼 제반여건들에 대한 전문가 대상 설문조사를 실시하여 환적물동량 예측을 위한 평가요소로 반영하였다. 이를 통해 2030년까지 중국 항만의 변화에 따른 부산항의 환적물동량을 예측했으며, MAPE분석등을 통해 예측결과에 대한 객관성을 검증하였다. 허윤수외 4명(2013)은 한국과 중국의 경제성장률과 환율 등 주요 변수들을 토대로 부산항의 물동량과 항만시설업, 하역업 등 관련 산업들의 2020년까지의 매출액 등을 예측하였다. 예측결과에 대한 검증방법으로 민감도 분석과 R^2값을 산출하였으며, 부산항 환적물동량과의 R^2값이 0.95 수준으로 조사되는 등 상당한 수준의 모델 적합도를 나타냈다.

수요 및 운임 예측을 중심으로 시스템 다이내믹스를 활용한 연구가 활발히 진행 중이지만 그렇다고 해서 시스템 다이내믹스를 이용한 선박투자 결정 관련 연구가 전무한 것은 아니다. Park (2014)은 여객선에 대한 최적의 선박투자 의사결정을 위해 필요한 수요예측과 최적의 선박 사이즈 결정에 대해 시스템 다이내믹스를 이용한 평가기법들을 소개하였다. 연안 여객선의 수요 변화에 따라 발생 가능한 수입을 추정하여 수익성을 극대화할 수 있는 최적의 선박 사이즈를 도출해내기 위해 시스템 다이내믹스를 이용하여 수요 변화에 따른 수익과 비용의 동태적 관계를 분석하고 시뮬레이션을 수행하였다. Yan (2008)은 양쯔강을 통과하는 컨테이너선들의 행태분석을 통한 시뮬레이션 모델링을 분석하여 양쯔강에서 운항 가능한 최적의 컨테이너선

Collection @ kmou

사이즈를 평가하고 이를 바탕으로 선박투자의 의사결정을 지원하는 연구를 수행하였다. Dikos(2006)은 운임 예측을 통해 선박투자 의사결정을 지원하는 형태의 시스템 다이내믹스 모델 기법을 이용한 연구 분석을 수행하였다. 탱커선의 지난 1980년~2002년까지의 용선료 자료를 통해 예상되는 동태적 선박 공급량을 평가하고 이를 통해 신규투자시기, 선박매각시기, 계선시기를 판단할 수 있는 모델링을 구축하였다.

2.3.3. 선행연구의 한계점 및 시사점

기존의 선박투자 타당성 관련 연구들은 재무적 관점에서 DCF를 기반으로 도출되는 선박의 수익성에 초점을 맞춰 연구가 수행되었다. 따라서 결정론적인 관점의 DCF나 IRR 산출을 통한 선박 투자 타당성 평가 역시 수입과 비용 그리고 이를 통한 수익성 확보가 곧 선박투자 의사결정의 관건이라는 인식하에 연구가 진행되었다. 그러나 선박이라는 거대 물적 자본재의 투자기간이 10년 이상이라는 특수성과 선박 투자에 고려되어야 할 중요요소인 운임과 운항비용, 금융비용 등이 급변하는 경제 여건 하에서 다이내믹하게 변화하는 점을 감안한다면 보다 동태적인 관점에서의 재무적 접근방법이 필요한 것도 사실이다.

이러한 한계점을 극복하기 위해 최근에는 R.O.A나 몬테카를로 시뮬레이션, ARIMA 등 동태적 관점에 기인하는 새로운 형태의 선박 투자 타당성 평가방법들이 소개되고 있다. 동태적 기법을 통해 보다 확률론적이고 변화하는 시장 상황에 유연하게 대처할 수 있는 의사결정을 제공하는 이들 기법들은 DCF의 한계점을 보완하는 평가방법이라고 할 수 있다. 그러나 몬테카를로 시뮬레이션이나 R.O.A 방법론 역시 선박 투자로 인한 수익성을 결정짓는데 원인을 미치는 운임, 수요, 공급, 거시경제. 금융환경 등 다양한 연관 요소들간의 인과관계를 적용시키지는 못하고 있다. 즉 수익을 추정하기 위한 보다 확률론적이고 동태적인 시각의 접근은 가능하지만 수익이 발생되는 본질인 인과성에 대한 접근은 부족한 것이다.

따라서 본 연구에서는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 보다 근본적인 관점에서 선박 투자에 따라 발생 가능한 다양한 변수들간의 인과관계를 바탕으로 수익성을 평가하여 선박 투자 사업성 평가의 현실성을 제고시켰다. 본 연구는 이러한 관점에서

Collection @ kmou

기존 연구와는 차별적으로 다양한 환경 변수들을 인과적 관계에 따라 구조화하고, 동태적 기법을 활용한 예측분석을 수행하여 선박투자 수익성 평가의 새로운 방법론을 제시하고 있다.

이러한 주요 선행 연구의 한계점과 본 연구의 의의를 정리한 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 선행연구의 한계점 및 연구의 의의

구 분	기존연구	개선방향	본연구의 의의
연구 방법론	DCF 수익추정방식	ROA, 몬테카를로시뮬레이션	시스템다이내믹스
주요내용	수익성 기반 평가 현실성 미반영 가능	동태적기법적용 확률론적 방법 적용 선택옵션 방법 적용	동태적기법적용 요인간 인과관계 중점 수익성 평가의 현실반영
주요연구	Tvedt (1997) Yan (2008) French & Gabrielli(2005)	김치열(2008) Adland(2000) Dikos&Marcus(2006)	

해운환경에 영향을 미치는 요인들간의 인과관계를 바탕으로 사업성 평가 결과를 도출하는 시스템 다이내믹스는 주로 해운 및 항만 분야에서 수요 예측과 운임 예측 분야에 적용되어 연구가 수행되어왔다. 선박 투자를 위한 평가 기법으로서의 시스템 다이내믹스를 이용한 연구 역시 재무적 관점의 타당성 평가보다는 운임과 같은 수입을 측정하여 해당되는 선박의 투자를 결정하는 단편적인 차원의 연구 중심이었다. 그러나 지난 2008년 이후 약 8년간 지속되는 해운불황을 경험하고 있는 현재의 시기에서 단순히 운임 또는 수요가 긍정적인 전망을 보인다고 해서 반드시 선박투자의 적기라는 생각은 더 이상 할 수 없는 상황이다.

거시경제의 전반적인 변화와 금융시장이 해운환경에 미치는 영향을 감안한다면, 선박의 투자로부터 금융상환이 완료되고 선박을 매각 또는 해체기간까지의 내용연수 기간 동안 발생 가능한 다양한 수입과 비용에 영향을 미치는 요인들 간의 인과관계를 분석하고 이를 바탕으로 보다 동태적 관점의 재무적 타당성을 분석한다면, 선박투자에 따른 리스크 관리가 보다 현실화 될 것이며, 이는 곧 선박투자의 선순환적 구조를 양성하여 해운시장의 경쟁력을 보다 강화시키는 의미 있는 연구가 될 것이다.

Collection @ kmou

3 장 평가모델 구축

3.1 모델 구축 방법과 과정

3.1.1. 모델 구축 방법

연구 분석을 위한 모델을 구축하는 목적은 선행연구에 대한 검토를 바탕으로 기존 연구 분석들이 가지는 한계점을 극복하고 새로운 분석의 체계적인 연구를 수행하기 위한 토대를 마련하기 위해서다.

일반적으로 연구 모델을 구축하는 방법은 선행연구와 실제사례를 토대로 연구결과에 영향을 미치는 다수의 변수들을 도출해내고, 이를 토대로 종속변수와 독립변수로 구분한 다음, 연구분석 방법론을 적용한 모델을 구축하고 실증분석을 통해 다양한 시뮬레이션을 실시한다.

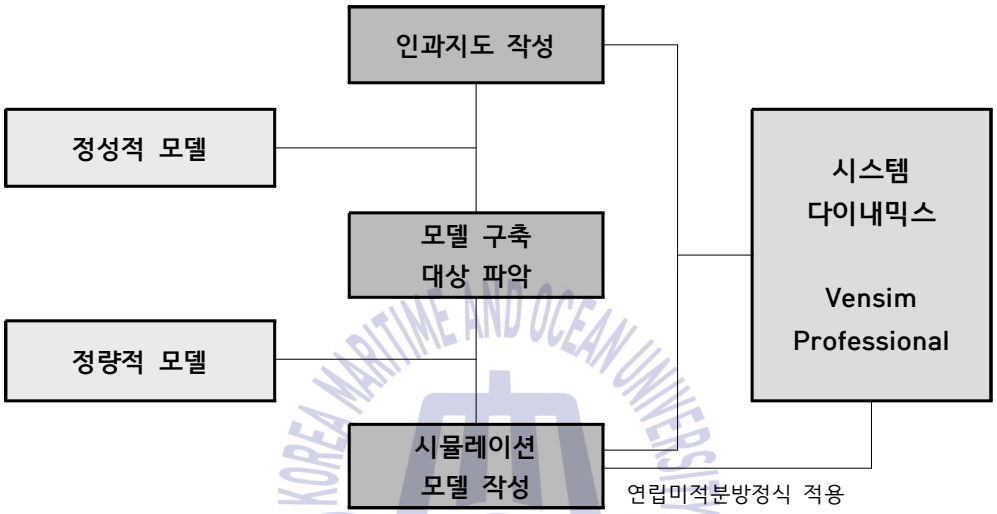
시스템 다이내믹스는 변수들간의 동태적 행태 변화를 기반으로 한 수리화 모델 방식이며, 변수들간의 관계를 인과지도로 나타내어 구조를 파악하는 정성적 모델방식과 각 변수들간의 데이터값을 토대로 시뮬레이션을 통해 피드백 형태를 분석하는 정량적 모델방식을 동시에 취하고 있다.

시스템 다이내믹스를 이용한 연구분석을 위해서는 수식의 자동계산과 모델 구축을 지원하는 시뮬레이션 평가 전문 프로그램이 필요하다. 본 연구에서는 Powersim Studio 10을 이용해 시스템 다이내믹스 연구분석을 수행하였다. 파워심은 동적 모델의 개념화, 문서화, 시뮬레이션, 분석 그리고 최적화가 가능한 시각화된 모델링 도구이며, 인과지도와 저량/유량도를 통한 시뮬레이션 모델 개발에 단순하고 유연한 방식을 제공한다.

시스템 다이내믹스를 이용한 모델 구축 방법은 우선 모델 구축의 대상을 파악하고 문제의 해결을 위해 평가대상의 결과에 영향을 미치는 요인들을 도출해 낸 뒤 이들 간의 인과 관계를 파악하는 인과지도를 작성한다. 이러한 정성적인 분석 방법을 토대로 시스템 변수간의 인과관계를 연립미적분방식체계로 정립한 시스템 다이내믹스 모델을

Collection @ kmou

구축하여 정량적 연구 분석을 수행한다. 이후 연구 분석 결과를 다양한 관점에서 시뮬레이션을 수행하며, 객관성에 대한 검증 과정을 통해 유의미한 결론과 시사점을 제시할 수 있다. 시스템 다이내믹스를 활용한 모델 구축방법은 [그림 3]과 같다.

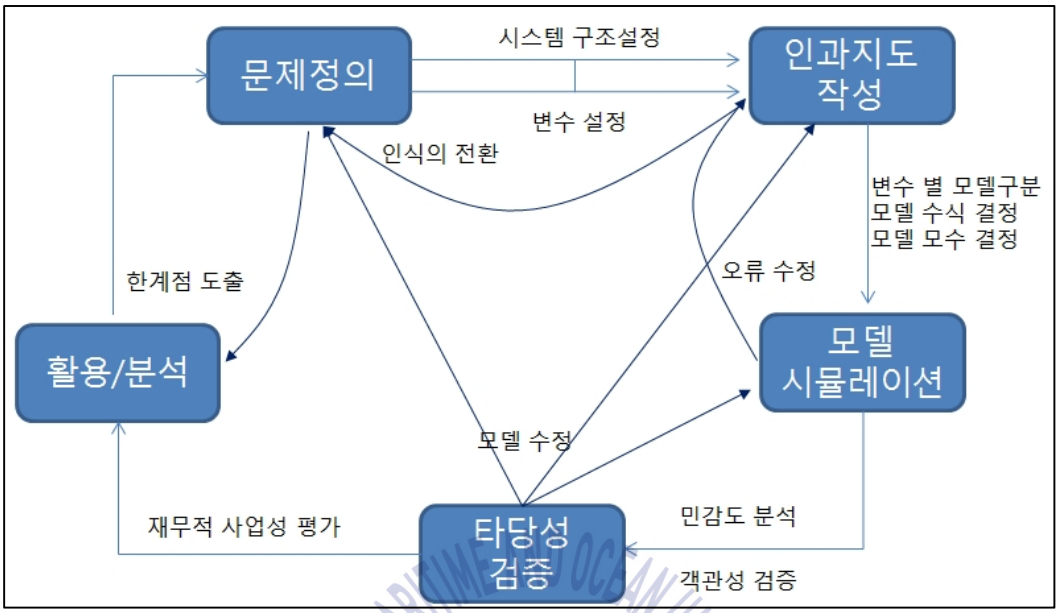


[그림 3] 시스템 다이내믹스 모델구축 방법

3.1.2. 시스템 다이내믹스 모델링 과정

시스템 다이내믹스는 사회현상의 문제에 대한 원인을 규명하고 복잡한 시스템의 구조를 동태적 변화에 따라 알기 쉽게 구조화하여 문제에 대한 해결책을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 찾아볼 수 있는 연구방법이다. 이러한 시스템 다이내믹스 연구를 위한 모델링은 일반적으로 [그림 4]와 같은 5단계 과정을 통해 이루어지고 있다.

Collection @ kmou



[그림 4] 시스템 다이내믹스 모델링 과정

2-1. 문제정의

첫 번째 단계는 문제의 정의를 통해 전반적인 모델링 계획을 설계하고 원하는 목표값 도출을 위한 변수와 시스템 구조를 설정하는 것이다. 이 단계에서 도출하고자하는 모델의 경계를 정확하게 설정하지 않으면, 문제 해결의 결과값이 목표하고자 하는 의도와는 무관한 형태를 보일 수 있다. 가령 선박투자 재무적 타당성 분석의 대상이 되는 모델의 경우 선종별, 선형별, 도입형태별, 운항형태별 등에 대한 명확한 분류가 필요하며, 이들에 대한 모델의 개념 정립이 정확하게 되어야만 도출되는 결과 역시 유의미한 형태를 보일 수 있다.

2-2. 인과지도 작성

두 번째 단계는 문제의 원인을 야기하는 주요 구성 변수들간의 인과관계를 구조화하고 여러 원인들이 어떠한 형태의 상호작용을 취하고 피드백구조를 형성하고 있는지를 인과지도(CLD, Casual Loop Diagram)로 나타내는 과정이다. 시스템

Collection @ kmou

다이내믹스에서의 인과지도 작성은 정성적인 모델 형태이며, 분석대상 시스템내의 주요 인자들간의 기본적인 인과관계를 단순히 S(+), O(-) 부호와 화살표를 이용해 나타낸 도표이다[12]. 문태훈(2002)는 인과분석방법론(Casual Loop Method)은 인과지도 작성을 통해 이루어지며, 인과지도 작성의 의의는 분석대상의 주체나 주요 변수들간의 상호작용과 영향효과를 체계적이고 종합적으로 파악하고 이해하는데 유용한 도구로 활용된다고 설명했다. 인과지도 작성은 시스템 다이내믹스 프로그램을 통해 시스템 시뮬레이션 언어를 통해 구축되며 주요 기호 체계는 <표 4>과 같으며, [그림 5]를 통해 간략한 인과지도의 작성 예시를 확인할 수 있다.

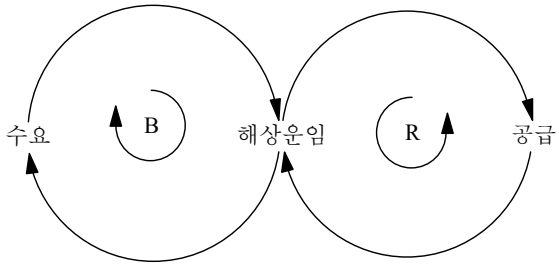
<표 4> 인과지도 작성을 위한 주요 기호 체계

기호	의미
→	변수와 변수간의 인과관계 및 방향을 의미
+/-	변수간 인과영향의 방향
S	정방향의 극성. 다른 모든 것들이 같다면 x가 증가(감소)하면 Y도 증가(감소)하는 관계
O	역방향의 극성. 다른 모든 것들이 같다면 x가 증가(감소)하면 Y도 감소(증가)하는 관계
	양의 피드백 루프로서 여러개의 인과관계로 연결된 순환 구조를 형성할 때 양의 극성을 보일 경우
	음의 피드백 루프로서 여러개의 인과관계로 연결된 순환 구조를 형성할 때 음의 극성을 보일 경우
	지연, 변수의 변화에 따라 즉각적으로 반응하지 않고 일정한 지연이 발생할 경우

자료 : 박상현(2011)을 기반으로 저자가 재구성 했음.

12) 김도훈·문태훈·김동환 (1999), P.55.

dCollection @ kmou



[그림 5] 인과지도 작성 예시(운임-수요-공급)

2-3. 저량-유량 다이어그램 작성을 통한 시뮬레이션 수행

세 번째 단계는 인과성을 보이고 있는 변수별로 모델을 구분하고 실제 분석을 위한 시뮬레이션 모델을 구축하기 위해 각종 수식과 모수들을 설정하는 모델 시뮬레이션 과정이다. 이때 반드시 수행되어야 하는 과정이 시뮬레이션에 필요한 저량-유량 다이어그램(SFD, Stock & Flow Diagram)의 작성이며, 변수들간의 오류 발생 시 이를 수정 및 보완하는 절차가 필요하다. 이를 토대로 연립미적분방정식 계산을 통해 모델에 대한 시뮬레이션을 수행하게 된다. 저량(Levels)변수는 Stock, Accumulations, 또는 State Variables 등으로 알려져 있으며, 그 변화의 값을 축적하거나 적분처리하여 값을 변경시키는 역할을 한다. 유량(Rate)변수는 Flows라고 불리며, 저량 변수의 값을 변화시키는 역할을 한다.[13]

2-4. 모델의 타당성 검증

네 번째 단계는 시뮬레이션 모델이 구축된 주요 변수들에 대한 모델의 타당성(Model Validation)을 입증하고 다양한 분석 등을 통해 최대한 객관성을 검증하는 과정이다. 타당성 검증은 새롭게 구축한 모델의 오류를 수정하고 객관성을 입증하는데 반드시 필요하며, 주요 투입변수들의 설명력을 강화하고 연구결과의 타당성을 보완하는 중요한 역할을 한다. 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델의 대표적인 타당성 검증에는 모델

13) 김기찬·정관용·김성원 (2014), P.75-76.

Collection @ kmou

건전성 검증과 객관성 검증이 있다.

먼저 모델 건전성 검증은 연구자가 개발한 모델의 수식과 단위 등이 오류가 없는지 등을 확인 하는 것이며 수식검증과 단위검증, 그리고 민감도 분석이 사용된다. 박경열(2012)는 수식검증 기능은 구축 모델에 삽입된 모든 함수식이 각 변수간의 관계 간에 충돌과 중복이 없는지에 대한 오류를 살펴보며, 단위검증은 모델에 삽입된 모든 변수들이 갖는 단위를 입력된 수식관계에 대조하여 수식관계에 맞게 단위가 입력되었는지를 검증하는 것이라고 설명했다. Powersim은 입력값들이 정확히 반영되어 정확한 단위와 수식이 활성화되었는지에 대한 테스트와 제약조건의 설정을 통해 모델의 논리성을 검토할 수 있다. 민감도 분석은 모델에 사용된 변수나 상수값들의 변화가 시뮬레이션 결과에 미치는 영향을 분석하고 검증하는 과정이다. 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 실시하여 변수의 변화에 따른 결과값을 검증하였다. 몬테카를로 시뮬레이션은 다변량 민감도 시뮬레이션으로 변수값에 대한 수백, 수천번의 반복적인 시뮬레이션이 수행되며 변수값에 대한 설정자의 조건에 따른 일정 범위의 난수를 발생시켜 최종적인 결과값의 변화를 관측하는 분석방법이다. 시스템 다이내믹스 분석방법의 경우 모델 구축 과정에서 일부 변수값들이 정성적인 평가방법에 의해 설정되기도 한다. 모델의 현실성과 객관성을 높이기 위해서는 계량화되어있고 실제 현실적인 값들을 바탕으로 모델이 구축되어야 시뮬레이션의 정확성을 높일 수 있으나, 현실적으로 일정 부분은 정성적인 관측 요소들이 상수값의 형태로 적용되고 있다. 따라서 모델의 신빙성을 높이고 객관성을 제고시키기 위해 주요 상수값들에 대한 민감도 분석을 통해 모델의 건전성을 검증할 수 있다.

모델의 건전성을 검증한 후 시뮬레이션 결과를 바탕으로 문제의 해결을 위한 정확성을 평가하고 신뢰성을 제고시키기 위한 과정이 모델의 객관성 검증이다. 모델의 객관성을 검증하는데 가장 널리 이용되는 R^2는 모델의 결과와 실제데이터와의 분산의 비율을 비교 분석하는 것이다. 허윤수외 3명(2013)은 항만 물동량 예측을 위한 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 실시하여 실제 데이터와의 R^2값을 비교 분석했으며, 이를 통해 도출된 시뮬레이션 분석결과와 실제데이터와의 R^2값이 0.5 이상이면 “방향성이 같다.”고 표현할 수 있으며, 0.8이상이면 “적합하다.” 그리고 0.9이상이면 “잘 일치한다.”라고 설명하였다. 이러한 R^2값은 아래와 같은 공식을 통해 계산되어진다.

Collection @ kmou

$$R^2 = r^2 r = \frac{1}{n}\sum \frac{(X_a - \overline{X_a})(X_b - \overline{X_b})}{Sd_a \times Sd_b}$$

n = 샘플 수, Xa = 실제 값, Xb = 시뮬레이션 값

Sd_a= 실제 값들의 표준편차, Sd_b= 시뮬레이션 값들의 표준편차

2-5. 문제 해결 및 시사점 도출

마지막 단계는 시나리오 분석 등을 통해 도출된 결과가 실제 문제 해결을 위해 활용되어지고 시사점을 도출하는 단계이다. 또한 일련의 분석과정에서 나타날 수 있는 연구의 한계점을 인지하고 새로운 문제를 정의하는 과정이다. 시스템 다이내믹스는 사회현상의 행태 변화에 따른 동태적 관점의 분석기법이기 때문에 특정 변수들 간의 관계적 정립의 틀의 변화가 비일비재하다. 시뮬레이션을 통해 도출하고자 하는 결과값에 대한 설명변수들의 조정과 변화를 통해 미래상황을 다양한 관점에서 가정하고 분석함으로써 문제해결을 위한 다양한 시각의 접근이 가능하다.

3.2 모델 구축 대상과 실증분석 사례 선정

3.2.1. 모델 구축 대상

본 연구에서 시스템 다이내믹스를 이용한 재무적 타당성 분석 모델 구축 대상은 선박투자사업이다. 선박투자는 해운기업의 사업 영위를 위한 핵심활동이며, 국내 해운산업은 세계 5위 해운국가이자, 세계 1위 조선산업 그리고 항만과 해운서비스 산업이 집적화되어 국가 경제에 미치는 영향이 지대하다. 선박투자사업은 핵심 자본인 선박을 통해 직접 화물을 유치하여 영업활동을 수행하는 전통적인 직접운항 수익방식과 선박 도입 후 특정 해운기업에 선박을 대선하고 일정기간 동안 용선료를 수취하여 수익을 확보한 뒤 선가의 변화에 따라 선박을 매각하는 자산투자 방식(Asset Play)으로 구분된다. 그리스 등 해외선주의 경우 선박투자 방식으로 후자에 가까운 형태를 많이 취하고 있지만 대한민국의 경우 아직까지 전통적인 선박투자 방식인 직접 선박운항

Collection @ kmou

형태가 대부분으로 국내 해운기업들을 위한 선박투자 모델링 구축을 위해서는 전자의 사업 구조를 기본으로 연구 대상을 선정하는 것이 시사하는 바가 클 것이다.

전체 산업 가운데 해운산업을 연구대상으로 선정한 배경에는 수익의 기반이 되는 운임이 결정되기 위해서는 단순한 선박 공급량과 화물 수요량 이외에도 거시경제, 금융환경 등 전후방 산업들에 따라 민감한 영향을 받기 때문에 수입과 비용에 영향을 미치는 요인간의 인과관계가 다른 산업에 비해 중요하므로 요인간의 동태적 인과관계를 분석하는 시스템 다이내믹스 평가 대상으로 적합하기 때문이다.

또한 선박투자는 단기간에 거대 자본 투자가 필요하며, 이에 따라 자본회수기간과 금융상환 기간이 장기적이므로 재무적 타당성 평가를 위한 다양한 시뮬레이션 모델 분석이 가능하다.

3.2.2. 실증분석 사례 선정

시스템 다이내믹스를 이용한 선박 투자 재무적 타당성 평가를 위해서는 특정 투자 선박 대상을 선정할 필요가 있다. 전통적인 형태의 일반상선에 해당하는 해운산업에서 평가 대상이 되는 선종으로는 드라이벌크선, 컨테이너선, 탱커선이 있다. 이들은 선종별로 수입구조와 비용구조가 상이하며, 수입과 비용에 각각 영향을 미치는 요인들 역시 차별적인 행태를 보이므로 특정 선종에 특화한 연구 대상 선정이 필요하다. 또한 선박투자의 형태 역시 앞서 소개한대로 선박 도입 후 직접 운항을 통한 수입확보 방식을 취할 것인지 아니면 선박에 대한 용선을 전제로 수입확보 방식을 선정할 것인지에 대한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 실제 국내 A해운선사가 1,800TEU 컨테이너선 발주 후 선박금융 확보를 위해 수행한 "1,800TEU 컨테이너선 도입 사업 타당성 평가" 용역 사례를 인용하여 시스템 다이내믹스를 이용한 재무적 타당성 분석을 수행하였다. 동 선박은 방콕막스 타입의 선박으로 동남아 항로 취항에 특화된 선박이며, 평가 대상기간은 12년으로 동 기간 동안 직접 화물 영업을 통해 운임 수입을 수취하여 이를 통해 운항비용과 금융비용을 상환하고 수익을 확보하는 형태를 취하고 있다.

먼저 1,800TEU 컨테이너선을 사례 분석 대상선박으로 선정한 이유는 국내

Collection @ kmou

해운산업의 경우 해운, 조선, 항만산업이 상호 보완적인 영향을 미치며 발전하고 있으며, 이 가운데 컨테이너선과 관련된 산업 연관 효과가 가장 큰 상황이다. 그 이유는 해운산업의 경우 서비스 산업의 특성상 지역경제 파급효과 또는 고용효과 등 국가경제에 직접적으로 체감하는 영향이 다른 제조산업에 비해 낮은 편이지만, 컨테이너선의 경우 화물선적을 위한 항만과 기타 물류산업과도 중대한 관계를 형성하고 있어서 선박투자가 미치는 영향이 다른 선종에 비해 높다고 할 수 있다. 또한 다른 선종에 비해 국민들이 인지하는 대중성이 높기 때문에 연구 결과가 미치는 시사점의 범용성을 확보 할 수 있다.

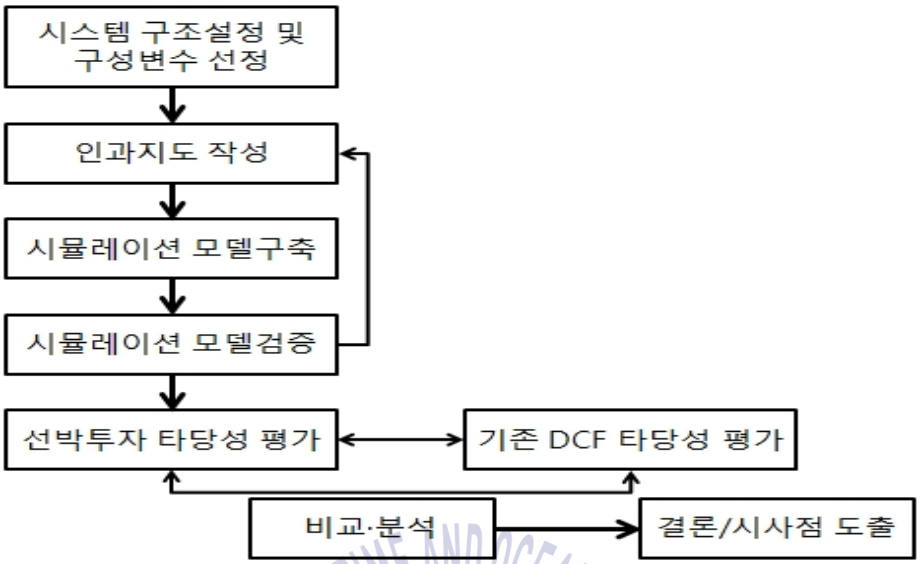
두 번째로 선박 도입 후 직접 화물영업을 통해 운임 수입을 확보하는 형태의 사업구조를 평가 대상으로 선택한 배경은 우리나라 해운기업의 경우 그리스 등 유럽 선주들에 비해 선박을 자본 투자 대상으로 인식하기보다는 기업 존속을 위한 중요 자산으로 인식하는 "Operating Carrier"가 대부분이므로 국내 해운산업에 영향을 미치는 시사점을 도출하기 위해 직접화물 운송을 통한 수익방식을 평가모델 대상으로 선정하였다.

3.3 실증분석의 흐름과 사례개요

3.3.1. 실증분석의 흐름

본 연구의 실증분석을 위해서 아래의 [그림 6]과 같은 절차에 따라 연구 분석을 실시하였다. 우선 시스템의 구조를 설정하고 재무적 타당성 평가를 위해 투입되는 구성변수를 설정하였다. 이후 시스템 다이내믹스를 이용한 평가를 위해 필요한 인과지도의 작성과 시뮬레이션 모델을 구축하고, 작성된 모델에 대한 건정성과 객관성을 검증하였다. 시뮬레이션을 위한 모든 준비가 완료되면 시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자 타당성 평가를 수행하며, 평가 결과를 기존 DCF 방식에 의한 선박투자평가 결과와 비교·분석하였다.

Collection @ kmou



[그림 6] 실증분석의 흐름

3.3.2. 선박투자사업 재무적 타당성 평가 사례개요

본 연구의 대상이 되는 사례는 국내 해운선사 "A"사가 발주한 "1,800TEU급 방콕막스" 선박이다. "A"사의 의뢰를 통해 총 12년간의 금융상환기간 동안 선순위와 후순위 선박금융 대출에 대한 상환가능성을 평가하기 위해 해운거래정보센터[14]가 의뢰를 받아 수행한 컨설팅 용역[15] 내용을 토대로 실증분석을 수행하였다. 동 사업 타당성 평가의 경우 금융기관의 입장에서 선박투자에 대한 수익성 보다는 선박발주 후 운영을 통해 창출 가능한 수입을 통해 금융권으로부터 차입한 원리금과 이자비용을 상환할 수 있는지에 중심을 둔 사업 타당성 평가보고서이기 때문에 DSCR(부채상환계수)[16]와 LTV(담보대출비율)[17]를 주요 평가지표로 사용하였다. 그러나

14) 해운거래정보센터(Maritime Exchange Information Center) : 부산시의 예산지원과 KR의 관리하에 지난 2011년부터 운영 중인 해운시황 분석전문기관임.

15) 본 연구에 인용된 보고서는 A사의 1,800TEU급 신조발주 선박의 사업성 평가내용을 활용하고 있음.

16) DSCR(Debt Service Coverage Ratio) : 금융기관과 약정한 이자와 원금 상환이 도래한 시점에 사업을 통한 수익적 현금흐름에 대한 비율이며 '1'보다 크다면 cash flow가 조달한 이자 및 원금 상환분을 초과 한다는 의미함.

Collection @ kmou

본 연구에서는 선사의 관점에서 선박투자에 따른 수익성을 가장 주요한 평가지표로 인지하기 때문에 평가에 사용된 주요 가정과 지표들을 인용하여 NPV와 IRR을 계산하여 사업성 평가의 판단요인으로 실증분석을 수행하였다.

본 연구에 활용되고 있는 1,800TEU 컨테이너선 사업성 평가 개요는 다음과 같다.

A사는 2015년 1월 USD2,760만에 1,800TEU급 방콕막스 컨테이너선을 국내 B조선소에 발주했다. 건조기간은 2년으로 2016년 12월 인도받아 2017년 1월부터 A사 자체운항을 통해 동남아항로에 취항할 계획이다. 본 건의 자금조달은 자기부담 25%와 타인조달 75%의 구조로 형성되며 세부적인 방식은 아래 <표 5> 와 같다.

<표 5> 자금조달 구조

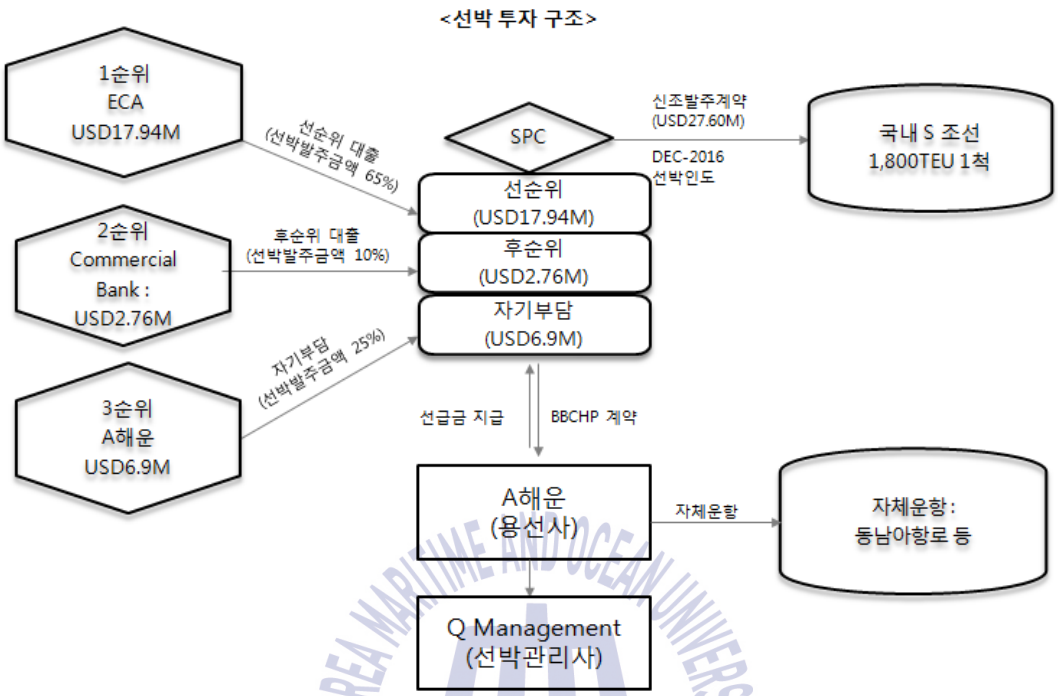
Type	선순위 USD17.94M (65%)	후순위 USD2.76M (10%)	자기자금 USD6.9M (25%)
Category	ECA	Commercial	Equity
Loan	USD17.94M	USD2.76M	
Covered		국내 Y보증(95%)	A선사
Total	USD17.94M	USD2.76M	USD6.9M
	USD27.6M		

본 건의 총 차입금은 USD20.7M이며, 자기부담금은 USD6.9M으로 선순위에 대한 총 차입급은 전체 발주금액의 65% 수준인 USD17.94이며 국내 정책금융기관 T사가 참여했다. 후순위에 대한 총 차입금은 전체 발주금액의 10% 수준인 USD2.76M이며 국내 시중은행 R사가 참여했고, 총 후순위 대금의 95%인 USD2.622M은 국내 Y사가 보증하였다. 타인자금을 제외한 나머지 USD6.9M의 경우 A사가 자체 조달했으며, 총 투자금에서 자기자본금 비율은 25% 수준에 해당된다. 선가에 대한 납입방식은 총 5회 분납방식을 취하며, 10/10/20/20/40[18]의 비율로 선가를 납입하게 된다.

17) LTV(Loan to Value) : 선박 담보가치대비 조달금액의 비율을 의미함.

18) 계약체결, Steel Cutting, Keel laying, Launching, Delivery 총 5단계에 걸쳐 건조대금 지급

Collection @ kmou



[그림 7] 선박 투자 구조

동 프로젝트의 선박투자구조는 선박가격 USD27.6Mil의 65%인 USD17.94Mil을 국내 정책금융기관이 제공하며, 후순위는 선박가격의 10% 수준인 USD2.76Mil으로 국내 시중은행이 제공한다. 발주 선사인 A해운의 자기부담금은 최근 선박금융시장의 자기부담비율 강화 추세가 반영되어 USD6.9Mil으로 선박가격의 25% 수준을 기록했다. A사는 동 발주선박 1척을 인도 받은 후 동남아항로에 직접 운항하여 운임 수입을 창출할 계획이다. 특히 동 선박은 태국 방콕항의 입항조건(L.O.A 172M, Draft 8.5M)에 맞추어 최적의 제원과 효율성을 갖추도록 설계 및 제작되어 A사의 주력항로인 방콕-호치민 서비스 항로에 투입될 예정이다. A사는 기존에 방콕-호치민 항로에 162M급(1,100TEU)급 3척을 투입중이지만 최근 동남아 국가들의 경제성장에 따라 증가하는 물동량에 대비하기 위해 동남아 항로 기항에 최적화된 1,800TEU급 컨테이너선을 발주하였다. 동 프로젝트의 발주 대상 선박의 상세 제원은 <표 6>와 같다.

Collection @ kmou

〈표 6〉 발주 선박 상세제원

Description	Content
L.O.A(전장)	172.0M
L.B.P(수선간장)	163.0M
BREADTH(폭)	27.5M
DEPTH(깊이)	14.1M
DRAFT(흘수)	9.75M
DWT(재화중량톤수)	21,800
CAPACITY(용량)	1,770TEU
REEFER	270FEU
MAIN ENGINE	MAN 6S60ME-C8.2
SPEED	19.0KTS(90% MCR)
FUEL CONS.	36.5TON/DAY

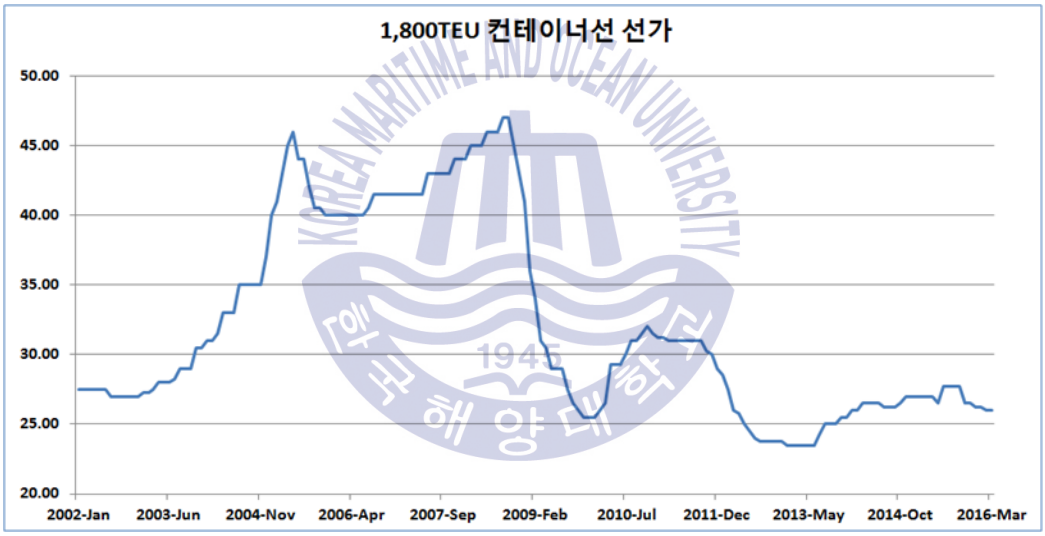
동남아 항로 컨테이너 운송시장은 2008년 리먼사태 이후 대형선사의 시장진입과 글로벌 경기 침체 영향으로 2009년 이후 운임 하락세를 기록했다. 특히 MOL, APL등 글로벌 선사들의 시장진입은 동남아항로의 구조조정을 가속화 시켰다. 이후 선사들의 항로 합리화와 공동운항 강화 등 적극적인 자구노력을 바탕으로 2014년 이후 점차 안정세를 기록했다. 그러나 2015년 하반기 이후 공급과잉과 수요부진 영향으로 2016년 현재까지 침체 양상을 보이고 있다. 이로인해 동 프로젝트 발주대상인 1,800TEU 컨테이너선에 대한 용선시장 역시 부진을 나타내고 있다. 여기에 최근 들어 아시아 역내항로는 베트남과 인도네시아 항로를 중심으로 4,000TEU급으로 선대를 대형화하려는 일부 선사들의 선박대형화 정책으로 인해 다양한 변화에 직면해있다. 이렇게 아시아 역내항로가 선사들의 집중 관심을 받게 된 이유는 베트남, 태국, 인도네시아의 경제성장에 따른 화물 수요 증가에 대한 기대감이 다른 어떤 지역보다 높기 때문이다. 그 결과 2,000TEU 이하 급 컨테이너선에 대한 선사들의 관심도는 최근과 같은 선박 대형화 추세 속에서도 꾸준한 상황이다.

2016년 3월 기준 2,000TEU 이하급 컨테이너선은 1,237척으로 전년대비 13척의 선복 증가세를 기록했다. 또한 발주잔량은 107척으로 2012년 이후 최대 수준의 발주잔량을

Collection @ kmou

보유중이다. 2015년의 경우 동 프로젝트의 발주선사를 포함해 총 54척의 선박이 발주되며 2007년 이후 최대 수준을 기록하는 등 향후 2,000TEU 이하급 선박시장의 공급과잉이 우려되는 상황이다.

동 프로젝트의 발주대상인 1,800TEU급 컨테이너선 선가는 2008년 최고 수준을 기록한 이후 2013년 들어 최고점 대비 48% 가까운 하락세를 기록했으나 이후 USD25-28Mil 사이에서 보합세를 유지중이다. 2016년 기준 신조선가는 2015년 하반기 이후 운임시장의 침체 영향으로 소폭 하락 중이지만 꾸준한 발주 수요 영향으로 다른 선형에 비해 하락세가 크지 않은 상황이며 [그림 8]과 같은 추세를 보이고 있다.



자료 : Clarkson Timeseries DB를 토대로 저자가 재구성함.

[그림 8] 1,800TEU 컨테이너선 선가 추이

1,800TEU 컨테이너선 건조시장은 <표 7>과 같이 한국과 중국이 높은 시장 점유율을 확보중이다. 중국 조선소의 경우 한국 조선소에 비해 척당 USD2.0Mil 가량의 낮은 선가를 경쟁력으로 한국에 비해 높은 수주 점유율을 확보중이다.

그러나 한국 조선소 역시 높은 품질과 연비를 바탕으로 용선 시장에서 중국산 선박에 비해 10-30% 가량의 용선료 프리미엄을 형성중이어서 선주들의 꾸준한 수요가

Collection @ kmou

발생중이다. 동 프로젝트 대상 선박의 경우 한국 중형 조선소인 D사에 발주되었으며, 척당 USD27.6Mil으로 중국 조선소에 비해 USD1-2Mil 가량 높은 가격 수준을 보이고 있다.

[표 7] 1,800TEU 컨테이너선 수주 조선소 현황

Builder	Builder Region	Vessels	Total TEU
Zhejiang Ouhua SB	China	14	24,316
Huangpu Wenchong	China	11	19,550
Dae Sun SB	S.Korea	9	16,200
Hanjin H.I	S.Korea	4	7,688
CSBC(Keelung)	Taiwan	6	10,848
Jiangsu New YZJ	China	2	3,800
STX Dalian	China	1	1,980
Brodosplit	Croatia	1	2,000

자료 : Clarkson Timeseries DB 2016년 3월 기준을 토대로 저자가 재구성함.

따라서 동 프로젝트의 척당 발주선가 USD27.6Mil은 중국 조선소에 비해 높은 수준이지만 용선시장에서의 경쟁력과 향후 아시아 역내 시장 회복에 따른 추가 발주 수요 증가에 따른 가격 회복 가능성을 감안하면 적정한 수준으로 사료된다. 또한 아시아 역내 항로에 대한 신규 진입 확대로 공급과잉이 우려되는 상황이지만 개발도상국들의 꾸준한 성장과 기존 1,000TEU 이하 급 선박들이 빠르게 대형화되면서 향후 1,800TEU급 컨테이너선 시장에 대한 기대감은 높은 상황이다.

Collection @ kmou

제 4 장 실증분석

4.1 기존 DCF방식에 의한 선박투자 재무적 타당성 평가

1,800TEU급 컨테이너선의 기존 DCF방식에 의한 선박투자 재무적 타당성 평가내용 및 결과를 살펴보면 아래와 같다.

4.1.1. 현금흐름 검토

현금흐름 검토는 선박 투자에 대한 사업 타당성을 파악하기 위해 가장 기초적이고 필수적인 절차이다. 1,800TEU 컨테이너선 도입에 따른 수입과 비용을 추정하는 것은 투자안에 대한 수익성을 판별하기 위해 가장 필요한 단계라고 볼 수 있다. 현금흐름의 검토는 실제 선박 발주를 추진중인 회사의 제시자료를 바탕으로 주요 항목을 추정하는 것이 일반적이다. 동 건에서는 회사가 보유한 선박 가운데 1,800TEU급 선박에서 실제 집행되는 각종 운항비용과 고정비용 그리고 동 선박이 투입 예정중인 동남아항로에서 해당 선사가 실제로 영업활동을 통해 달성한 운항수입을 전제로 각종 추정 현금흐름을 검토하였다. 물론 선박도입이 예정되는 2017년은 회사가 제시한 선박의 추정근거인 2013-2015년 기준 평균 운임수익과 각종 비용에 비해 적정한 수준의 증감률을 적용할 필요가 있다. 또한 동 선박 투자안의 경제성 분석기간인 향후 12년간의 적정한 비용과 수익 증감률을 적용하기 위해서 <표 8>과 같은 기준에 따라 적정한 가정 기준을 설정하였다.

Collection @ kmou

<표 8> 1,800TEU 컨테이너선 현금흐름 기본 가정

구 분	가 정
평가기간	◦ 현금흐름 추정을 위한 평가기간은 2017년 1월부터 BBCHP 종료 시점인 2028년 12월까지 12년을 대상으로 수행함
적용통화	◦ 현금흐름 추정 시 적용통화는 USD기준으로 가정함
금리	◦ 선순위 금리는 Libor(3M)+2.65%를 적용함 ◦ 후순위 금리는 Libor(3M)+3.00%를 적용함 ◦ Libor금리는 분석대상 시점인 2016.3월 시점의 3M기준 적용(0.635%) ◦ 후순위에 대한 보증보험요율은 회사 제시요일인 1.9%적용(선납조건)
물가상승률	◦ IMF가 발표한 2010~2020년 신흥국+선진국 물가상승률 연간수치를 평균한 2.8%를 각종 비용전망치에 반영함
운용항로	◦ 동 선박은 극동-베트남-태국등 동남아항로를 중심으로 투입예정임
운용일수	◦ 1척의 연간 운용일수는 회사의 유사선박이 지난 3년간 수행한 연평균 운항항차(16항차)를 기준으로 336일로 가정함
차입금	◦ 선가의 65% 선순위 조달 가정함(USD17,940천) ◦ 선가의 10% 후순위 조달 가정함(USD2,760천) ◦ 선가의 25% 자기부담 가정함(USD6,900천) ◦ 차입금에 대한 상환방법은 원금 균등분할상환(분기별 상환, 만기 선순위 & 후순위 12년)
잔존가액	◦ BBCHP 종료시기인 선박차입금 만기시점(2028.12)기준 선박잔존가액은 해당타입 선박의 거래사례가 많지 않아 정액법 적용 ◦ 1,800TEU급 내용연수(24년, Clarkson기준)를 기준으로 연간 감가액을 산정하고 잔존율은 0.1(한국선주협회 발행기준)로 가정

자료 : 회사제시자료

동 프로젝트의 운항 수입은 2017년 선박 인도 이후 자체운항을 통해 창출되는 매출액을 기준으로 추정하였으며, 운항비용과 고정비용은 회사 제시자료를 토대로 초기비용을 산정하여 각종 전문기관의 인상률 전망치를 참조하여 반영하였다. 현금흐름 검토를 위한 수입과 비용 추정 가정은 <표 9>, <표 10>, <표 11>와 같다.

Collection @ kmou

〈표 9〉 1,800TEU 컨테이너선 운항수입 항목 가정

구 분	가 정
운항수입	◦ 2017.1월부터 차입금 만기시점(2028.12월)까지 동남아항로 자체운항
	◦ 해당선사의 유사선박이 실제 동남아항로에 투입하여 달성한 2013년~2015년 일간평균 운항수입(USD48,743/day)를 2016년 기준으로 설정하여 매년 물가상승률(2.8%)만큼의 수입증가세를 적용. 이후 수입 증가액의 한계치는 보수적인 관점에서 최초 기준수입의 15%를 넘어서지 않은 것으로 설정하여 이후 고정함
	◦ 15% 운임인상률 고정 사유 : 2015년 기준 수입의 평가 소석률은 88% 수준으로 회사의 최대 소석률이 95%를 넘기 힘들다는 가정하에 수입 역시 95%의 소석률을 넘지 않은 수준으로 고정
	◦ 드라이도크 수행 년도에는 입거일(7일)만큼 수입기간 제외

자료 : 해운거래정보센터

〈표 10〉 1,800TEU 컨테이너선 운항비용 항목 가정

구 분	가 정	
운항비용	연료비	◦ 12년간의 금융 상환기간을 감안하여 과거 12년간의 싱가폴 IFO380기준단가(USD397/Ton)를 고정하여 적용 ◦ 항해일수 : 1항차당 평균항해일수(13.25일) × 연간 평균 항차수(16항차) = 212일 ◦ 연간 연료비용 : USD397 × 36.5Ton(일간연료소비량) × 212일(연간항해일수) = USD3,071,986 ◦ 드라이도크기간(2021년, 2026년)은 제외
	항비/화물비	◦ 회사가 보유한 유사선박(1,800TEU급)이 동남아항로에 투입하여 지출한 실제 비용을 토대로 IMF 기준 물가 상승률(2.8%)만큼 매년 인상되는 것으로 가정
	기타비용	◦ 컨테이너 임차료, 상각비, 지급수수료 등 기타비용은 회사 제시자료를 토대로 IMF 기준 물가상승률(2.8%) 만큼 매년 인상되는 것으로 가정

자료 : 해운거래정보센터

Collection @ kmou

<표 11> 1,800TEU 컨테이너선 고정비용 항목 가정

구 분	가 정	
고정비용	선원비	◦ 2016년 선원비 : USD982,164, 이후 연간상승률 2.3% - 회사제시금액을 기준으로 2016년 초기 비용 산정 - 이후 연간상승률은 국제운수노련(ITF)가 제시한 2015~2017년 선원비 평균인상률 적용
	선박관리비	◦ 2016년 선박관리비 : USD431,287, 이후 연간상승률 2.3% - 회사제시금액을 기준으로 2016년 초기 비용 산정 - Moore Stephens이 제시한 1,800TEU 컨테이너선 선박 관리비용 증가 전망치 2.3% 적용 - Lubricants : USD163,825 / Spare Parts: USD59,000 Consumable Store : USD129,000 Repair&Maintenance : USD70,000/General : USD9,462
	보험료	◦ 2016년 보험료 : USD149,590, 이후 연간상승률 1.8% - 회사제시금액을 기준으로 2016년 초기 보험료 산정 - Moore Stephens이 제시한 1,800TEU 컨테이너 선박 보험료 증가 전망치 1.8% 적용
	입거수리	◦ 2021년 : USD270,000 / 2026년 : USD390,000 - 차입금 만기시점까지 매 5년마다 정기검사 수행하며 회사제시금액을 기준으로 2회 설정 - 입거수리기간(7일) 동안 운항수입과 화물비, 항비, 연료비에 대한 조정금액 반영

자료 : 해운거래정보센터

위와 같은 운항수입과 운항비용, 그리고 고정비용에 대한 주요 가정치를 바탕으로 선박인도시기인 2017년부터 BBC HP 종료기간인 2028년까지의 프로젝트 추정 영업활동 현금흐름을 검토하면 <표 12>와 같다.

Collection @ kmou

eCollection @ kmou

<표 12> 프로젝트 추정 영업활동 현금흐름

(단위: 천USD)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	누적
운항수입	16,836	17,308	17,792	18,290	18,411	18,834	18,834	18,834	18,834	18,442	18,834	18,834	220,085
운송수입	16,836	17,308	17,792	18,290	18,411	18,834	18,834	18,834	18,834	18,442	18,834	18,834	220,085
운항비용	(12,107)	(12,360)	(12,620)	(12,888)	(12,886)	(13,445)	(13,735)	(14,034)	(14,341)	(14,354)	(14,981)	(15,314)	(163,065)
연료비	(3,072)	(3,072)	(3,072)	(3,072)	(2,971)	(3,072)	(3,072)	(3,072)	(3,072)	(2,971)	(3,072)	(3,072)	(36,661)
화물비	(6,804)	(6,994)	(7,190)	(7,391)	(7,440)	(7,811)	(8,030)	(8,254)	(8,486)	(8,541)	(8,967)	(9,218)	(95,126)
항비	(716)	(736)	(757)	(778)	(783)	(822)	(845)	(869)	(893)	(899)	(944)	(970)	(10,011)
기타비용	(1,516)	(1,558)	(1,602)	(1,647)	(1,693)	(1,740)	(1,789)	(1,839)	(1,890)	(1,943)	(1,998)	(2,054)	(21,267)
운항수익	4,729	4,947	5,172	5,403	5,525	5,389	5,099	4,800	4,493	4,088	3,854	3,520	57,020
고정비성경비	(1,598)	(1,634)	(1,671)	(1,709)	(2,017)	(1,787)	(1,827)	(1,868)	(1,910)	(2,343)	(1,997)	(2,042)	(22,403)
선원비	(1,005)	(1,028)	(1,052)	(1,076)	(1,100)	(1,126)	(1,152)	(1,178)	(1,205)	(1,233)	(1,261)	(1,290)	(13,705)
선박관리비	(441)	(451)	(462)	(472)	(483)	(494)	(506)	(517)	(529)	(541)	(554)	(567)	(6,018)
보험료	(152)	(155)	(158)	(161)	(164)	(166)	(169)	(173)	(176)	(179)	(182)	(185)	(2,020)
입거수리비					(270)					(390)			(660)
현금흐름	3,131	3,313	3,501	3,694	3,508	3,603	3,272	2,932	2,583	1,745	1,856	1,478	34,616

4.1.2. 상환가능성 검토

프로젝트 대상 선박에 대한 영업활동 현금흐름 파악이 완료되면 재무활동 현금흐름과 종합한 금융만기시점까지의 DSCR[19]을 검토하여 선박금융기관의 여신제공 안정성을 검토하게 된다. 이때 상환기간 동안의 DSCR이 1.0이상이면 투자대상의 여신 지불능력이 안정적이라는 것을 의미한다. 특히 오늘날 대부분의 선박 도입 방식이 PF(프로젝트 파이낸싱)를 통해 자금을 조달하고 있기 때문에 선박 투자에 대한 DSCR의 산출은 더욱 필요해지고 있다. DSCR을 계산하는 수식은 아래와 같다.

$$DSCR = \frac{Net\ Operating\ Income}{Debt\ Service\ Payment}$$

DSCR은 금융권의 입장에서 선박 여신에 대한 상환 안정성을 평가하는 주요 항목이며 최근의 선박도입에 따른 경제성 평가는 대부분 금융권의 요청에 따라 선사가 작성하기 때문에 대부분의 평가서에 포함되고 있다.

동 프로젝트의 DSCR 검토 결과 누적 DSCR은 1.37로서 비교적 안정적인 수준이며, 운항수입이 정점에 이르는 2023년 1.51로 가장 높은 수준을 기록한 후 점차 비용 증가에 따른 영업활동 현금흐름의 감소 영향으로 점차 하락하는 양상을 나타내고 있으며 세부내용은 <표 13>과 같다.

19) DSCR(Debt Service Coverage Ratio) : 선박금융을 통해 조달한 자금에 대한 상환금 대비 지불능력

Collection @ kmou

eCollection @ kmou

<표 13> 프로젝트 상환가능성 검토

구 분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
영업활동현금흐름	0	3,130	3,314	3,500	3,693	3,507	3,602	3,271	2,932	2,583	1,745	1,856	1,478
운항수입	0	16,836	17,308	17,792	18,290	18,411	18,834	18,834	18,834	18,834	18,442	18,834	18,834
운항비용	0	12,108	12,360	12,621	12,888	12,887	13,445	13,736	14,034	14,341	14,354	14,981	15,314
고정비성경비	0	1,598	1,634	1,671	1,709	2,017	1,787	1,827	1,868	1,910	2,343	1,997	2,042
재무활동현금흐름	400	2,394	2,337	2,279	2,223	2,164	2,106	2,049	1,992	1,934	1,876	1,819	1,761
선순위 원금	0	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495	1,495
후순위 원금	0	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
선순위 이자비용	71	572	523	473	425	375	326	277	228	178	129	80	31
후순위 이자비용	54	97	89	81	72	64	55	47	39	30	22	14	5
보증료	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
수수료	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DSCR	0.00	1.12	1.26	1.34	1.42	1.45	1.49	1.51	1.50	1.49	1.44	1.41	1.37
선가(정액법)	27,600	26,570	25,530	24,500	23,460	22,430	21,390	20,360	19,320	18,290	17,250	16,220	15,180
차입금 잔액	20,700	18,975	17,250	15,525	13,800	12,075	10,350	8,625	6,900	5,175	3,450	1,725	0
담보대출비율(LTV)	75.0%	71.4%	67.6%	63.4%	58.8%	53.8%	48.4%	42.4%	35.7%	28.3%	20.0%	10.6%	-

4.1.3. 투자 수익성 검토

선박 도입 후 투자대상의 수익성을 추정하기 위한 평가지표로 NPV(순현재가치)와 IRR(내부수익률)을 대부분 활용하고 있다. 본 프로젝트의 경우 운항수입에서 영업활동 현금흐름과 재무활동 현금흐름을 추정한 결과를 종합하여 종합 현금흐름(Net CashFlow)를 평가하고 여기에 적정한 할인율을 적용하여 NPV와 IRR을 추정하였다. 즉 미래의 종합 현금흐름(Net CashFlow)를 현재의 가치로 환산하기 위해 적정한 추정 할인율을 반영해야지만 미래 가치를 현재의 가치로 환산할 수 있다. 동 프로젝트의 할인율 산정을 위해서는 WACC[20](가중평균자본비용) 방식을 사용했다. WACC는 투자안에 대한 사업성 평가를 위해 가장 일반적으로 사용하는 방식이며, 자기자본과 타인자본 투자비율에 따라 가중치를 부여하여 할인율을 결정하는 방식으로 <표 14>와 같이 계산되었다.

$$\text{WACC Formula} = (K_e * E_r) + (K_d * D_r)$$

<표 14> 가중평균자본비용(WACC)을 통한 할인율 산정

구 분	결 과	비 고
무위험 이자율(R_f)	1.409%	2016년 기준. 5년 만기 국고채 평균 수익률
Beta	1.12	국내 대표 상장기업의 1999년 이후 연간 Beta 평균
EMRP (시장위험프리미엄)	6.0%	국내 신평사들이 평가한 해운산업 시장위험 프리미엄
자기자본비용(K_e)	8.129%	CAPM Formula($K_e = [R_f + (B * EMRP)]$)
타인자본금리(K_d)	5.6%	타인자본 조달금리
자기자본비율(E_r)	25%	자기자본 조달비율
타인자본비율(D_r)	75%	타인자본 조달비율
WACC	6.232%	$(K_e * E_r) + (K_d * D_r)$

위와 같은 할인율을 적용하여 동 프로젝트의 수익성 평가지표인 NPV와 IRR을 검토한 결과 12년 합계 NPV는 19,525,142 이었으며, IRR은 32.1%로 두 지표에 대한 종합적인 검토결과 상당히 높은 수준의 수익성이 확보되고 있는 것으로 평가되었다.

20) WACC(Weighted Average Cost of Capital) : 가중평균 자본비용의 준말로써 자기자본과 타인자본을 금액에 가중치를 부여하여 할인율 구하는 개념이다

Collection @ kmou

〈표 15〉 프로젝트 수익성 평가

단위: Mil USD

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
NPV		-7403869	2817095	2770636	2744014	2726520	2404659	1838098
IRR				-16.9%	6.1%	18.3%	24.5%	27.5%
구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	합계
NPV	1525014	1219484	922352	400038	471881	330030	6759187	19525141
IRR	29.2%	30.2%	30.7%	30.8%	30.9%	31.1%	32.1%	

구 분	총수입	총비용	NPV	IRR
일반 DCF 방식	259.14	218.22	19.53	32.1%

NPV의 검토 결과 초기 투자자본이 투입된 이후 2019년부터 2029년까지 안정적인 수익성이 확보된 것으로 나타나며, 2029년 선대 매각을 통해 매각수입이 발생하면서 NPV의 결과값이 상당히 높은 수준을 나타냈다. IRR 역시 32.1%라는 높은 수치를 보이며 동 사업안이 투자 타당성이 적합하다는 결과를 이끌어냈다. 그러나 NPV와 IRR이 현재와 같은 해운 불황기에도 높은 수준을 나타낼 수 있는 가장 큰 원인은 추정수입과 비용이 모두 회사가 제시한 자료에 한정하여 평가되었기 때문이며, 선박을 발주하는 기업은 보유중인 데이터 가운데 가장 긍정적인 부분들을 적용하여야 금융권의 선박금융 조달이 가능하기 때문에 현실성과는 다소 동 떨어진 결과값이 도출될 가능성도 배제할 수 없다.

4.2 시스템 구조설정 및 구성변수 선정

4.2.1. 시스템 구조설정

시스템의 구조를 설정하기 위해서는 시스템을 구성하는 전체적인 구조와 구성요소간의 상호 작용관계를 파악해야 된다. 시스템은 구조적으로 계층을 형성하고 있으며, 시스템을 구성하고 있는 변수들간의 상호관계와 인과관계에 따라 전체 시스템이 변화할 수 있다.

선박투자의 재무적 타당성 분석 모델 구축을 위한 시스템적 구조는 사업성과의

Collection @ kmou

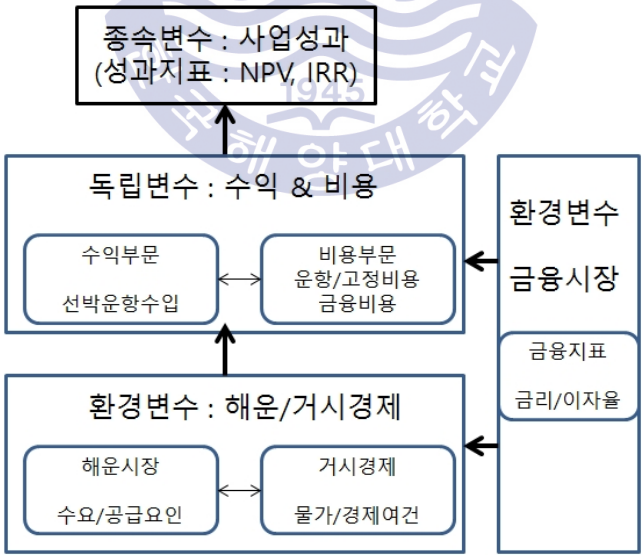
재무적 타당성 판단지표를 종속변수로 설정하고 수입부문과 비용부문으로 구성된 독립변수와 거시경제, 금융시장 및 해운시장 부문으로 구성된 환경 변수를 주요 변수로 설정하였다. 따라서 선박투자 재무적 타당성 분석의 모델 구조는 사업성과를 판단하는 함수적 수식으로 설정되고 사업성과 부문은 또다시 수입부문과 비용부문으로 구성된 함수적 수식으로 정의할 수 있다. 선박투자 재무적 타당성 분석 모델의 수식적 정의는 다음과 같다.

선박투자사업 재무적 타당성 분석(Y) = f(사업성과 : NPV, IRR)

사업성과(Y) = f(수익부문 : 운항수입, 비용부문 : 운항/고정비용 + 금융비용)

수익/비용(Y) = $f(SM, FM, ME)$[21]

본 연구의 선박투자 재무적 타당성 모델의 계층별 시스템 구조는 [그림 9]와 같이 사업성과, 수입, 비용, 해운시장, 금융시장, 거시경제와 같이 6가지 부문 모델로 구성되었다.



[그림 9] 선박투자 재무적 타당성 분석 모델의 시스템 구조

21) SM : Shipping Market, FM : Financial Market, ME : Macro Economic

dCollection @ kmou

4.2.2. 구성변수의 선정방식

선박투자 재무적 타당성 분석을 위해 필요한 구성변수는 A해운사의 실제 1,800TEU 컨테이너선 도입을 위한 사업성 평가에 사용되었던 주요 수입과 비용 그리고 환경변수들을 구성변수로 선정하였다. 재무적 타당성 분석의 경우 가장 기본이 되는 요인인 수입과 비용 측면을 구성하는 변수들은 실제 A해운사가 제공한 기초 데이터를 토대로 작성되어 실증분성의 현실성을 제고시켰다. 시스템 다이내믹스는 각 변수들간의 인과관계를 바탕으로 시뮬레이션을 실시하는 방법론이기 때문에 너무 많은 변수들이 투입될 경우 각 변수들간의 인과관계 설정에 있어서 오류가 증가할 가능성이 높으므로 가장 기본이 되면서도 문제 해결을 위해 필요한 구성 변수들을 선정하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 모델 구축을 위한 시스템 구조를 파악했으며, 그 결과 종속변수인 사업성과 도출을 위해 수입부문과 비용부문, 해운시장, 거시경제, 금융시장과 같은 총 6개 부문의 구성변수를 도출하였다.

4.2.3. 요인별 구성변수의 선정

3-1. 수입부문 구성변수

선박투자에 따라 선박운용을 통한 수입 창출 부문에는 크게 용선수입과 운임수입이 발생 가능하다. 동 프로젝트에서는 선박 취득 후 동남아 항로에 자체 운항하는 것을 가정하여 용선수입 보다는 직접 운항을 통한 "운임 수입" 확보가 가능하다. 또한 12년간의 금융상환이 완료되고 선박 매각을 통한 "매각 수입"이 발생하게 된다. "운임수입"은 "일간 수입"과 "연간 운항일수" 그리고 "수입 증가율"에 따라 결정되게 된다. 이때 운임수입은 확률론적 분석에 기초해 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 추정수입을 평가하였다. "매각 수입"은 중고선가를 바탕으로 다이내믹 모델 분석을 통해 12년 후의 중고선가를 예측하였다. 수입 부문 구성 변수의 측정방법과 세무 내용을 정리한 내용은 <표 16>과 같다.

Collection @ kmou

〈표 16〉 수입 부문 구성변수

구분		구성변수		
		항목	내용	단위
수입 부문	운항수입	일간 수입	일간 운항 수입	USD/day
		수입 증가율	연간 운항 수입 증가율	%
		연간운항일수	선박의 연간 운항 가능일수	day
	매각수입	중고선가	12년산 1,800TEU 중고선가	Mil USD

3-2. 비용부문 구성변수

선박투자에 따른 비용 항목은 크게 “금융비용”과 “운항비용” 그리고 “고정비용” 등 3대 요인으로 구분 할 수 있다. 여기서 “금융비용”이란 선박 취득 방식에 따라 발생하게 되는 선·후순위 자금 등에 대한 원리금과 이자비용 등을 의미하며, “운항비용”은 선박을 통한 영업활동 수행에 따라 발생하게 되는 제반 비용을 뜻하며, “고정비용”은 선박 자산 보유에 따라 발생하는 고정적인 비용이다. “금융비용”은 “자기자본비용”,“선순위 대출금”, “후순위 대출금”, “선순위 원금상환”, “후순위 원금상환”, 으로 구성되었다. <표 17>은 비용부문 모델 구성 변수의 항목과 세부 내용에 대해 설명한 표이다.

〈표 17〉 비용 부문 구성변수

구분		구성변수		
		항목	내용	단위
비용 부문	금융 비용	자기자본	선박 취득 시 직접투자금	USD
		선순위 대출금	자본 조달액 중 선순위 금액	USD
		후순위 대출금	자본 조달액 중 후순위 금액	USD
		선순위 원금상환	선순위 대출의 월간 원금상환액	USD/Month
		후순위 원금상환	후순위 대출의 월간 원금상환액	USD/Month
	고정 비용	선원비	선박에 승선중인 선원에 대한 연간 인건비	USD
		보험료	선박의 선체 및 P&I 등 연간 보험부보금액	USD
		선박관리비	선박관리에 소요되는 각종 관리비용	USD
		드라이도크비용	매 5년마다 수행되는 정기검사 비용	USD
	운항	연료비용	선대운용에 따른 연간 연료소모비용	USD

Collection @ kmou

	비용	화물비용	선박의 적양하 업무를 위한 화물처리비용	USD
		항비	선박의 입출항 업무를 위한 비용	USD
		기타비용	컨테이너 임차료, 지급수수료 등 기타 비용	USD

3-3. 해운시장 부문 구성변수

해운시장의 변화가 선박 투자에 미치는 영향을 판별하기 위해 투입된 항목으로는 "운임시장", "수요시장", "공급시장"등 3가지 요인을 설정하였다. "운임시장"은 수입항목의 변화에 큰 영향을 미치는 요인으로 중국 상해항운교역소에서 발표하는 "CCFI" 지수와 실제 실증분석에 사용된 1,800TEU 컨테이너선의 "일간 운항수입"을 구성변수로 설정하였다. 또한 연간 운항수입 추정을 위해 "연간 운항일수" 역시 구성변수로 설정하였다. "수요시장"은 컨테이너 화물의 물동량 변화를 파악하기 위해 "컨테이너 물동량"과 "물동량 증가율"을 구성변수로 설정하였다. 마지막으로 "공급시장" 요인은 전체 컨테이너선대의 선대 변화를 종합적으로 판단할 수 있는 각종 지표로서 "선복량", "건조기간", "발주잔량", "중고선가", "신조선가"를 변수로 구성하였다. <표 18>는 해운시장 부문에 대한 구성변수 현황을 설명한 표이다.

<표 18> 해운시장 부문 구성변수

구 분		구성변수		
		항목	내용	단위
해운시장	운임시장	운임지수	ccfi(중국발 컨테이너 운임지수)	지수
		운임수입	일간운항수입	USD/day
		운항일수	연간운항일수	day/year
	수요시장	컨테이너 물동량	컨테이너 연간 물동량	M.Ton/Year
		물동량 증가율	컨테이너 연간 물동량 증가율	% yr/yr
	공급시장	선복량	컨테이너선 선복량	TEU/Year
		건조기간	신조선 건조기간	Year
		중고선가	컨테이너선 1,800TEU 12Y 중고선가	USD
		신조선가	컨테이너선 1,800TEU 신조선가	USD
		발주잔량	컨테이너선 1,800TEU 발주잔량	TEU

Collection @ kmou

3-4. 금융시장 부문 구성변수

금융시장의 변화는 자금조달 금리에 영향을 미치는 "이자율"과 "시간" 등 2가지 요인을 설정하였다. "이자율"은 선·후 순위 금융대출에 영향을 미치는 요인으로 "리보금리"와 "가산금리"를 변수로 구성하였다. "시간"은 투자기간에 해당하며 "12Y"를 연단위로 설정하였다. 금융시장 부문에 대한 구성변수는 <표 19>와 같다.

<표 19> 금융시장 부문 구성변수

구 분		구성변수		
		항목	내용	단위
금융시장	이자율	리보금리	Libor 3M	%
		가산금리	+@	%
	시간	투자기간	12Y	연

3-5. 거시경제 부문 모델 구성변수

거시경제 부문 모델의 구성변수는 "물가", "환율", "경제성장률", "원유시장"등 4가지 요인을 설정하였다. "물가"와 "환율" 그리고 "경제성장률"은 전반적인 경영환경 뿐만 아니라 연료유가격 예측과 중고선가 예측 등 시스템 모델링 구성 전반에 영향을 미치며 "연간 물가상승률", "원/달러 환율", "GDP성장률"을 세부변수로 설정하였다. "원유시장"의 경우 비용 모델 구성을 위한 연료유가격 예측 모델에서 사용되며 "원유생산량", "원유소비량", 유가를 세부변수로 설정하였다. 거시경제 부문에 대한 구성변수는 <표 20>와 같다.

<표 20> 거시경제 부문 구성변수

구 분		구성변수		
		항목	내용	단위
거시경제	물가	물가상승률	연간물가상승률	%
	환율	평균환율	원 달러 환율	원
	경제성장률	경제성장률	GDP Growth	%
	원유시장	원유생산량	연간 원유생산량	M bpd
		원유소비량	연간 원유소비량	M ton
		유가	Brent 유가	USD/bbl

Collection @ kmou

3-6. 사업성과 부문 모델 구성변수

사업성과 부문 모델의 구성변수는 “현금흐름”, “할인율”, “사업성 판단” 등 3가지 요인을 설정하였다. “현금흐름” 요인의 경우 수입-비용과 관련된 연간 현금흐름 결과를 “FCF(Free Cash Flow)” 구성변수로 설정하였고, 미래 현금흐름을 현재가치로 환산하는데 사용되는 “할인율”은 “WACC”를 구성변수로 설정하였다. 마지막으로 “사업성 판단”의 지표로 활용되는 구성변수로는 “NPV”와 “IRR”을 구성변수로 설정하였다. 사업성과 부문에 대한 구성변수는 <표 21>와 같다.

<표 21> 사업성과 부문 구성변수

구 분		구성변수		
		항목	내용	단위
사업성과	현금흐름	FCF	수입-비용	USD
	할인율	WACC	가중평균할인율	%
	사업성 판단	NPV	순현재가치	USD
		IRR	내부수익률	%

4.2.4. 최종 구성변수 설정

선박투자에 대한 재무적 타당성 검토를 위한 모델 구축에 필요한 구성 변수는 수입, 비용, 해운시장, 금융시장, 거시경제, 사업성과 등 6가지 주요 요인과 각 요인별 구성변수들로 구성되어있다. 시스템 다이내믹스는 각 구성 변수들간의 동태적 인과관계를 바탕으로 구성 변수들을 연립미적분방정식 체계의 함수로 구성하게 되므로, 각 구성 변수간의 모델의 타당성은 함수식의 적합성에 따라 검증 가능하다. 또한 연료유가격 예측, 중고선가 예측 등과 같은 다이내믹 모델링 구성을 위한 세부변수로 사용되어 사업성 평가의 현실성과 논리성을 제고시켰다. 본 실증분석에 사용될 구성변수의 종합적인 구성은 <표 22>와 같다.

Collection @ kmou

〈표 22〉 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 구성 변수 자료현황

구분		구성변수		
		항목	내용	단위
수입 부문	운항수입	일간 수입	일간 운항 수입	USD/day
		수입 증가율	연간 운항 수입 증가율	%
		연간운항일수	선박의 연간 운항 가능일수	day
	매각수입	중고선가	12년산 1,800TEU 중고선가	Mil USD
비용 부문	금융비용	자기자본	선박 취득 시 직접투자금	USD
		선순위 대출금	자본 조달액 중 선순위 금액	USD
		후순위 대출금	자본 조달액 중 후순위 금액	USD
		선순위 원금상환	선순위 대출의 월간 원금상환액	USD/Month
		후순위 원금상환	후순위 대출의 월간 원금상환액	USD/Month
	고정비용	선원비	승선중인 선원에 대한 연간 인건비	USD
		보험료	선체 및 P&I 등 연간 보험부보금액	USD
		선박관리비	선박관리에 소요되는 각종 관리비용	USD
		드라이도크비용	매 5년마다 수행되는 정기검사 비용	USD
	운항비용	연료비용	선대운용에 따른 연간 연료소모비용	USD
		화물비용	선박의 적양하 업무를 위한 화물처리비용	USD
		항비	선박의 입출항 업무를 위한 비용	USD
		기타비용	컨테이너 임차료, 지급수수료 등 기타비용	USD
해운 시장	운임시장	운임지수	ccfi(중국발 컨테이너 운임지수)	지수
		운임수입	일간운임수입	USD/day
		운항일수	연간운항일수	day/year
	수요시장	컨테이너 물동량	아시아항로 컨테이너 연간 물동량	M.Ton/Year
		물동량 증가율	아시아항로 컨테이너 연간 물동량 증가율	% yr/yr
	공급시장	선복량	컨테이너선 선복량	TEU/Year
		건조기간	신조선 건조기간	Year
		중고선가	컨테이너선 1,800TEU 12Y 중고선가	M.USD
		신조선가	컨테이너선 1,800TEU 신조선가	M.USD
		발주잔량	컨테이너선 1,800TEU 발주잔량	TEU
금융 시장	이자율	리보금리	Libor 3M	%
		가산금리	+@	%
	시간	투자기간	12Y	연
거시 경제	물가	물가상승률	연간물가상승률	%
	환율	평균환율	원 달러 환율	원
	경제성장률	경제성장률	GDP Growth	%
	원유시장	원유생산량	연간 원유생산량	M bpd
		원유소비량	연간 원유소비량	M ton
		유가	Brent 유가	USD/bbl
사업 성과	현금흐름	FCF	수입-비용	USD
	할인율	WACC	가중평균할인율	%
	사업성판단	NPV	순현재가치	USD
		IRR	내부수익률	%

dCollection @ kmou

4.3 인과지도 작성

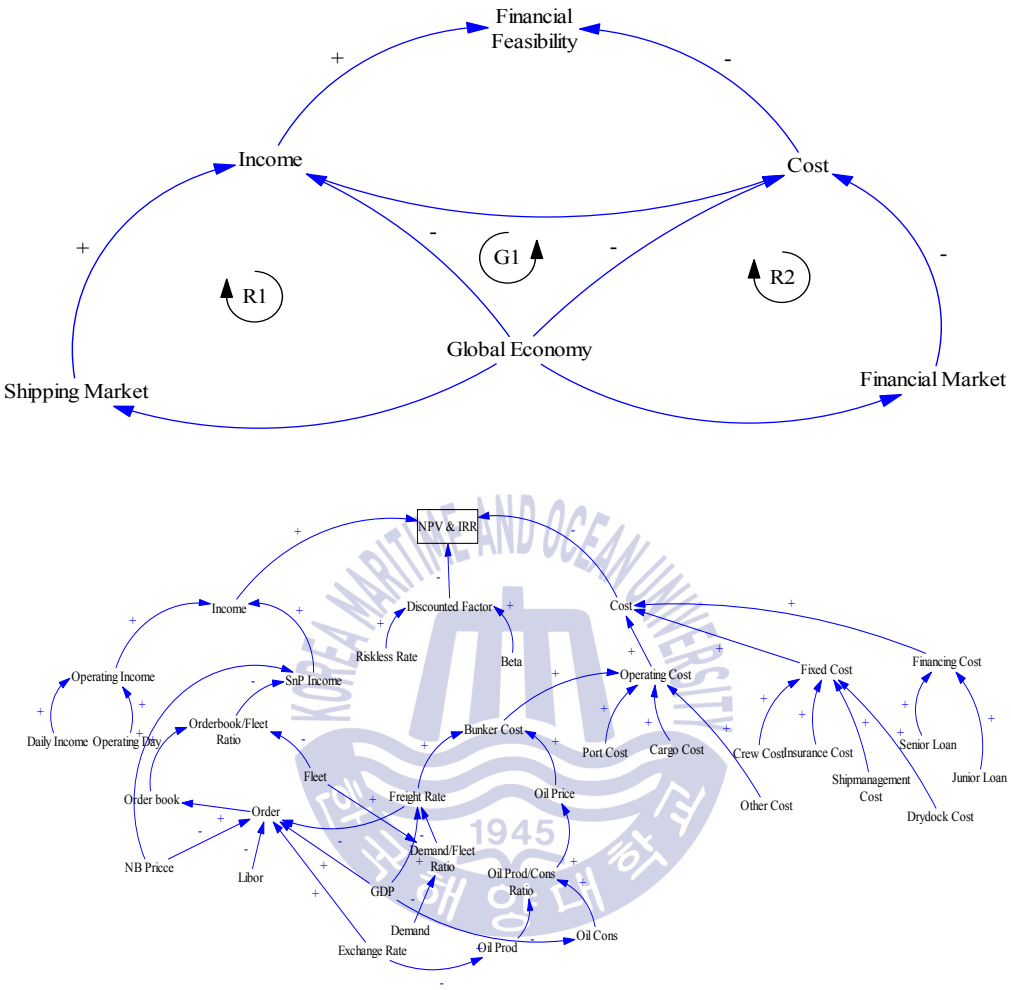
4.3.1. 인과지도 작성

시스템 다이내믹스를 활용하여 1,800TEU 컨테이너선 신조선 도입에 따른 재무적 타당성을 평가하기 위해서는 각 구성 변수들간의 인과관계와 전체 흐름을 쉽고 편리하게 이해할 수 있는 개념 정리가 필요하다. 인과지도는 각 구성변수들간의 인과관계를 바탕으로 순환적 구조의 정성적 모델을 작성하는 것이다. 선박투자 재무적 타당성 평가의 경우 수입, 비용, 해운시장, 금융시장, 거시경제, 사업성과라는 6가지 주요 요인들로 구성되어있다. 이중 해운시장, 금융시장, 거시경제와 같은 3가지 요인들은 선박 운용을 통해 발생되는 수입과 비용에 영향을 미치는 하위 개념들이며, 수입과 비용 역시 재무적 타당성의 평가 기준인 사업성 평가를 위해 필요한 구성 변수들이다. 그러나 이들 주요 요인들은 어느 한쪽으로만 영향력을 발생시키는 관계가 아닌 각 요인들간의 상호작용과 피드백을 바탕으로 인과관계를 형성중이다.

본 연구에서는 선박 투자 재무적 타당성 분석 모델을 통해 설정된 구성 변수들이 다양하고 복잡한 인과관계를 형성하고 있으므로 시뮬레이션 모델을 위한 기초 자료의 활용을 위해 보다 명확하고 간결한 형태의 6대 요인을 중심으로 [그림 10]과 같이 인과지도를 작성하였다. 본 인과지도는 "Financial Feasibility(DCF)"를 최상위 계층으로 설정하여 "사업성과" 구성변수를 통해 도출 가능한 "NPV"와 "IRR"항목을 도출하기 위해 주요요인들의 인과관계 구조를 분석하였다. 먼저 "Financial Feasibility" 부문은 "수입 "과 "비용" 부문의 영향을 받으며, 수입 부문을 증가시키는 양의 피드백(Reinforcing Loops)와 반대의 영향을 미치는 음의 피드백(Balancing Loops) 구조를 나타낸다. "수입"부문의 경우 "해운시장"의 영향을 받으며, "거시경제" 요인과 상호 밀접한 영향관계를 형성중이다. 반면 "금융시장" 부문은 비용 부문에 영향을 미치며, 금융비용의 증가는 전체 "비용"부문의 증가를 야기하게 된다. "거시경제" 부문 역시 "비용" 부문에 영향을 미치며, 주요 경제지표의 악화는 "비용"부문의 증가를 야기하게 된다.

따라서 전체 인과적 관계의 구조를 살펴보면 [그림 10]과 같은 인과지도를 형성하게 된다.

Collection @ kmou



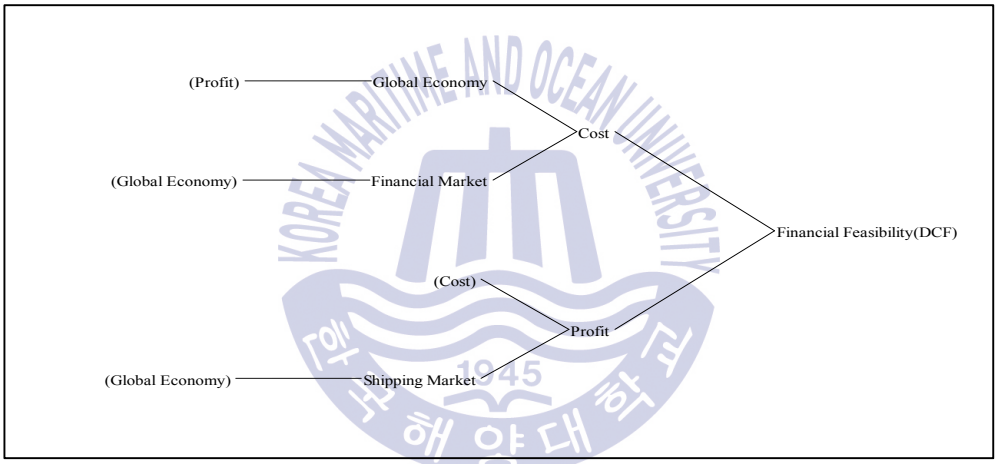
[그림 10] 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 인과지도

4.3.2. 인과지도 계층 간 흐름 검토

위에서 나타낸 순환적 구조의 인과지도를 보다 명확한 형태의 계층 간 트리 형태로 표현하여 나타낸 것은 [그림 11]과 같다. 인과지도 작성 결과 시스템을 구성하고 있는 각각의 주요 요인들은 수직적 형태의 계층적 구조를 형성하고 있지 않다는 것을 파악할 수 있다. 즉 주요 요인들간의 구성 변수들은 인과관계와 순환관계가 반드시 나타나고 있다. 인과지도 작성결과 선박 투자의 재무적 타당성에 영향을 미치는 수입과 비용

Collection @ kmou

요인들은 거시경제와 해운시장, 그리고 금융시장의 다양한 요인들을 통해 결정되어야 보다 정확한 사업성 판단이 가능할 것이다. 그러나 기존의 재무적 사업성 판단 방식에서는 이미 추정되어진 수입과 비용 항목들로만 사업성을 평가해왔다. 즉 각종 수입과 비용 부문에 영향을 미치는 각종 내·외부 변수들을 사업성 판단 지표에 포함시키지 못했던 것이다. 따라서 동 연구의 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위한 인과지도 작성을 통해 시뮬레이션 모델 구축 시 사업성과 판단을 위한 수입과 비용 항목 이외에 해운시장과 거시경제, 그리고 금융시장 요인들에 대한 종합적이고 상호 순환적 인과관계에 대한 고려가 필요하다는 것을 파악할 수 있었다.



[그림 11] 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위한 인과지도 의사결정트리

4.3.3. 하부 모델에 대한 인과지도

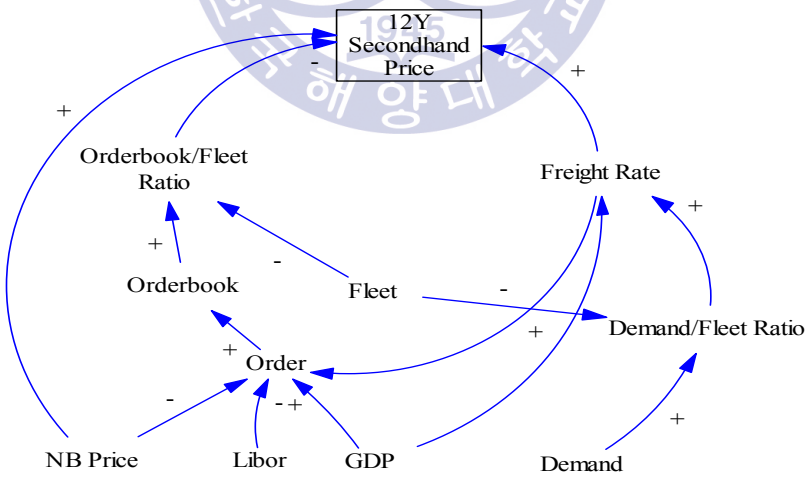
본 연구에서는 사업성과라는 선박투자 재무적 타당성 평가의 목적변수를 도출하기 위해 “수입모델”, “비용모델”, “금융모델”, “사업성과모델” 등 총 4가지의 시스템 다이내믹스 모델링을 구축하였다. 이중 수입모델과 비용모델에 대한 하부모델을 추가하여 사업 타당성 평가 모델의 정확도와 현실성을 제고시켰다. 수입모델의 경우 12년의 선박운영기간 종료 후 발생되는 선박매각수입에 대한 시스템 다이내믹스 기반 중고선가 예측 모델을 추가하여 수입 추정의 정확도를 제고시켰다. 비용모델 역시 전체

Collection @ kmou

운항비용의 40% 가량을 차지하는 연료유 가격에 대한 정확한 예측을 위해 시스템 다이내믹스 기반의 가격 예측 모델을 구성하였다.

3-1. 중고선 가격 예측 인과지도

1,800TEU 12년산 중고선가격 예측 모델의 경우 크게 운임시장과 선대/발주잔량 비율, 그리고 신조선가격에 의해 영향을 받는다. 운임시장의 경우 해상물동량과 공급량간의 수급비율에 의해 결정되며, 운임이 상승할수록 즉시 사용가능한 선박인 중고선에 대한 구매의욕이 상승하여 선박가격의 상승요인으로 작용한다. 공급측면에서는 선박투자자의 경우 투자하고자 하는 대상선박의 현재 선대와 향후 인도될 예정인 발주잔량 수준에 따라 공급여건을 판단하여 선박 투자를 결정하게 된다. 즉 현재 선대에서 발주잔량의 비율이 높으면 높을수록 동 선박에 대한 공급과잉이 우려되어 선가의 하락요인으로 작용하게 된다. 또한 선박 발주의 경우 경제적 변수인 경제성장률과 금융 변수인 Libor 금리에 따라 영향을 받게 된다. 마지막으로 신조선가격이 상승할수록 중고선박에 대한 대체수요가 증가하여 중고선 가격 상승을 유발하는 인과관계를 형성하고 있다. 중고선 가격 예측을 위한 인과지도는 [그림 12]와 같다.

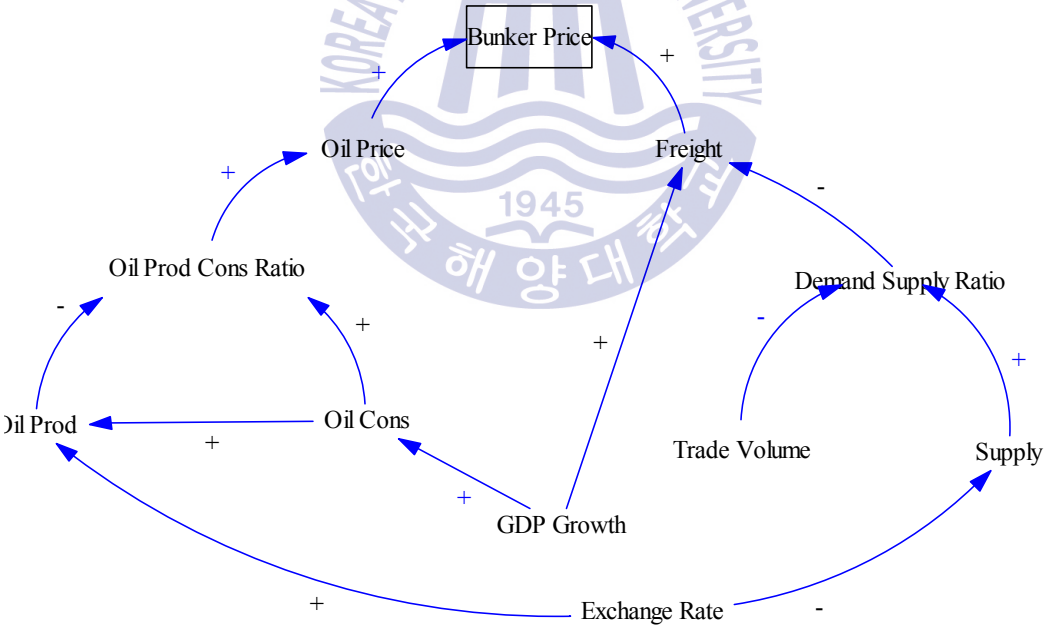


[그림 12] 중고선가 예측 인과지도

Collection @ kmou

3-2. 연료유 가격 예측 인과지도

연료유 가격 예측 모델은 유가와 운임에 의해 영향을 받도록 구성하였다. 유가는 원유생산 대비 소비비율에 따라 영향을 받으며, 유가가 상승할수록 원유의 부속 생산품 중 하나인 연료유 가격이 상승하게 된다. 운임의 경우 해상물동량과 공급량의 비율에 따라 결정되며, 운임이 상승할수록 선박의 선속 상승과 선박 가용율의 증가로 인해 연료유에 대한 수요가 증가하여 가격 상승을 유발하게 된다. 원유 생산과 운임 모두 경제적 여건에 의해 영향을 받게 되며, 경제성장률이 높을수록 원유 소비량과 운임이 상승하는 긍정적인 영향을 미치게 된다. 환율 역시 선박 공급과 원유 생산에 영향을 미친다. 선박발주의 기초통화인 달러화의 가치가 낮아질수록 선박 투자를 유인하여 공급이 증가하게 되며, 달러화 가치에 따라 개발도상국들의 원유 수출 여건이 증가하여 생산량이 증가하게 된다. 연료유 가격 예측을 위한 인과지도는 [그림 13]과 같다.



[그림 13] 연료유 가격 예측 인과지도

Collection @ kmou

4.4 시뮬레이션 모델 구축

4.4.1. 모델 구축의 개요

시스템 다이내믹스를 활용하여 1,800TEU 컨테이너선의 재무적 타당성을 판단하기 위한 구성변수들을 선정하고 이에 따라 구축된 모델이 시간의 흐름에 따라 변수간의 동적인 변화를 나타내는 시뮬레이션 모델을 구축하고자 시간적 개념에 대한 변수의 개념을 <표 23>와 같이 정립하였다.

<표 23> 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수

변수	개 념	단 위
Time	사업성과 측정을 위한 기본 시간단위	연(Year)
Initial Time	재무적 타당성 분석의 시작 시점	Initial Time = 2015
Final Time	재무적 타당성 분석의 종료 시점	Finished Time = 2029
Period	시뮬레이션 수행 단위	Period = 1년(1Year)

시스템 다이내믹스 모델 수행을 위해 변수들간의 목적에 따른 구분을 통한 개념 정립이 필요하다. 변수들은 시뮬레이션을 위한 목적에 따라 목적변수와 정책변수, 환경변수로 구분된다. 목적변수는 선박투자 타당성 평가를 위해 도출하고자 하는 사업성과에 대한 변수이며, 정책변수는 사업성과에 직접적인 영향을 미치는 수입과 비용과 관련된 변수이다. 정책변수는 수입과 비용에 영향을 미치는 운항수입과, 매각수입, 고정비용, 운영비용 등이 포함되었다. 환경변수는 정책변수의 결정에 영향을 미치는 외부변수로서 금융시장과, 경제시장, 해운시장과 관련된 투입변수들에 해당된다. 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위한 변수 구분은 <표 24>과 같이 정립하였다.

<표 24> 선박투자 재무적 타당성 분석을 위한 변수 구분

변수	개 념
목적변수	사업성과 지표(NPV, IRR)
정책변수	수입(운항수입, 매각수입), 비용(운영비용, 고정비용)
환경변수	해운시장, 금융지표, 경제지표

Collection @ kmou

4.4.2. 수입부문 모델

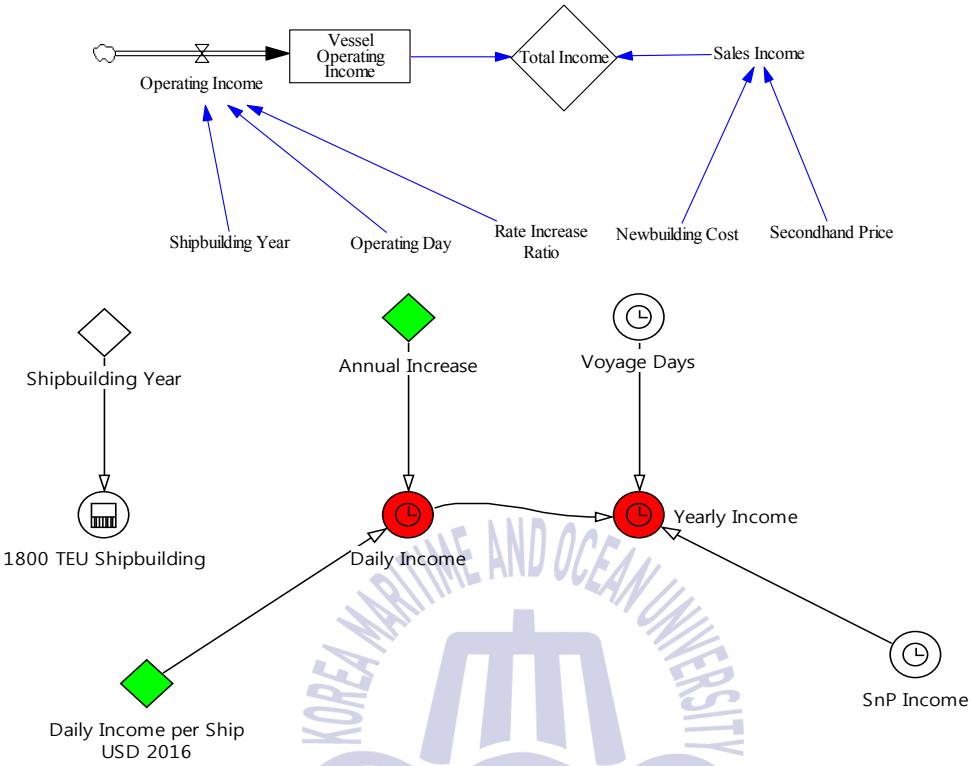
선박 투자 후 직접 운항을 통한 수입은 운항수입과 매각수입으로 구분된다. 운항수입은 선박 운항을 통해 창출되는 수입으로 일간운임수입과 연간운항일수에 의해 결정된다. 매각수입은 12년간의 선박 운항 이후 중고선 매각을 통해 창출되는 수입으로서 선박의 감가상각 및 해운시장 환경에 따라 결정된다.

본 연구에서는 수입부분에 대한 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위해 <표 25>에 사용되는 투입변수들을 활용하여 [그림 14]와 같은 시뮬레이션 모델을 구축하여 [그림 15]와 같은 결과를 도출하였다. 상태변수의 경우 일간 운임수입과 매각수입으로 구분되었으며, 이들 값의 변화에 영향을 미치는 각 정책변수와 환경변수를 투입하여 수입 변수가 결정되도록 정의하였다. 이때 매각수입에 관한 상태변수의 경우 다이내믹 모델링을 추가하여 해운시장과 경제시장, 금융시장 등 매각 수입 결정에 영향을 미치는 다양한 변수들간의 동태적 인과관계를 바탕으로 세부 모델링을 추가 구축하여 매각금액 추정의 객관성을 높여 수입 추정의 현실성을 제고시켰다. 운임 수입 역시 추정의 객관성을 제고시키기 위해 확률론적 관점에서 세부 추정 모델을 구축하여 평가하였다.

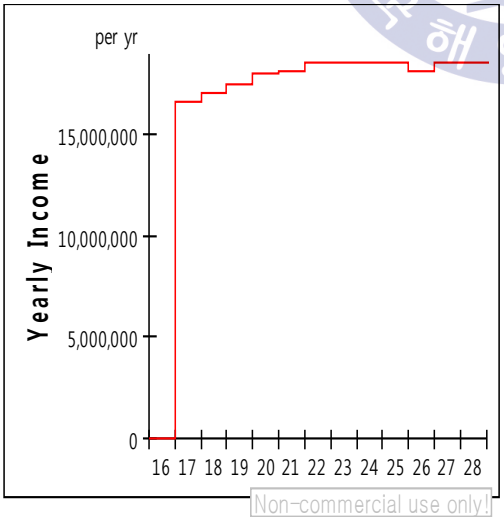
<표 25> 수입부문 모델 투입변수

구분	투입변수		
	결정변수	구성변수	비고
운임수입모델	연간운임수입	일간운임수입	UDS/day
		연간물가상승률	%
		연간운항일수	day/Year
매각수입모델	중고선매각수입	12년산 중고선 매각수입	Mil.USD
시간 모델	운임수입발생시기	선박건조기간	Year
		선박인도시기	Year
		선박운영시기	Year
수입 모델	수입 합계	운임수입모델/매각수입모델	USD

Collection @ kmou



[그림 14] 수입 부문 시스템다이내믹스 모델(SFD)



Time	Yearly Income (First) (per yr)	Daily Income (Firs
2016	11.50	
2017	16,553,104.09	47,92
2018	17,016,590.68	49,26
2019	17,493,054.90	50,64
2020	17,982,860.11	52,06
2021	18,101,247.20	53,52
2022	18,486,379.87	53,52
2023	18,486,379.87	53,52
2024	18,486,379.87	53,52
2025	18,486,379.87	53,52
2026	18,101,247.20	53,52
2027	18,486,379.87	53,52
2028	18,486,379.87	53,52
2029	18,486,379.87	53,52

Non-commercial use only!

[그림 15] 수입부문 모델 시뮬레이션 결과

Collection @ kmou

2-1. 운임수입 추정을 위한 하부모델

선박의 운임수입은 내용연수기간 동안 발생 가능한 거의 대부분의 수입항목이라 할 수 있다. 특히 컨테이너선 직접 운항의 경우 용선운항에 비해 더욱 변동성과 고려요인이 증가한다. 컨테이너 시장의 경우 다양한 화주와 운항 노선이 있으며, 세계경제는 물론 운영 노선의 경쟁강도와 각 국가의 경기 여건에 따라 운임 수입의 불확실성이 커지게 된다. 따라서 선박운항을 통한 운임 수입을 추정하기 위해서는 연간 수만건의 화물 선적에 따른 각각의 수입발생 비용을 확인해야하고 이를 통해 TEU당 운임수입과 소석률, 그리고 연간 운항일수를 통해 최종적인 운임수입이 결정된다. 그러나 이 과정상에서 발생하는 추정의 복잡성과 물리적 한계점으로 인해 대부분의 평가자들은 연간 발생 수입 총액에서 운항일수를 나눠서 일간 운임 수입을 추정하여 사업성 평가에 사용한다. 따라서 보다 합리적인 운임 수입 추정을 위해서는 동태적인 관점에서 발생 가능한 다양한 불확실성을 경감시키기 위해 과거 역사적인 관점에서 시장의 변화를 수입 추정 결정에 반영하는 노력이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 운임수입에 대한 특정 변수를 지정하여 10,000회의 반복 시뮬레이션을 수행하여 합리적 운임수입을 추정하였다. 몬테카를로 시뮬레이션은 난수를 생성하여 반복적인 시뮬레이션을 통해 확률론적인 예측 값을 도출하는 분석방법으로 French & Gabrielli(2005)는 DCF법의 투입변수들이 갖는 한계점과 불확실성을 경감시키기 위해 불확실 변수에 대한 가정을 기반으로 하는 몬테카를로 시뮬레이션의 우수성을 입증하였다.

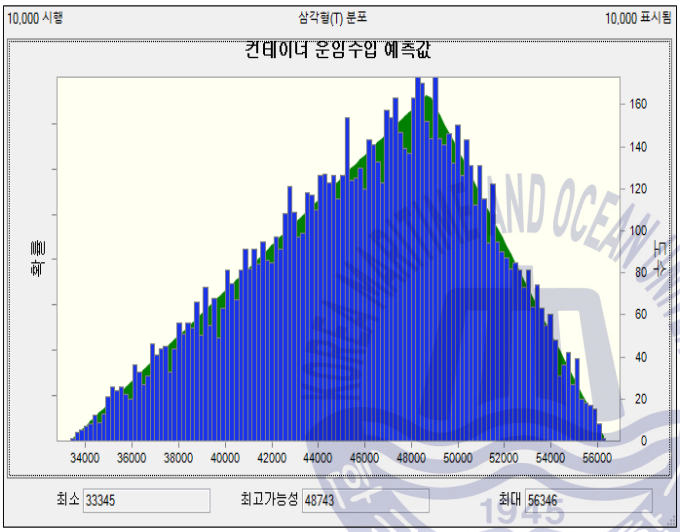
분석방법은 몬테카를로 시뮬레이션을 활용하여 Triangular[22] 확률분포를 적용하여 지난 2003년 이후의 CCFI운임지수의 추이 속에 가장 높은 시장을 나타냈던 2012년도의 평균값을 최댓값에 반영하고, 가장 낮은 시장을 보였던 2016년도의 평균값을 최솟값에 적용하였으며, 최빈값은 본 건에서 사업성 평가에 기본값으로 사용되었던 2013~2015년 운임수입 평균값인 USD48,743을 적용시켰다. 운임수입 추정을 위해 사용된 투입변수와 몬테카를로 시뮬레이션 결과는 각각 <표 26>와 [그림 16]과 같다.

22) Triangular 확률분포는 연속성을 갖는 균등분포에 해당하며, 과거 시계열 자료를 바탕으로 발생 가능한 최솟값과 최댓값, 그리고 최빈값을 지정하여 특정 목표값을 예측하는데 유용하게 사용됨.

Collection @ kmou

〈표 26〉 운임 수입 추정을 위한 투입변수

변수	내 용
최솟값	2003년 이후 최고 운임시점인 2012년 평균값(USD56,346)
최댓값	2003년 이후 최저 운임시점인 2016년 평균값(USD33,345)
최빈값	2013~2015년 3년 평균 운임수입 자료(USD48,743)



구 분	운임수입 예측
시행	10,000
기준값	48,743
평균	46,152
중앙값	**46,618**
최빈값	48,743
표준 편차	4,792
분산	22,962,812
왜도	-0.2981
첨도	2.41
변동 계수	0.1038
최소	33,423
최대	56,191

[그림 16] 운임수입 몬테카를로 시뮬레이션 결과

동 시뮬레이션의 분석 결과 중앙값이 기존 가정값인 USD48,743보다 다소 낮은 USD46,618로 평가되었다. 왜도값의 경우 -0.2981로 우측으로 치우치고 좌측으로 꼬리를 형성중하는 모습이 보이지만 +/- 1미만으로 상대적으로 균형적인 모양새를 보였다. 첨도값은 2.41로 비교적 뾰족한 모양새를 보였으며, 이는 최솟값과 최댓값의 격차가 크기 때문으로 분석된다. 따라서 몬테카를로 시뮬레이션 결과 1,800TEU 컨테이너선의 예상되는 일간 운임수입은 USD46,618 수준으로 기존의 가정값 USD48,743에 비해 다소 낮은 수준으로 평가되었다. 이는 2003년 이후의 시간동안 운임 하락의 불확실성이 상승의 가능성보다 높았기 때문으로 분석되며, 과거 12년간의 추이를 감안하여 이러한 추세를 미래 운임 수입 추정 값에 반영하였다.

Collection @ kmou

2-2. 중고선가 모델 예측을 위한 하부모델

선박 운영을 통한 사업 영위 후 일정기간이 지나 사업을 청산할 경우 발생되는 선박의 잔존가치는 선박 투자를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다. 선박을 통해 창출할 수 있는 수입으로는 운항수입과 매각수입이 있으며, 중고선가의 경우 해운시장의 변화에 따라 가격 변화가 신조선가 보다 오히려 높을 정도로 변동성이 높은 편이다. 따라서 중고선 가격에 대한 정확한 추정은 선박 도입 후 발생가능 한 수입 추정에 있어서 중요한 고려요인이라 할 수 있다.

중고선 가격은 공급여건과 운임상황에 따라 결정된다. 운임시장이 호황일수록 즉시 사용가능한 중고선에 대한 수요가 집중되어 가격 상승요인으로 작용하게 된다. 따라서 운임시장에 대한 정확한 예측을 통해 중고선 가격 예측이 가능하다. 운임시장은 화물수요와 선대공급 현황을 통해 나타나는 수급비율과 경제적인 상황을 고려한 GDP성장률을 투입변수로 설정하여 예측하였다. 운임이 상승 할수록 즉시 이용 가능한 중고선박에 대한 수요는 증가하며, 신조선 가격이 높으면 높을수록 상대적으로 중고선 매입에 대한 수요가 증가하므로 이들 요인들은 중고선 구입 수요에 중대한 영향을 미친다. 해상운임의 경우 수요와 공급간의 비율에 의해 결정되며 신조선 가격은 중고선가격과 해상운임에 따라 결정되는 인과적 구조를 형성하고 있다.

공급여건의 경우 전체선대에서 발주잔량이 높을수록 공급과잉 여건이 심화될 것을 의미하기 때문에 중고선에 대한 수요 하락을 유발하여 중고선 가격에 영향을 미치게 된다. 따라서 합리적 추정을 위해 발주잔량(Orderbook)에 영향을 미치는 주요 변수인 선박발주 요인들을 주요 변수로 설정하였다. 선박발주는 신조선가 뿐만 아니라 환율, 금리가 상승할 경우 투자자의 비용 부담이 증가하여 거래가 위축되면서 가격에 악영향을 미치게 되므로 이러한 경제변수들에 의해서도 영향을 받게 되며, 운임 역시도 중요한 결정요인으로 작용한다. 이를 통해 예측된 발주잔량(Orderbook)을 통해 현재 선대와의 비율을 공급여건의 최종적인 결정변수로 설정하여 12년 후의 중고선가를 예측하였다. 중고선가 예측에 투입된 변수들의 시계열 자료는 1996년~2015년산 자료를 인용하였으며, 선가 예측을 위해 GDP와 환율에 대한 2029년까지의 예측자료와 화물수요와 선복량에 대한 2029년까지의 예측자료를 이용하였다. 이와 같은 과정을 통해 완성한 중고선가 투입변수와 추정모델은 <표 27~29>과 [그림 17]과 같다.

Collection @ kmou

〈표 27〉 중고선 가격 모델 투입변수

구분	투입변수		비고
	결정변수	구성변수	
공급 모델	발주잔량	신조선가	Mil USD
		컨테이너선 운임	CCFI
		선박공급	,000TEU
	경제변수	GDP 경제성장률	%
		Libor 금리	%
		환율	KW/USD
해상운임 모델	수요/공급 비율	화물수요	M.Ton
		선박공급	,000TEU
		수요/공급 비율	%
		컨테이너선 운임	CCFI
중고선 가격 모델	12년산 중고선 가격	공급모델/해상운임 모델	M USD

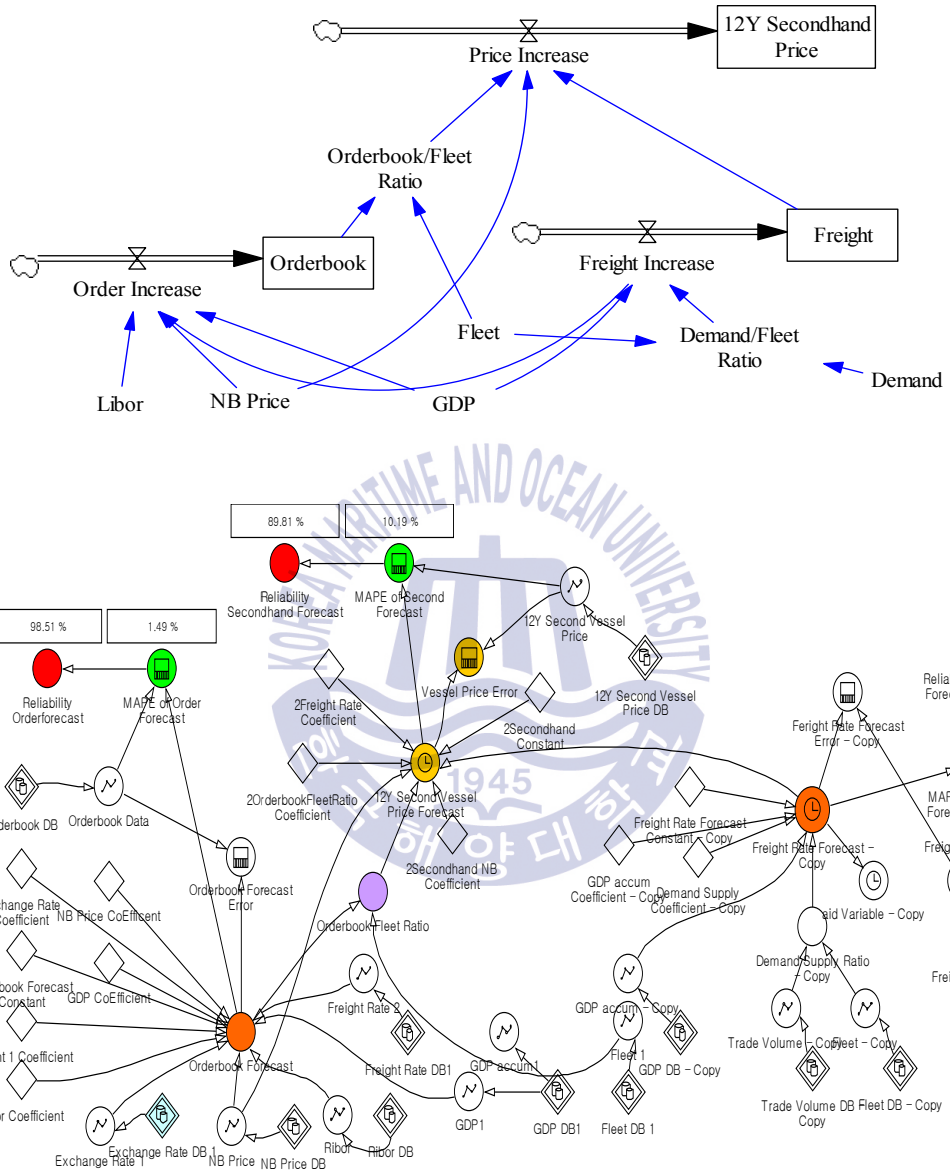
〈표 28〉 중고선 가격 예측 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수

변수	개 념	단 위
Time	중고선 가격 예측 위한 기본 시간단위	연(Year)
Initial Time	중고선 가격 예측의 시작 시점	Initial Time = 1996
Final Time	중고선 가격 예측의 종료 시점	Finished Time = 2029
Period	시뮬레이션 수행 단위	Period = 1년(1Year)

〈표 29〉 중고선 가격 예측을 위한 변수 구분

변수	개 념
목적변수	12년산 중고선 가격
정책변수	해상운임, Orderbook/선복비율
환경변수	화물수요, 선복량, 경제성장률, 환율, 금리, 신조선가

Collection @ kmou



[그림 17] 중고선가 예측 시스템다이내믹스 모델(SFD)

dCollection @ kmou

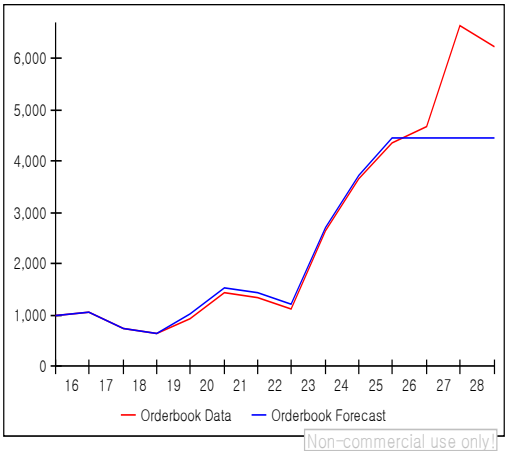
중고선가격의 예측을 위해 GDP성장률과 환율에 관한 2029년까지의 장기 예측 자료[23]를 바탕으로 각각의 하부요인별 예측값을 추정하였다. 먼저 선박 발주잔량의 경우 GDP와 신조선가, 그리고 리보금리, 운임과의 관계를 구성변수로 설정하여 예측하였다. 분석결과 MAPEs가 10% 이내로 비교적 정확한 예측값을 나타냈으며, 예측값의 신뢰성 역시 90% 이상의 높은 수준을 나타냈다. 해상운임의 경우 아래 연료유 가격 예측을 위해 진행되었던 해상운임 전망 자료를 사용하였다. 최종적으로 12년산 중고선가의 경우 해상운임과 선복량 대비 발주잔량 비율, 그리고 신조선 가격에 의해 결정되도록 모델을 구성하였다. 중고선 가격의 경우 해운 호황기인 2000년대 중반기에 단기 급등세를 보이며, 투입변수들을 통한 설명력 확보에 어려움을 보였으나, 비교적 높은 수준인 MAPEs가 10.19%, 신뢰성 값이 89% 수준을 나타내며 <표 30>와 [그림 18]과 같은 정확한 분석결과가 나타났다.

<표 30> 중고선 가격 예측 시스템다이내믹스 예측 결과

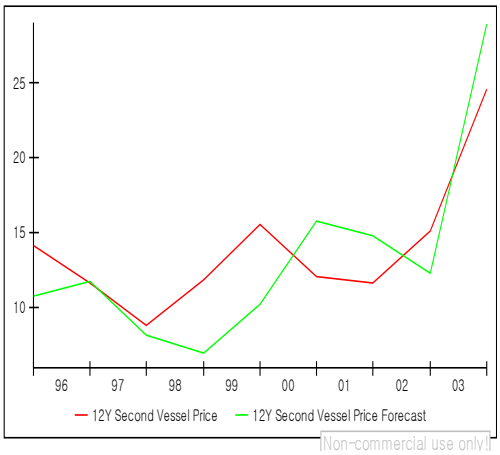
구분	구성변수	검증		주요 내용
		MAPEs:%	신뢰성:%	
발주잔량 모델	발주잔량 예측	9.70%	90.30%	a=constant, fr : Freight Rate, er : Exchange Rate, nb : Newbuilding Price, rb : Ribor(3M)
	모형	$Y=\int[a+(c_1fr/1000)+(c_2er/1000)+c_3gd+(c_4nb/1000)+c_5rb,p_0]$		
해상운임 모델	해상운임 예측	6.65%	93.35%	a=constant, gd=GDP accum, ds=demand/supply ratio
	모형	$Y=\int[a+c_1gd_{accum}+c_2ds_{ratio},p_0]$		
12Y 중고선가 모델	12년산 중고선가격 예측	10.19%	89.81%	a=constant, fr : Freight Rate Forecast, nb : Newbuilding Price of=Orderbook/Fleet Ratio
	모형	$Y=\int[a+c_1fr_{forecast}+c_2nb+c_3of_{ratio},p_0]$		

23) GDP Rate: OECD Long Term GDP Forecast , Exchange Rate: National Assembly Budget Office, Long Term Exchange Rate Forecast(KW/USD)

Collection @ kmou



선박 발주잔량 예측 모델



중고선 가격 예측 모델

[그림 18] 중고선가 예측 변수별 시뮬레이션 결과

위와 같은 금리, 환율과 경제지표뿐만 아니라, 운임시장에 영향을 미치는 수급지표와 선박의 발주량 변화에 영향을 미치는 공급 지표들을 인과적 관계에 따라 활용하여 Dynamic 중고선 가격을 예측한 값을 Income Model의 중고선 매각 수입항목에 반영하여 수입 추정의 현실성을 제고시켰다.

4.4.3. 비용부문 모델

선박 도입 후 직접 운항을 통해 지출되는 비용은 운항비용과 고정비용으로 구분된다. 운항비용의 경우 선박의 직접 운영을 통해 지출되는 비용으로 연료비용과 화물비, 항비, 기타비용 등이 이에 해당된다. 고정비용은 선박 자체의 존재로 인해 고정적으로 지출되는 비용으로 선원비, 선박관리비, 보험료, 드라이도크 비용이 이에 해당된다.

본 연구에서는 선박 투자 재무적 타당성 분석을 위해 <표 31>와 같은 투입변수를 활용하여 [그림 19]와 같은 시뮬레이션 모델을 구축하여 [그림 20]과 같은 시뮬레이션 결과를 도출했다. 비용모델의 세부 구분으로는 운항비용과 고정비용이 있으며, 이들 값의 변화에 영향을 미치는 각 구성변수를 투입하여 비용 변수가 결정되도록 정의하였다. 이때 운항비용의 가장 큰 영향을 미치는 연료비용에 관한 결정변수의 경우 다이내믹 모델링을 추가하여 해운시장과 경제시장, 금융시장 등 연료유비용 결정에

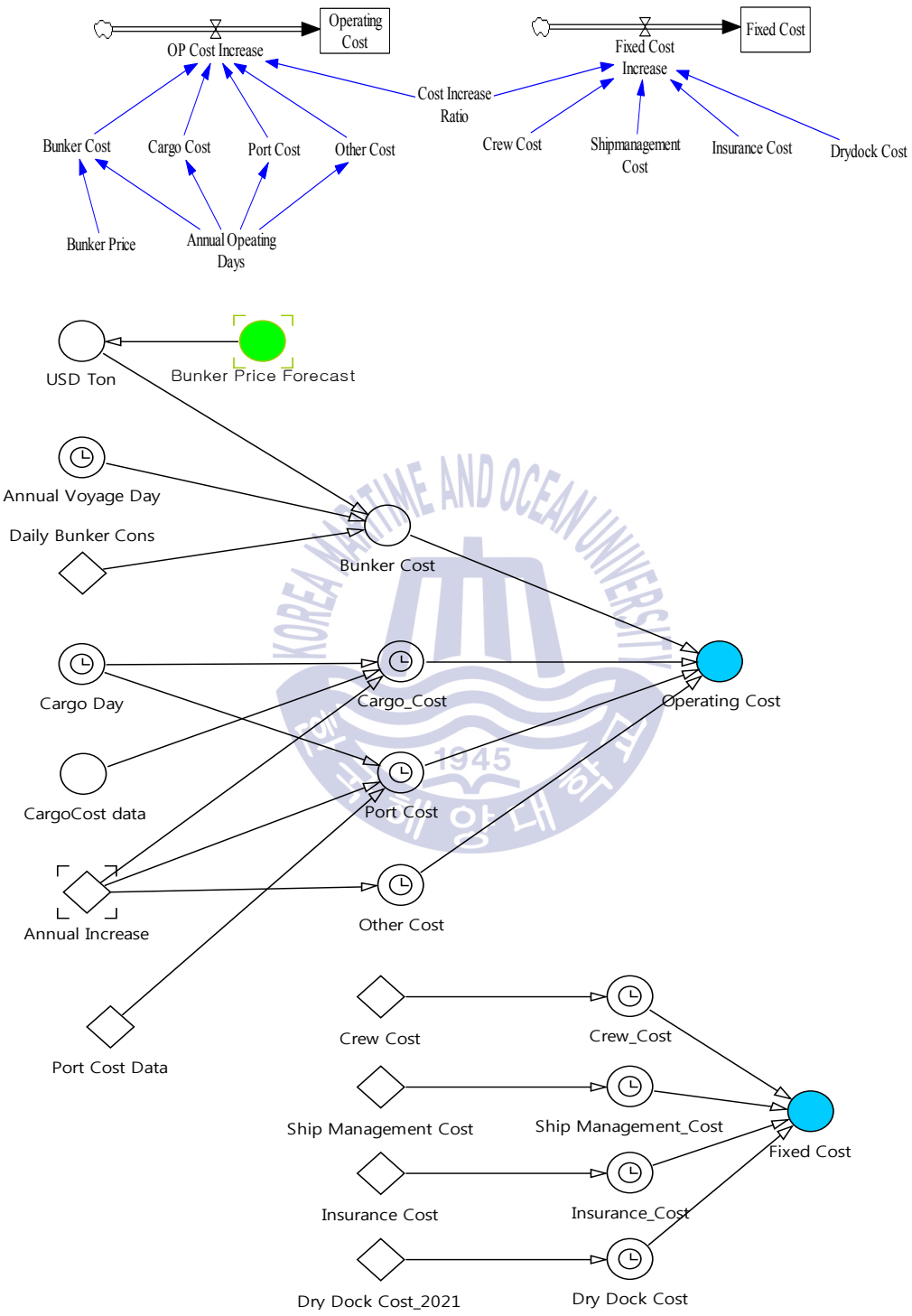
Collection @ kmou

영향을 미치는 다양한 변수들간의 동태적 인과관계를 바탕으로 세부 모델링을 추가 구축하여 연료유비용 추정의 객관성을 높여 수입 추정의 현실성을 제고시켰다.

<표 31> 비용부문 모델 투입변수

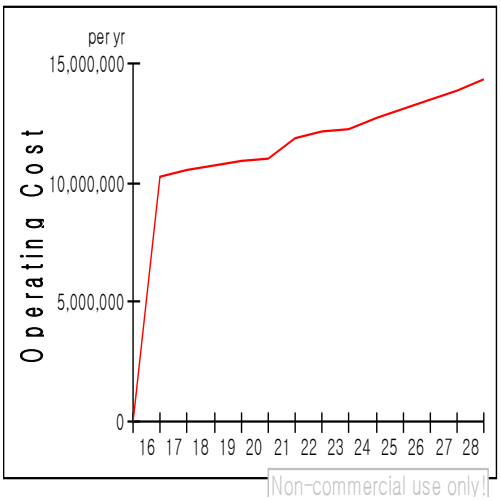
구분	투입변수		비고
	결정변수	구성변수	
운항비용 모델	연료유비용	톤당 연료유가격	USD/Ton
	화물비용	연간 화물처리비용	USD/Year
	항만비용	연간 항만비용	USD/Year
	기타비용	기타 운항비용	USD/Year
고정비용 모델	선원비용	연간 선원비용	USD/Year
	선박관리비용	연간 선박관리비용	USD/Year
	보험비용	연간 보험비용	USD/Year
	드라이도크비용	드라이도크 비용	USD per 5Y
시간모델	비용발생기간	선박운항기간	Year
		연간 항해일수	Day/Year
	연간비용변화	비용증가율	%/Year
비용모델	비용합계	운항비용/고정비용	USD

Collection @ kmou



[그림 19] 비용부문 시스템다이내믹스 모델(SFD)

Collection @ kmou



Non-commercial use only!

Time	Operating Cost (per yr)
2016년 1월 1	0.00
2017년 1월 1	10,299,396.52
2018년 1월 1	10,536,517.07
2019년 1월 1	10,730,874.09
2020년 1월 1	10,965,183.28
2021년 1월 1	11,064,898.52
2022년 1월 1	11,901,983.66
2023년 1월 1	12,147,456.02
2024년 1월 1	12,254,759.67
2025년 1월 1	12,724,894.77
2026년 1월 1	13,105,667.01
2027년 1월 1	13,551,562.78
2028년 1월 1	13,896,941.54
2029년 1월 1	14,367,172.48

[그림 20] 비용 부문 모델 시뮬레이션 결과

3-1. 연료유 가격 예측 시스템다이내믹스 모델

연료유 비용은 운항원가의 30% 가량을 차지하는 등 그 중요도가 높으므로 선박 도입에 따른 비용 계산을 위해 가장 객관적인 추정이 필요한 부분이다. 따라서 연료유 가격에 대한 정확한 추정은 선박 투자에 따른 사업 타당성을 판단하는 중요한 요인이 될 수 있다. 연료유 가격은 원유 생산량과 소비량의 비율 및 원유가격과 해상운임의 관계에 따라 결정된다. 원유가격은 원유 생산과 소비간의 관계에 따라 결정되며, 원유 가격이 높을수록 상대적으로 정제유에 대한 생산 수요가 낮아지므로 연료유의 생산이 둔화되어 연료유 가격의 상승을 유발할 수 있다. 또한 경제성장률과 환율과 같은 대외 변수 역시 원유 생산에 영향을 미치므로 이들을 통한 모델 구성이 가능하다. 해상운임의 경우 운임이 높아 선주들의 수익성이 높아질수록 선박의 속도가 상승하고 연료유에 대한 소비가 증진되어 연료유 가격 인상을 유발시킬 수 있으므로 연료유 가격 결정에 중요한 영향을 미친다. 운임 시장의 경우 화물 수요와 공급간의 비율이 가장 결정적인 영향을 미치기 때문에 이들을 통한 모델 구성이 가능하다. 연료유 가격 예측 모델은 <표 32~34>의 투입변수를 활용하여 [그림 21]와 같이 구성하였다.

Collection @ kmou

〈표 32〉 연료유 가격 모델 투입변수

구분	투입변수		비고
	결정변수	구성변수	
유가 모델	원유 가격 변수	원유 생산량	M bpd
		원유 소비량	M ton
		유가	USD/bbl
	경제변수	GDP 경제성장률	%
		환율	KW/USD
해상운임 모델	수요/공급 비율	화물수요	M.Ton
		선박공급	,000TEU
		수요/공급 비율	%
		컨테이너선 운임	CCFI
연료유 가격 모델	연료유 가격	싱가폴 연료유가격	USD/Ton

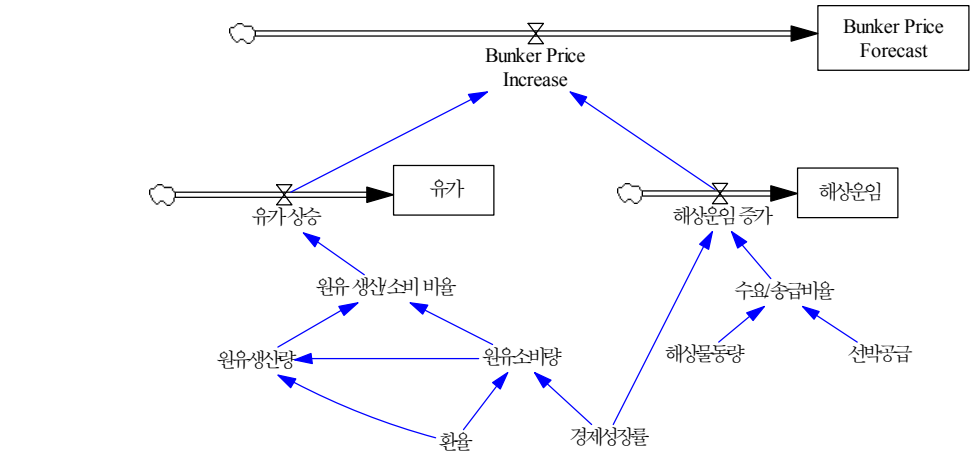
〈표 33〉 연료유 가격 예측 시뮬레이션 모델 구축을 위한 시간적 개념변수

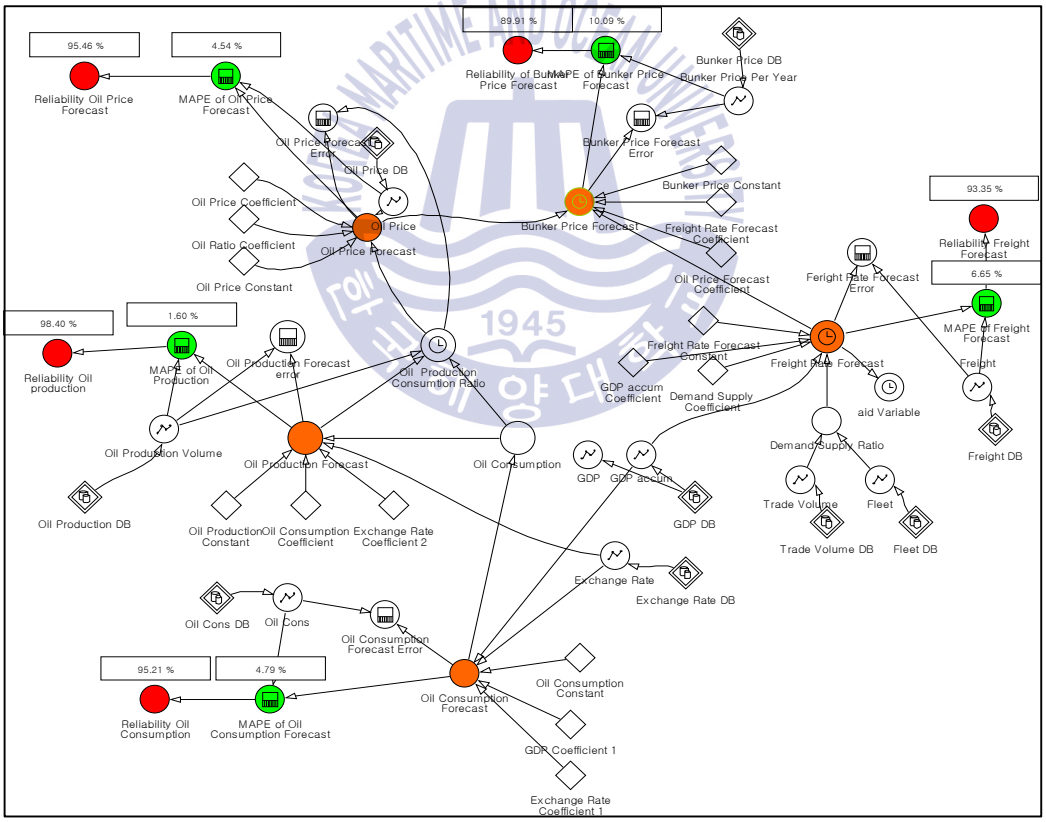
변수	개 념	단 위
Time	연료유 가격 예측 위한 기본 시간단위	연(Year)
Initial Time	연료유 가격 예측의 시작 시점	Initial Time = 1990
Final Time	연료유 가격 예측의 종료 시점	Finished Time = 2029
Period	시뮬레이션 수행 단위	Period = 1년(1Year)

〈표 34〉 연료유 가격 예측을 위한 변수 구분

변수	개 념
목적변수	연료유 가격
정책변수	유가, 해상운임
환경변수	원유생산량, 원유소비량, 경제성장률, 환율, 화물수요, 선박공급

Collection @ kmou





[그림 21] 연료유 가격 예측 시스템다이내믹스 모델(SFD)

Collection @ kmou

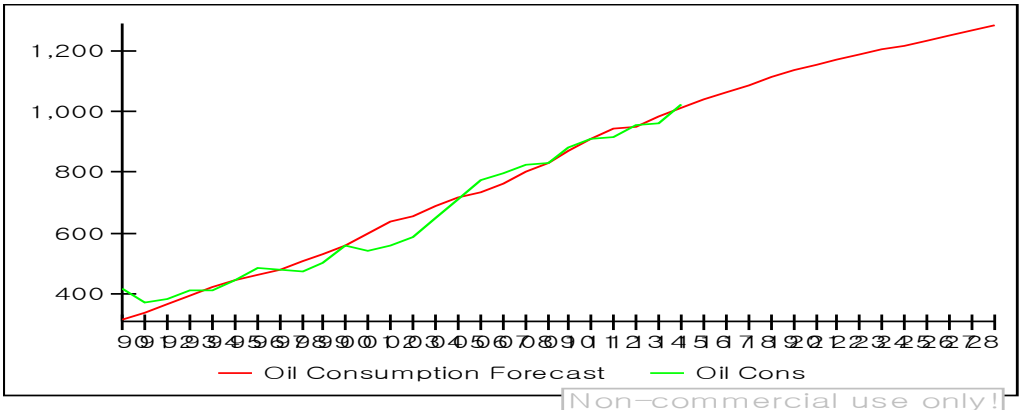
연료유가격의 예측을 위해 GDP성장률과 환율에 관한 2029년까지의 장기 예측 자료[24]를 바탕으로 원유 생산량과, 소비량, 그리고 유가를 예측했다. 마찬가지로 해상운임의 예측을 위해서는 클락슨에서 발표한 장기 수요와 공급시장 전망 자료를 사용하여 장기 수급비율 예측을 통해 해상운임을 전망하였다. 분석 결과 원유 소비량과, 원유 생산량, 유가와 해상운임 모두 MAPEs가 5% 이내로 정확한 예측값을 나타냈으며, 예측값의 신뢰성 역시 90% 이상의 높은 값을 나타냈다. 이를 통해 최종적으로 도출하고자 하는 연료유 가격 예측값의 경우 보조 변수에 비해 높은 10% 수준의 MAPEs값을 나타냈지만 성격이 다른 두 집단인 해상운임과 유가를 통해 예측한 결과임을 감안한다면, 비교적 정확성을 확보한 수준의 예측오차에 해당되는 것으로 분석된다. 신뢰성 역시 90% 수준에 육박하며 <표 35>와 [그림 22]와 같은 비교적 정확한 예측 값을 도출해 낸 것으로 평가된다.

<표 35> 연료유 가격 예측 시스템다이내믹스 예측 결과

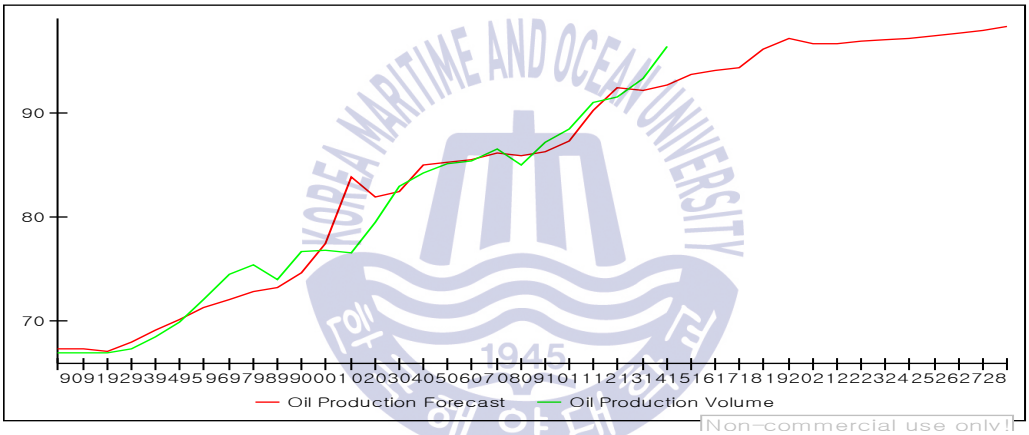
구분	구성변수	검증		주요 내용
		MAPEs:%	신뢰성:%	
유가 모델	원유소비량 예측	4.79%	95.21%	a=constant, er=Exchange Rate, gd=GDP accum
	모형	$Y=\int[a+c_1er+c_2gd_{accum},p_0]$		
	원유생산량 예측	1.60%	98.40%	a=constant, oc=Oil Consumption, er=Exchange Rate
	모형	$Y=\int[a+c_1oc+c_2er,p_0]$		
	유가 예측	4.54%	95.46%	a=constant, oc=Oil Consumption, Op=Oil Production
	모형	$Y=\int[a+oc_{forecast}+op_{forecast},p_0]$		
해상 운임 모델	해상운임 예측	6.65%	93.35%	a=constant, gd=GDP accum, ds=demand/supply ratio
	모형	$Y=\int[a+c_1gd_{accum}+c_2ds_{ratio},p_0]$		
연료유 가격 모델	연료유 가격예측	10.01%	89.91%	a=constant, op=Oil Production, fr=Freight Rate
	모형	$Y=\int[a+c_1op_{forecast}+c_2fr_{forecast},p_0]$		

24) GDP Rate: OECD Long Term GDP Forecast , Exchange Rate: National Assembly Budget Office, Long Term Exchange Rate Forecast(KW/USD)

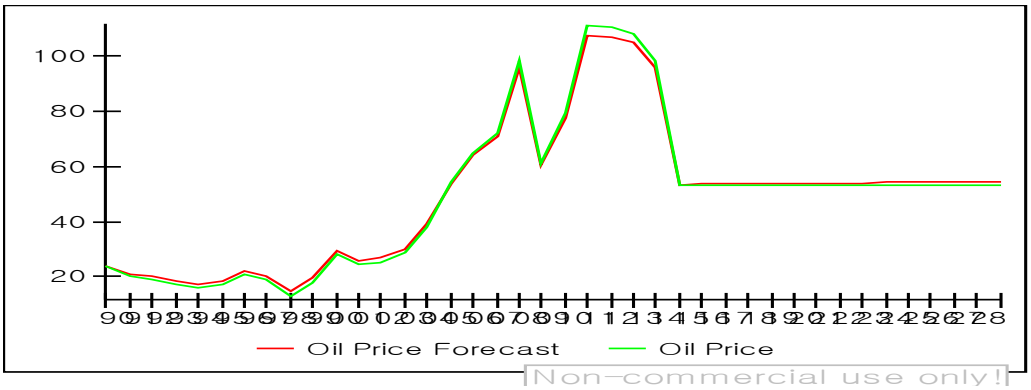
Collection @ kmou



[원유 소비량 예측모델]

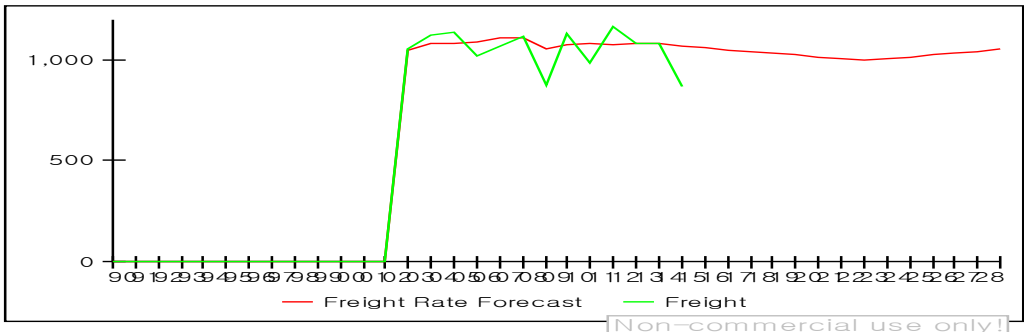


[원유 생산량 예측모델]

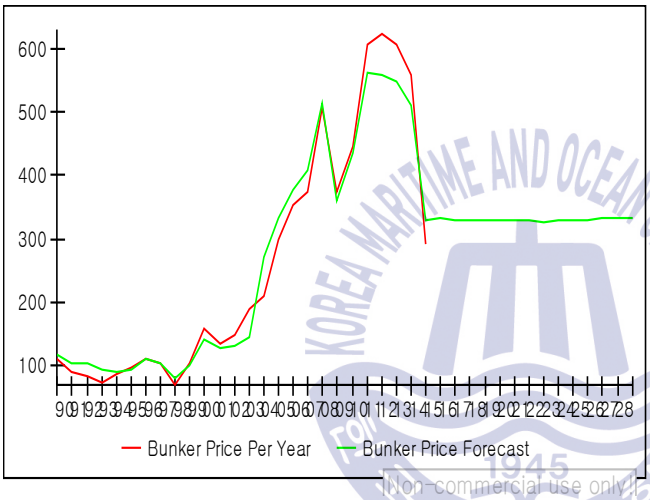


[유가 예측모델]

dCollection @ kmou



[해상운임 예측모델]



Date	Bunker Price
2017	330.06
2018	329.62
2019	328.98
2020	328.40
2021	328.03
2022	327.59
2023	327.15
2024	328.07
2025	328.99
2026	329.93
2027	330.89
2028	331.86
2029	332.85
Average.	329.42

[연료유 가격 예측 모델]

[그림 22] 각 변수 별 예측 결과

과거 시계열 데이터와의 정확도 검증방법 이외에 SD 기반 미래 예측값과 기존 분석기관들이 전망한 예측치와 비교·분석한 결과 <표 36>와 같은 결과를 도출하였다.

먼저 본 연구 결과인 SD 유가 전망치의 경우 2016년~2029년 동안 USD53~56/Ton 수준 내에서 큰 변동 없이 현재 가격 대비 소폭 상향 수준을 유지하는 것으로 전망되었다. 반면, World Bank 유가 전망치의 경우 2016년 이후 매년 7~10% 가까운 급등세를 보일 것으로 예상되었다. IMF의 경우 World Bank에 비해서는 증가폭이 낮지만 2016년 이후 5년간 약 USD10/Ton 가량의 완만한 가격 상승세를 보일 것으로 전망하고 있다. 이렇듯 유가 전망 가격이 대부분 상이한 예측치를 나타냈지만 모든

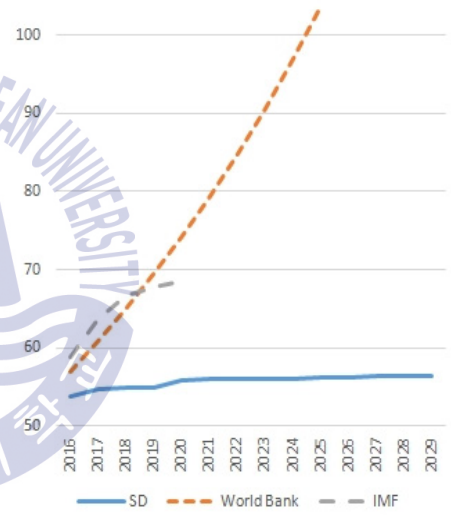
Collection @ kmou

예측 결과 현 수준에서 하락하지는 않을 것이라는 동일한 결과값이 도출되며 가격 예측의 방향성 측면에서는 모두 동일한 패턴을 보이는 것으로 나타났다.

이렇듯 SD를 활용한 예측결과가 글로벌 전문기관들의 예측치와 유사한 추세를 보이고 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 본 연구의 예측을 위해 투입된 변수의 종류와 표본의 한계점으로 인해 예측결과의 변동성이 다른 기관의 예측치와 대비하여 낮게 나타난 것으로 조사됐다.

<표 36> SD예측값과 전망기관 예측치 비교

구 분	SD예측값	World Bank	IMF
2016	53.72	56.90	58.80
2017	54.79	60.80	63.70
2018	54.87	65.00	66.60
2019	54.99	69.40	67.80
2020	55.93	74.10	68.50
2021	56.01	79.20	
2022	56.07	84.60	
2023	56.12	90.40	
2024	56.12	96.70	
2025	56.22	103.40	
2026	56.27		
2027	56.32		
2028	56.37		
2029	56.41		
Average.	55.73	78.05	65.08



위와 같은 거시경제, 해운시장, 원유시장과 같은 연료유 가격 결정에 영향을 미치는 다양한 변수들을 이용하여 동태적 연료유 가격을 예측한 값을 비용 모델의 연료유 비용항목에 반영하여 비용 추정의 현실성을 제고시켰다.

Collection @ kmou

4.4.4. 금융비용 모델

선박 투자에 대한 금융비용은 크게 자기자본과 금융상환비용, 기타비용으로 구분된다. 본 실증분석 사례의 경우 선사가 선박을 발주할 당시 금융권 차입을 통해 조선소에 선박대금을 납부하면서 초기 투자비용이 발생하는 경우에 해당되지만, 실질적으로 금융권 조달금액의 경우 월불 형태로 구매하는 것과 같기 때문에 원금상환을 현금지출로 인식하여 모델을 구축하였다. 본 연구의 자기자본은 선박 투자비용의 25% 수준이며 선박을 발주한 선사가 직접 부담한다. 타인자본은 선박금융을 통해 조달한 금액으로 선순위가 전체 조달금액의 65%이며, 후순위가 전체 조달금액의 10%를 차지하고 있다. 선박 투자 후 금융상환 비용은 원리금이 있다. 원리금의 경우 선순위와 후순위로 구분되며 모두 12년의 원리금 균등상환조건으로 지급된다. 선박이 발주된 시점은 2015년 이지만 본격적인 선박 조달금액에 대한 금융 상환은 2016년부터로 약 1년여의 시간지연이 발생하게 된다. 이밖에도 기타 금융비용으로는 선박금융에 대한 보증이 참여함으로써 발생되는 보증료와 일반 지급 수수료 부분으로 모두 1회 지급으로 상환이 완료되는 구조이다.

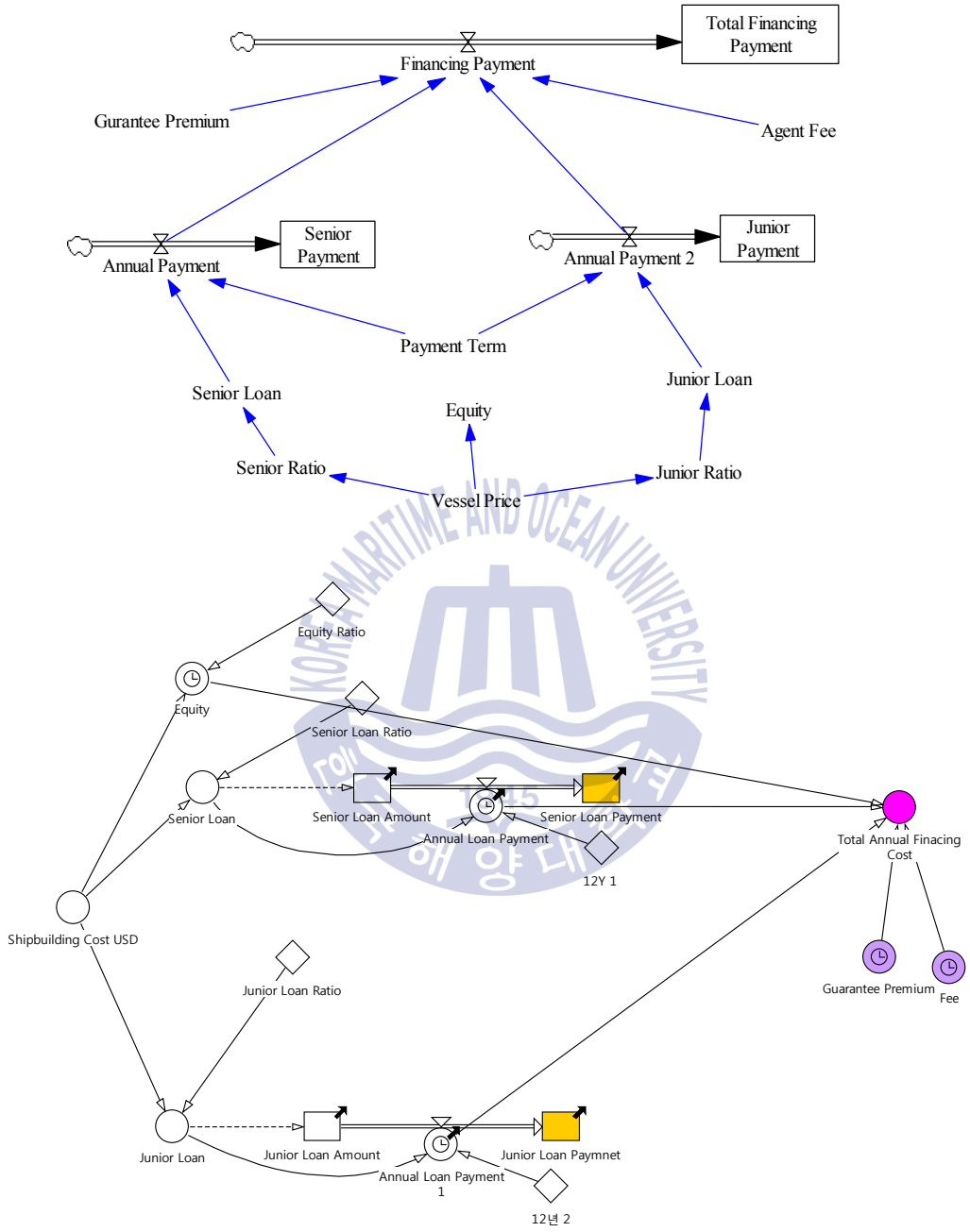
본 연구에서는 금융비용에 대한 모델 구축을 위해 <표 37>와 [그림 23]과 같은 투입변수를 활용한 모델을 구축하여 [그림 24]와 같은 시뮬레이션 결과를 도출하였다. 금융비용 모델의 세부 구분으로는 자기자본과 원리금 상환비용, 기타비용이 있으며, 이들 값의 변화에 영향을 미치는 각 구성변수를 투입하여 비용 변수가 결정되도록 정의하였다. 이때 할인율 결정에 영향을 미치는 무위험이자율 적용변수인 5년만기 국고채 금리의 경우 ARIMA 분석을 통한 동태적 예측방법을 추가하여 할인율을 재산정하여 미래 가치의 현재 가치 추정에 대한 객관성을 높이고 금융비용 추정의 정확성을 제고시켰다.

Collection @ kmou

〈표 37〉 금융비용 모델 투입변수

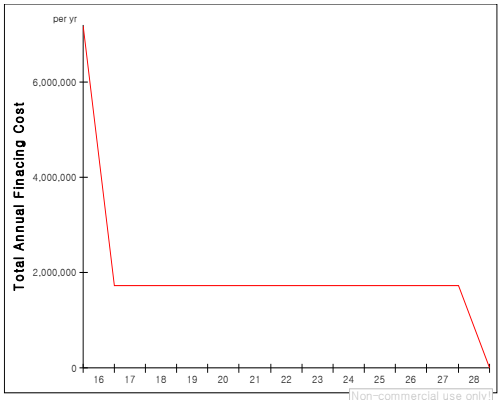
구분	투입변수		비고
	결정변수	구성변수	
자기자본모델	자기자본비용	선박발주금액	USD
		자기자본비율	%
원금상환모델	선순위비용	선순위 조달비율	%
		선순위 원금비용	USD
		연도별 원금상환비용	USD
		상환기간	Year
	후순위비용	후순위 조달비율	%
		후순위 원금비용	USD
		연도별 원금상환비용	USD
		상환기간	Year
기타비용모델	보증비용	후순위 보증료	USD
	기타비용	지급 수수료	USD
금융비용모델	금융비용 합계	자기자본/원금상환/기타비용 모델	USD

Collection @ kmou



[그림 23] 금융 비용 부문 시뮬레이션 모델(SFD)

Collection @ kmou



Time	Total Annual Finacing Cost (per yr)
2016년 1월 1	7,174,440.00
2017년 1월 1	1,725,000.00
2018년 1월 1	1,725,000.00
2019년 1월 1	1,725,000.00
2020년 1월 1	1,725,000.00
2021년 1월 1	1,725,000.00
2022년 1월 1	1,725,000.00
2023년 1월 1	1,725,000.00
2024년 1월 1	1,725,000.00
2025년 1월 1	1,725,000.00
2026년 1월 1	1,725,000.00
2027년 1월 1	1,725,000.00
2028년 1월 1	1,725,000.00
2029년 1월 1	0.00

[Non-commercial use only!]

[그림 24] 금융비용 모델 시뮬레이션 결과

4-1. ARIMA 분석을 활용한 Dynamic 할인율 평가 모델

박정식(2015)은 순현재가치 평가방식의 장점 가운데 하나로 투자안 평가에 사용되는 할인율을 기간에 따라 차등적으로 적용하여 투자가치 산정의 객관성을 재고시킬 수 있다고 설명했다. 일반적으로 할인율은 시장의 이자율 변동에 따라 달라지며, 무위험 이자율과 시장위험 프리미엄 그리고 타인자본금리 등 3대 요인을 중심으로 산정된다. 이때 시장위험 프리미엄의 경우 대부분 해당 산업 자체적으로 형성중인 시장 위험성에 대한 기대 가치이며, 산업 리스크가 크면 클수록 높게 책정될 수 있다. 타인자본금리의 경우 자금 조달 과정에서 타인자본의 활용으로 인해 발생하게 되는 기대 투자수익률을 의미하며, 일반적으로 시중은행의 금리에 비해 높은 수준을 보이고 있다. 마지막으로 무위험 이자율의 경우 신규 투자로 인해 발생되는 화폐가치의 변화에 따른 기대 수익률로서 투자에 따른 위험이 전혀 내포되지 않기 때문에 대부분 국고채 수익률을 활용하여 산정하고 있다.

따라서 사업투자기간 동안의 무위험 이자율 변화를 예측하여 할인율 산정에 반영한다면 보다 정확한 투자 사업에 대한 가치를 측정할 수 있게 될 것이다. 이를 위해 시계열분석을 통한 미래예측 기법인 ARIMA를 활용하여 2029년까지의 무위험이자율을 예측해보았다. 본 실증분석에서는 5년만기 국고채 수익률을 무위험 이자율로 활용하였기 때문에 이에 대한 예측분석을 수행하였다.

Collection @ kmou

무위험이자율 예측에 ARIMA분석을 사용한 이유는 국고채 수익률의 결정과정이 일반적인 물가나 경제여건, 환율 등 변수들 간의 인과관계뿐만 아니라 정부의 정책과 대외환경 등 인과관계로 설명할 수 없는 부분들이 반영되어 결정되기 때문에 시계열 자료들 간의 계열 상관을 이용하여 동태적인 관계를 분석하는 것이 유용하기 때문이다.

김진호(1996)는 3년만기 회사채 수익률을 예측하는 기법 가운데 ARIMA분석의 우수성을 입증하였다. ARIMA 모형은 시계열의 장기적 기억 특성에 대해 보다 융통성 있는 접근이 가능하여 기존 시계열 데이터를 바탕으로 미래를 예측하는 기법인 Engle 또는 Dickey-Fuller 분석기법보다 우수한 예측결과를 나타냈다고 설명했다.

박준경·이호창(1985)는 시계열 분석에는 자료간의 인과관계나 시차분포형태에 대한 사전적인 제약이 최소화된 모형이 추정된다고 설명했다. 따라서 장기 시계열 자료를 기반으로 추세(Trend), 계절성(Seasonality), 순환(Cycle)등을 파악해 예측 모델을 정확도를 높이고 이를 기반으로 미래 금리를 예측하는 과정을 통해 결론을 도출하였다. 또한 시계열분석은 데이터가 안정성을 확보해야 허위상관성을 추정하지 않을 수 있고 오차의 분산이 무한으로 팽창하지 않을 수 있기 때문에 분석대상 시계열의 안정성을 확보해야 한다. 이를 위해 E-Views 9의 ADF 검정법(Augmented Dickey-Fuller)을 사용하여 시계열 데이터에 대한 단위근 검정을 통해 <표 38>과 같은 데이터의 안정성을 파악하였다.

<표 38> 단위근 검정 결과

ADF Test Statistic		T-Statistic	유의수준(Prob*)
		-0.488784	0.8862
Test Critical Value	1% Level	-3.533204	
	5% Level	-2.906210	
	10% Level	-2.590628	

단위근 검정결과 데이터의 유의수준을 감안하면 데이터 시계열의 정상성이 확보되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 이를 보정하기 위해 로그차분(log difference)로 데이터를 변환하여 단위근 검정을 재 실시하여 <표 39>과 같은 결과를 도출하였다.

Collection @ kmou

〈표 39〉 로그차분(log difference) 후 단위근 재검정 결과

ADF Test Statistic		T-Statistic	유의수준(Prob*)
		-8.753525	0.0000
Test Critical Value	1% Level	-3.534868	
	5% Level	-2.906923	
	10% Level	-2.591006	

단위근 검정 재 실시 결과 유의수준이 0.0000으로 단위근이 없으므로 안정적인 시계열 데이터를 확보하였으며, 이를 바탕으로 ARIMA 분석을 실시하였다.

ARIMA 모형 수식 $\Phi(L)(1-L)^d x_t = \theta(L)a_t$

Zhang(2003)은 ARIMA모형이 갖는 장점에 대해 예측의 신뢰구간 설정이 가능하며, 시계열 분석이 갖는 변동성의 한계를 극복하는 유용한 방법론이며, 단기예측에 특히 정확도가 높다고 평가했다. 반면 단점으로는 정확한 예측을 위해서는 상대적으로 많은 데이터가 필요하다고 설명했다. ARIMA 분석의 정확도를 높이기 위해서는 시계열 데이터들이 안정성을 나타내야 한다. 시계열 자료의 안정성을 판단하기 위해서는 평균과 분산이 시간의 흐름에 따라 체계적으로 변화하지 않아야 하며, 계절성은 이러한 허구적 회귀모형을 만드는 요인으로 작용한다.

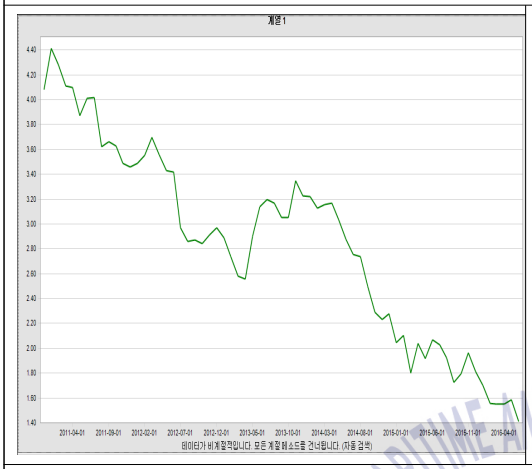
한 시계열 변수를 다른 시계열 변수에 회귀할 때 두 변수간의 의미 있는 관계가 없음에도 불구하고 계절성에 따른 공통적인 추세로 인해 상관관계가 높게 나타날 수 있다. 따라서 확률과정의 평균과 분산이 해당기간동안 일정하고 두 시점간의 공분산 값이 공분산이 계산되는 실제시간에 의존하는 것이 아니라 두 시점간의 거리 혹은 시차에만 의존한다면 확률과정은 안정적이라 할 수 있다.

본 연구의 경우 2029년까지의 국고채 수익률 예측으로 상대적으로 장기간의 예측이 필요한 상황이지만, 2010년부터 2016년까지의 월단위의 장기 시계열 데이터를 확보하여 예측의 정확도를 높였다. ARIMA분석을 위해서는 Oracle Crystall Ball 통계 프로그램이 사용되었으며, 이를 통해 <표 40>와 같은 국고채 수익률 예측결과를 도출했다.

Collection @ kmou

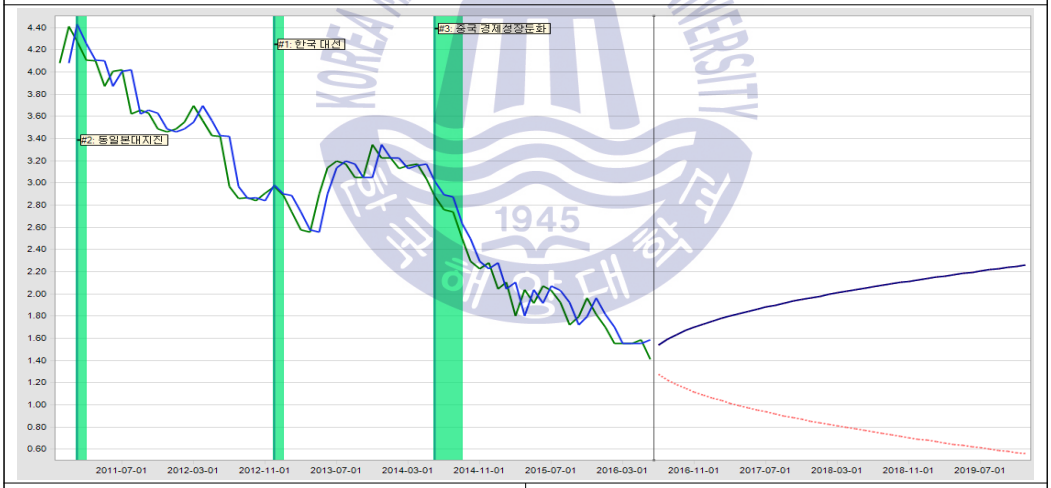
<표 40> ARIMA를 활용한 국고채 수익률 예측결과

계절성 점검



통계	데이터
표본수	67
최소	1.41
평균	2.85
최대	4.41
표준편차	0.79
계절성	비계절
통계	**자기상관관계**
Ljung-Box	323.14
강력한 시차	**계수**
시차1	0.8479
시차2	0.7167
시차3	0.5879

예측 결과



예측 정확도

통계	예측정확도
MAPEs	4.16%
R^2	99.8%
Durbin-Watson	1.86

ARIMA모형 설명력

통계	ARIMA
변환람다	1.00
BIC	-3.72
AIC	-3.72

Collection @ kmou

동 분석에 사용된 총 데이터는 2010년부터 2016년 6월까지 월간기준 67개로 최소는 1.41%에서 최대 4.41%의 변화를 나타냈다. 통계분석 결과 동 모형은 시간의 변화에 따른 계절성을 나타내지 않았으며, 시계열 모형의 적합성을 나타내는 지표로서 Ljung-Box 통계값은 오차간의 자기상관성을 확인하기 위해 자기공분산함수와 분산함수간의 관계에 의해 결정되며 323.14으로 안정적인 모형임을 입증했다.

<표 41> 자기상관계수 수식

자기상관계수	자기공분산함수(C_h)	분산함수(C_0)
$R_h = C_h / C_0$	$C_h = \frac{1}{N}\sum_{t-1}^{N-h}(Y_t - \overline{Y})(Y_{t+h} - \overline{Y})$	$C_0 = \frac{\sum_{t=1}^{N}(Y_t - \overline{Y})^2}{N}$

또한 2010년 이후 국내 발생한 이벤트성 이슈에 대해 2011년 발생한 동일본 대지진과 2012년 국내 대선, 그리고 2014년부터 본격적으로 진행된 중국의 경기성장세 둔화와 같은 3대 이슈를 부여하여 예측의 정확도를 제고시켰다.

이와 같은 모형을 바탕으로 2029년까지의 예측이 수행되었으며, 평균 예측값은 1.99%로 기존 국고채 수익률 추정값인 1.41%보다 소폭 높은 수준을 기록했다. 예측의 정확도를 살펴보기 위해 MAPE(평균절대비율오차)와 R^2(상관계수), Theil's U(타일의불일치계수) 그리고 Durbin-Watson계수를 사용했으며 모두 수준 높은 예측력을 나타냈다.

MAPE의 경우 Lewis(1982)는 MAPE<10 이면 매우 정확한 예측, 10<MAPE<20 우수한 예측, 20<MAPE<50 합리적 예측, MAPE>50 부정확한 예측이라고 해석하였으며, 동 분석에서는 4.16%로 우수한 예측임을 입증하였다.

$$\text{MAPEs(Y)} = 100\% \text{ X } (\sum_{t=1}^{N} |e_1/y_1|)/N$$

실제 데이터와 예측치와의 설명력을 평가하는 R^2값의 경우 0.998로서 두 집단간의 상당한 일치성을 나타냈다. Durbin-Watson 계수 역시 1.86으로 잔차의 독립성이 보장되는 예측결과가 나타났다.

Collection @ kmou

모형의 상대적 품질을 평가하는 척도인 BIC와 AIC 역시 각각 -3.72과 -3.72로 낮은 수준을 보이면서 국고채 수익률 예측에 대한 모형이 상당한 적합성을 바탕으로 평가되었음이 입증되었다.

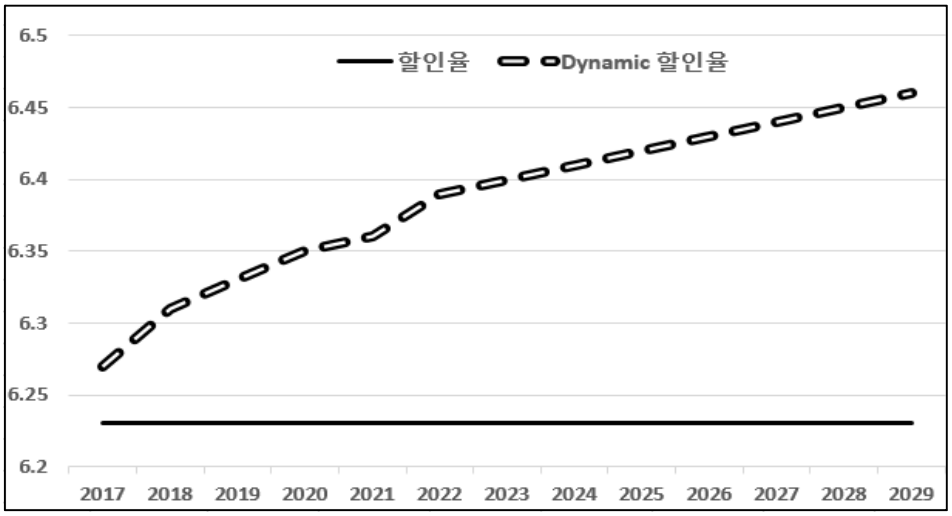
이상과 같은 무위험 이자율에 해당되는 국고채 수익률을 ARIMA 기법을 활용하여 예측한 결과는 <표 42>과 같다.

<표 42> ARIMA기법을 활용한 국고채 수익률 예측결과

구 분	국고채 수익률 예측값												
연도	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
수익률	1.59	1.72	1.81	1.88	1.94	1.99	2.04	2.09	2.13	2.17	2.21	2.25	2.27

따라서 연도별 무위험 이자율의 추정값의 변화로 인해 할인율 역시 동태적 변화를 발생하게 되어 기존 할인율 대비 [그림 25] 및 <표 43>와 같은 변화가 발생하게 되었다. 다이내믹 할인율의 추정으로 인해 미래 투자 가치가 보다 동태적 관점에 따라 현재 가치로 환산되기 때문에 선박 투자 사업성 평가의 현실성 및 객관성을 제고 시키는 긍정적인 영향을 효과를 발생시킨 것으로 분석된다.

[그림 25] Dynamic할인율과 일반 할인율 비교



Collection @ kmou

<표 43> 연도별 Dynamic 할인율

구 분	Dynamic 할인율												
연도	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
할인율	6.27	6.31	6.33	6.35	6.36	6.39	6.40	6.41	6.42	6.43	6.44	6.45	6.46
	기존 할인율												
할인율	6.23												

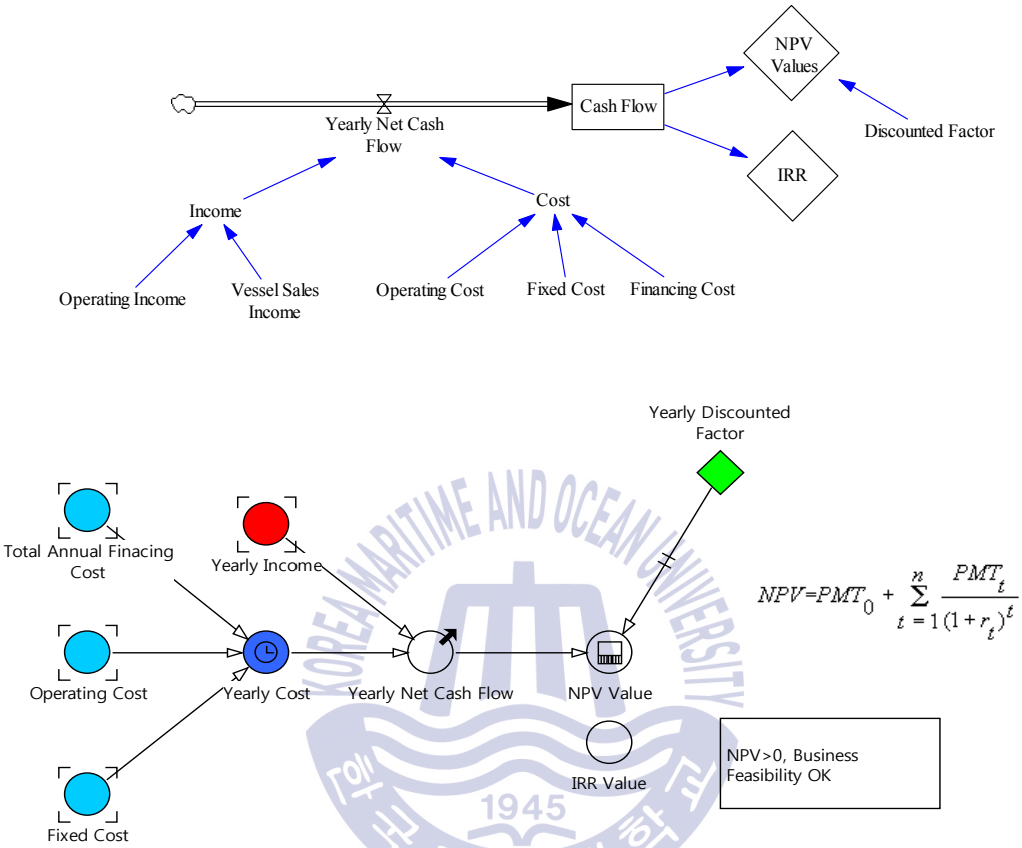
4.4.5. 사업성과 모델

선박 투자에 대한 사업성과는 12년간의 사업기간 동안 발생 가능한 수입과 비용 차액만큼의 수익이 현재가치로 환산할 경우 투자가치가 있는지 여부로 판단한다. 따라서 사업성과 모델은 Cashflow에 대한 현금흐름할인을 통해 도출되는 NPV(순현재가치)와 IRR(내부수익률)을 통해 결정된다. NPV와 IRR 모두 12년 동안의 연도별 수입합계와 비용합계를 통해 도출된 현금흐름의 총합을 적정한 할인율을 통해 할인하여 결정하였다. 이와 같은 과정을 통해 완성된 사업성과 모형 투입변수와 시뮬레이션 모델은 각각 <표 44>와 [그림 26]와 같으며, 이를 통한 시뮬레이션을 통해 <표 45>와 같은 결과를 도출했다.

<표 44> 사업성과 모델 투입변수

구분	투입변수		비고
	결정변수	구성변수	
수입모델	운항수입	연간 운항수입	USD
	매각수입	12Y 중고선 매각수입	USD
비용모델	비용합계	금융비용합계	USD
		운항비용합계	USD
		고정비용합계	USD
시간모델	수입/비용 발생기간	선박운항기간	Year
사업성과모델	NPV, IRR	순현재가치(NPV)	USD
		할인율	%
		내부수익률(IRR)	%

dCollection @ kmou

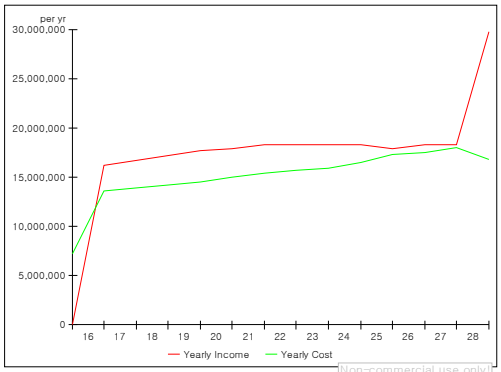


[그림 26] 사업성과 부문 시뮬레이션 모델(SFD)

Collection @ kmou

<표 45> 사업성과 부문 모델 시뮬레이션 결과

Income & Cost Model

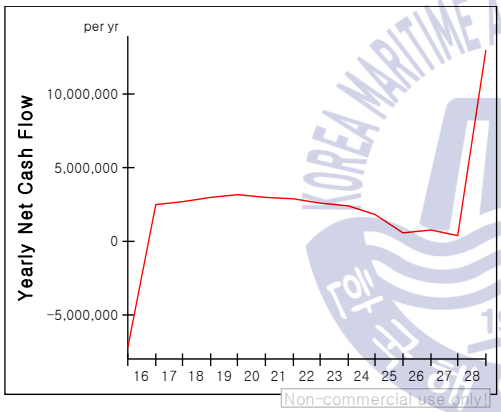


(per yr)

Time	Yearly Income	Yearly Cost
2016년 1월 1	0.00	7,174,440.00
2017년 1월 1	16,159,526.82	13,647,831.41
2018년 1월 1	16,671,104.14	13,949,673.02
2019년 1월 1	17,198,876.94	14,212,773.94
2020년 1월 1	17,743,357.94	14,519,484.78
2021년 1월 1	17,923,720.34	14,963,147.65
2022년 1월 1	18,305,076.09	15,384,265.44
2023년 1월 1	18,305,076.09	15,712,992.59
2024년 1월 1	18,305,076.09	15,907,526.54
2025년 1월 1	18,305,076.09	16,461,786.27
2026년 1월 1	17,923,720.34	17,326,542.91
2027년 1월 1	18,305,076.09	17,497,594.40
2028년 1월 1	18,305,076.09	17,956,341.66
2029년 1월 1	29,805,076.09	16,797,298.56

[Non-commercial use only!]

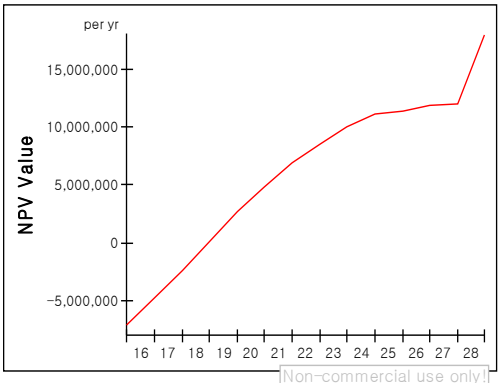
Cash Flow Model



Time	Yearly Net Cash Flow (per yr)
2016년 1월 1	-7,174,440.00
2017년 1월 1	2,511,695.40
2018년 1월 1	2,721,431.12
2019년 1월 1	2,986,103.01
2020년 1월 1	3,223,873.16
2021년 1월 1	2,960,572.69
2022년 1월 1	2,920,810.66
2023년 1월 1	2,592,083.50
2024년 1월 1	2,397,549.55
2025년 1월 1	1,843,289.83
2026년 1월 1	597,177.44
2027년 1월 1	807,481.69
2028년 1월 1	348,734.44
2029년 1월 1	13,007,777.53

[Non-commercial use only!]

NPV Model



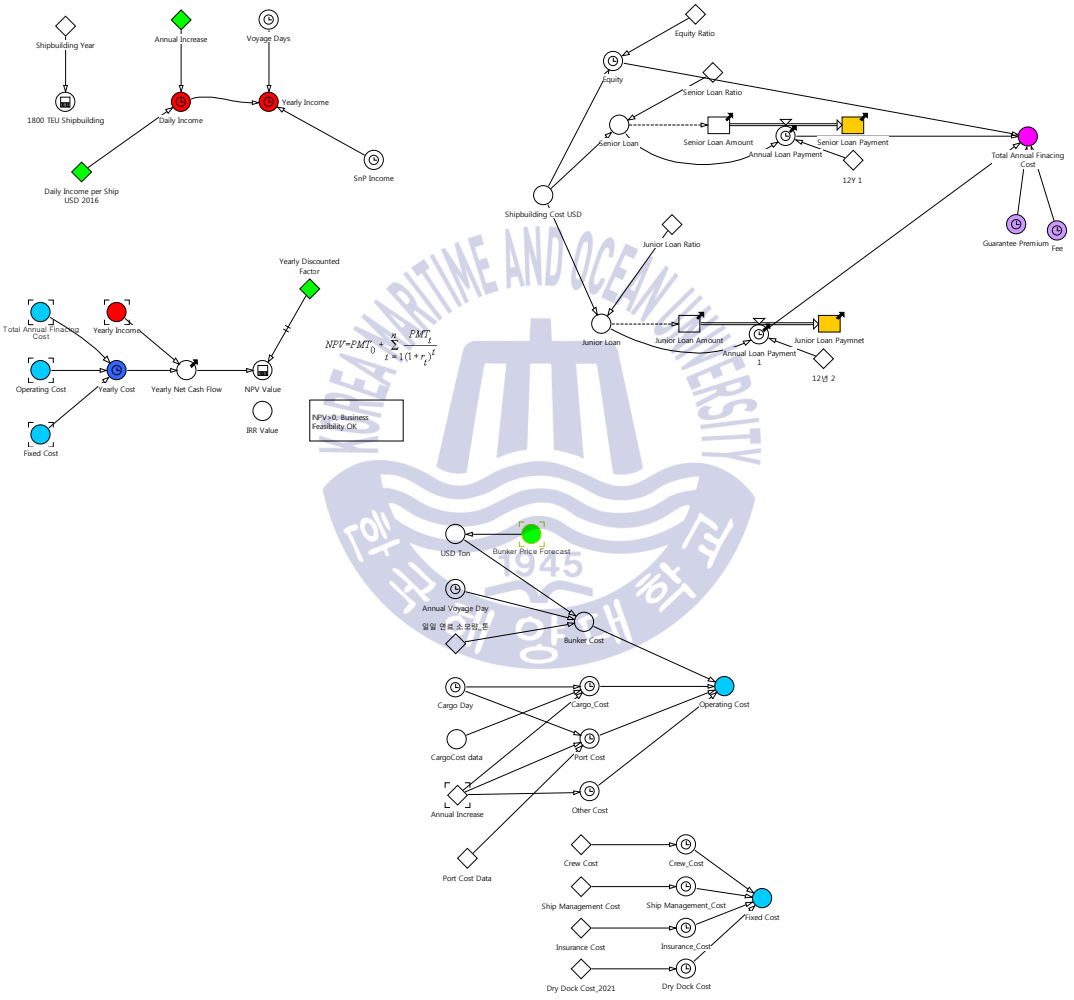
Time	NPV Value (per yr)
2016년 1월 1	-7,174,440.00
2017년 1월 1	-4,810,046.32
2018년 1월 1	-2,398,459.05
2019년 1월 1	92,480.80
2020년 1월 1	2,624,046.61
2021년 1월 1	4,812,512.70
2022년 1월 1	6,844,964.78
2023년 1월 1	8,542,890.63
2024년 1월 1	10,021,284.45
2025년 1월 1	11,091,248.03
2026년 1월 1	11,417,558.92
2027년 1월 1	11,832,908.42
2028년 1월 1	12,001,769.15
2029년 1월 1	17,930,882.34

[Non-commercial use only!]

dCollection @ kmou

4.4.6. 통합 시뮬레이션 모델

5개 부문별 시뮬레이션 모델과 주요 변수를 통합한 시뮬레이션 모델은 [그림 27]과 같으며, 모델의 수식은 부록에 별도로 설명하였다.



[그림 27] 통합 부문 시뮬레이션 모델(SFD)

Collection @ kmou

4.5 시뮬레이션 모델 검증

4.5.1. 시뮬레이션 모델 건전성 검증

각각의 시뮬레이션 모델에 투입된 변수들간의 관계를 정립하는데 사용된 수식과 단위 등이 오류 없이 건전성을 보이고 있는가에 대한 검증을 위해 Powersim에서 제공하는 기능을 활용하여 테스트를 수행했다. 시뮬레이션 모델들에 대한 수식검증과 단위검증 결과 283개의 투입 변수와 수익 모두 논리관계에 이상이 없다는 결론이 아래 [그림 28]과 같이 나타났다.

Name	Definition	Plural Name	Documentation	Note
%	0.01	%	Percent	System Unit
da	24hr	da	Day	System Time Unit
deg	(3.14159265358979323846/180)rad	deg	Degrees - Plane an...	System Unit
grad	(3.14159265358979323846/200)rad	grad	Gradians - Plane a...	System Unit
hr	60min	hr	Hour	System Time Unit
M bpd	ATOMIC	M bpd		
Mil	ATOMIC	Mil		
Mil Ton	ATOMIC	Mil Ton		
min	60s	min	Minute	System Time Unit
mo	30da	mo	Month	System Time Unit
MTon	ATOMIC	MTon		
period	__TIME	periods	Project Time Unit	System Time Unit
qtr	90da	qtr	Quarter	System Time Unit
rad	__RADIAN	rad	Radians - Plane an...	System Unit
s	__SECOND	s	Second	System Time Unit
Ton	ATOMIC	Ton		
USD	__CURRENCY("USD")	USD	US Dollars	
wk	7da	wk	Week	System Time Unit
WON-USD	ATOMIC	WON-USD		
yr	360da	yr	Year	System Time Unit

Collection @ kmou

Name	Dimensions	Unit	Definition
12Y 1			12
12Y Second Ve...			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, '12Y Second Vessel Pric...
12Y Second Ve...	1..20		XLDATA("F:/논문/SD 모델/./중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xl...
12Y Second Ve...			'2Freight Rate Coefficient'/10000*'Freight Rate Forecast 1' + 'NB Pr...
12년 2			12
1800 TEU Ship...			RUNMAX(IF(YEAR(STARTTIME)+'Shipbuilding Year'=YEAR(TIME), 1,...
2Freight Rate C...			4.225432252931
2OrderbookFle...			7.654859351529
2Secondhand ...			0
2Secondhand ...			0.01583911478443
aid Variable			IF(YEAR(TIME)>2009 AND 'Freight Rate Forecast'<1085,1, 0)*('Frei...
aid Variable 1			IF(YEAR(TIME)>2009 AND 'Freight Rate Forecast 1'<1085,1, 0)*('Fr...
Annual Increase		yr^-1	0.028/1<<yr>>
Annual Loan P...		yr^-1	IF(YEAR(TIME)=2016, 0, 1) * IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1) *'Senior L...
Annual Loan P...		yr^-1	IF(YEAR(TIME)=2016, 0, 1) * 'Junior Loan'/'12년 2'/1<<yr>>* IF(...
Annual Senior I...		yr^-1	IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1)*'Senior Loan Amount' * 'Senior Interes...
Annual Voyage...		yr^-1	IF(YEAR(TIME)>=2017, 1, 0) * IF(YEAR(TIME) = 2021 OR YEAR(TI...
Bunker Cost		yr^-1	('USD Ton' * 'Annual Voyage Day' * '일일 연료 소모량_톤')
Bunker MAPE		%	RUNSUM(ABS('Bunker 예측'-'Bunker Price')DIVZ0 'Bunker Price')/1...
Bunker Pr DB	1..162		XLDATA("I:/논문/SD 모델/./유가 운임.xlsx", "Sheet1", "R2C4:R163C...
Bunker Price			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Bunker Pr DB')
Bunker Price C...			16.69452410146
Bunker Price DB	1..26		XLDATA("F:/논문/SD 모델/./연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C2:R...
Bunker Price Fo...			IF(YEAR(TIME)<2004, 'Oil Price Forecast'*'Oil Price Forecast Coeffic...
Bunker Price Fo...			RUNSUM(ABS('Bunker Price Forecast'-'Bunker Price Per Year'))
Bunker Price Pe...			IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr...
Bunker Price 예...			RUNSUM(ABS('Bunker 예측'-'Bunker Price'))
Bunker 예측			유가+유가계수+운임+운임계수+벙커상수
Cargo Day		yr^-1	IF(YEAR(TIME)>=2017, 1, 0) * IF(YEAR(TIME) = 2021 OR YEAR(TI...

Name	Dimensions	Unit	Definition
Cargo_Cost		yr^-1	'Cargo Day'*IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'CargoCost data'*(1+NUMB...
CargoCost data			6618192
Crew Cost			982164
Crew_Cost			IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Crew Cost' *(1+NUMBER(0.023))^(YE...
Daily Income			IF(YEAR(TIME)>=2030, 0,1)* IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Daily Inc...
Daily Income p...			46618
Daily_Income			IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Daily Income per Ship USD 2016' * (1...
Demand Suppl...			67.26268117128
Demand Suppl...			67.26268117128
Demand Suppl...			'Trade Volume'DIVZ0 Fleet
Demand Suppl...			'Trade Volume1'DIVZ0 'Fleet 1'
Dry Dock Cost			IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *IF(YEAR(TIME)=2021, 'Dry Dock Cost_...
Dry Dock Cost_...			270000
Economy Grow...		%	2.8<<%>>
Equity		yr^-1	IF(YEAR(TIME)=2016 AND MONTH(TIME)=1,1, 0) *'Shipbuilding C...
Equity Ratio			0.25
Exchange Rate			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Exchange Rate DB')
Exchange Rate 1			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Exchange Rate DB 1')
Exchange Rate ...			3.817178655399
Exchange Rate ...			0.04877942849128
Exchange Rate ...			0.01116710239305
Exchange Rate ...	1..44		XLDATA("F:/2 - 선박투자/../논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 ...
Exchange Rate ...	1..44		XLDATA("F:/2 - 선박투자/../논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 ...
Fee			IF(YEAR(TIME)=2016 AND MONTH(TIME)=1,1, 0) *IF(YEAR(TIME)...
Feright Rate Fo...			RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast'-Freight))
Feright Rate Fo...			RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast 1'-'Freight 1'))
Fixed Cost			(Crew_Cost + 'Ship Management_Cost' + Insurance_Cost + 'Dry Do...
Fleet			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Fleet DB')
Fleet 1			GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Fleet DB 1')

[그림 28] 시뮬레이션 모델의 수식과 단위 검증 결과

Collection @ kmou

4.5.2. 서브 시뮬레이션 모델에 대한 객관성 검증

1,800TEU급 컨테이너 선박 도입에 대한 사업성과를 도출하기 위해 다양한 시뮬레이션 모델이 구축되었다. 이 가운데 수입모델과 비용모델, 금융모델에서 각각의 서브 시뮬레이션 모델로 구축된 연료유 가격과 중고선가 모델, 그리고 국고채 수익률 예측 모델의 경우 미래의 가격 예측에 대한 다이내믹 모델링이 적용되었다. 이들 세 가지 변수에 대한 예측의 정확도를 제고시키기 위해 과거 시계열 실제 자료와의 정합성을 측정하여 객관성을 검증할 필요가 있다. 이를 위해 연료유 가격의 경우 1990년부터 2015년까지 연도별 실제 시계열 자료와 모델링을 통해 도출된 분석 자료와의 데이터를 비교하였으며, 중고선 가격은 1996년부터 2016년까지 데이터를 비교했고, 국고채 수익률은 2010년부터 2016년까지의 시계열 데이터를 대상으로 비교했다. 비교방법으로는 MAPEs[25]을 사용하였으며, 모든 자생변수들의 MAPEs평균이 10% 이하일 경우 적합한 모델로 판정되며 이를 구하는 수식적 정의는 아래와 같다.

$$\text{MAPEs(Y)} = 100\% \times \left(\sum_{t=1}^{N} |e_1/y_1|\right)/N$$

검증결과 실제 자료와 예측자료와의 MAPEs값은 <표 46>와 같이 연료유 가격의 경우 10.01%, 중고선가의 경우 10.19%, 국고채 수익률은 4.16%의 오차수준을 나타냈다.

<표 46> MAPEs 검증결과

구분	검증기간	MAPEs(%)
연료유가격	1990년~2015년	10.01%
중고선가격	1996년~2015년	10.19%
국고채수익률	2010년~2016년	4.16%

또한 실제 자료와 예측자료간의 분산 비율을 검토하는 상관관계 분석을 수행하여 시뮬레이션 모델 결과값과 실제 자료와의 정합성을 검증하였다. 연료유 가격과 중고선 가격에 대한 검증결과 R^2값은 <표 47>와 같았으며, 모두 R^2값이 0.9이상의 높은

25) MAPEs(mean absolute percentage error) : 평균절대비율오차, 예측된 각 기간의 오차를 절대치로 나누어 퍼센트 계산한 후 모두 합산하여 기간으로 나눔

Collection @ kmou

정합성을 나타내는 것으로 검증되었다.

<표 47> 시뮬레이션 모델의 상관관계 분석 결과

구분		샘플수	평균	표준편차	결정계수(R^2)
연료유가격	실제자료	26	261.5	192.0	0.989
	시뮬레이션		259.1	178.4	
중고선가격	실제자료	20	13.82	5.669	0.916
	시뮬레이션		13.47	6.371	
국고채 수익률	실제자료	62	2.85	0.78	0.998
	시뮬레이션		2.88	0.77	

4.5.3. 시뮬레이션 모델 검증 결과

시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자의 재무적 타당성 분석의 객관성과 안정성을 평가하기 위해 위와 같은 방식을 사용하여 검증하였다.

먼저 시스템 모델의 건전성 검증을 위해 모델링 과정에서 사용된 수식과 단위에 대한 파워심 프로그램을 활용한 검증을 수행하였다. 검증 결과 모든 사용되어진 구성변수들의 수식과 단위가 모순이 없이 안정성을 보이고 있다는 것이 확인되었다.

다음으로 모델의 객관성을 검증하기 위해 동태적 분석기법에 의해 2029년까지 장기 전망치를 예측한 연료유가격과 중고선가격, 그리고 국고채 수익률 분석 모델에 대한 검증을 수행하였다. 이를 위해 실제 시계열 데이터와 분석을 통해 도출된 예측치와의 MAPEs를 비교하였으며, 결과값은 연료유 가격은 10.01%, 중고선가격 10.19%, 그리고 국고채 수익률의 경우 4.16%로 모두 10% 내외의 일치성을 확인했다. 또한 실제값과 예측값간의 상관성을 나타내는 R^2값을 확인해본 결과 모두 0.9이상의 높은 설명력을 나타냈다.

이러한 분석과정의 객관성과 안정성을 종합적으로 비교·분석한 결과 시뮬레이션 모델이 실제값을 잘 반영한 적합한 모델로 구축된 것으로 검증되었다.

Collection @ kmou

4.6 시스템다이내믹스를 활용한 선박투자 타당성 평가

4.6.1. 선박투자 재무적 타당성 분석 결과

시스템 다이내믹스를 활용하여 주요 변수별 동태적 분석기법을 활용하여 2016년부터 2029년까지의 장기 추정치를 재조정하여 재무적 타당성을 분석한 결과 <표 48>와 같은 결과값이 도출되었다.

<표 48> 시스템 다이내믹스를 활용한 재무적 타당성 평가 결과

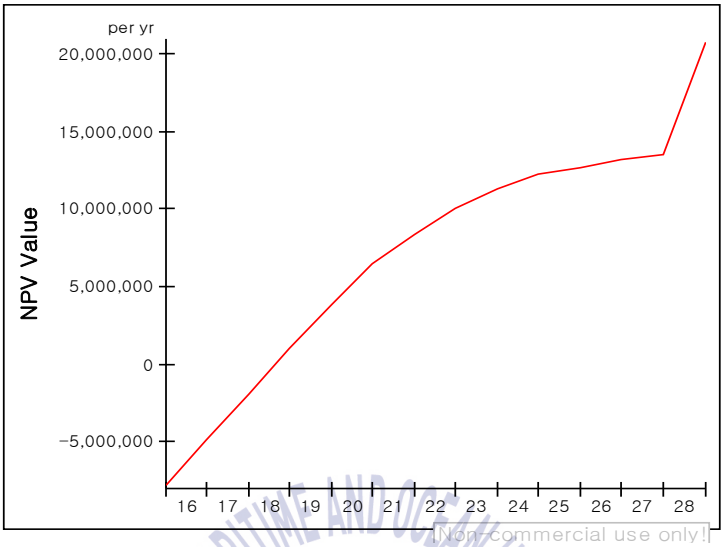
(단위: Mil USD)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
수입			16453092	16916579	17393043	17882848	18001235	18486368
비용		7807735	13712345	13979789	14205283	14470183	14874099	15574877
C.F		-7807735	2740747	2936789	3187760	3412664	3127136	2911491
NPV		-7349840	2428704	2449803	2503207	2522654	2176024	1907151
구분	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**합계**
수입	18486368	18486368	18486368	18101235	18486368	18486368	29986368	245652613
비용	15854932	15996981	16504291	17312442	17406690	17791301	16555416	212046370
C.F	2631436	2489386	1982077	788793	1079677	695066	13430952	33606243
NPV	1622614	1444999	1083050	405736	522790	316820	5762968	17796687

구 분	총수입	총비용	NPV	IRR
시스템다이내믹스 방식	245.65	212.04	17.79	18.8%

시스템 다이내믹스를 활용한 1,800TEU 컨테이너선의 재무적 타당성 평가 결과 초기 투자가 집중된 2016년을 제외한 2017년부터 2029년까지의 NPV가 긍정적인 결과값이 나타났으며, 종합적으로 12년간의 누적 NPV는 USD17.79Mil으로 양호한 수준의 결과값이 도출되었다. 12년간의 현금흐름 역시 2016년을 제외한 모든 해에서 양의 결과값을 보이며, 동 프로젝트의 수입이 비용대비 높은 수준을 유지하고 있음을 나타냈다. NPV를 0으로 만드는 내부수익률 역시 18.8%로 동 투자안은 종합적인 관점에서 긍정적인 사업임을 입증하였다. 동 프로젝트에 대한 NPV의 2016년부터 2029년까지의 추세는 [그림 28]과 같다.

Collection @ kmou



Non-commercial use only!

[그림 29] 2016-2029년 NPV 분석결과

4.6.2. 시나리오별 민감도 분석

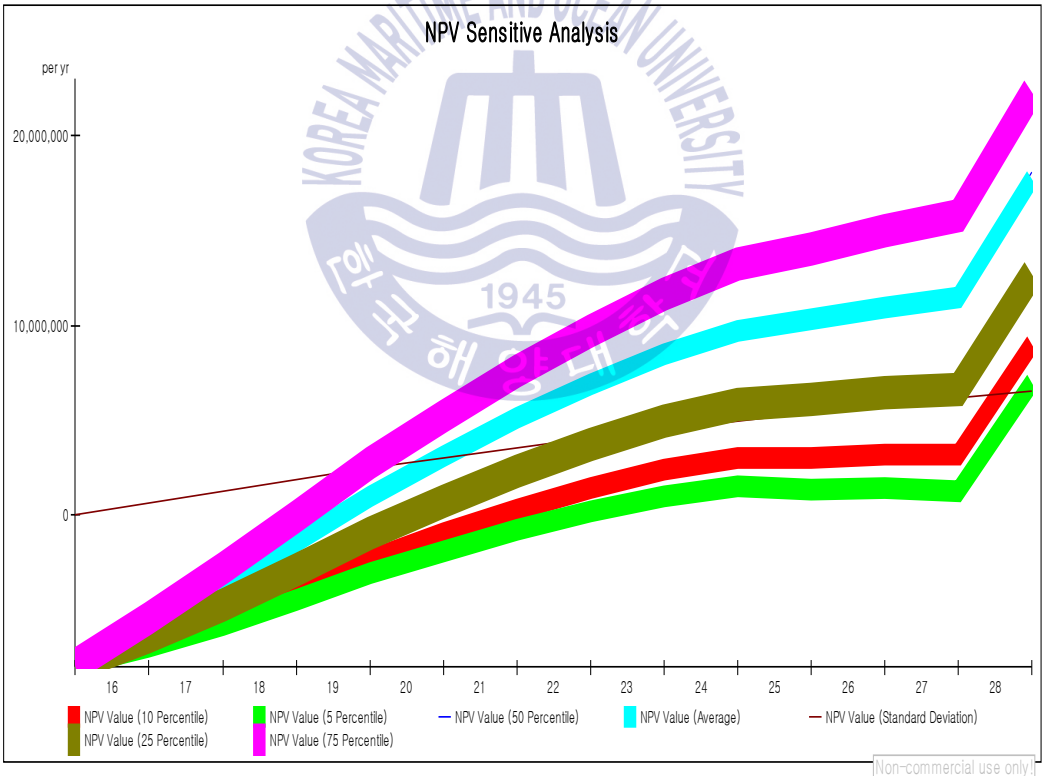
본 연구에서는 일일운임수입과 연료유가격, 중고선가격과 할인율에 대한 동태적 분석을 실시하여 미래 현금흐름 추정의 객관성을 제고시켰다. 민감도 분석은 추정값을 근거로 도출된 사업 타당성 결과가 미래 불확실성으로 인해 바뀔 수 있다는 가정 하에 리스크를 관리하는 차원에서 실시된다.

따라서 동태적 관점에서 향후 발생 가능한 추정값들의 변화를 백분율을 기반으로 확률적으로 계산하여 각 구간별 변화에 따라 재무적 타당성의 결과값인 NPV값이 어떠한 변화를 나타내는지 분석하였다. 민감도 분석 방법으로는 몬테카를로 시뮬레이션을 적용시켰으며, 삼각분포 형태의 방법론을 사용하여 현실값을 최대 빈도 변수로 설정하고 최저값과 최댓값의 허용치를 바탕으로 1,000회의 시뮬레이션을 수행하여 동적인 변화에 대한 시계열적 흐름을 비교 분석하였다.

Collection @ kmou

2-1. 운임 수입 변화에 따른 민감도 분석

동태적 분석을 통해 추정된 일일 운임수입은 USD46,618/day이다. 이를 기반으로 민감도 분석을 수행한 결과 [그림 30]과 같은 결과값이 도출되었다. 우선 확률적으로 가장 긍정적인 측면에서 상위 5%에 해당하는 NPV값은 USD29.99Mil 수준을 기록했다. 즉 평균적인 관점에서 USD17.86Mil 수준을 보였다면, 5% 수준의 확률로 이보다 60% 이상 높은 결과값을 도출 할 수 있다는 의미이다. 반면 부정적인 측면에서 하위 10% 가량의 확률로 NPV값이 일일 운임수입의 악화 영향으로 USD1.76Mil 수준을 기록할 수 있는 것으로 나타났다. 이때의 일일 운임수입은 USD41,956/day으로 기존 추정값 USD46,618/day 대비 10% 가량 낮은 수준이다.



Collection @ kmou

(per yr)

Time	/ Value (10 Percent	NPV Value (5 Percentile	V Value (50 Percent	NPV Value (Average)	NPV Value (Standard Deviation	PV Value (25 Percentil	Value (75 Perce
2016년 1월 1	-7,933,233.00	-7,933,233.00	-7,933,233.00	-7,933,233.00	9.31e-10	-7,933,233.00	-7,933,233.00
2017년 1월 1	-6,739,349.11	-6,935,940.05	-5,837,384.37	-5,865,990.62	647,619.61	-6,371,741.99	-5,414,183.19
2018년 1월 1	-5,408,606.09	-5,795,440.36	-3,633,799.63	-3,690,088.48	1,274,328.61	-4,685,261.31	-2,801,061.78
2019년 1월 1	-3,916,944.23	-4,487,879.18	-1,297,478.76	-1,380,556.37	1,880,802.15	-2,849,348.01	-68,427.52
2020년 1월 1	-2,310,516.34	-3,059,607.64	1,126,335.45	1,017,334.03	2,467,693.61	-909,784.01	2,738,903.73
2021년 1월 1	-969,305.03	-1,887,208.53	3,242,061.90	3,108,496.36	3,023,803.15	747,090.72	5,218,032.11
2022년 1월 1	329,319.26	-750,877.35	5,285,291.47	5,128,110.41	3,558,437.11	2,349,188.29	7,610,629.91
2023년 1월 1	1,407,362.04	174,390.23	7,064,271.16	6,884,859.55	4,061,716.76	3,712,906.75	9,718,488.67
2024년 1월 1	2,370,510.49	993,723.17	8,687,249.13	8,486,910.71	4,535,480.89	4,944,977.05	11,651,058.17
2025년 1월 1	3,021,232.08	1,509,063.52	9,959,103.67	9,739,065.72	4,981,460.50	5,848,849.22	13,214,347.83
2026년 1월 1	3,021,837.59	1,384,882.42	10,532,233.59	10,294,037.75	5,392,538.69	6,082,794.28	14,056,105.76
2027년 1월 1	3,186,509.92	1,429,587.10	11,247,320.84	10,991,668.33	5,787,742.06	6,471,795.15	15,029,447.29
2028년 1월 1	3,178,379.50	1,308,524.70	11,757,325.54	11,485,240.12	6,159,768.20	6,674,837.24	15,782,560.59
2029년 1월 1	8,997,808.26	7,021,644.52	18,064,502.68	17,776,948.09	6,509,976.37	12,693,054.02	22,318,588.91

Non-commercial use only

구 분	상위 5%	상위 10%	평균 50%	하위 75%	하위 90%
NPV	29,998,916	23,106,153	17,863,799	6,776,124	-1,764,994

[그림 30] 일일 운임수입 민감도 분석 결과

2-2. 선원비 변화에 따른 민감도 분석

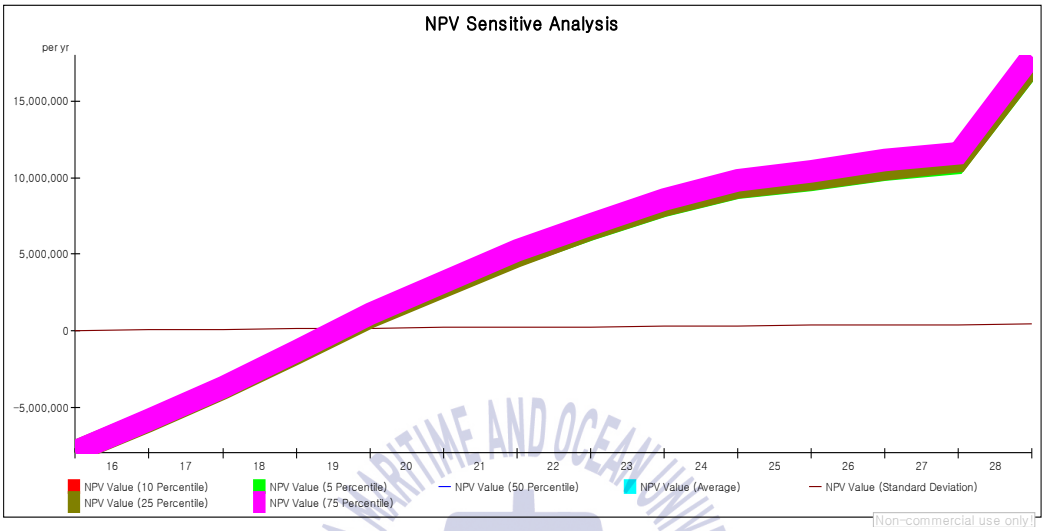
다음은 지금까지 다뤄보지 않았던 선원비용의 변화에 따른 NPV값의 변동 가능성에 대해 분석해보았다. 선원비용의 경우 앞선 세부분석에서는 다루지 않았으나, 최근들어 해사노동협약의 발효나 선대공급 증가 대비 선원수급의 차질로 인해 선원비용이 급등세를 보이고 있다. 본 연구에서는 선원비용의 증가율을 물가상승률 수준으로 한정하여 평가하였지만 동태적 분석을 통해 확률론적인 관점에서 NPV값에 어떠한 영향을 미치는지 파악해보았다.

최초의 선원비용은 USD982,164/Year를 기록한 후 매년 2.3%의 인상률을 기록하는 것으로 설정하였다. 이를 기반으로 민감도 분석을 수행한 결과 [그림 31]과 같은 결과값이 도출되었다.

우선 확률적으로 가장 긍정적인 측면에서 상위 10%에 해당하는 NPV값은 USD18.87Mil 수준을 기록했다. 즉 평균적인 관점에서 USD17.85Mil 수준을 보였던 것과 비교해 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 나타났다. 하위 부분의 경우 75% 수준에서 USD16.53Mil 분석되었으며, 가장 하위 수준인 95% 수준에서는 USD14.52Mil 수준으로 조사되었다. 따라서 선원비용의 변화가 하위 95% 수준까지 나타나더라도

Collection @ kmou

NPV결과값에는 큰 영향을 미치지 않으며, 타당성 평가의 결과를 결정지을 만한 중대요인으로는 반영되지 않을 것으로 조사되었다.



(per yr)

Time	/ Value (10 Percent	NPV Value (5 Percentile	V Value (50 Percent	NPV Value (Average)	NPV Value (Standard Deviation	PV Value (25 Percentil	Value (75 Perce
2016년 1월 1	-7,933,233.00	-7,933,233.00	-7,933,233.00	-7,933,233.00	9.31e-10	-7,933,233.00	-7,933,233.00
2017년 1월 1	-5,940,498.46	-5,949,014.38	-5,885,114.20	-5,883,377.83	39,309.77	-5,910,802.02	-5,852,679.30
2018년 1월 1	-3,836,424.89	-3,853,141.68	-3,727,705.31	-3,724,296.82	77,165.27	-3,778,130.64	-3,664,035.46
2019년 1월 1	-1,596,138.70	-1,620,752.97	-1,436,056.96	-1,431,038.20	113,620.29	-1,510,304.62	-1,342,307.69
2020년 1월 1	734,995.30	702,775.72	944,539.04	951,108.50	148,726.65	847,350.36	1,067,254.94
2021년 1월 1	2,762,100.46	2,722,556.94	3,019,276.36	3,027,339.15	182,534.25	2,899,995.37	3,169,887.25
2022년 1월 1	4,720,049.99	4,673,453.46	5,023,095.88	5,032,596.75	215,091.13	4,882,539.88	5,200,569.79
2023년 1월 1	6,417,708.88	6,364,320.29	6,764,927.79	6,775,813.54	246,443.56	6,603,883.87	6,968,270.92
2024년 1월 1	7,963,131.67	7,903,202.28	8,352,889.41	8,365,106.81	276,636.10	8,172,115.51	8,581,144.71
2025년 1월 1	9,161,012.91	9,094,784.70	9,591,735.75	9,605,239.46	305,711.66	9,391,961.79	9,843,981.60
2026년 1월 1	9,664,184.83	9,591,890.83	10,134,357.26	10,149,097.76	333,711.57	9,916,286.15	10,409,706.12
2027년 1월 1	10,311,948.54	10,233,813.15	10,820,111.11	10,836,042.64	360,675.61	10,584,419.75	11,117,708.27
2028년 1월 1	10,757,714.87	10,673,954.19	11,302,462.13	11,319,540.64	386,642.11	11,049,802.39	11,621,484.53
2029년 1월 1	17,003,589.83	16,914,411.98	17,583,568.32	17,601,751.38	411,647.98	17,314,567.96	17,923,223.32

Non-commercial use only

구 분	상위 10%	평균50%	하위75%	하위90%	하위95%
NPV	18,869,440	17,854,854	16,530,453	15,190,142	14,519,022

[그림 31] 선원비 민감도 분석 결과

Collection @ kmou

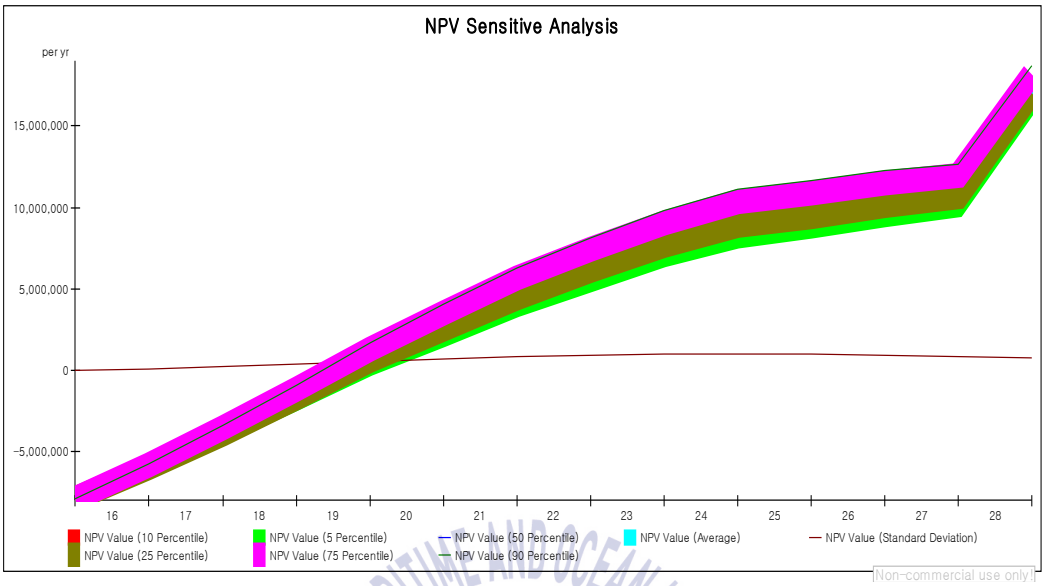
2-3. 물가상승률 변화에 따른 민감도 분석

셋째, 모든 추정항목에서 연도별 변화율에 적용시켰던 물가상승률에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 물가상승률은 거의 모든 수입과 비용 추정 변수에 적용되었으며, 대부분 2-3% 수준의 상승률이 반영되었다. 따라서 예상치 못한 경기 변화로 인해 운임 또는 비용 상승률이 예상했던 수준에서 벗어날 경우 선박 투자 결과에 악영향을 미칠 가능성이 존재한다. 따라서 동태적 관점에서 확률에 기반 한 물가상승률의 변화 가능성을 예측해보고 이에 따라 NPV값에 어떠한 영향을 미치는지 파악해보았다.

본 연구에서 수입과 비용 추정 항목에는 대부분 IMF가 장기 전망으로 제시한 물가상승률 2.8%를 적용하였으며, 일부 선원비, 보험비 등은 기타 전문기관에서 발표한 기준을 적용하여 차별적인 증가율을 적용시켰다. 이를 바탕으로 민감도 분석을 수행한 결과 [그림 32]와 같은 결과값이 도출되었다.

우선 확률적으로 가장 긍정적인 측면에서 상위 10%에 해당하는 NPV값은 USD19.34Mil 수준을 기록했다. 즉 평균적인 관점에서 USD17.80Mil 수준을 보였던 것과 비교해 선원비용 보다 더 큰 차이가 나타났다. 하위 부분의 경우 75% 수준에서 USD16.88Mil으로 분석되었으며, 가장 하위 수준인 95% 수준에서는 USD12,99Mil 수준으로 조사되었다. 즉 물가상승률의 변화가 하위 95% 수준까지 나타나더라도 사업 타당성의 부정적 기준이라 할 수 있는 마이너스 NPV가 발생하지는 않는 것으로 나타났다. 다만 하위값과 상위값의 격차가 선원비용에 비해 크게 벌어져 있는 점은 선박을 발주하는 시점에서 경기 변화에 따른 각종 수입과 비용 증가율에 대한 불확실성을 고려할 필요성이 있음을 입증하고 있다.

Collection @ kmou



(per yr)

Time	/ Value (10 Percent	NPV Value (5 Percentile	V Value (50 Percent	NPV Value (Average)	NPV Value (Standard Deviation	PV Value (25 Percentil	Value (75 Perc
2017년 1월 1	-6,003,160.04	-6,030,740.77	-5,876,016.29	-5,879,809.20	91,615.25	-5,951,460.20	-5,816,019.9
2018년 1월 1	-3,996,011.30	-4,058,367.90	-3,707,890.53	-3,716,219.96	207,971.02	-3,878,985.42	-3,571,555.8
2019년 1월 1	-1,884,447.53	-1,988,187.45	-1,404,019.79	-1,417,469.41	347,380.74	-1,689,528.37	-1,176,065.8
2020년 1월 1	288,501.60	137,324.31	990,196.31	971,189.70	508,242.06	572,881.26	1,324,038.8
2021년 1월 1	2,135,764.56	1,932,876.40	3,079,550.53	3,054,825.95	684,739.52	2,517,848.87	3,529,757.6
2022년 1월 1	3,963,030.98	3,719,795.78	5,095,154.70	5,065,759.54	821,743.81	4,421,233.86	5,635,575.3
2023년 1월 1	5,580,923.56	5,309,039.26	6,845,842.72	6,812,773.14	917,821.51	6,092,981.37	7,449,334.9
2024년 1월 1	7,093,875.70	6,804,169.24	8,439,923.31	8,403,998.42	975,680.63	7,639,129.01	9,081,088.4
2025년 1월 1	8,303,165.18	8,005,644.13	9,682,332.73	9,644,208.93	997,884.91	8,862,466.50	10,337,424.3
2026년 1월 1	8,859,334.23	8,563,463.25	10,226,086.75	10,186,329.72	986,196.38	9,414,548.34	10,872,503.4
2027년 1월 1	9,596,778.18	9,310,842.35	10,910,797.42	10,869,719.16	944,246.08	10,131,936.13	11,528,263.4
2028년 1월 1	10,166,975.42	9,898,806.77	11,390,037.00	11,347,883.24	873,550.66	10,666,959.41	11,959,261.2
2029년 1월 1	16,569,331.25	16,326,122.41	17,666,108.86	17,623,011.65	776,187.74	17,020,212.70	18,169,131.4

[Non-commercial use only]

구 분	상위 10%	평균50%	하위75%	하위90%	하위95%
NPV	19,340,723	17,804,871	16,886,990	13,740,829	12,997,555

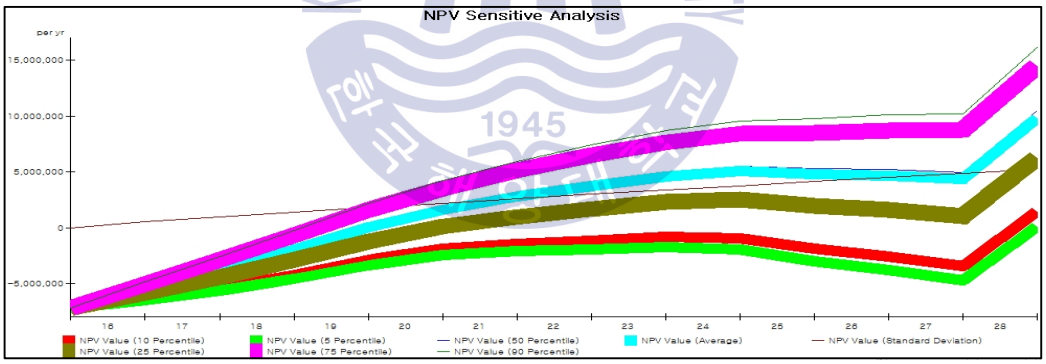
[그림 32] 물가상승률 민감도 분석 결과

Collection @ kmou

2-4. 연료비 변화에 따른 민감도 분석

마지막으로 운항비용의 변화에 가장 많은 영향을 미치는 연료비에 대한 민감도 분석을 수행하였다. Dynamic 예측 방식을 통해 도출된 평가기간 동안의 평균 연료유 가격은 USD329.4/Ton이다. 이 값을 기준으로 최솟값에 지난 12년간 가장 낮은 수준을 기록했던 2003년의 USD172/Ton을 가정하고 최댓값에 가장 높은 수준을 기록했던 2012년의 USD664/Ton을 적용하여 분석을 수행한 결과 [그림 33]과 같은 결과값이 도출되었다.

우선 확률적으로 가장 긍정적인 측면에서 상위 5%에 해당하는 NPV값은 USD21.13Mil 수준을 기록했다. 즉 평균적인 관점에서 USD17.86Mil 수준을 보였다면, 5% 수준의 확률로 이보다 15% 이상 높은 사업성과를 도출 할 수 있다는 의미이다. 반면 부정적인 측면에서 하위 90% 수준에서 NPV값이 연료비용의 상승 영향으로 USD1.5Mil 수준을 기록할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 하위 95% 수준에서는 NPV값이 USD0.1Mil에 머물면서 사실상 연료비용의 급등이 단일요인만으로도 전체 수익성에 악영향을 미칠 수 있는 중대한 변수임을 입증하고 있다.



Time	V Value (10 Percen	PV Value (5 Percentil	V Value (50 Percent	NPV Value (Average)	n	PV Value (25 Percentile	PV Value (75 Percentil	V Value (90 Percent
2016년 1월 1	-7,174,440.00	-7,174,440.00	-7,174,440.00	-7,174,440.00	#	-7,174,440.00	-7,174,440.00	-7,174,440.00
2017년 1월 1	-5,330,216.96	-5,465,765.38	-5,448,662.04	-5,507,127.66	#	-5,857,536.85	-5,048,860.53	-4,882,276.10
2018년 1월 1	-5,360,396.71	-5,621,942.91	-3,659,400.66	-3,772,212.44	#	-4,448,341.22	-2,887,967.38	-2,585,831.36
2019년 1월 1	-4,185,031.53	-4,558,542.79	-1,753,256.32	-1,914,534.11	#	-2,881,140.24	-650,401.12	-218,461.91
2020년 1월 1	-2,885,520.73	-3,362,252.02	214,956.46	9,329.67	#	-1,223,078.75	1,621,080.41	2,171,796.47
2021년 1월 1	-1,878,689.32	-2,462,196.47	1,851,180.98	1,603,812.20	#	121,226.36	3,542,746.38	4,205,257.13
2022년 1월 1	-1,422,915.68	-2,117,609.14	3,095,103.79	2,795,464.15	#	999,596.97	5,144,109.47	5,946,613.64
2023년 1월 1	-1,144,157.20	-1,949,574.64	4,093,968.51	3,746,570.70	#	1,664,468.55	6,469,555.74	7,399,967.33
2024년 1월 1	-825,636.75	-1,721,850.96	5,002,996.34	4,616,435.48	#	2,299,612.61	7,646,389.63	8,681,688.92
2025년 1월 1	-941,733.36	-1,934,209.33	5,512,949.18	5,084,868.09	#	2,519,196.86	8,440,267.51	9,586,767.59
2026년 1월 1	-1,882,468.66	-2,982,122.27	5,269,256.14	4,794,946.50	#	1,952,208.01	8,512,696.07	9,783,006.87
2027년 1월 1	-2,575,639.55	-3,771,537.77	5,202,023.17	4,686,200.69	#	1,594,658.19	8,729,337.57	10,110,829.35
2028년 1월 1	-3,424,429.53	-4,711,586.03	4,946,742.07	4,391,557.48	#	1,084,101.18	8,743,223.75	10,230,136.36
2029년 1월 1	1,496,629.43	116,949.91	10,469,535.17	9,874,442.97	#	6,307,803.41	14,538,914.47	16,132,708.89

구 분	상위 10%	평균50%	하위75%	하위90%	하위95%
NPV(USD)	21,132,708	17,869,535	6,307,803	1,496,629	116,949

[그림 33] 연료비 민감도 분석 결과

Collection @ kmou

4.7 기존 DCF방식과 시스템 다이내믹스 방식 비교·분석

4.7.1. 선박투자 재무적 타당성 평가 결과 비교

일반적인 DCF 평가방식과 시스템 다이내믹스를 적용한 DCF평가방식의 비교 결과 동태적 변화에 기반한 주요 추정 분석값들의 보수적인 결과값 도출로 인해 시스템 다이내믹스 평가방식이 일반적인 평가방식에 비해 <표 49>와 같이 낮은 수준의 결과값이 나타났다. 이는 일반적으로 선박을 발주하는 당사자가 제시한 자료에 기반한 평가방식 보다 해운시장과 경기여건, 금융시장 등 다양한 사회현상의 변화요인들을 반영하여 추정한 다이내믹 분석 방식이 최근의 글로벌 경기 침체와 해운시장의 수급 불균형 가속화 등 다양한 관점의 불안요인들이 적재적소에 반영되었기 때문에 도출된 결과로 분석된다. 세부적으로 살펴보면 총수입에서 시스템 다이내믹스 방식이 기존방식 대비 5.2% 가량 낮은 수준인 USD245.65Mil 수준으로 추정된 반면, 총 비용은 기존 추정값대비 2.8% 낮은 USD212.04Mil으로 평가되었다. 즉 비용 감소분을 수입 감소분이 상회하면서 전체적인 NPV값은 기존 대비 8.9% 감소한 USD17.79Mil을 나타냈다. IRR역시 기존대비 10% 이상 감소한 18.8%를 기록했다.

<표 49> 일반 DCF방식과 시스템다이내믹스 방식 사업성분석 비교

(단위 : Mil USD)

구 분	총수입	총비용	NPV	IRR
일반 DCF방식	259.14	218.22	19.53	32.1%
시스템다이내믹스 방식	245.65	212.04	17.79	18.8%
증 감	▼5.2%	▼2.8%	▼8.9%	▼13.3%

4.7.2. 차이점 분석

이렇듯 시스템다이내믹스를 활용한 선박 투자 재무적 타당성 평가 결과값이 일반적인 DCF값 보다 낮게 추정된 배경에는 다이내믹 분석기법을 활용하여 평가한 4가지 요소들의 변화가 큰 영향을 미친 것으로 분석된다.

Collection @ kmou

먼저 미래 투자가치를 현재가치로 환산하는데 사용되는 할인율의 경우 일반 DCF방식이 6.23%로 평가기간 동안 고정적인 할인율을 적용하는 반면 본 연구에서는 동태적 기법을 활용한 할인율 예측을 통해 매년 무위험이자율 변화에 따라 변동되는 Dynamic 할인율을 적용하였다. 그 결과 Dynamic 할인율 추정값이 기존 값 대비 보수적인 결과가 도출되어 전반적인 수익성 하락을 유발하였다.

연료유 가격의 경우 기존 추정값의 경우 과거 12년치 싱가폴 기준 연료유 가격의 평균값을 반영하여 일반적인 DCF 평가에 반영하였지만 최근의 유가 하락세가 당분간 지속될 것이라는 각계각층의 전문가들의 의견과 동조하며 다이내믹 모델링을 통한 예측값 역시 기존값 대비 13% 가량 낮은 수준으로 평가되어 전체적인 비용 하락의 요인으로 작용하였다.

반면 일일운임수입의 경우 회사가 제시한 자료를 인용하여 기존 DCF 값이 평가되었으나, 확률론적 분석기법에 기반한 추정값 평가를 통해 기존값 대비 4.4% 가량 낮은 수준인 USD46,618/day로 추정되었다. 12년의 내용연수 기간 후 중고선 매각을 통해 발생되는 매각수입 역시 정액법을 적용하여 일정한 비율로 상각시켜 평가한 중고선 가격보다 다이내믹 모델을 활용하여 경제변수, 해운변수, 공급변수들을 바탕으로 추정한 중고선 가격이 약 17% 가량 낮게 추정됨으로서 전체적인 수입 감소의 원인으로 작용하였으며, 전체적인 일반 DCF와 시스템다이내믹스를 활용한 연구의 결과와의 차이는 <표 50>와 같다.

<표 50> 일반 DCF방식과 시스템다이내믹스 방식 추정값 차이 비교

구 분	할인율	연료유가격	일일운임수입	매각선가
일반 DCF방식	6.23%고정	USD 397.0/Ton	USD 48,743/day	USD13.8Mil
시스템다이내믹스 방식을 활용한 연구의 결과	6.23%~6.46% 변동	USD 329.4/Ton	USD 46,618/day	USD11.5Mil
증 감		▼67.6	▼2,125	▼2.3

Collection @ kmou

제 5 장 결 론

5.1 연구결과의 요약

시스템 다이내믹스는 사회현상에서 발생 가능한 다양한 변수들간의 인과관계를 기반으로 구조적 문제점을 해결하고 동태적 시각에서 미래의 변화를 예측하는 분석기법이다.

선박에 대한 발주는 해당시점의 경기와 투자여건 뿐만 아니라 미래 변화 가능한 운임시장과 수요시장, 그리고 공급시장 등 다양한 변화요인들의 불확실성을 감안하여 투자 타당성이 평가되어야 한다. 이러한 관점에서 단순히 해운경기적인 변화뿐만 아니라, 경제, 금융, 대외환경 등 다양한 관점의 변화에 따라 미래 경기 변화를 예측할 수 있는 시스템 다이내믹스는 선박 투자의 타당성의 현실성을 제고시키는 분석기법이라 할 수 있다.

본 연구에서는 1,800TEU급 컨테이너선 발주를 위한 재무적 타당성 평가를 시스템 다이내믹스를 포함한 동태적 분석기법들을 적용하여 수행하였다. 평가 결과, 시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자의 재무적 타당성 평가는 일반적인 DCF 평가방식 보다 순현재가치(NPV)와 내부수익률(IRR)이 낮게 나타났다. 그 이유는 동태적 관점에서 미래의 수입과 비용 항목에 대한 주요 구성변수들을 예측한 결과값이 기존값 대비 대부분 보수적인 방향으로 추정되었기 때문이다. 특히 운임수입과 선박 매각금액의 경우 각각 4.4%와 17% 가량 낮게 추정되면서 현금흐름 상의 총수입을 USD12.99Mil 가량 낮추는 결과를 유도하였다. 반면 총 비용의 경우 기존에 예측했던 연료유가격이 과거 12년간의 연료유 가격 평균을 근거로 추정되었지만, 쉐일가스(Shale Gas) 생산과 대체에너지 개발 확대에 따른 원유 공급 과잉 영향으로 지속중인 저유가 현상이 앞으로도 중장기적으로 지속될 것이라는 전문가들의 의견과 동조하듯이, GDP, 환율, 원유생산, 소비, 운임 등 다양한 구성변수들을 기반으로 다이내믹 시뮬레이션을 실시하여 추정된 연료유 가격 예측값은 기존값 대비 13% 가량 낮은 수준으로 추정되었다. 마찬가지로 할인율 추정에 중대한 영향을 미치는 무위험 이자율에 대한

Collection @ kmou

동태적 기법의 예측분석을 수행하여 사업평가기간 동안의 Dynamic 할인율을 적용함으로서 미래 투자가치를 보다 동태적 관점의 입장에서 평가하여 사업 타당성 평가의 현실성을 제고시켰다.

실증분석 후에는 앞서 살펴본 주요 변수들 이외에 물가상승률과 선원비용 등과 같이 비용 증가에 영향을 미칠 수 있는 구성변수들을 대상으로 확률론적 관점에 기반하여 동 변수들의 변화가 전체 NPV 결과값에 미칠 수 있는 영향을 파악하였다.

종합적으로 이러한 조정된 현금흐름을 바탕으로 평가된 NPV값의 하락에도 불구하고 사업 타당성의 기준값인 NPV>0 이상을 확보함으로써 동 프로젝트의 사업성은 타당성을 갖췄다는 기존 평가 결과에 변화는 발생하지 않았다.

5.2 연구의 시사점과 향후과제

5.2.1 연구의 시사점

시스템다이내믹스를 활용한 선박투자의 재무적 타당성 평가방식은 일반적으로 사용되고 있는 현금흐름 추정 기반의 DCF 평가방법의 한계를 극복하는데 다음과 같은 부분에서 기여할 수 있을 것으로 평가된다.

첫째, 일반적인 DCF 평가방식이 선박을 발주하는 발주처의 일방적인 수입과 비용 추정항목을 바탕으로 평가되는 것에 비해 시스템다이내믹스를 활용한 평가방식은 선박도입 후 발생되는 주요 수입과 비용의 추정에 있어서 각종 환경 변수들간의 인과관계를 활용하여 합리적 추정결과를 유도할 수 있었다는 점에서 시사하는 바가 크다.

둘째, 시스템다이내믹스라는 개별 변수들 간의 인과성과 상관성을 중요시하는 분석환경을 이용하여 선박 투자 시 발생되는 각종 변수들간의 영향관계에 대해 한 눈에 관찰하고 각각의 변수들의 변화가 야기하는 평가결과의 변화를 손쉽게 파악함으로써 선박 도입 후 발생가능한 각각의 구성변수별 리스크에 대한 종합적인 관리가 가능하다.

셋째, 선박의 재무적 타당성에 영향을 미칠 수 있는 각종 구성변수들에 대한 다양한

Collection @ kmou

동태적 기법의 예측결과를 반영하여 미래 현금흐름에 대한 객관성을 제고시킴으로써 단순히 현재시점의 해운 또는 금융환경만으로 선박투자의 타당성이 결정되는 비현실적인 구조를 타파하는데 기여할 것으로 보인다.

넷째, 본 연구 결과 동태적 기법을 활용한 선박투자 타당성 분석결과가 일반 DCF 방식에 비해 보수적인 결과가 도출된 것은 현재 장기 해운불황을 겪고 있는 해운시장의 불확실성을 적절하게 반영한 결과로서 해운기업의 현실적인 투자 의사결정을 지원하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

다섯째, 각각의 주요 변수들을 대상으로 민감도 분석을 실시하여 사업 타당성을 판단하는 최소 가이드라인을 제시함으로써 투자 당사자나 금융 제공기관으로 하여금 추가적인 리스크관리 수단의 도입과 보완책을 마련할 수 있도록 유도하여 선박 투자에 따른 각종 리스크를 경감시킬 수 있다.

5.2.2 향후 과제

시스템 다이내믹스를 활용한 선박투자의 재무적 타당성 평가방식 역시 몇 가지 부분에서 연구의 한계점을 보이고 있으므로 향후 추가적인 분석방식과 보완을 통해 현실성과 객관성을 제고시킬 필요가 있다.

첫째, 각각의 구성변수가 사업 타당성에 미치는 인과관계를 판단하는데 있어서 시스템적 사고에 기반한 정성적 판단을 통해 분석이 수행된 점은 여전히 사업 타당성 판단의 가장 중요한 평가결과인 미래 현금흐름 추정의 객관성을 입증하는데 불확실성을 가지고 있다. 즉 각종 변수의 미래 추정값을 결정하는데 사용된 경제변수, 해운변수, 금융변수들이 논리적 정합성을 바탕으로 합리적으로 반영되었는지에 대해 전문가 집단의 감수나 추가적인 통계적 분석방법 등을 통한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 시스템다이내믹스가 동태적 관점의 사고를 바탕으로 다양한 관점의 구성변수들을 반영시켜 다이내믹 시뮬레이션을 수행할 수 있음에도 불구하고 모델 구축의 어려움과 평과 결과의 신뢰성 등을 이유로 변수 투입 수의 한계를 보인 것은 시스템다이내믹스의 장점을 승화시키지 못한 아쉬움으로 남고 있다.

Collection @ kmou

셋째, 시스템다이내믹스 모델링을 통한 현금흐름 예측 정확도를 제고시키기 위해 중고선가, 연료유가격, 운임수입, 할인율 등 4가지 구성변수에 대한 동태적 예측 모델을 구성하였으나, 실제 예측 정확도를 더욱 제고시키기 위해서는 세부 추정항목 모두에 대한 동태적 관점의 분석이 필요할 것으로 판단된다. 그러나 세부 항목들에 대한 연관 자료 확보의 어려움과 모델링 구성의 복잡성 등을 이유로 추가 분석이 수행되지 않은 점은 연구의 한계점으로 남고 있다.

넷째, 일반적인 DCF의 한계점을 극복하고자 Dynamic DCF 평가법을 도입하였으나, 궁극적으로 DCF가 갖고 있는 사업성 평가의 구조적인 한계점을 극복하지는 못했다. DCF는 현금흐름을 할인하는 과정에서 할인율의 산정 또는 각종 수입과 비용항목의 추정에 있어서 단 한 요소의 오류 또는 부정확한 추정이 발생할 경우 평가 결과의 현실성이 떨어질 수밖에 없다.

결론적으로 선박도입에 따른 재무적 타당성을 평가하는데 있어 평가 결과에 영향을 미치는 각종 구성변수들을 더욱 다양화하고 객관성을 입증한 모델링을 구성하는 통합적이고 분석적인 접근이 필요하다. 이러한 통합적이고 분석적인 접근을 통해 각각의 미래 불확실성에 대한 합리적인 추정을 통해 리스크를 최소화 하고 보다 현실성과 객관성에 기초한 사업 타당성이 평가될 수 있다.

앞서 언급한 연구의 한계점들은 선박의 도입 후 발생되는 각각의 요소들에 대한 순환적·인과적 관계에 대한 추가 연구와 현금흐름 추정의 객관성과 현실성을 제고시킬 수 있는 보완적인 분석기법의 적용을 통해 해결 될 수 있을 것이다.

따라서 향후 본 연구의 한계점으로 제시된 문제점들을 보완하고 해결하기 위한 추가 연구가 진행되기를 바라고 있다.

Collection @ kmou

참 고 문 헌

<국내문헌>

김기찬・정관용・김성원(2014), 「Vensim을 활용한 SYSTEM DYNAMIC」, 서울경제경영.

김제은(2006), “선박 경제성 평가를 위한 RFR 결정 연구”, 부산대학교 대학원.

김종길(2011), “SD기법과 ARIMA를 적용한 컨테이너물동량 예측에 관한 연구”, 인천대학교 대학원.

김진호(2016), “Fractional ARIMA 모형을 사용한 금리예측”, 「계량경제학회」 Vol 7, pp.99-117.

김치열(2008), “Real Option Approach to Ship Investment Valuation”, 한국해양대학교 대학원.

김현직(2010), “RFR 모형을 이용한 선박투자 의사결정에 관한 연구”, 중앙대학교 글로벌인적자원개발대학원.

문태훈(2002), “시스템다이내믹스의 발전과 방법론적 위상”, 「한국시스템다이내믹스 연구」 Vol 3, No.1, pp.61-77.

박경열(2012), “확률론적 시스템 다이내믹스를 적용한 호텔개발사업 재무적 타당성 분석 모델 구축”, 한양대학교 대학원.

박상현(2011), 「시스템 다이내믹스 분석도구」, 한국시스템다이내믹스 학회 복잡계 워크숍.

박정식・박종원・이장우(2015), 「현대재무관리」, 다산출판사.

박준경・이호창(1985), 「경제변수의 시계열분석」, 한국개발연구원 보고서.

송경모((2013), 「사업타당성 평가실무」, 영화조세통람.

송상근(2014), “시스템 다이내믹스를 이용한 부산항 환적물동량 예측에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원.

Collection @ kmou

여기태·정현재(2011), “SD기법에 의한 한·중·일 환적물동량 변화량 추정에 관한 연구”, 「한국항만경제학회지」, 제27집, 제4호, pp.165-185.

전대욱(2011), 「Mathematical Biology의 원리에 대한 System Dynamics 적용」, 한국시스템다이내믹스 워크샵, pp.126-127.

정재헌(2008), “자원 수급 및 가격예측- 니켈 사례를 중심으로”, 「한국시스템다이내믹스 연구」, 제9권 제1호, pp.125-141.

정재헌(2009), “시스템다이내믹스을 통한 원자재 가격 및 운송 운임 모델”, 「한국시스템다이내믹스 연구」 제10권 제1호, pp.61-76.

허윤수, 김율성, 장정재, 양윤옥, 이재원(2013), “부산시 해양산업 기초통계 분석과 정책과제”, 부산발전연구원 현안연구, pp.63-75.

KDI공공투자관리센터(2008), 「예비타당성 수행을 위한 일반지침 수정·보완연구」, 제5판, 한국개발연구원.

<외국문헌>

Abadie, Luis M. and Chamorro, Jose M. (2006), "Monte Carlo Valuation of Natural Gas Investments," Real Option Conference Essay. *Transactions of the Korean hydrogen and New Energy Society.*

Adland, Roar Os(2000), *“Theoretical Vessel Valuation and Asset Play in Bulk Shipping.”* Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Ocean Engineering.

Bennett, F.L., (2003). *The Management of Construction*: a Project Life Cycle Approach. 1st ed. Burlington: Butterworth-Heinemann.

Dikos, G., Marcus, Papadatos H. S., P. M, Papakonstantinou, V., and Niver Lines(2006) : A System-Dynamics Approach to Tanker Freight Modeling, *Interfaces*, Vol 36, No.4, pp.326-341.

Dwight, C. Look and Sauer, Harry J. (1982), *Thermodynamics.*

Fabozzi, F.J. and Peterson, P.P., (2003). *Financial Management and Analysis*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley and Sons.

Collection @ kmou

Forrester Jay. W.(1961), *Industrial Dynamic,* The M.I.T Press. Massachusetts Institute of Technology.

Forrester Jay. W.(1969), *Urban Dynamics,* The M.I.T Press. Massachusetts Institute of Technology.

Forrester Jay. W.(1971), *World Dynamics,* The M.I.T Press. Massachusetts Institute of Technology.

French N. and Gabrielli, L.(2005), *"Discounted Cash Flow: Accounting for Uncertainty"*, Wroking Paper of IUAV Venice University of Architecture.

Bendall, Helen. B. and Stent, Alan. F(2005), Ship Investment Under Uncertainty: Valuing a Real Option on the Maximum of Several Strategies, *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 7, Issue 1, pp 19 - 35.

Hofstrand, D. and Holz-Clause, M., (2009). *What is a feasibility study?* [online] Iowa State University. Available from: <http://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/pdf/c5-65.pdf>

Lewis, C.D.(1982), *Industrial and Business Forecasting Methods*. London Butterworths.

PARK, Sung-il, WANG, Ying, YEO, Gi-tae, Adolf K.Y. NG(2014), "System Dynamics Modeling for Determining Optimal Ship Sizes and Types in Coastal Liner Services", *The Asian Journal of Shipping and Logistic*, Vol, 30, No. 1, pp.31-50.

Tvedt, Jostein(1997) Valuation of VLCCs under income uncertainty . *Maritime Policy and Management*, Vol. 24, No. 2, pp.159-174.

Yan, Jin (2008), "Investment in container ships for the Yangtze River: A system dynamics model," *OCEANS* 2008, pp.1-7.

Zhang, G.Peter.(2003), "Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model", *Neurocomputing*, Vol 50, pp.159 - 175.

Zheng, Shiyuan.(2013), *"Study on Investment Decision about Dry Bulk and Oil Ship under Stochastically Fluctuating Shipping Markets"*, Shanghai Maritime University

Collection @ kmou

감사의 글

짧은 인생을 살아오며 누구보다 저를 믿음과 사랑으로 길러주신 어머님과 항상 둘째 아들이 이 세상 최고라는 생각으로 저를 아껴주신 아버님께 감사를 드립니다. 또한 부족한 남편이지만 늘 존경과 배려를 통해 저를 이 자리까지 이끌어준 아내에게도 고맙다고 전하고 싶습니다. 저의 딸을 위해 희생과 사랑으로 항상 헌신하시는 장인어른과 장모님의 은혜도 잊지 않겠습니다. 그리고 나의 하나뿐인 형님과 형수님께도 항상 감사드립니다.

제가 학위를 받기까지 정말 많은 분들의 도움이 있었습니다. 학문적으로 부족한 저를 위해 끊임없는 조언과 지도편달을 해주시고 무엇보다 조용한 리더쉽으로 저를 이끌어주신 이기환 교수님께 진심으로 감사드리고 우리 연구실 모임인 학회 문인회 분들께도 감사인사 전하고 싶습니다.

이밖에도 직장생활동안 연구자의 길을 걸을 수 있게 물심양면으로 도움을 주신 남종식 팀장님, 황두건 박사님, 김강혁 박사님 이하 해운거래정보센터 모든 직원분들께도 이 자리를 통해 진심어린 감사 말씀 드립니다. 그분들이 없었다면 오늘의 저는 없었을 것입니다.

그리고 직장생활과 육아, 논문준비까지 바쁘게 돌아가는 세상살이에 지칠 때면 언제나 10대의 나로 돌아가 항상 웃음과 즐거움을 되찾을 수 있도록 도와주는 우리 고향 친구들, 다움, 남운, 재훈에게 고맙다고 전하고 싶습니다.

마지막으로 2015년 12월 22일, 저의 곁에 하늘이 내려주신 최대의 축복이자 선물인 우리 아인이를 위해 더욱더 정진하겠다는 약속드리고 싶습니다.

앞으로도 저에게 주신 관심과 격려, 그리고 성원에 보답하는 심정으로 더욱 올바르고 노력하는 직장인이자, 한가정의 가장, 그리고 연구자가 되도록 더 노력하겠습니다.

Collection @ kmou

[부록] 시스템 다이내믹스 수식

---

1. 12Y Second Vessel Price
   GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, '12Y Second Vessel Price DB')*'단위 변환 검토'
2. 12Y Second Vessel Price DB
   XLDATA("F:/논문/SD 모델/./중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xlsx", "Sheet1", "R12C12:R31C12")
3. 12Y Second Vessel Price Forecast
   '단위 변환 검토'* (IF(GDP1 <0.03, 0.5, 1) *IF('Orderbook Forecast'>3000, 1, 0.5)*IF(('Orderbook Forecast' - DELAYPPL('Orderbook Forecast', 1<<yr>>))>800, 'GDP Effect on Second Hand Vessel', 1)*('2Freight Rate Coefficient'/100000*'Freight Rate Forecast 1' + 'Orderbook Fleet Ratio'*'2OrderbookFleetRatio Coefficient'+ 'GDP Coefficient for Second hand vessel'* GDP1+ '2Secondhand Constant'))
4. 12년 2 12
5. 1,800 TEU Shipbuilding
   RUNMAX(IF(YEAR(STARTTIME)+ 'Shipbuilding Year'=YEAR(TIME), 1, 0))
6. 2Freight Rate Coefficient 0.5740424943552
7. 2OrderbookFleetRatio Coefficient 7.758817015534
8. 2Secondhand Constant 0.9516787141397
9. aid Variable
   IF(YEAR(TIME)>2009 AND 'Freight Rate Forecast'<1085,1, 0)*('Freight Rate Forecast'-1085)
10. aid Variable 1
    IF(YEAR(TIME)>2009 AND 'Freight Rate Forecast 1'<1085,1, 0)*('Freight Rate Forecast 1'-1085)
11. Annual Increase 0.028/1<<yr>>
12. Annual Loan Payment IF(YEAR(TIME)=2016, 0, 1) * IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1) *'Senior Loan'/'12Y 1'/1<<yr>>
13. Annual Loan Payment 1 IF(YEAR(TIME)=2016, 0, 1) * 'Junior Loan'/'12

Collection @ kmou

년 2'/1<<yr>>* IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1)

14. Annual Senior Interest IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1)*'Senior Loan Amount' * 'Senior Interest Rate'
15. Annual Voyage Day IF(YEAR(TIME)>=2017, 1, 0) * IF(YEAR(TIME) = 2021 OR YEAR(TIME) = 2026, 205, 212)/1<<yr>>
16. Bunker Cost ('USD Ton' * 'Annual Voyage Day' * '일일 연료 소모량_톤')
17. Bunker MAPE RUNSUM(ABS('Bunker 예측'-'Bunker Price')DIVZ0 'Bunker Price')/173 * 100<<%>>
18. Bunker Pr DB XLDATA("I:/논문/SD 모델/./유가 운임.xlsx", "Sheet1", "R2C4:R163C4")
19. Bunker Price GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Bunker Pr DB')
20. Bunker Price Constant 16.69452410146
21. Bunker Price DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/./연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C2:R31C2")
22. Bunker Price Forecast IF(YEAR(TIME)<2004, 'Oil Price Forecast'*'Oil Price Forecast Coefficient'+'Bunker Price Constant', 'Oil Price Forecast'*'Oil Price Forecast Coefficient'+'Freight Rate Forecast'*'Freight Rate Forecast Coefficient'+'Bunker Price Constant') //'Oil Production Consumtion Ratio'*Constant_1+Constant_3
23. Bunker Price Forecast Error RUNSUM(ABS('Bunker Price Forecast'-'Bunker Price Per Year'))
24. Bunker Price Per Year IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Bunker Price DB')
25. Bunker Price 예측에러 RUNSUM(ABS('Bunker 예측'-'Bunker Price'))
26. Bunker 예측유가*유가계수+운임*운임계수+벙커상수
27. Cargo Day IF(YEAR(TIME)>=2017, 1, 0) * IF(YEAR(TIME) = 2021 OR YEAR(TIME) = 2026, 329/336, 1)/1<<yr>>
28. Cargo_Cost 'Cargo Day'*IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'CargoCost data'*(1+NUMBER('Annual Increase'))^((YEAR(TIME))-2016)

Collection @ kmou

29. CargoCost data 6618192
30. Crew Cost 982164
31. Crew_Cost IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Crew Cost' *(1+NUMBER(0.023))^((YEAR(TIME))-2016)
32. Daily Income IF(YEAR(TIME)>=2030, 0,1)* IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Daily Income per Ship USD 2016' *(1+NUMBER('Annual Increase'))^(IF(YEAR(TIME)>2021, 2021, YEAR(TIME))-2016)
33. Daily Income per Ship USD 2016 48743
34. Daily_Income IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Daily Income per Ship USD 2016' * (1+NUMBER('Annual Increase'))^(IF(YEAR(TIME)>2021, 2021, YEAR(TIME))-2016+1)
35. Demand Supply Coefficient 67.26268117128
36. Demand Supply Coefficient 1 67.26268117128
37. Demand Supply Ratio 'Trade Vol'DIVZ0 Fleet
38. Demand Supply Ratio 1 'Trade Vol1'DIVZ0 'Fleet 1'
39. Dry Dock Cost IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *IF(YEAR(TIME)=2021, 'Dry Dock Cost_2021', IF(YEAR(TIME)=2026, 390000,0))
40. Dry Dock Cost_2021 270000
41. Economy Growth Rate 2.8<<%>>
42. Equity IF(YEAR(TIME)=2016 AND MONTH(TIME)=1,1, 0) *'Shipbuilding Cost USD' * 'Equity Ratio'/1<<yr>>
43. Equity Ratio0.25
44. Exchange Rate GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Exchange Rate DB')
45. Exchange Rate 1 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Exchange Rate DB 1')
46. Exchange Rate Coefficient 3.817178655399
47. Exchange Rate Coefficient 1 0.04877942849128
48. Exchange Rate Coefficient 2 0.01116710239305
49. Exchange Rate DB XLDATA("F:/2 - 선박투자/../논문/SD 모델/연료유모델/연료

Collection @ kmou

유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R2C6:R45C6")

50. Exchange Rate DB 1 XLDATA("F:/2 - 선박투자/../논문/SD 모델/연료유 모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R2C6:R45C6")
51. Fee IF(YEAR(TIME)=2016 AND MONTH(TIME)=1,1, 0) *IF(YEAR(TIME)=2016,222000,0)
52. Feright Rate Forecast Error RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast'-Freight))
53. Feright Rate Forecast Error 1 RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast 1'-'Freight 1'))
54. Fixed Cost (Crew_Cost + 'Ship Management_Cost' + Insurance_Cost + 'Dry Dock Cost')
55. Fleet GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Fleet DB')
56. Fleet 1 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Fleet DB 1')
57. Fleet DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R12C8:R45C8")
58. Fleet DB 1 XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R12C8:R45C8")
59. Freight IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Freight DB')
60. Freight 1 IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Freight DB 1')
61. Freight 1 Coefficient 0.002588937818754
62. Freight DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C9:R31C9")
63. Freight DB 1 XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C9:R31C9")
64. Freight Rate 2 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Freight Rate DB1')
65. Freight Rate DB1 XLDATA("F:/논문/SD 모델/./중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xlsx", "Sheet1", "R12C5:R31C5")
66. Freight Rate Forecast IF(YEAR(TIME)<2003, 0, 1)*('GDP accum'*'GDP accum Coefficient'+'Demand Supply Ratio'*'Demand Supply

Collection @ kmou

Coefficient'+'Freight Rate Forecast Constant')

67. Freight Rate Forecast 1 IF(YEAR(TIME)<2003, 0, 1)*('GDP accum1'*'GDP accum Coefficient 1'+'Demand Supply Ratio 1'*'Demand Supply Coefficient 1'+'Freight Rate Forecast Constant 1')
68. Freight Rate Forecast Coefficient 0.08178665079953
69. Freight Rate Forecast Constant 719.9093032224
70. Freight Rate Forecast Constant 1 719.9093032224
71. GDP (GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'GDP DB'))
72. GDP accum RUNSUM(GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'GDP DB'))
73. GDP accum Coefficient 0.513450908493
74. GDP accum Coefficient 1 0.513450908493
75. GDP accum1 RUNSUM(GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'GDP DB1'))
76. GDP CoEfficient 1.188635191929
77. GDP Coefficient 1 747.892317055
78. GDP Coefficient for Second hand vessel 1
79. GDP DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R2C5:R45C5")
80. GDP DB1 XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R2C5:R45C5")
81. GDP Effect on Second Hand Vessel 3
82. GDP1 (GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'GDP DB1'))
83. Guarantee Premium IF(YEAR(TIME)=2016 AND MONTH(TIME)=1,1, 0) *IF(YEAR(TIME)=2016,52440, 0)
84. Insurance Cost 149590
85. Insurance_Cost IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Insurance Cost'*(1+NUMBER(0.018))^((YEAR(TIME))-2016)
86. IRR Value IRR({-7865130, 1186534.907, 1439722.94, 1698582.325, 1963276.177, 1837670.763, 1969630.158, 1696486.409, 1414299.302, 1122820.447, 331397.1314, 510959.5124, 190045.6588, 15383776.11 })

Collection @ kmou

87. Junior Annual Loan Payment IF(YEAR(TIME)>2028, 0, 1) * 'Junior Loan Amount' * 'Junior Interest Rate'
88. Junior Interest Rate 0.0364/1<<yr>>
89. Junior Loan 'Shipbuilding Cost USD' * 'Junior Loan Ratio'
90. Junior Loan Amount 'Junior Loan'
91. Junior Loan Amount.Annual Loan Payment 1.out 'Annual Loan Payment 1'
92. Junior Loan Paymnet 0
93. Junior Loan Paymnet.Annual Loan Payment 1.in 'Annual Loan Payment 1'
94. Junior Loan Ratio 0.1
95. MAPE of Bunker Price Forecast RUNSUM(ABS('Bunker Price Forecast'-'Bunker Price Per Year') DIVZ0 'Bunker Price Per Year')/26 * 100<<%>>
96. MAPE of Freight Forecast RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast'-Freight)DIVZ0 Freight)/13 * 100<<%>>
97. MAPE of Freight Forecast 1 RUNSUM(ABS('Freight Rate Forecast 1'-'Freight 1')DIVZ0 'Freight 1')/13 * 100<<%>>
98. MAPE of Oil Consumption Forecast RUNSUM(ABS('Oil Consumption Forecast'-'Oil Cons')DIVZ0 'Oil Cons')/26 * 100<<%>>
99. MAPE of Oil Price ForecastRUNSUM(ABS('Oil Price Forecast'-'Oil Price') DIVZ0 'Oil Price')/26 * 100<<%>>
100. MAPE of Oil Production RUNSUM(ABS('Oil Production Forecast'-'Oil Production Vol')DIVZ0 'Oil Production Vol')/26 * 100<<%>>
101. MAPE of Order Forecast RUNSUM(ABS('Orderbook Forecast'-'Orderbook Data') DIVZ0 'Orderbook Data')/20 * 100<<%>>
102. MAPE of Second Forecast RUNSUM(ABS('12Y Second Vessel Price'-'12Y Second Vessel Price Forecast') DIVZ0 '12Y Second Vessel Price')/11 * 100<<%>>
103. NB Price GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'NB Price DB'[11..21])

Collection @ kmou

104. NB Price CoEfficent 0.9959807910808
105. NB Price DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xlsx", "Sheet1", "R2C9:R45C9")
106. NPV ValueIF(YEAR(TIME)=2030, 0, 1) * NPV('Yearly Net Cash Flow', 'Yearly Discounted Factror'/1<<yr>>)
107. Oil Production Consumtion Ratio 'Oil Consumption' DIVZ0 IF(YEAR(TIME)<2016, 'Oil Production Vol', 'Oil Production Forecast')
108. Oil Cons IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Oil Cons DB')
109. Oil Cons DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C3:R45C3")
110. Oil Consumption 'Oil Consumption Forecast'
111. Oil Consumption Coefficient 47.67142587099
112. Oil Consumption Constant 247.0452402346
113. Oil Consumption Forecast 'Exchange Rate'*'Exchange Rate Coefficient 1'+'GDP accum'*'GDP Coefficient 1'+'Oil Consumption Constant'
114. Oil Consumption Forecast Error RUNSUM(ABS('Oil Consumption Forecast'-'Oil Cons'))
115. Oil Price GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Oil Price DB')
116. Oil Price Coefficient 0.9327001341234
117. Oil Price Constant 0.3226946750848
118. Oil Price DB XLDATA("I:/논문/SD 모델/./연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C10:R31C10")
119. Oil Price Forecast 'Oil Price'*'Oil Price Coefficient'+'Oil Production Consumtion Ratio'*'Oil Ratio Coefficient'+'Oil Price Constant'
120. Oil Price Forecast Coefficient 4.223350463199
121. Oil Price Forecast Error RUNSUM(ABS('Oil Price Forecast' - 'Oil Production Consumtion Ratio'))
122. Oil Production Constant 0.03207815747037
123. Oil Production DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C4:R31C4")

Collection @ kmou

124. Oil Production Forecast 'Oil Consumption'*'Oil Production Constant'+ 'Oil Consumption Coefficient' +'Exchange Rate'* 'Exchange Rate Coefficient 2'
125. Oil Production Forecast error RUNSUM(ABS('Oil Production Vol' - 'Oil Production Forecast'))
126. Oil Production Vol IF(YEAR(TIME)>2015, NAN, 1) * GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Oil Production DB')
127. Oil Ratio Coefficient 0.3584319428783
128. Operating Cost ('Bunker Cost' + Cargo_Cost+ 'Port Cost' + 'Other Cost')
129. Orderbook Data (GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Orderbook DB'))/1000
130. Orderbook DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/./중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xlsx", "Sheet1", "R12C9:R31C9")
131. Orderbook Fleet Ratio 'Fleet 1' DIVZ0 'Orderbook Forecast'
132. Orderbook Forecast 'Freight Rate 2'/1000*'Freight 1 Coefficient'+'Exchange Rate 1'/1000*'Exchange Rate Coefficient'+GDP1*'GDP CoEfficient'+'NB Price'/1000*'NB Price CoEfficent'+Ribor*'Ribor Coefficient' + 'Orderbook Forecast Constant'
133. Orderbook Forecast Constant 2.873969854517
134. Orderbook Forecast Error RUNSUM(ABS('Orderbook Forecast'-'Orderbook Data'))
135. Other CostIF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *1474368*(1+NUMBER('Annual Increase'))^((YEAR(TIME))-2016)/1<<yr>>
136. Port Cost 'Cargo Day'*IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Port Cost Data'*(1+NUMBER('Annual Increase'))^((YEAR(TIME))-2016)
137. Port Cost Data 696528
138. Reliability - Copy (1-'Bunker MAPE')*100%
139. Reliability Freight Forecast (1-'MAPE of Freight Forecast')*100%
140. Reliability Freight Forecast 1 (1-'MAPE of Freight Forecast 1')*100%
141. Reliability of Bunker Price Forecast (1-'MAPE of Bunker Price

Collection @ kmou

Forecast')*100%

142. Reliability Oil Consumption (1-'MAPE of Oil Consumption Forecast')*100%
143. Reliability Oil Price Forecast (1-'MAPE of Oil Price Forecast')*100%
144. Reliability Oil production (1-'MAPE of Oil Production')*100%
145. Reliability Orderforecast (1-'MAPE of Order Forecast')*100%
146. Reliability Secondhand Forecast (1-'MAPE of Second Forecast')*100%
147. Ribor GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1, 'Ribor DB')
148. Ribor Coefficient 0.1027435839531
149. Ribor DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/./중고선가 모델/중고선가 모델 데이터.xlsx", "Sheet1", "R12C6:R31C6")
150. Senior Interese 0
151. Senior Interese.Annual Senior Interest.in 'Annual Senior Interest'
152. Senior Interest Rate 0.0329/1<<yr>>
153. Senior Loan 'Shipbuilding Cost USD' * 'Senior Loan Ratio'
154. Senior Loan Amount 'Senior Loan'
155. Senior Loan Amount.Annual Loan Payment.out 'Annual Loan Payment'
156. Senior Loan Payment 0
157. Senior Loan Payment.Annual Loan Payment.in 'Annual Loan Payment'
158. Senior Loan Ratio 0.65
159. Ship Management Cost 431287
160. Ship Management_Cost IF(YEAR(TIME)>2016,1,0) *'Ship Management Cost'*(1+NUMBER(0.023))^((YEAR(TIME))-2016)
161. Shipbuilding Cost USD 27600000
162. Shipbuilding Year 2
163. SnP Income IF(YEAR(TIME)=2029, 1, 0) * ('Shipbuilding Cost USD'-(('Shipbuilding Cost USD'/24) * 12))
164. Total Annual Finacing Cost Equity+('Annual Senior Interest' + 'Annual Loan Payment'+'Junior Annual Loan Payment' + 'Annual Loan Payment 1')+('Guarantee Premium'+Fee)/1<<yr>>
165. Total Junior Interest 0
166. Total Junior Interest.Junior Annual Loan Payment.in 'Junior Annual

Collection @ kmou

Loan Payment'

167. Trade Vol GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Trade Vol DB')
168. Trade Vol DB XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C7:R45C7")
169. Trade Vol DB - 1 XLDATA("F:/논문/SD 모델/연료유모델/연료유 모델 1.xlsx", "Sheet1", "R6C7:R45C7")
170. Trade Vol1 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,'Trade Vol DB - 1')
171. USD Ton 'Bunker Price Forecast' //397
172. Vessel Price Error RUNSUM(ABS('12Y Second Vessel Price Forecast'-'12Y Second Vessel Price'))
173. Voyage Days IF(YEAR(TIME)>=2017, 1, 0) * IF(YEAR(TIME) = 2021 OR YEAR(TIME) = 2026, 329, 336)/1<<yr>>
174. Yearly Cost IF(YEAR(TIME)=2030, 0, 1) *('Fixed Cost'/1<<yr>> + 'Operating Cost' + 'Total Annual Finacing Cost')
175. Yearly Discounted Factror 0.0623
176. Yearly Income IF(YEAR(TIME)=2030, 0, 1) *Daily_Income * 'Voyage Days' + 'SnP Income'/1<<yr>>
177. Yearly Net Cash Flow 'Yearly Income' - 'Yearly Cost'
178. 단위 변환 검토 1
179. 벙커상수 1
180. 운임 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,운임DB)
181. 운임DB XLDATA("I:/논문/SD 모델/./유가 운임.xlsx", "Sheet1", "R2C2:R174C2")
182. 운임계수 1
183. 유가 GRAPH((TIME-STARTTIME)/1<<yr>>, 0, 1,유가DB)
184. 유가DB XLDATA("I:/논문/SD 모델/./유가 운임.xlsx", "Sheet1", "R2C2:R174C2")
185. 유가계수 1
186. 일일 연료 소모량_톤 36.5

Collection @ kmou

Collection @ kmou