

# 유전자 알고리즘을 이용한 수출기업 독점력이 최적수출생산량에 미치는 영향 분석\*

송정석\*<sup>†</sup> · 박유진\*\*

\*중앙대학교 상경학부 무역학과

\*\*중앙대학교 상경학부 경영학과

## Analysis of Influence of Monopoly Power on Optimal Export Level Using Genetic Algorithm

Jeongseok Song\*<sup>†</sup> · You-Jin Park\*\*

\*Department of International Trade, College of Social Sciences, Chung-Ang University

\*\*Department of Business Administration, College of Social Sciences, Chung-Ang University

This paper considers how the optimal export level is influenced by export risk, the degree of risk-averseness for exporting firms, and those firms' cost structure. In addition, export insurance is incorporated into some simple theoretical model to analyze the optimal export level. This paper applies genetic algorithm simulation to show that the exporting firms' risk-averseness do not affect the optimal export decision while export risk and cost function characteristic have relatively more significant effects on the optimal export level. Finally, our findings suggest that the most influential factor for the optimal export levels seems to be the monopoly power of exporting firms.

**Keywords :** Optimal Export Level, Export Risk, Export Insurance, Risk-Averseness, Cost Structure, Monopoly Power, Genetic Algorithm

### 1. 서 론

1990년대 이후 다자간 무역자유화 추진과 FTA 확산 등으로 교역환경에 있어서의 불확실성은 갈수록 커지고 있는 가운데 수출 관련 리스크 관리 문제는 수출중사업체와 통상정책 결정자들에게 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 수출보험은 수출업자 혹은 수출업자에게 자금을 제공한 수출금융기관이 수입업자의 도산, 수입국가의 정치적 위험 및 신용위험 등 각종 수출 관련 리스크로 인해 수출대금을 회수하지 못해 입는 손실에 대비

한 보험이다. 한편, WTO 출범 이후 보다 엄격해진 수출 지원책에 대한 규제 속에서도 예외적으로 수출보험은 WTO의 보조금 금지 규정의 적용을 받지 않아 많은 나라들이 자국의 수출촉진을 위해 수출보험을 이용하고 있는 실정이다. 실제로 일본의 NEXI(Nippon Export Insurance), 영국의 EGCD(Export Credits Guarantee Department), 미국의 EXIM Bank(Export-Import Bank)의 수출보험 기관이 활발한 활동을 하고 있으며, 개도국의 경우 1950년대 기간 중 남아프리카공화국, 인도, 1960년대에 아르헨티나, 브라질, 홍콩, 파키스탄, 1970년대에는 말레이시아, 대만,

논문접수일 : 2009년 02월 04일    논문수정일 : 2009년 03월 23일    게재확정일 : 2009년 04월 02일

<sup>†</sup> 교신저자 jssong@cau.ac.kr

※ 이 논문은 2008년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

베네수엘라, 그리고 보다 최근인 1980년대에 이집트, 인도네시아, 터키 등이 수출보험 기관을 설립하였다. 대부분의 수출보험은 공적(公的) 수출보험의 성격이 강하며, 이는 앞서 언급한 수출지원보조금 수단으로써의 수출보험의 성격에 기인한 측면이 크기 때문이다. 한국의 경우 1992년 발족한 수출보험공사가 수출보험 업무를 관장하고 있으며, 2006년 인수규모 기준으로 세계 4위를 기록하고 있다. 한국수출보험공사는 규모에서 뿐만 아니라 수출보험 적용대상에 따라 다양한 수출보험 품목을 운영하고 있다(송정석, 2008).

현실적으로 수출보험의 역할과 비중이 빠르게 성장하고 있는 반면, 수출보험에 관한 연구는 관세제도나 쿼터 등 다른 수출입 관련 통상정책 및 시스템에 비해 상대적으로 부족한 편이다. 예외적으로 수출보험을 주제로 한 선행연구는 다음과 같다. Abraham and Dewitt(2000)은 수출보험 인수 증가와 수출보험료 할인을 통한 수출규모 증대효과는 수출기업이 수출대상국의 시장에서 독점적 경쟁관계에 직면할수록 더 커질 것이라고 주장했다. 또한 Dewitt(2001)은 수출업자의 교역상대국 시장에서의 독점적 위치를 가정하고, 수출보험 인수, 수출보험료 인하를 통한 보조금 성격의 지원, 그리고 수출 관련 리스크가 수출규모에 미치는 영향을 이론적으로 설명하였다. 한편, 박유진, 송정석(2008)은 수출기업의 독점력이 수출기업의 생산량 및 수출보험 가입비중에 미치는 영향을 이론적으로 고찰하였다. 즉 수출기업의 최적 수출보험수요는 일반적으로 예상한 수준을 증가하는 것으로 나타났고, 그러한 수출보험수요는 한계생산비용이 일정한 기업보다 생산량에 비례하는 한계생산비용 구조를 갖는 기업에서 더 높다는 결과를 도출하였다. 또한 위험회피적인 독점적 기업의 행태에 대한 순수 이론적 연구는 Kaniovski(2003)에서 고려되었다.

한편 수출보험이 수출에 미치는 영향에 관한 국내 실증연구로는, 김희국(1998), 박현희(1999), 이은재(2004), 이시영, 양지환, 전성희(2001) 등의 선행연구가 있다. 김희국(1998)의 경우 자기상관벡터추정 기법을 이용하여 수출보험이 수출에 미치는 영향을 분석하였으며, 박현희(1999)와 박현희(2000)는 수출보험과 수출 간 관계에 대한 시계열 분석을 적용했으며, 이시영, 양지환, 전성희(2001)의 경우 1990년부터 1997년까지 기간의 패널데이터를 이용하여 수출보험과 수출규모 간의 관계를 추정하였다. 한편 Ma(2006)는 보조금 성격의 수출보험이 수출에 미치는 영향을 분석하기 위해 일본의 경우에 공적분 기법을 적용하여 고찰하였으며, 일본의 수출보험은 일본의 수출과 연관성이 없다는 실증분석 결과를 도출하였다. 그러나 이상의 실증연구들은 수출보험 관련 데이터를 이용한 회귀분석에 입각하고 있으면, 이론적 모

형에 대한 고려가 부족한 실정이다. 본 연구는 이론적 모형에 기초한 시뮬레이션 결과를 통해 수출기업의 독점 정도 등에 따라 수출보험 관련 변수들이 어떠한 추이를 보이는지를 살펴보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 수출보험의 기본모형에 대해 논의하고, 이러한 수출보험의 경제학적 모형을 분석한 시뮬레이션 모형을 소개한 뒤, 제 3장에서는 시뮬레이션 결과로부터 수출업체의 수출보험 이용에 대한 경제적 함의를 도출하기로 한다. 끝으로 제 4장에서는 본 논문의 주요 연구결과 및 시사점을 요약한 뒤 향후 연구 과제를 제시한다.

## 2. 이론모형의 소개

본 논문에서는 박유진, 송정석(2008)에서와 마찬가지로 Dewitt(2001)의 이론적 모형을 고려하고 있다. Dewitt(2001)은 독점적 수출기업에 있어서 수출보험 인수, 수출보험료, 그리고 수출 관련 리스크가 수출규모에 미치는 영향을 이론적으로 분석하였다. Dewitt(2001)은 교역상대국 시장에서 독점적 지위를 갖는 수출기업의 이윤극대화 모형을 통해 수출보험 인수의 증가, 수출보험료의 감소, 수출대상국으로의 수출에 대한 기대 손실이 작을수록 수출규모가 증가할 가능성을 다음과 같은 모형을 통해 제시하였다.

$$\max_{x, \bar{\gamma}} E\Pi - \left(\frac{\beta}{2}\right) var(\Pi)$$

$E\Pi$ 는 기대이윤,  $var(\Pi)$ 는 이윤의 분산을 의미하며,  $x$ 는 수출기업의 수출생산량을 나타낸다.  $\beta$ 는 0보다 큰 숫자로 리스크 회피의 정도를 나타내며,  $\beta$ 값이 클수록 수출기업의 리스크 회피 정도가 강해짐을 의미한다. 기대이윤과 이윤의 분산은 각각 다음과 같이 정의된다.

$$E\Pi = [1 - E\lambda + (E\lambda - r)\bar{\gamma}]R(x) - cx$$

$$var(\Pi) = (1 - \bar{\gamma})^2 R(x)^2 v^2$$

Dewitt(2001)은 수출기업이 수출보험 가입비중인  $\bar{\gamma}$ 를 선택하는 것이 아니라, 외생적으로 주어진 것으로 가정하였다. 이러한 Dewitt(2001)의 가정과 달리 본 연구에서는 수출기업이 수출보험 가입비중을 선택할 수 있다고 가정한다. 한편  $r$ 은 수출기업이 지불하는 수출보험료를 나타낸다. 또한  $E\lambda$ 와  $v$ 는 각각 수출위험 확률변수의 기댓값과 분산을 나타내며, Dewitt(2001)은  $(E\lambda - r)$ 이 0보다 크거나 같다고 가정한다. 만약,  $(E\lambda - r)$ 이 0과 같다

면,  $EII = (1 - E\lambda)R(x) - cx$ 의 형태와 같은 기대이윤 함수를 갖게 되고, 따라서 수출대금 미회수에 따른 리스크 부분은 사라지게 되며, 이 경우 수출보험의 고려는 무의미해질 것이다.  $(E\lambda - r)$ 이 0과 같은 경우는 Funatsu(1986)에서 상세하게 논의되었다. 사실,  $(E\lambda - r)$ 의 크기는 수출기업의 수출보험에 대한 수요에 매우 중요한 영향을 미칠 것이다. 그러나  $(E\lambda - r)$ 의 값은 정책적인 측면이 강하다. 그 이유는 수출보험은 대부분의 상업보험과 달리 공적 기관에서 수행되고 있으며, 보험시장 수급에 따른 경제적 원리보다는 정부의 수출 관련 정책 방향 등이 수출보험공사가 운영하는 수출보험료  $r$ 에 영향을 미칠 가능성이 높기 때문이다.

한 가지 주목할 점은 Dewitt(2001)의 모형에서는 수출 손실이 실제로 발생할 경우 수출기업에게 지급되는 수출보험지급액은 명시적으로 고려되지 않고 있다는 사실이다. 추가로 Dewitt(2001)는 수출기업의 매출을 나타내는 함수  $R(x)$ 가  $\frac{dR(x)}{dx} > 0$ 과  $\frac{d^2R(x)}{dx^2} < 0$ 의 조건을 만족한다고 가정하였다. 수출기업의 매출함수  $R(x)$ 는  $R(x) = p(x) \cdot x$ 로 정의된다. 즉, 수출기업의 생산량  $x$ 에 해당 생산량에 대한 가격을 나타내는 수요함수  $p(x)$ 를 곱한 것이고 수요함수  $p(x)$ 는 선형함수인  $p(x) = a - bx$ 로 정의된다. 이 때  $a$ 와  $b$ 는 모두 0보다 크며, 특히  $b$ 가 0보다 크다는 것은 소비자가 수요하는 생산량  $x$ 와 가격  $p(x)$ 가 반비례하는 수요곡선의 속성을 반영한다.  $R(x)$ 에 대한 이러한 조건들은 수출기업이 처하는 수요곡선이 우하향하며, 따라서 수출기업의 공급량이 가격에 영향을 미침을 의미한다. 이러한 가정들 하에서 Dewitt(2001)는 다음과 같은 결론을 암묵적으로 제시한다. 즉 첫째,  $\left(\frac{dx^*}{d\gamma}\right) > 0$  즉 수출보험 인수규모가 증가하면 독점적 수출기업이 선택하는 수출생산량이 증가하며, 둘째,  $\left(\frac{dx^*}{dr}\right) < 0$ 로부터 수출보험료 인하 역시 기업이 선택하는 수출생산량 증대를 가져오고, 끝으로  $\left(\frac{dx^*}{dE\lambda}\right) < 0$ 을 통해 수출리스크 증가는 기업의 수출생산량 감소 요인일 가능성을 제시하였다. 그러나 이러한 결론들은 앞서 언급한 대로 수출기업이 해당 수출대상국 시장에서 독점적 위치에 있다는 가정 하에 성립한다. 만약 극단적으로 수출기업이 수출대상국 시장에서 완전경쟁기업이라면 수출보험 인수규모나 수출보험료, 그리고 수출리스크와 상관없이 주어진 가격에 상응하는 수출생산량을 선택할 수밖에 없을 것이다. 이러한 맥락에서 본 논문은 다양한 경우 하에서 수출기업의 독점력 정도가 변할 때 수출기업의 최적 수출보험 이용규모와 최적 수출생산량이 어

떠한 추이를 보이는지를 시뮬레이션 기법을 이용하여 살펴보고자 한다. 시뮬레이션 기법에서 전제하고 있는 가정과 시뮬레이션에 대한 기술적 논의는 본 장의 다음 절에서 언급하기로 한다.

### 3. 유전자 알고리즘

본 연구에서는 Dewitt(2001)의 이론적 모형을 고려하였고, 최적화 기법 중에 하나인 유전자 알고리즘을 적용하여 수출기업의 독점 정도 등의 변화에 따른 최적의 수출생산량( $x$ )과 최적의 수출보험 가입비중( $\bar{\gamma}$ )을 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 즉, Dewitt(2001)이 제시한 이론적 모형을 목적함수로 하고 이를 최대화시키는 최적의  $x$ 와  $\bar{\gamma}$ 을 탐색적인 방법으로 구하고자 한다.

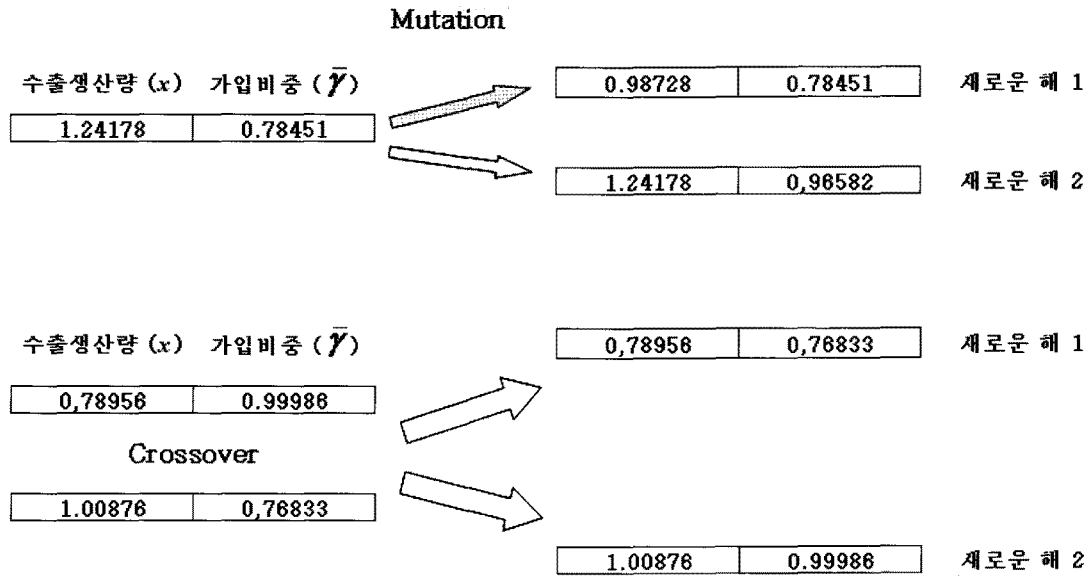
일반적으로 목적함수(Objective function)와 결정변수(Decision variable)에 대한 제약조건 또는 제약함수(Constraints)로 구성되어 있는 최적화문제는 특정의 집합 위에서 정의된 실수 값, 함수, 정수에 대해 그 값이 최대 또는 최소가 되는 상태를 찾는 문제이다. 대표적인 최적화문제로는 선형계획법(Linear Programming)이 있는데 이것은 주어진 선형조건들을 만족시키면서 선형인 목적함수를 최적화하는 문제이다. 이와 같은 최적화 문제들에 대해서는 수학적으로 해답을 구하는 알고리즘에 관하여 많은 연구가 진행되었다. 특히 최적화이론과 그 해법들은 유럽과 미국에서 여러 분야의 학자들에 의해 많이 연구돼 왔으며 여러 조직에 적극적으로 활용되기 시작하여 생활에 많은 변화를 가져왔다. 그러나 최적화기법을 체계적인 접근방법으로 이용하여 의사결정을 하기는 쉬운 일이 아니며 또한 그 결정의 질을 평가하기도 무척 어려운 일이다. 그리고 풀이과정이 길고 경우의 수가 많아 아예 답을 구할 수 없거나 문제를 푸는 방법이 아직 없는 경우가 많이 있다. 이러한 때에 적용할 수 있는 알고리즘이 있는데 이것이 바로 휴리스틱(Heuristic) 알고리즘이다. 일반적으로 휴리스틱 알고리즘은 계산을 하다가 어느 정도의 시간이 흐르면 계산을 멈추고 최선의 방법을 선택하는 방식으로 돼 있다. 즉, 다양한 변수가 고려된 상황 하에서의 의사결정은 현실적으로 정보의 양과 시간의 제약으로 실무상 실현 가능한 해답이 필요한데 이것을 가능하게 방법이 바로 휴리스틱 접근법이라고 할 수 있다. 따라서 휴리스틱 기법을 통해서 경험이나 직관을 사용하거나 노력을 기울여 시행착오를 거쳐 충분히 효율적인 해답이나 지식을 얻게 된다. 대표적인 휴리스틱 기법들에는 Genetic algorithm, Branch-and-bound algorithm, Simulated annealing algorithm, Tabu search가 있다. 이들 기법들은 각기 다른 특성이 있지만, 개념과 이

론이 단순하고 해공간(Solution domain)의 탐색능력이 우수하여 공학, 자연과학뿐만 아니라 경영학, 사회과학 등의 최적화 분야 또는 의사결정분야에 응용 가능하다는 특징이 있다.

이 중 유전자 알고리즘(Genetic algorithm)은 생물학에서의 기본적인 원리인 진화와 유전의 개념을 모방하여 컴퓨터상에서 구현하여 실제 산업현장에서 발생하는 여러 복잡 다양한 문제를 푸는데 이용되는 확률적 탐색기법이다. 생물학에서처럼 유전자 염색체(Gene)들을 정의하고 이 염색체의 조합으로 만들어지는 새로운 개체(실제 문제에서는 Solution)들을 계속적으로 어떠한 Process를 거쳐 변형하여 좋은 염색체를 지닌 개체들을 반복적으로 생산한다. 즉, 세대를 거듭해 가면서 차례로 환경에 적응도가 높은 개체가 많아진다는 유전과 진화의 기본적인 원리를 바탕으로 하고 있는 것이 유전자 알고리즘이다. 유전자 알고리즘의 가장 큰 특징은 Tabu search, Simulated annealing과 같은 이웃해 탐색기법이 하나의 해를 운용하는데 반하여, 유전자 알고리즘은 복수 개의 잠재해들로 이루어진 해의 집단을 운용한다는 것이다. 즉, 유전자 알고리즘은 해집단에 대해 자연선택과 유전법칙의 메커니즘을 적용하여 세대를 진행시키면서 해공간을 탐색해 간다. 유전자 알고리즘은 풀고자 하는 문제에 대한 가능한 해들을 정해진 형태의 구조 즉, 염색체로 표현한 다음, 이들을 변형시킴으로써 점점 더 좋은 해들을 생성하게 된다. 이렇게 새로운 개체를 만들기 위해 개체들을 변형시키는 과정을 Artificial evolution 또는 Genetic operation이라고 하는데 대표적인 방법으로는 Mutation, Cloning, Crossover 등이 있다. 최적화문제를 푸는데 있어서는 이러한 Artificial evolution(또는 Genetic operation)방법을 적용하여 새로운 개체를 만들고 주어진 평가함수 또는 적합함수(Evaluation function or fitness function)를 평가하여 현재 가진 개체가 좋은 개체인지를 판단하며 최적 개체(Optimal solution)를 찾아나간다. 그러므로 유전자 알고리즘을 적용할 때에는 우수한 개체를 찾을 가능성을 높이고 또한 부분최적(Local optima)을 찾는 것을 막기 위해서 효율적인 Artificial evolution 방법을 개발하는 것이 매우 중요하다. 유전자 알고리즘은 위에서 제시한 다른 휴리스틱 기법들과 같이 부분최적을 찾거나 혹은 계산시간이 길어질 가능성이 여전히 존재지만, 그 개념과 이론이 단순하고 어떠한 확률적인 요소를 다양하게 고려하여 넓은 해공간을 탐색하므로 최적해를 찾는데 있어서는 다른 기법들에 비해 시간과 효율적인 측면에서 매우 우수하고 다양한 의사결정분야에 적용 가능하며 모형에 대한 유연성이 높아 제약 첨가나 목적함수의 변경이 용이하다는 장점을 갖는다. 그러나 유전자 알고리즘은 좋은 해의 이용능력과 해공간의 탐색능

력이 적절히 조화되어야 한다. 즉, 좋은 해의 이용만을 강조하면 조기수렴하여 부분 최적에 빠질 수 있고 해공간의 탐색만을 강조하면 임의 탐색에 가까워 좋은 해를 찾아가지 못하게 된다.

본 연구에서 다루고 있는 문제의 해공간은 매우 넓기 때문에 최적해를 찾는데 있어서 어려움이 있고 최적해를 찾는데 있어서도 풀이과정이 매우 길고 복잡하다. 이러한 복잡한 문제에 대한 최적해를 제시할 수 있는 방법 중 하나로써 의사결정분야에서 사용하고 있는 유전자 알고리즘을 사용할 수 있다. 유전자 알고리즘은 위에서 논한 바와 같이 확률적인 요소를 다양하게 고려하여 여러 개의 해를 동시에 효율적으로 이용하기 때문에 이러한 복잡한 문제를 다루는데 있어서는 매우 효과적이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 위에 설명한 유전자 알고리즘을 이용하여 수출기업의 매출을 나타내는 함수  $R(x)$ 의  $b$ 와 회피정도( $\beta$ )의 변화에 따른 수출기업의 최적수출생산량( $x$ )과 최적수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )을 구하고자 한다. 여기서 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 는 Dewitt (2001)에서 가정한 것처럼 (0, 1) 사이에 존재하는 Uniform 분포로 가정하였다. 확률변수  $\lambda$ 의 분포를 Uniform 분포로 가정한 이유는 평균과 분산이 확률변수의 두 가지 파라미터 값에 의해 쉽게 구해지는 특성을 가지고 있기 때문이다. 또한,  $\lambda$ 의 분포를 이항분포 또는 정규분포로 가정하여 시뮬레이션을 실시할 수도 있지만, 경제적인 함의에는 큰 변화가 없으므로 Uniform 분포로 가정하였다. 수출기업이 지불하는 수출보험료를 나타내는  $r$ 값은 Uniform 분포의 평균보다 '-1' 작게 가정하였으며  $R(x)$ 의  $a$ 는 1로,  $c$ 는 1로 가정하였다. 수출생산량의 경우, 기대이윤이 0보다 작으면 수출기업은 생산활동을 중단할 것이므로 이 값을 0보다 작은 값으로 지정하면 경제적인 분석은 무의미하다고 할 수 있다. 따라서 수출생산량을 0보다 큰 기대이윤을 얻을 수 있도록 초기값을 정하였다. 수출보험가입비중의 경우, 현실적으로 대부분의 수출기업들이 가입하고 있으므로 90% 이상의 가입비율을 반영하기 위해 0.9(90%)와 1(100%) 사이의 값을 초기 값으로 사용하였다. 또한, 본 논문에서는  $cx$ 과  $cx^2$ 의 두 가지 비용함수(Cost function)들을 고려하였다. 이 두 가지 비용함수는 각각 한계생산비용이 일정한 경우와 한계생산비용이 체증하는 경우의 대표적인 미시경제학적 비용함수라고 할 수 있으므로 본 논문에서 고려하였다. 이와 다른 형태의 비용함수를 고려하는 것은 기술적으로 가능하지만, 본 연구에서 고려하는 두 가지 비용함수로 한계생산비용이 일정한 경우와 체증하는 경우의 특성을 충분히 대변한다고 할 수 있으므로 다른 비용함수를 고려하지 않았다. 이러한 가정 하에 새로운 해 즉,  $x$ 와  $\bar{\gamma}$ 의 조합들을 만들기 위해



<그림 1> Mutation operation과 Crossover operation

Cloning, Mutation, Crossover와 같은 세 가지 Genetic operation을 사용하였고, 최초로 1000개의 Initial solution(Initial population)을 임의로 생성하여 1000번의 반복을 수행하여 각 Case에 대해 최적의 최적수출생산량( $x$ )과 최적수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )을 도출하였다. 본 연구에서는 실수 Encoding 방법을 사용하여 해를 표현하였는데 이는 다음과 같은 그림을 통해 나타낼 수 있다. 실수 Encoding 방법은 최적화문제에서 고려하고 있는 결정변수(Decision variable)의 값은 실제 사용하는 값으로 표기하는 방법이다. Mutation은 아래의 첫 번째 그림에 나와 있듯이 수출생산량( $x$ )의 값을 1.24178에서 0.98728로 바꾸거나 또는 수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )의 값을 0.78451을 0.96582로 바꾸는 작업이다. 반면, Crossover는 아래의 두 번째 그림과 같이 수출생산량( $x$ )과 수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )의 조합으로 만들어진 두 개의 해에서 수출생산량( $x$ ) 부분을 서로 바꾸어서 또 다른 새로운 두 개의 수출생산량( $x$ )과 수

출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )의 조합들을 만들어 내는 것이다. 즉, 위의 <그림 1>과 같이 수출생산량( $x$ )과 수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )을 Gene으로 가지는 한 개의 해를 Mutation을 통해 새로운 하나 또는 두 개의 해를 생산하고, 수출생산량과 수출보험가입비중을 Gene으로 가지는 두 개의 해를 Crossover를 통해 두 개의 새로운 해를 생성하여 이들을 평가하는 과정을 반복함으로써 최적의 수출생산량( $x$ )과 수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )을 찾아낸다. 그리고 본 연구에 적용되는 유전자 알고리즘의 적용순서는 아래의 표와 같다.

#### 4. 시뮬레이션 결과

수출기업이 처할 수 있는 다양한 경우를 고려하기 위해 다음과 같은 8가지 케이스를 설정하여 각각 시뮬레

Step 1	유전자 알고리즘에 사용되는 파라미터에 대한 정의를 함. 즉, 초기해의 수, 시뮬레이션 반복수, Cloning 비율, Mutation 비율, Crossover 비율에 대한 정의를 한다. 본 연구에서는 1000개의 초기해를 생성시키고 1000번의 시뮬레이션 반복을 수행한다.
Step 2	2개의 결정변수 즉, 수출생산량( $x$ )과 수출보험가입비중( $\bar{\gamma}$ )으로 구성되는 1000개의 초기해를 생성한다.
Step 3	모든 초기해의 실현가능성을 검사한다.
Step 4	Step 3을 통과한 모든 초기해의 Performance를 평가한다. 여기서 Performance는 본 연구에서 고려하고 있는 Dewitt (2001)가 제시한 이론적 모형이다.
Step 5	현재의 최적해 (최대의 Performance를 가지게 하는 수출생산량과 수출보험 가입비중의 조합)를 구한다.
Step 6	Step 4에서 구한 Performance를 바탕으로 세 가지 Genetic operation (Cloning, Mutation, Crossover)을 수행한다. 여기서 Genetic operation 파라미터로 Cloning 비율, Mutation 비율, Crossover 비율은 각각 0.4, 0.4, 0.2로 정한다.
Step 7	정해진 반복수를 만족할 때까지 최적해를 갱신해나간다.

이션을 실행하였으며, 본 장에서는 그러한 시뮬레이션 결과를 중심으로 경제적 시사점을 논의하고자 한다. 8개 경우를 각각 소개하면 다음과 같다. 먼저, 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0, 0.5)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 한계생산비용이 생산량과 상관없이 일정하면서 단위당 한계생산비용  $c$ 가 1이며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.1인 경우이다. 두 번째 경우는 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0, 0.5) 사이에서 Uniform 분포를 따르며, 한계생산비용이 생산량과 상관없이 일정하면서 단위당 한계생산비용  $c$ 가 1이며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.9인 경우이다. 세 번째 경우는 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0, 0.5)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 생산량이 1단위 증가에 따라 한계생산비용은 1만큼 증가하며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.1인 경우이다. 네 번째 경우는 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0, 0.5)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 생산량이 1단위 증가에 따라 한계생산비용은 1만큼 증가하며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.9인 경우이다. 다섯 번째 경우는 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0.5, 1)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 한계생산비용이 생산량과 상관없이 일정하면서 단위당 한계생산비

용  $c$ 가 1이며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.1인 경우이다. 여섯 번째, 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0.5, 1)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 한계생산비용이 생산량과는 무관하게 일정하면서 단위당 한계생산비용  $c$ 가 1이며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.9인 경우이다. 일곱 번째, 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0.5, 1)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 생산량이 1단위 증가에 따라 한계생산비용은 1만큼 증가하며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.1인 경우이다. 끝으로, 여덟 번째 경우는 수출대금 미회수 리스크를 나타내는 확률변수  $\lambda$ 가 (0.5, 1)사이에서 Uniform 분포를 따르며, 생산량이 1단위 증가에 따라 한계생산비용은 1만큼 증가하며 수출기업의 위험회피도  $\beta$ 는 0.9인 경우이다.

먼저, 첫 번째 경우와 두 번째 경우의 시뮬레이션 결과는 <표 1>과 <표 2>에 각각 나타내었다. <표 1>과 <표 2>는 유사한 양상을 보이고 있다. 가장 주목할 만한 점은 독점정도를 나타내는 수요곡선 기울기  $b$ 의 크기가 커질수록 최적수출생산량은 감소한다는 사실이다. 이와는 달리 최적수출보험의 규모는 특정한 추이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

<표 1>과 <표 2>를 비교하면, 최적수출생산량과 최적

<표 1>  $\lambda$ 는 (0, 0.5) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.1$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	4.7243	0.9989	3.8865	7.79E-09	3.8865
0.2	2.3535	0.99946	1.944	4.74E-10	1.944
0.3	1.569	0.99741	1.2943	4.82E-09	1.2943
0.4	1.183	0.99852	0.97139	8.86E-10	0.97139
0.5	0.93921	0.99837	0.77703	6.87E-10	0.77703
0.6	0.78449	0.99946	0.64799	5.27E-11	0.64799
0.7	0.67319	0.99988	0.55557	2.01E-12	0.55557
0.8	0.58954	0.99963	0.48605	1.39E-11	0.48605
0.9	0.52359	0.99852	0.43173	1.75E-10	0.43173

<표 2>  $\lambda$ 는 (0, 0.5) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.9$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	4.7123	0.99658	3.8808	6.82E-07	3.8808
0.2	2.3494	0.99438	1.9376	4.59E-07	1.9376
0.3	1.5812	0.99941	1.2959	2.25E-09	1.2959
0.4	1.1769	0.99988	0.97224	5.20E-11	0.97224
0.5	0.94326	0.99774	0.77673	1.18E-08	0.77673
0.6	0.78539	0.99793	0.64736	6.91E-09	0.64736
0.7	0.67224	0.99946	0.55542	3.48E-10	0.55542
0.8	0.59043	0.99946	0.48599	2.67E-10	0.48599
0.9	0.52403	0.99569	0.43095	1.34E-08	0.43095

수출보험에 대해 <표 1>과 <표 2> 사이의 크기를 비교 하는데 있어서 명확한 패턴을 찾기가 쉽지 않다. 예를 들어, 독점력의 정도를 나타내는  $b$ 의 크기가 0.1, 0.2, 0.4, 0.7일 경우에는 <표 1>의 최적수출생산량이 <표 2>의 그것보다 크다. 반면,  $b$ 의 크기가 0.3과 0.4일 경우 <표 2>의 최적수출보험 이용규모가 <표 1>의 최적수출보험 이용규모를 능가하는 반면, 나머지 경우에는 <표 1>의 최적수출보험 이용규모가 <표 2>의 최적수출보험 이용규모보다 크다.

한편, <표 1>의 기대이윤은  $b$ 의 크기가 0.3, 0.4일 때 <표 2>보다 큰 것으로 나타났다. 반면, <표 1>과 <표 2>에 나타난 수출기업이 경험하는 수출손실의 분산인  $(\beta/2)var(\Pi)$ 는 거의 0에 가까우며, 따라서 기대이윤에서 수출손실 분산을 뺀 목적함수의 값은 기대이윤과 크게 다르지 않다. 이처럼 수출손실의 분산 즉,  $var(\Pi) = (1-\bar{\gamma})^2 R(x)^2 v^2$ 이 0에 가까운 값을 갖는 이유는 수출보험 가입 비중인  $\bar{\gamma}$ 의 값이 대부분의 경우 1에 가깝기 때문이다. 다시 말해, 수출보험 가입비중이 거의 100퍼센트에 가깝기 때문에 수출보험 손실에 따른 리스크를 나타내는 수출보험 손실의 분산은 거의 존재하지 않는 것과 마찬가지라고 볼 수 있다. 만약 본 연구의 기본모형에 새로

운 가정이 추가되어 그 가정으로 인해 수출보험 가입 비중이 매우 낮은 수준에서 결정된다고 한다면 수출손실의 분산은 상당히 커지게 되고, 기대이윤과 목적함수의 값 사이에 상당한 크기의 차이가 존재할 가능성이 발생한다.

위의 <표 3>은 앞서 <표 1>과, <표 4>는 앞서 <표 2>와 비용함수의 구조를 제외하고 동일하다. 즉, <표 1>과 <표 2>는 생산량  $x$ 에 대한 비용함수를  $cx$ 로 정의한 것과 달리 <표 3>과 <표 4>는  $cx^2$ 로 정의하고 있다. 본 연구에서는 수출독점력을 수출기업이 처한 수요함수의 기울기  $b$ 로 나타내고 있으며, 한계생산비용이 감소하는 독점기업에 대한 수출보험 분석은 그 자체로 흥미로운 결과를 초래할 것으로 사료된다. 특히 수출기업의 독점력이 커질수록 규모의 경제로 인한 비용함수 구조변화, 예를 들면 한계비용 증가에서 한계비용 감소로의 비용함수의 구조적 변화는 내생적인 비용함수에 해당하는데, 이는 다소 복잡한 분석이 불가피하나 흥미로운 이슈이며 향후 연구 과제로 남겨두기로 한다. 앞서 논의한 <표 1>, <표 2>와 마찬가지로 <표 3>과 <표 4>에서도 독점력 정도를 나타내는  $b$ 의 크기가 커짐에 따라 최적수출생산량은 현저히 감소하며, 수출보험 가입비중의 경우

<표 3>  $\lambda$ 는 (0, 0.5) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx^2$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.1$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	3.1643	0.99935	2.7826	2.07E-09	2.7826
0.2	1.9408	0.999	1.7002	1.48E-09	1.7002
0.3	1.4006	0.99966	1.2247	8.04E-11	1.2247
0.4	1.092	0.99914	0.9565	2.89E-10	0.9565
0.5	0.89661	0.99902	0.78477	2.42E-10	0.78477
0.6	0.76113	0.99829	0.66505	5.20E-10	0.66505
0.7	0.66089	0.99747	0.57693	8.41E-10	0.57693
0.8	0.5842	0.99852	0.50996	2.21E-10	0.50996
0.9	0.52243	0.9995	0.45695	2.00E-11	0.45695

<표 4>  $\lambda$ 는 (0, 0.5) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx^2$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.9$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	3.1807	0.99928	2.7825	2.30E-08	2.7825
0.2	1.946	0.99829	1.6994	3.87E-08	1.6994
0.3	1.3976	0.99998	1.225	2.16E-12	1.225
0.4	1.095	0.99532	0.95415	7.76E-08	0.95415
0.5	0.89732	0.99715	0.78385	1.87E-08	0.78385
0.6	0.76158	0.99867	0.66521	2.83E-09	0.66521
0.7	0.6597	0.99861	0.57734	2.27E-09	0.57734
0.8	0.58295	0.99837	0.50991	2.41E-09	0.50991
0.9	0.52288	0.99837	0.45664	1.91E-09	0.45664

규칙적인 추이를 보이지 않고 있다.

한 가지 주목할 점은 <표 3>과 <표 4>의 경우 최적수출생산량의 크기가 전반적으로 <표 1>과 <표 2>에 비해 낮다는 사실이다. 특히 독점정도가 낮은 경우 즉  $b$ 의 크기가 작을수록 <표 3>과 <표 4>의 최적수출생산량과 <표 1>과 <표 2>의 최적수출생산량 간의 차이는 더욱 커짐을 알 수 있다. 이처럼 독점정도가 낮을수록 <표 3>과 <표 4>의 최적수출생산량과 <표 1>과 <표 2>의 최적수출생산량 간의 차이가 더욱 커지는 것은 소위 스케일링 효과(scaling effect)일 수 있다. <표 3>과 <표 4>의 최적수출생산량과 <표 1>과 <표 2>의 최적수출생산량 간의 차이가 단순히 스케일링 효과일 가능성을 점검하기 위해 <표 3>에서  $b$ 의 크기가 0.1일 때 최적수출생산량과 <표 1>에서 역시  $b$ 의 크기가 0.1일 때 최적수출생산량 사이의 비율과 <표 3>에서  $b$ 의 크기가 0.9일 때 최적수출생산량과 <표 1>에서 역시  $b$ 의 크기가 0.9일 때 최적수출생산량 사이의 비율을 비교해보기로 하자. <표 3>에서  $b$ 의 크기가 0.1일 때 최적수출생산량 3.1643은 <표 1>에서 역시  $b$ 의 크기가 0.1일 때 최적수출생산량인 4.7243의 약 67퍼센트의 크기에 해당한다. 반면, <표 3>

에서  $b$ 의 크기가 0.9일 때 최적수출생산량 0.52243은 <표 1>에서  $b$ 의 크기가 0.9일 때 최적수출생산량 0.52359의 99.8퍼센트이다. 다시 말해,  $b$ 의 크기가 0.9일 때 <표 1>과 <표 3>의 최적수출생산량은 거의 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

우선 직관적으로 볼 때, 생산량에 상관없이 일정한 한계생산비용이 생산량 증가와 함께 증가하는 한계생산비용보다 기업에 더 유리하다. 이러한 맥락에서 한계생산비용이 생산량에 비례하는 <표 3>과 <표 4>의 최적수출생산량이 생산량과 상관없이 한계생산비용이 일정한 <표 1>과 <표 2>보다 더 낮음을 짐작할 수 있다. 하지만, 위에서도 언급한 바와 같이 이러한 한계생산비용 특성의 차이에 따른 최적수출 생산량의 차이는 독점력이 커질수록 작아지는 것으로 나타났다. 이는 독점력이 큰 수출기업의 경우 한계생산 비용 특성의 차이와 같은 여건으로부터 보다 더 자유롭다는 점을 암시한다. 반면, 독점력이 낮은 기업의 경우 한계생산비용이 일정한지 혹은 생산량에 비례하는지에 따라 수출기업이 선택하는 최적수출생산량이 매우 예민하게 반응한다고 할 수 있다. 한편, <표 3>과 <표 4>에서의 최적수출보험의 규모는 앞

<표 5>  $\lambda$ 는 (0.5, 1) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.1$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	4.5983	0.99994	2.6448	2.40E-11	2.6448
0.2	2.309	0.99994	1.3224	6.02E-12	1.3224
0.3	1.5367	0.99699	0.87917	6.48E-09	0.87917
0.4	1.152	0.99994	0.66121	1.50E-12	0.66121
0.5	0.92353	0.99953	0.52876	5.65E-11	0.52876
0.6	0.76638	0.99994	0.44081	6.68E-13	0.44081
0.7	0.6569	0.99793	0.37712	5.64E-10	0.37712
0.8	0.57932	0.99742	0.32981	6.68E-10	0.32981
0.9	0.51092	0.99994	0.29387	2.97E-13	0.29387

<표 6>  $\lambda$ 는 (0.5, 1) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.9$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	4.5907	0.99391	2.6299	2.14E-06	2.6299
0.2	2.2895	0.99829	1.3204	4.22E-08	1.3204
0.3	1.5341	0.99942	0.88119	2.15E-09	0.88119
0.4	1.1541	0.99829	0.66018	1.06E-08	0.66018
0.5	0.91917	0.99966	0.52883	2.71E-10	0.52883
0.6	0.76703	0.99966	0.44069	1.88E-10	0.44069
0.7	0.6609	0.99884	0.37743	1.59E-09	0.37743
0.8	0.57469	0.99966	0.33052	1.06E-10	0.33052
0.9	0.51386	0.99978	0.29382	3.48E-11	0.29382



서 <표 1>과 <표 2>에서 논의된 바와 같이 독점력의 크기와 상관없이 0.99 내외의 수준에 머무르고 있음을 알 수 있다.

앞서 <표 1>부터 <표 4>까지의 시뮬레이션 결과는 수출손실을 나타내는 확률변수가 0과 0.5사이에서 uniform 분포를 따른다는 가정을 전제로 하였다. 한편, 위의 <표 5>와 <표 6>은 수출손실을 나타내는 확률변수가 0.5와 1사이에서 uniform 분포를 따른다는 가정을 전제로 한다. 먼저, <표 5>는 한계생산비용이 생산량과 상관없이 1의 값을 가지며, 수출기업의 위험회피도를 나타내는  $\beta$ 는 0.1의 값을 가질 경우 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 이 경우 최적수출생산량은 앞서의 다른 표에 나타난 시뮬레이션 결과와 마찬가지로, 독점력이 강해질수록 감소하며, 최적수출보험의 규모는 독점력 정도와 상관없이 0.99에서 크게 벗어나지 않는 수준을 보이고 있다. 이러한 양상은 <표 6>에서도 유사하게 나타남을 알 수 있다. 전반적으로 보면 <표 5>와 <표 6>의 시뮬레이션 결과에서 나타난 최적수출생산량은 <표 1>과 <표 2>보다는 낮지만, <표 3>과 <표 4>보다는 높은 수준을 보이고 있다. 예컨대, 최적수출생산량의 평균은 <표 1>과 <표 2>의 경우 각각 1.482와 1.481이며, <표

3>과 <표 4>의 경우 각각 1.225와 1.227을 나타낸 반면, <표 5>와 <표 6>의 경우, 각각 1.448과 1.444를 나타내고 있다.

끝으로, <표 7>과 <표 8>은 수출손실을 나타내는 확률변수  $\lambda$ 는 0.5와 1사이에서 uniform 분포를 보이고, 한계생산비용은 생산량이 1단위 증가할 때 1만큼 증가하는 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 먼저, <표 7>은 그러한 가정 하에서 수출기업의 위험회피도가 0.1일 경우를, <표 8>은 수출기업의 위험회피도가 0.9인 경우를 나타낸다. <표 7>과 <표 8>의 시뮬레이션 결과는 앞서의 다른 표들과 유사한 양상을 보이나, 최적수출생산량의 크기는 앞서 다른 시뮬레이션 결과에 비해 상대적으로 가장 낮음을 알 수 있다. 즉 최적수출생산량의 평균값은 <표 7>의 경우 1.135, <표 8>의 경우 1.137로 여타 시뮬레이션 결과보다 낮다.

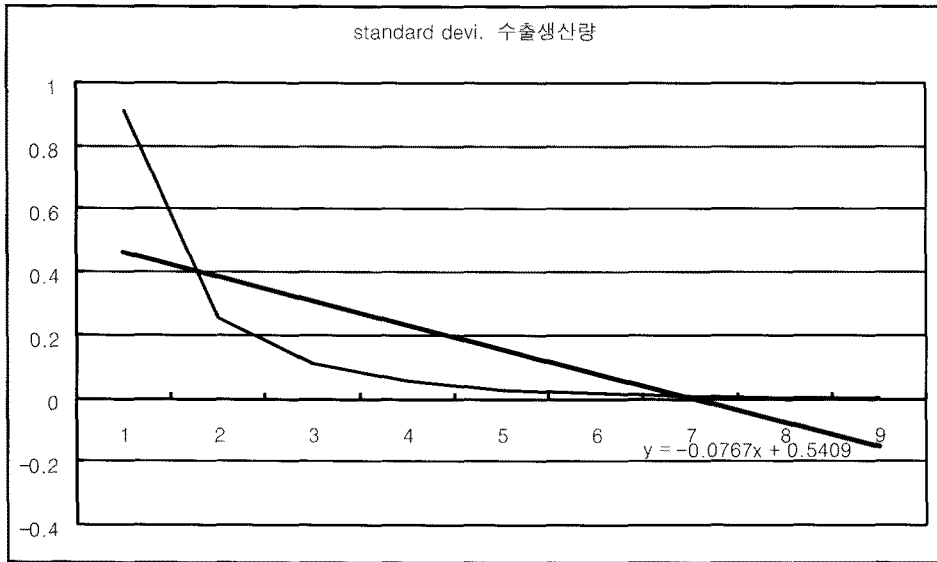
본 연구의 모형에서 수출기업의 독점적 성격을 반영하는  $b$ 의 값이 커질수록 최적 수출생산량은 앞서 고려한 서로 다른 8가지 경우 간에 그 차이가 작아짐을 시뮬레이션 결과는 보이고 있다. 이러한 시뮬레이션 결과는 수출기업의 독점력이 강해질수록, 수출기업은 앞서 고려한 서로 다른 8가지 상황과 상관없이 특정한 수출

<표 7>  $\lambda$ 는 (0.5, 1) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx^2$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.1$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	2.7732	0.99917	1.7344	2.90E-09	1.7344
0.2	1.7759	0.99854	1.1144	2.92E-09	1.1144
0.3	1.3138	0.99532	0.81864	1.44E-08	0.81864
0.4	1.039	0.9989	0.65037	4.61E-10	0.65037
0.5	0.8652	0.99938	0.53848	9.65E-11	0.53848
0.6	0.73444	0.99833	0.45887	4.89E-10	0.45887
0.7	0.64085	0.9998	0.40057	5.26E-12	0.40057
0.8	0.56735	0.99821	0.35456	3.21E-10	0.35456
0.9	0.51031	0.99793	0.31831	3.39E-10	0.31831

<표 8>  $\lambda$ 는 (0.5, 1) 사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx^2$ ,  $c = 1$ ,  $\beta = 0.9$

$b$	수출생산량( $x$ )	$\bar{\gamma}$	$E\Pi$	$(\beta/2)var(\Pi)$	$E\Pi - (\beta/2)var(\Pi)$
0.1	2.7804	0.99787	1.7318	1.72E-07	1.7318
0.2	1.7887	0.99815	1.1139	4.24E-08	1.1139
0.3	1.3138	0.99852	0.82119	1.30E-08	0.82119
0.4	1.0397	0.99756	0.64955	2.07E-08	0.64955
0.5	0.86024	0.99837	0.53799	5.98E-09	0.53799
0.6	0.7354	0.99852	0.45895	3.46E-09	0.45895
0.7	0.63892	0.99897	0.40027	1.24E-09	0.40027
0.8	0.56862	0.99761	0.35437	5.14E-09	0.35437
0.9	0.50985	0.99852	0.31847	1.56E-09	0.31847



<그림 2> 상이한 독점력 하에서의 최적수출생산량의 표준편차

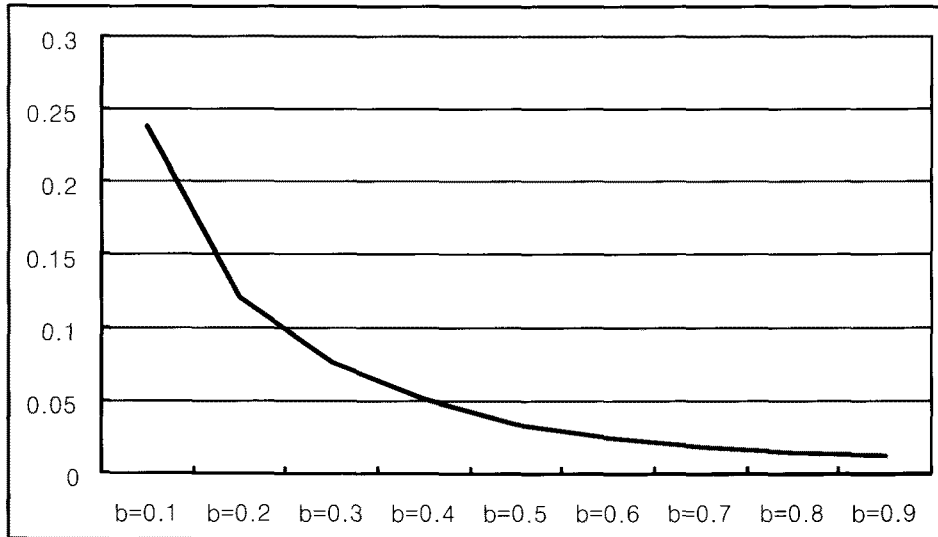
생산량과 수출보험 가입비율을 선택하는 경향이 강해진다는 점이다. 이러한 결과를 좀 더 엄밀하게 뒷받침하기 위해서는 경제이론적인 설명이 필요할 것이다. 그러나 박유진, 송정식 (2008)은 수출보험 가입비율의 최적 규모에 있어서 제약조건을 가하지 않은 상황에서 사전적인 수출보험 수요를 고려하였으나, 본 연구는 수출보험 최적규모가 1보다 작다는 제약조건을 부여하고 있다.

한편, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 할 때 최적수출 규모는 거의 1에 가까운 수준임을 알 수 있다. 이는 Dewit (2001)이 수출보험 가입규모를 0과 1사이의 일정한 상수 값으로 고려한 것과 일맥상통한다고 할 수 있다. 이처럼 1보다 작지만, 1에 가까운 최적 수출보험 가입규모 값은 앞서 언급한 서로 다른 8가지 상황에서 공통적으로 나타나는 결과임을 본 연구는 발견하였다.

위에서 언급한 본 연구의 시뮬레이션 결과에 대한 가능한 한 가지 반론은 다음과 같다. 즉 수출기업의 시장에 대한 영향력, 즉 독점력이 커질수록 8 가지 경우 각각에 있어서 모두 수출생산량은 감소한다. 따라서 수출기업의 독점력 파라미터  $b$ 가 커질수록 8가지 경우의 최적수출생산량들 사이의 표준편차가 작아지는 것은 일종의 scaling effect에 따른 통계적 오류로 간주될 수 있다. 그러나 8가지 경우의 최적수출생산량들 사이의 표준편차를 그에 상응하는 평균값으로 나눈 변동계수(coefficient of variation) 역시 수출기업의 독점력 파라미터  $b$ 가 커질수록 작아짐을 본 연구결과는 제시하고 있다. 이러한 결과는 <그림 3>에 나타나 있다. 실제로  $b$ 가 0.1의 값을 가질 때 8가지 경우 최적 수출생산량들의 변동계수는 약 0.24이며 이는  $b$ 가 0.9의 값을 갖는 경우의 0.012

에 비해 약 19배에 크기를 갖는다. 다시 말해,  $b$ 가 커질수록 8가지 경우 최적 수출생산량들의 변동계수는 현저히 작아짐을 알 수 있다. 만약 8가지 경우 최적 수출생산량들 사이의 차이가 단순한 scaling effect의 결과라면, 변동계수 값은 서로 다른  $b$ 값에도 대해 거의 유사할 것이다. 따라서 수출기업의 독점력 증가에 따른 서로 다른 8가지 상황에서의 최적 수출생산량의 차이가 감소한다는 본 연구의 결과는 단순한 scaling effect라는 통계적 현상의 결과 이상의 것임을 짐작할 수 있다. 변동계수와 scaling effect간의 관계를 살펴보기 위해 다음과 같은 예를 고려해보자. 1, 2, 3, 4, 5로 구성된 표본과 100, 200, 300, 400, 500으로 구성된 표본을 가정하자. 이 경우 두 표본의 표준편차는 각각 1.58과 158이다. 그러나 두 표본의 변동계수는 0.57로 동일하다.

8가지 경우의 최적 수출생산량 간 차이를 좀 더 자세히 고찰하기로 한다. 앞서 <그림 3>는 수출기업의 독점력을 반영하는 파라미터  $b$ 의 값이 변할 때 8 가지 서로 다른 상황 하에서의 최적 수출생산량 사이의 차이가 어떻게 변하는지를 묘사하고 있다. 따라서 가로 축에 0.1에서 0.9까지의 서로 다른 값의  $b$ 를 나타내고, 세로축에는 각각의  $b$ 값에 상응하는 최적 수출생산량 간 차이를 나타내었다. 반면 <그림 4>은 케이스 1부터 케이스 8까지 서로 다른 경우 각각에 대해,  $b$ 가 0.1에서 0.9까지의 값을 가질 때의 최적수출생산량 규모들을 나타내고 있다. 즉 가로축은 케이스 1부터 케이스 8까지를 나타내며, 세로축은 각각의 케이스에 해당하는 최적 수출생산량을 나타내는데 앞서 언급한대로 0.1에서 0.9까지 9개의 값을 갖는 파라미터  $b$ 를 고려하기 때문에 각각의 케



<그림 3> 상이한 독점력 하에서의 최적수출량의 변동계수

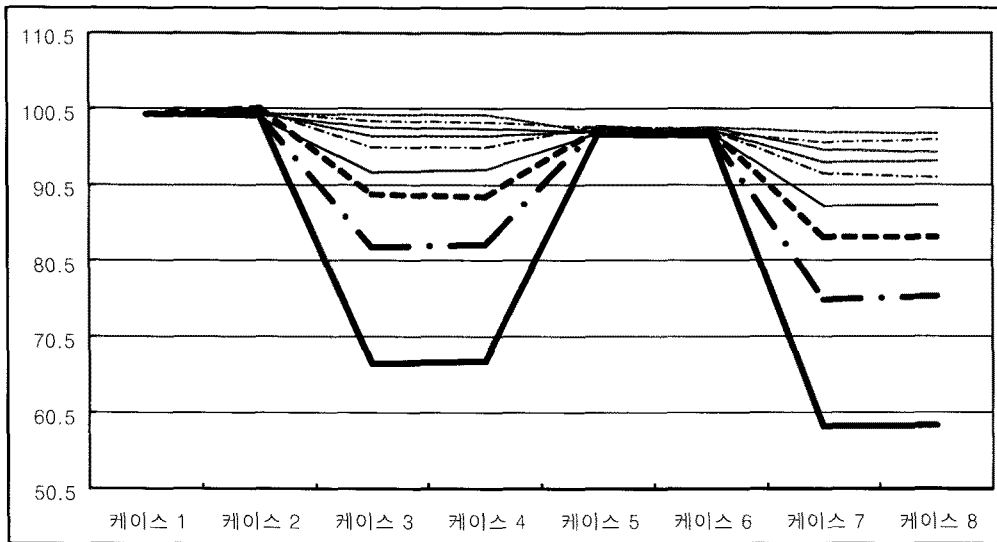
이스에 대해 9개의 최적 수출생산량 규모를 <그림 4>에 나타내었다. 이 때 최적 수출생산량을 나타내는데 있어서 앞서 언급한 scaling effect를 고려하기 위해 시뮬레이션에서 원래 계산된 최적 수출생산량 규모를 쓰지 않고 대신 케이스 1의 최적 수출생산량 규모를 100으로 환산할 때 나머지 케이스들의 값을 나타내었다. 따라서 케이스 1의 최적 수출생산량은 파라미터  $b$ 의 값과 상관없이 100으로 동일하다.

<그림 4>은 다음과 같은 시뮬레이션 결과를 암시한다. 먼저, 독점력을 나타내는 파라미터  $b$ 의 값이 커질수록, 케이스 1을 기준으로 한 케이스 2부터 케이스 8까지의 상대적 최적 수출생산량 간의 차이는 줄어들음을 알 수 있다. 실제로 <그림 4>에서 가장 아래쪽에 굵은 실선으로 표시한 그래프는 파라미터  $b$ 의 값이 0.1일 때, 케이스 1을 기준으로 한 케이스 2부터 케이스 8까지의 상대적 최적 수출생산량을 나타내고 있다. 반면 가장 위쪽에 위치한 밝은 색의 점선은 파라미터  $b$ 의 값이 0.9일 때, 케이스 1을 기준으로 한 케이스 2부터 케이스 8까지의 상대적 최적 수출생산량을 나타낸다. 예컨대, 가장 위쪽에 위치한 밝은 색의 점선은  $b$ 가 0.9인 경우를 나타내는데, 해당 그래프에서 가장 큰 값은 케이스 2의 상대적 최적 수출생산량인 100.084인 반면 가장 낮은 값은 케이스 5의 97.580이며, 이들 값 사이의 차이는 2.504이다. 반면, 가장 아래쪽에 굵은 실선은  $b$ 가 0.1인 경우를 나타내는데, 해당 그래프에서 가장 큰 값은 케이스 1의 상대적 최적 수출생산량인 100이며, 가장 낮은 값은 케이스 7의 58.700의 값으로 이들 값 사이의 차이는 41.3이다. 이는 앞서 언급한 가장 위쪽에 위치한 밝은 색의 실선에서의 최대값과 최소값의 차이인 2.504의 거의 20

배에 가까운 큰 값이다. 이러한 결과는 앞서 <그림 3>의 결과와 동일하다고 할 수 있다. 즉 독점력의 강도를 나타내는 파라미터  $b$ 의 값이 큰 경우 최적 수출생산량 간의 차이는 작은 반면, 파라미터  $b$ 의 값이 작은 경우 최적 수출생산량 간의 차이는 훨씬 더 크음을 알 수 있다.

<그림 4>으로부터 알 수 있는 두 번째 결과는 8가지 케이스 중에서 특히 케이스 3, 4와 케이스 7, 8의 최적 수출생산량의 크기가 상대적으로 더 작다는 사실이다. 이는  $b$ 값과 상관없이 나타나는 현상이다. 예컨대  $b$ 의 값이 0.1인 경우를 고려해보면, 케이스 3과 케이스 4에 대한 상대적 최적 수출생산량은 각각 66.98과 67.32로 거의 100에 가까운 다른 케이스들에 비해 상당히 작다. 한편, 케이스 7과 케이스 8에 대한 상대적 최적 수출생산량은 각각 58.70과 58.85로 심지어 케이스 3과 케이스 4의 상대적 최적 수출생산량보다도 작다. 앞서 <그림 3>는 독점력을 나타내는 파라미터  $b$ 의 값이 커질수록 상이한 케이스들의 최적 수출생산량 간의 차이가 줄어든다는 결과를 보이는데 그쳤으나, <그림 4>은 나아가 어떤 케이스들이 여타 케이스에 비해 최적 수출생산량이 작은 지를 보여준다. 한편, 케이스 3, 4나 케이스 7, 8 만큼 낮지는 않지만, 케이스 5, 6의 상대적 최적 수출생산량 역시 미세하게 케이스 1, 2보다 낮다는 것을 <그림 4>으로부터 알 수 있다. 이상의 결과를 정리해보면 다음과 같다.

우선 케이스 1은  $\lambda$ 는 (0, 0.5)사이에서 Uniform 분포,  $c(x) = cx$ ,  $\beta = 0.1$ 인 경우이며 케이스 2는 케이스 1과 동일한 조건을 지니며 유일한 차이는 수출기업의 위험 회피도를 나타내는  $\beta = 0.9$ 로 케이스 1보다 높다는 점이다. 한 가지 주목할 점은 케이스 1과 케이스 2의 차이와



〈그림 4〉 상이한 독점력 하에서의 최적 수출량

마찬가지로 케이스 3과 케이스 4사이의 차이, 케이스 5와 케이스 6사이의 차이, 끝으로 케이스 7과 케이스 8사이의 차이 역시 수출기업의 위험회피도 상의 차이이다. <그림 4>은 케이스 1과 케이스 2의 상대적 최적 수출생산량은 거의 동일하며, 이는 케이스 3과 케이스 4, 케이스 5와 케이스 6, 끝으로 케이스 7과 케이스 8을 각각 짝지어 비교해도 비슷하게 나타나는 결과임을 보여준다. 따라서 수출기업의 위험회피도는 최적 수출생산량에 있어서 큰 차이를 만들지 못함을 짐작할 수 있다.

케이스 3과 케이스 4는 각각 케이스 2와 3의 비용함수인  $c(x) = cx$  대신  $c(x) = cx^2$ 을 고려한 경우이다. 이처럼 비용함수를 한계비용이 일정한 경우에서 한계비용이 체증하는 경우로 바꿈에 따라 최적 수출생산량은 앞서 언급한 대로 독점력 파라미터 값인  $b$ 와 상관없이 상당히 감소하였다. 또한 <그림 4>을 살펴보면, 이러한 현상은 케이스 5와 케이스 6에 대해 각각 비용함수를  $c(x) = cx$  대신  $c(x) = cx^2$ 로 바꾼 케이스 7과 케이스 8에 대해서도 유사하게 나타남을 알 수 있다. 이와 같은 시뮬레이션 결과로부터 비용함수 구조의 특성의 차이는 상당한 크기의 최적 수출생산량 차이를 초래함을 암시한다. 이와 같은 결과는 기술, 시스템 개선을 통한 비용구조 개선은 수출생산량 결정에 가장 크게 작용할 가능성을 시사한다.

끝으로 케이스 5와 케이스 6의 최적 수출생산량 역시 다소 미세하지만, 케이스 1과 케이스 2에 비해 작음을 알 수 있다. 사실 케이스 5와 케이스 6은 각각 케이스 1과 케이스 2의 수출대금 미회수 리스크 확률변수인  $\lambda$ 의 분포를 (0, 0.5)에서 (0.5, 1)로 바꾼 경우이다. 이상과 같

은 시뮬레이션 결과로부터 수출기업의 최적 수출생산량에 가장 영향을 미치는 것은 수출기업의 비용함수의 특성이며, 수출대금 미회수 리스크는 그 다음으로 최적 수출생산량에 영향을 미침을 알 수 있다. 끝으로 수출기업의 위험회피도는 매우 미세한 영향을 주는데 그침을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 수출리스크의 분포와 수출기업의 리스크 회피정도, 비용구조 등이 상이한 여러 경우 하에서 최적 수출생산량( $x$ )과 최적수출보험가입비중( $\gamma$ )을 탐색적 최적화 기법 중에 하나인 유전자 알고리즘을 활용한 시뮬레이션을 통해 도출하였고, 이러한 시뮬레이션 결과로부터 수출기업의 독점력과 최적 수출량과의 관계를 살펴보았다. 본 연구는 시뮬레이션 결과로부터, 수출기업의 독점력이 커질수록 서로 다른 여러 가지 상황 하에서의 최적 수출생산량 간의 차이는 줄어드는 경향이 있음을 발견하였다. 이러한 결과는 독점력이 강한 수출기업일수록 최적 수출생산량을 결정하는데 있어서, 수출리스크 분포, 수출기업의 리스크 회피정도, 비용구조와 같은 요인으로부터 좀 더 독립적이라는 시사점을 제공한다.

이처럼 여러 가지 경제적 요인에 따른 최적 수출생산량의 차이는 수출기업의 독점력이 커질수록 작아지나, 경제적 요인별로 최적 수출생산량의 차이를 초래하는 정도에는 다소 차이가 있음을 본 연구의 시뮬레이션 결과는 제시하고 있다. 최적 수출생산량 사이의 차이를 만드

는 가장 큰 요인은 수출기업의 비용함수의 구조적 특성임을 시뮬레이션 결과로부터 유추할 수 있다. 즉 한계생산비용이 일정한 수출기업의 최적 수출생산량이 한계생산비용이 생산량에 비례하는 수출기업의 최적 수출생산량에 비해 현저히 크다는 시뮬레이션 결과를 도출하였다. 수출기업의 비용함수 특성 다음으로 최적 수출생산량에 영향을 많이 미치는 요인은 수출대금 미회수 리스크의 확률적 분포라는 사실을 시뮬레이션 결과로부터 발견하였다. 즉 수출대금 미회수 확률분포의 범위가 낮은 경우의 최적 수출생산량이 높은 경우보다 상대적으로 더 높다는 시뮬레이션 결과를 얻었다. 끝으로 수출기업의 위험회피도 상의 차이는 수출기업의 최적 수출생산량에 유의한 차이점을 초래하지 못한다는 시뮬레이션 결과를 확인하였다. 한편, 본 연구는 상이한 경제적 요인에 따른 최적 수출보험 가입비중의 차이는 수출기업의 독점력 정도와 상관성이 약함을 발견하였다. 실제로 시뮬레이션으로부터 구한 최적 수출보험 가입비중은 상이한 경제적 요인에도 불구하고 1보다 작지만, 거의 1에 가까운 값을 지니며, 상이한 경제적 요인 하에서의 8가지 케이스를 비교할 때 그 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

수출보험은 WTO의 인위적, 정책적 수출지원책 금지로부터 비교적 자유로운 수출정책 수단이나, 그 학술적 연구, 특히 객관적인 과학적 접근법은 여타 수출입 정책 관련 연구에 비해 부족한 실정이다. 본 연구는 유전자 알고리즘 시뮬레이션이라는 비교적 최근의 과학적 최적화 기법을 통해 수출보험의 존재 하에서 수출기업의 최적수출생산량과 최적수출보험가입비중의 결정에 관한 연구를 수행하였다. 본 연구의 시뮬레이션 결과들은 앞서 언급한 정책적 시사점을 제시하고 있으나, 이들 시뮬레이션 결과를 뒷받침하는 이론적 증명이 결여되어 있으며, 이와 같은 이론적 연구는 향후 연구과제로 다루어져야 할 것이다. 또한, Binary variable을 고려한 목적함수가 존재하는 경우에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 김희국; “수출보험이 수출에 미치는 효과분석”, 수출보험, 92 : 16-26, 1998.
- [2] 박운서; “수출보험의 역할과 운영방향”, 수출보험, 60 : 2-5, 1993.
- [3] 박유진, 송정석; “최적화 모형을 이용한 수출보험 수요의 결정요인 분석”, 대한경영학회지, 21(5) : 1859-1889, 2008.
- [4] 박현희; “수출보험이 수출에 미치는 영향에 관한 연구”, 무역학회지, 24(2) : 241-255, 1999.
- [5] 송정석; “수출촉진 기능과 도덕적 해이 가능성을 고려한 한국 수출보험의 재평가”, 관세학회지, 9(1) : 1-20, 2008.
- [6] 이시영, 양지환, 전성희; “한국수출보험제도의 역할과 평가”, 무역학회지, 26(5) : 17-39, 2001.
- [7] 이은재; “우리나라 수출보험제도가 수출에 미치는 영향과 그 개선방향에 관한 연구”, 무역학회지, 25(1) : 169-194, 2000.
- [8] Abraham, F. and Dewit, G.; “Export Promotion Via Official Export Insurance,” *Open Economies Review*, 11(1) : 5-26, 2000.
- [9] Dewitt, G.; “Intervention in Risky Export Markets: Insurance, Strategic Action or Aid?,” *European Journal of Political Economy*, 17(3) : 575-592, 2001.
- [10] Goldberg, D. E.; *Genetic Algorithms in Search Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley Professional, New York, 1989.
- [11] Kaniovski, S.; “Risk-Averse Monopolist with Aspiration,” *Österrerrichisches Institute for Wirtschaftsforschung Working Paper*, 196, 2003.
- [12] Ma, J.; “The Effect of Export Insurance Subsidy on Export Supply : The Experience of Japan,” *Journal of Asian Economics*, 17, 2006.
- [13] Park, Y-J., Montgomery, D., Fowler, J., and Borrer, C.; “Cost-constrained G-efficient Response Surface Designs for Cuboidal Regions,” *Quality Reliability Engineering International*, 22(2) : 121-139, 2006.
- [14] Pham, D. T. and Karaboga, D.; *Intelligent Optimisation Techniques : Genetic Algorithms, Tabu Search, Simulated Annealing and Neural Networks*, Springer, 2000.
- [1] 김희국; “수출보험이 수출에 미치는 효과분석”, 수출보