

생물다양성 불확실성하에서 지속가능한 DMZ 관리 실물옵션 분석

이재형*

요약 : DMZ는 1953년 정전협정 이후 설정된 군사분계선의 남북으로 설정된 완충지대이다. 또한 정전협정 이후 철저히 사람의 간섭으로부터 단절된 지역이고, 67종의 멸종위기종을 포함한 2,716종의 야생 동·식물이 서식하는 중요한 자연환경보전지역이다. 반면, 향후 남북경협 활성화 시 DMZ에 대한 개발압력은 증가될 수밖에 없기에, DMZ 개발 시 경제적 비용-편익 관점에 서의 논의뿐 아니라, DMZ의 생물다양성을 어떻게 평가하고 보존할 것인지와 복구비용 및 예산도 종합적으로 고려해야 한다. 본 논문은 실물옵션 방법론으로 생물다양성의 가치를 고려한 DMZ 관리 모형을 제시하였다. 또한 DMZ의 정치적 리스크 및 지역적 특수성을 모형 안에 반영하여 설계하였다. 실증분석을 통해 불확실성하에서 DMZ 투자경제성을 확보할 수 있는 생물다양성 가치의 임계값(b^*)을 도출하였으며, 이때 생물다양성이 주는 편익을 도출하였다. 그리고 민감도 분석을 통해 생물다양성 가치의 임계값에 영향을 주는 요인을 분석하였으며, 이를 바탕으로 DMZ의 지속가능한 개발을 위한 정책적 시사점을 제시하였다.

주제어 : DMZ 보전, 남북경협, 실물옵션, 생물다양성 가치

JEL 분류 : C6, D8, Q3

접수일(2019년 9월 2일), 수정일(2019년 10월 16일), 게재확정일(2019년 10월 21일)

* SK텔레콤, SV Innovation 센터, 매니저, 교신저자(e-mail: for385@hanmail.net)

Real Option Study on Sustainable DMZ Management under Biodiversity Uncertainty

Jaehyung Lee*

ABSTRACT : The Demilitarized Zone(DMZ) is a buffer zone set between the southern and northern limit lines established after the 1953 Armistice Agreement. It is an important natural environment conservation area where wild species of animals and plants live. On the other hand, the development pressure on the DMZ will increase when the inter-Korean economic cooperation is activated in the future. As a result, DMZ development should consider not only the economic cost-benefit aspects, but also how to assess and conserve the biodiversity of the DMZ, as well as the recovery costs and budget. This paper develops a sustainable DMZ management model under biodiversity uncertainty by using real option approach. The model is also designed to reflect the political risk and regional specificity of the DMZ. Through empirical analysis, I derive the biodiversity threshold (b^*) that can secure the DMZ investment economy under uncertainty. In addition, through the sensitivity analysis, I derive the factors influencing the biodiversity threshold, and suggest the policy implications for sustainable management of DMZ.

Keywords : DMZ Conservation, Inter-Korean Economic Cooperation, Biodiversity, Real Options, Uncertainty

Received: September 2, 2019. Revised: October 16, 2019. Accepted: October 21, 2019.

* Manager, Social Value Innovation Center, SK Telecom, Corresponding author(e-mail: for385@hanmail.net)

I. 서론

1950년 6월 25일 발발하여 3년 여간 지속된 한국전쟁을 종식시키기 위해 1953년 7월 27일 한국 군사 정전에 관한 협정(이하 ‘정전협정’)¹⁾이 체결되었다. 정전협정의 주요 협약 내용 중 하나가 군사분계선(MDL, Military Demarcation Line)을 설정하고 군사분계선 남북으로 각각 2km씩 후퇴한 남방한계선 및 북방한계선 사이의 완충지대를 설치하는 것이었다.

일반적으로 좁은 의미의 비무장지대(DMZ, Demilitarized Zone)는 바로 정전협정에 의해 설정된 MDL 남북 2km까지의 완충지대를 의미하며, 넓은 의미의 비무장지대는 「군사시설보호법」에 의한 민간인 통제선(CACL, Civilian Access Control Line)²⁾ 이북지역, 「접경지역지원법」에 의한 접경지역³⁾을 의미한다(박은진, 2008; 전성우 외, 2009).

이러한 DMZ 일원과 관련한 조사·연구는 정전협정 이후 현재까지 지속적으로 이루어지고 있다. 과거에는 DMZ의 물리적 접근성의 한계로 민통선 이북지역 및 접경지역과 관련한 조사·연구밖에 할 수 없었으나, 최근 들어서는 위성영상 및 GIS를 활용한 조사·연구가 활발히 이루어지고 있다.

박은진·여인애(2018)의 분석에 따르면 정전 이후 1992년까지 약 40년간 DMZ 관련 조사·연구는 총 32건밖에 이루어지지 않았으나, 최근 15년 사이의 DMZ 관련 조사·연구의 비중이 97%를 차지할 정도로 최근 들어 DMZ 관련 연구가 양적으로 급속히 늘어났다. DMZ와 관련한 대표적 조사·연구 주제들로는 환경, 경제·지역개발, 교류협력, 관광, 안보통일, 인문역사 및 법제도 순이었으며, DMZ 환경조사와 관련한 선행연구가 많은 수를 차지했다(박은진·여인애, 2018).

하지만 기존의 DMZ와 관련한 조사·연구에서는 정책학 및 생태학 분야의 연구가 주

1) 정식명칭은 ‘국제연합군 총사령관을 일방으로 하고 조선인민군 최고사령관 및 중국인민지원군 사령관을 다른 일방으로 하는 한국 군사 정전에 관한 협정(Agreement between the Commander-in-Chief, United Nations Command, on the one hand, and the Supreme Commander of the Korean People’s Army and the Commander of the Chinese People’s volunteers, on the other hand, concerning a military armistice in Korea)’이다.

2) 「군사기지 및 군사시설 보호법」 제5조제2항에 따라 군사분계선 이남 10km 이내의 범위에 지정

3) 「접경지역지원법」 제2조(정의) 1. “접경지역”이란 「군사기지 및 군사시설 보호법」 제2조제7호에 따른 민간인 통제선 이남(以南)의 시·군의 관할 구역에 속하는 지역으로서 민간인통제선으로부터 거리 및 지리적 여건·개발정도 등을 기준으로 하여 대통령령으로 정하는 지역을 말한다.

를 이루었으며, DMZ 관련 경제학 분야의 연구는 적은 편이다. DMZ 관련 경제학 분야의 대표적인 연구 주제는 ‘DMZ의 가치 평가’이다. 전건홍·윤여창(2000)은 CVM을 이용하여 철원지역 생태계 보전의 이용가치를 평가하였으며, 이충기(2005) 및 이충기(2006)도 CVM을 이용하여 DMZ 생태관광자원에 대한 보존가치를 평가하였다. 그리고 최성록·박은진(2010) 및 최성록 외(2010)는 선택실험법을 이용하여 DMZ 일원 주요 자원의 보존가치를 추정하였다.

다음으로는 ‘DMZ 보전기금’과 관련하여 경제적 인센티브를 도입을 통한 개발모형을 제시한 연구가 있다. Kim(2019)은 주인-대리인 분석(Principal-Agent Study)을 도입하여 DMZ 사업권을 가진 주체인 정부가 대리인인 개발사업자에게 DMZ 개발사업권을 양도하는 과정에서 DMZ 보전기금 마련과 DMZ를 효과적으로 관리하기 위한 모형을 제시하였다. 박호정 외(2019)는 향후 남북경제협력 시 DMZ 개발사업권을 정부가 개발사업자에게 양도하는 과정에서 DMZ 보전기금을 마련하여 DMZ를 효과적으로 관리하기 위한 모형을 제시하였다. 특히나 방법론적으로는 실물옵션 방법론과 경매이론을 연계한 경제적 인센티브 메커니즘을 도입하였으며, 모형에서 남북의 특수성을 반영한 정치적 리스크도 고려하였다.

국내에서 실물옵션 방법론을 DMZ에 적용한 연구는 전술한 박호정 외(2019)가 최초이다. 하지만 국내외에서는 생태계 및 생물다양성 보전을 위한 정책 의사결정 모형을 실물옵션 방법론을 활용한 연구가 다수 존재한다. 주요 대상으로는 산림(Clarke and Reed, 1989; Conrad, 1997; Bulte et al., 2002; Leroux et al., 2009, Di Corato et al., 2013; Di Corato et al., 2018), 야생(Conrad, 2000), 멸종위기종(Weitzman, 1998; Kremer and Morcom, 2000; Kassar and Lasserre, 2004), 수산자원(박호정·장희선, 2009; Park, 2010), 유전자원(박호정·정병관, 2017; 홍원경 외, 2019) 등이 있다.

산림의 가치와 관련되어 초기의 대표적 연구는 Conrad(1997)이다. Conrad(1997)는 미국 캘리포니아의 헤드워터스 포레스트 보호지역(Headwaters Forest Reserve) 산림의 목재 벌목과 산림 보전에 따른 옵션 가치를 실물옵션 방법론을 적용하였으며, 산림의 경관가치(amenity value)가 불확실한 상황을 가정하였다. Bulte et al.(2002)는 코스타리카(Costa Rica) 대서양 연안지역 산림의 농지전환 과정에서 산림이 주는 편익(forest benefit)의 불확실성을 고려한 실물옵션 모형을 설정하였다. Leroux et al.(2009) 역시 Bulte et

al.(2002)의 모형을 발전시켰으나, Bulte et al.(2002)와는 달리 생물다양성 보전에 따른 편익이 종-면적 관계(species-area relationship)⁴⁾에 의해 결정(MacArthur and Wilson, 2001)되며, 종-면적 관계식의 한 요소인 ‘종의 한계가치’가 불확실한 상황을 가정하였다. 그리고 Di Corato et al.(2013 & 2018) 역시 Bulte et al.(2002)의 모형을 발전시켰으나, 생태계의 가치가 불확실성을 고려한 상황에서 산림의 농지로의 최적 전환 비율을 실물옵션 방법론을 바탕으로 분석하였다.

선행연구에서는 자연환경 보존에 따른 가치를 산림가치(Conrad, 1997; Bulte et al., 2002), 생태계가치(Di Corato et al., 2013 & 2018) 및 종의 한계가치(Leroux et al., 2009) 등으로 설정하고, 이의 불확실성을 고려한 모형을 설정하였다. 하지만, 본 논문에서 분석하고 있는 DMZ는 선행연구의 분석 대상인 산림뿐 아니라 다른 토지이용형태(<표 1>)도 존재하고 있기에, 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」⁵⁾에서 정의하고 있는 ‘생태계(ecosystem)’보다 포괄적인 개념인 ‘생물다양성(biodiversity)’의 가치를 불확실성 요소로 설정하였다.

본 논문은 DMZ 개발 시 생물다양성의 가치의 불확실성을 고려한 정책 의사결정 모형을 실물옵션 방법론을 통해 개발하였다. 이를 위해 Bulte et al.(2002), Leroux et al.(2009) 및 Di Corato et al.(2013)에서 사용한 가정사항 및 파라미터를 일부 준용하였다. 하지만, 본 논문은 불확실성한 요소를 생물다양성으로 정의하였으며, 박호정 외(2019)와 같이 DMZ의 정치적 리스크 및 지역적 특수성도 고려하여 모형을 설계하였다.

II. 모형

DMZ의 전체 면적은 L 로 나타낼 수 있으며, 시간 t (단 $t \geq \bar{L}$)에서 고정($\bar{L}(t)$)되어 있음을 가정하였다. DMZ의 면적은 생태계면적($R(t)$, Biodiversity Reserve)과 개발면적

4) Leroux et al.(2009)에서 가정한 종-면적 관계는 $B(t) = C(t)R(t)^m E(t)$ 와 같이 나타낼 수 있으며, 여기에서 $C(t)$ 는 생태계에 따른 종의 밀도, $R(t)$ 은 생태계 면적, m 은 종-면적 상수 및 $E(t)$ 종의 한계가치(the value of a species at the margin)를 의미한다.

5) 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」 제2조(정의) 1. “생물다양성”이란 육상생태계 및 수생생태계와 이들의 복합생태계를 포함하는 모든 원천에서 발생한 생물체의 다양성을 말하며, 종내(種內)·종간(種間) 및 생태계의 다양성을 포함한다. 2. “생태계”란 식물·동물 및 미생물 군집(群集)들과 무생물 환경이 기능적인 단위로 상호작용하는 역동적인 복합체를 말한다.

($D(t)$, Development Area)의 합으로 나타낼 수 있다. 그리고 DMZ의 면적을 일정한 단위(ha)의 동질한 구획(homogenous parcels)으로 나누어질 수 있음을 가정하였으며, 초기($t = 0$)의 개발면적은 $D_0 \geq 0$ 을 가정하였다.

$$\bar{L} = R(t) + D(t), \text{ with } D(0) = D_0 \geq 0 \quad (1)$$

DMZ의 개발면적은 지속적으로 확대되는데, 한번 개발이 완료되면 다시 자연상태로 돌아갈 수 없는 불가역적(irreversible) 과정임을 가정하였다. DMZ는 일반적인 자원개발투자사업과 달리 생물다양성의 편익을 정확히 측정할 수가 없다. 그러나 편익을 정확히 측정할 수 없을 뿐 생물다양성의 편익이 없는 것은 아니다. 그렇기에 실물옵션에서는 불확실성하에서 생태계 개발을 하지 않고 보존함으로써 얻는 가치를 ‘준옵션가치(quasi-option value)’로 정의한다(Arrow and Fisher, 1974; Leroux et al., 2009; 권오상, 2014; 박호정, 2017).

DMZ는 매시간 t 마다 $v(t)$ 만큼 일정 비율로 개발이 이루어지는데, 이를 토지전환비율(rate of land conversion)로 정의하였다. $v(t)$ 는 $0 \leq v(t)$ 의 값을 갖는데, 만약 $v(t) = 0$ 이라면 보존(conservation) 상태로 개발이 정지되어 더 이상 개발면적이 증가되고 있지 않은 상태이다. 그리고 $0 < v(t)$ 이면 DMZ 생태계가 지속적으로 개발지역으로 전환(conversion)되고 있음을 의미한다. 하지만, 본 논문에서는 $v(t)$ 가 \bar{v} 로 고정되어 있음을 가정하였다.

$$v(t) = \begin{cases} 0 & : \text{보존 (conservation)} \\ \bar{v} & : \text{전환 (conversion)} \end{cases} \quad (2)$$

결과적으로 매시간 t 마다 증가된 개발면적과 감소된 생태계면적의 관계는 다음 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다(Leroux et al., 2009).

$$\frac{dD(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (3)$$

DMZ 생태계는 매시간 t 마다 환경적인 상품과 서비스를 제공한다. 이에 따라 매시간 t 에 단위면적당 생태계가 제공하는 상품과 서비스의 가치를 ‘생물다양성 가치($b(t)$, Biodiversity Value)’로 가정하였으며, $b(t)$ 는 gBm(geometric Brownian motion)을 따름을 가정하였다(Bulte et al., 2002; Di carto et al., 2013).

$$db(t) = \alpha b(t)dt + \sigma b(t)dz(t) \quad (4)$$

위 식에서 α 는 b 의 증가율(Drift Rate)이고, σ 는 변동성(Volatility)을 뜻하며, $dz(t)$ 는 위너과정(Wiener's process)의 증분을 의미한다.

시간 t 에서의 DMZ 생태계 보전에 따른 ‘생물다양성 편익(Biodiversity Benefit, $BB(t)$)’은 생물다양성가치 $b(t)$ 와 생태계면적 $R(t)$ 의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$BB(t) = b(t)R(t) \quad (5)$$

정부는 DMZ 개발 시($0 < v(t)$) DMZ 개발 사업자에 DMZ 개발권을 주면서 개발자가 사업개발을 통해 향유할 편익을 감안하여 DMZ의 지속가능한 보전을 위한 DMZ 보 존기금(θ , 억 원/ha)을 개발자로부터 수취한다. 반면, 정부는 사용자가 토지를 즉시 사용 할 수 있도록 토지정리비용(conversion cost, k , 억 원/ha)을 지불해야만 한다. 그리고 토 지개발권의 양도와 토지정리는 시간 t 에서 동시적(simultaneously)으로 진행됨을 가정 하였다.

시간 t 에서 정부는 $t = 0$ 에서 현재까지 개발된 지역에 대해서 세금을 부과한다. 세금은 정부의 수익이며, 세금의 종류에 따라 설정 방식(정률세, 정액세) 및 부과 주체(중앙 정부, 지방정부)가 다양하다. 본 논문에서는 개발된 토지에 대하여 정률로 세금을 부과 함을 가정하였으며, 부과 주체는 중앙정부 및 지방정부 모두 정부의 세수이므로, 모두 정부로 칭하였다. 이에 따라 정부의 세수 $T(t)$ 는 다음과 같다.

$$T(t) = \delta\phi(D(t) - D(0)) = \delta\phi(\bar{L} - R(t) - D_0) \quad (5)$$

위 식에서 δ 는 세율(%)이고, ϕ 는 과세표준, $D(t) - D_0$ 는 세금 부과 면적⁶⁾을 의미한다.

마지막으로 DMZ는 남과 북의 군사적 완충지대의 역할을 하고 있기에 남북경협 시 정치적 리스크는 항상 존재한다. 그러므로 DMZ 개발 시에 남북경협의 정치적 리스크도 고려해야 한다. 남북경협 시 발생할 수 있는 정치적 리스크를 λ 로 정의하며, λ 의 확률은 포아송 프로세스(Poisson Process)를 따름을 가정하였다(Clarke and Reed, 1990; Clark, 1997; Leroux and Whitten, 2014, 박호정 외, 2019).

정부의 이윤함수는 생물다양성의 편익 $b(t)R(t)$, 세금 $\delta\phi(L - R(t) - D_0)$, 개발에 따른 수익 $\theta R(t)v$ 및 개발비용 $kR(t)v$ 으로 구성되며, 이는 다음과 같다.

$$\pi(b(t), R(t)) = b(t)R(t) + \delta\phi(L - R(t) - D_0) + \theta R(t)v - kR(t)v \quad (6)$$

정부의 가치함수는 다음과 같다.

$$V(b, R) = E \int_0^{\infty} [b(t)R(t) + \delta\phi(L - R(t) - D_0) + \theta R(t)v - kR(t)v] e^{-\rho t} dt \quad (7)$$

s.t. $db(t) = \alpha b(t)dt + \sigma b(t)dz(t)$

위 식에서 E 는 기대연산자이며, ρ 는 할인율을 나타낸다. 만일 남북경협의 정치적 리스크에 의해 $t + dt$ 사이에 수입이 G 만큼 감소할 확률이 λdt 라고 한다면, 위 식을 아래의 벨만방정식(Bellman Equation)처럼 전개할 수 있다.⁷⁾

$$V(b, R) = [b(t)R(t) + \delta\phi(L - R(t) - D_0) + (\theta - k)R(t)v]dt \quad (8)$$

$$+ (1 - \lambda dt)e^{-\rho dt} E(V(b + db)) + (-G)\lambda dt e^{-\rho dt}$$

다음 단계로 Ito's lemma를 활용하여 식 (8)을 정리하면 아래의 HJB 방정식(Hamilton-Jacobi-Bellman equation)을 얻게 된다.

6) 엄밀히 말하면 개발면적에서 공용면적인 도로시설, 용수시설, 폐기물시설 등의 기반시설의 면적도 존재하나, 해당 면적은 추정이 불가능하고, 논의를 단순화하기 위하여 포함하지 않았다.

7) 이후, 논의를 단순화하기 위하여 시간을 나타내는 표기 (t) 는 생략하도록 한다.

$$(\lambda + \rho)V(b, R) = b(t)R(t) + \delta\phi(L - R(t) - D_0) + (\theta - k)R(t)v + \alpha b V_b + 1/2\sigma^2 b V_{bb} - \lambda G \quad (9)$$

$V(b, R)$ 의 2계 미분방정식인 HJB방정식의 해를 도출함으로써 프로젝트 가치함수 $V(b, R)$ 를 얻을 수 있다. 식 (9)의 비동차방정식(Non-homogeneous Equation)을 구하면 아래와 같다.

$$V(b, R) = \frac{bR + \delta\phi(L - R - D_0) + \theta Rv}{\lambda + \rho - \alpha} - \frac{\lambda G + kRv}{\lambda + \rho} \quad (10)$$

투자 이전에는 정치적 리스크를 고려하지 않는다면, 옵션가치 $F(b)$ 는 아래와 같다. 여기에서 A 는 옵션 상수를 의미한다.

$$F(b) = Ab^\beta \quad (11)$$

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 0 \quad (12)$$

생물다양성의 가치의 불확실성을 고려하면서 DMZ 개발 투자 임계 수준인 b^* 는 경계 조건을 이용하여 구할 수 있다. 해당 경계조건은 등가조건(value matching condition)과 한계조건(smooth pasting condition)이다. 여기에서 I 는 정부의 비가역적 초기투자비를 의미한다.

$$Ab^\beta = \frac{bR + \delta\phi(L - R - D_0) + \theta Rv}{\lambda + \rho - \alpha} - \frac{\lambda G + kRv}{\lambda + \rho} - I \quad (13)$$

$$\beta Ab^{\beta-1} = \frac{R}{\lambda + \rho - \alpha} \quad (14)$$

위 식의 연립방정식에서 도출한 b^* 와 A 는 다음과 같다.

$$b^* = \left(-\frac{\delta\phi(L-R-D_0) + \theta Rv}{\lambda + \rho - \alpha} + \frac{\lambda G + kRv}{\lambda + \rho} + I \right) \left(\frac{\beta}{\beta - 1} \right) \left(\frac{\lambda + \rho - \alpha}{R} \right) \quad (15)$$

$$A = \left(\frac{1}{b^*} \right)^\beta \left(\frac{b^* R + \delta\phi(L-R-D_0) + \theta Rv}{\lambda + \rho - \alpha} - \frac{\lambda G + kRv}{\lambda + \rho} - I \right) \quad (16)$$

결론적으로 식 (15) 및 식 (16)을 이용해 도출한 옵션가치는 다음과 같다.

$$F(b) = Ab^\beta = \left(\frac{b}{b^*} \right)^\beta \left(\frac{b^* R + \delta\phi(L-R-D_0) + \theta Rv}{\lambda + \rho - \alpha} - \frac{\lambda G + kRv}{\lambda + \rho} - I \right) \quad (17)$$

III. 실증분석

본 절에서는 앞에서 도출한 DMZ 개발에 따른 정부 관점에서의 실물옵션 모형을 실증분석하였다. 그러기에 앞서 실증분석을 위한 파라미터 값을 구해야 한다.

우선 DMZ의 폭은 4km, 길이는 243km이며, 총 토지면적은 90,703ha이다. DMZ의 토지는 산림지역이 75.5%로 전체의 3/4 이상을 차지하고 있으며, 다음으로 초지 20.3%, 농경지 2.8% 및 습지 1.1% 순으로 토지가 이용되고 있다(임업연구원, 2000).

〈표 1〉 비무장지대의 토지이용형태

(단위: ha)

구분	대한민국		북한		계	
산 립	35,017	77.6%	33,480	73.5%	68,497	75.5%
농경지	588	1.3%	1,907	4.2%	2,495	2.8%
초 지	9,091	20.1%	9,324	20.5%	18,415	20.3%
습 지	226	0.5%	806	1.8%	1,032	1.1%
나 지	86	0.2%	12	0.0%	98	0.1%
수 역	129	0.3%	37	0.1%	166	0.2%
합 계	45,136	100.0%	45,567	100.0%	90,703	100

*출처: 임업연구원, 2000, 비무장지대의 산림생태계 현황.

이 중 남북경협 활성화에 따라 DMZ를 개발하게 된다면 우선적으로 개발가능한 면적은 MDL 남쪽의 대한민국 지역을 활용할 수 있을 것이다. 그렇기에 1차적으로 개발가능한 DMZ 전체면적(L)은 45,136ha(임업연구원, 2000)로 설정하였다. 농경지는 이미 DMZ 생태계가 개발되어 전용된 땅이므로 초기 개발면적(D_0)은 588ha로 설정하였고, 이를 제외한 면적이 초기 생태계면적($R_0 = 44,548ha$)이다(<그림 1.A>).

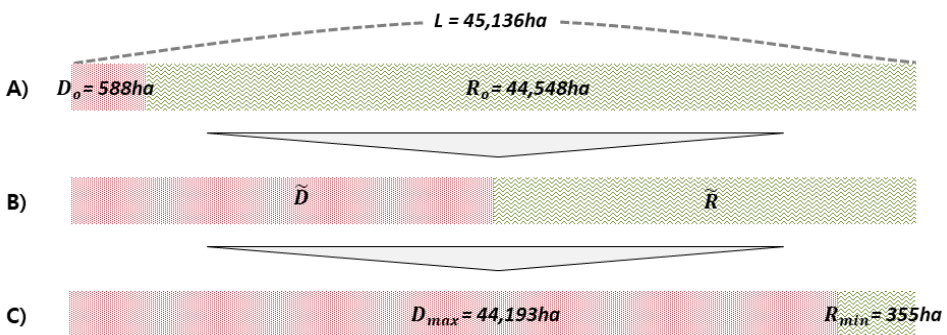
그리고 정부는 개발시작 후 매시간 t 마다 v 의 속도로 DMZ를 개발한다. 점차 개발면적이 확대됨에 따라 생태계면적은 이에 상응하여 감소할 것이다. 이에 따라 이론적으로 생태계면적이 최소가 되는 최소생태계면적(R_{min})은 <표 1>에서 습지(229ha)와 수역(129ha) 면적의 합인 355ha로 가정하였다(<그림 1.C>).

그렇기에 정부에서 개발하는 생태계의 면적은 <그림 1.A> 및 <그림 1.C>의 사이(\tilde{D} , \tilde{R})에 위치하고 있으며, 본 논문에서는 정부가 DMZ의 지속가능한 개발을 위해 개발가능면적(\tilde{D})을 전체 DMZ 면적의 1/2까지(Di Corato et al., 2013)로 설정($\tilde{D} = L \times 0.5 = 22,568ha$)하였다.

실증분석을 위해 정부 관점에서의 파라미터를 정의해야 한다. 하지만 DMZ는 정치적 및 지역적 특수성에 의거하여 파라미터와 관련한 적절한 연구 결과가 존재하지 않음에 따라 실증분석을 위해서 다음과 같은 가정을 통해 파라미터를 임의로 도출하였다.

첫째, 토지정리비용(k)은 9.37억 원/ha를 가정하였다. 정부는 DMZ의 개발을 위해 토지정리를 통해 개발자가 토지를 개발가능하도록 공급해야 한다. DMZ의 토지정리비용

<그림 1> 실증분석을 위한 DMZ 개발 시나리오



〈표 2〉 실증분석을 위한 파라미터

파라미터		의미	값	단위
토지	L	DMZ 전체면적	45,136	ha
	R_0	생태계면적	44,548	ha
	D_0	개발면적	588	ha
정부	k	토지정리비용	9.37	억 원/ha
	v	토지전환비율	0.01	-
	θ	DMZ 보전기금	1.20	억 원/ha
	δ	세율	0.001	-
	ϕ	과세표준	4.50	억 원/ha
	G	수입감소분	0.43	억 원/ha
	λ	수입감소확률	0.02	-
	I	투자비	10,000	억 원
	ρ	할인율	0.05	-
생물다양성	α	생물다양성 증가율	0.025	-
	σ	생물다양성 변동성	0.200	-

과 관련하여 가장 크게 차지하는 요소는 바로 지뢰제거비용이다. 한반도에 지뢰가 매설된 지역의 추정면적은 약 66,618ha이며, DMZ 전역에만 52만발정도가 매설되어있다.⁸⁾ 최근에 지뢰를 제거한 사례로 2006년 군(軍)에서 경의선 연결공사를 위해 사업 지역의 지뢰를 제거하였는데, 이때 투입된 비용이 9.37억 원/ha⁹⁾ 정도였다.

둘째, 토지전환비율(v)은 0.01로 적용하였다. 선행연구인 Leroux et al.(2009)에서 v 를 최대전환비율(maximum rate of conversion)로 정의하였으며 동 값을 0.025로 제시하였는데, 이는 매년 전체면적의 2.5%가 농지로 전환됨을 가정한 것이다. 우리나라의 경우 '16년 기준 전체 국토면적(101,059km²) 중 임야면적이 63%(63,918km²)이며, 개발면적(D)이라 간주할 수 있는 '임야外' 면적이 37%(37,140km²)이다. 그리고 '임야外' 면적은 '08년 35,282km²에서 '16년 37,140km²로 연평균 1%씩(CAGR) 증가하고 있다.¹⁰⁾ 그렇기에 본 논문에서는 $v = 0.01$ 로 적용(1%)하였으며, 선행연구와 비교를 위해

8) 아시아경제(2018.10.02), “[DMZ 지뢰 제거] 한반도 매설 지뢰, 종류와 양은 얼마?”

9) 한국지뢰제거연구소(2006.07.09), “군, 경의선 연결공사의 35%가 지뢰제거 작업 비용으로 집행”

10) 행정안전부, 「한국도시통계」, 지목별 토지현황

$v = 0.025$ 일 때의 민감도 분석도 시행하였다.

셋째, DMZ 보존기금은 1.20억 원/ha를 가정하였다. 「자연환경보전법」 제46조 및 동법 시행령 제38조에서는 ‘자연자산을 관리·활용하기 위하여 자연환경 또는 생태계에 미치는 영향이 현저하거나 생물다양성의 감소를 초래하는 사업을 하는 사업자’에 대하여 ‘생태계보전협력금’을 부과·징수하도록 하고 있다. 생태계보전협력금은 ‘단위면적당 부과금액’과 ‘지역계수’의 곱으로 설정되며, 자연환경보전지역의 경우 지역계수가 4¹¹⁾이다.

넷째, 세율(δ)은 0.001 및 과세표준(ϕ)은 4.50억 원/ha를 적용하였다. 개성공업지구의 경우 입주 기업 및 개인은 기업소득세, 개인소득세, 재산세, 상속세, 거래세, 영업세, 지방세 및 등을 지불¹²⁾ 하고 있다. 이 중 본 논문에서는 DMZ라는 정치적 리스크가 존재하는 지역에 투자하는 기업의 특수성을 감안하여 「지방세법」에서 규정하고 있는 세율 대신 「개성공업지구 세금규정」에 따른 세율은 0.1%(생산용건물) 및 과세표준은 4.50억 원/ha를 적용¹³⁾하였다.

다섯째, 정부의 수입감소분(G)은 0.43억 원/ha를 가정하였다. 2016년 개성공업지구 운영의 전면 중단에 따라 개성공단 입주 기업은 1조 5,404억 원의 손실¹⁴⁾을 입었고, 이에 따라 개성공단 입주 기업에게 지불한 경험 보험금 2,809억 원¹⁵⁾으로 추정되었다. 남북경협중단의 중단으로 인한 정부의 수입감소분은 경험 보험금 및 개성공단의 면적을 바탕으로 도출¹⁶⁾하였다.

여섯째, 정부의 초기 투자비 $I = 10,000$ 억 원을 가정¹⁷⁾하였다. 「개성공업지구 지원에 관한 법률」¹⁸⁾에 따르면 정부는 개성공업지구의 원활한 조성을 위하여 도로, 용수, 철

11) DMZ 보전기금(1.2억 원/ha) = 단위면적당 부과금액(300원/m²) × 지역계수(4) × 환산계수(104m²/ha)

12) 개성공업지구지원재단 개성공업지구관리위원회 누리집(<https://www.kidmac.or.kr>)

13) 미국의소리(2015.12.21), “남북한, 개성공단 토지사용료 산정 놓고 이견”

⇒ 토지사용금액 = 토지사용요율(1%) × 분양가(149,000원)

14) 연합뉴스(2017.02.07), “개성공단 폐쇄 피해 1조 5천억 원 이상...½도 보상 못 받아”

15) 연합뉴스(2013.08.27), “개성공단 보험금 지급 증가...27개사 895억 원 수령”

16) 정부의 수입감소분(0.43억 원/ha) = 경험 보험금(2,809억 원) ÷ 개성공단면적(66,000ha)

17) 조봉현(2019)에 따르면 ‘한반도 신경제구상의 10대 남북경협 사업’에 따른 20년간 총 투자비가 63.5조 원으로 추정된다. 초기투자비는 7,797억 원으로 추산되는 바, 본 논문에서는 논의의 편의를 위해 초기투자 매몰비용을 10,000억으로 가정하였다.

⇒ 총투자비 = 20년간 총 투자비(63,5조 원) ÷ DMZ 전체면적(90,700ha)

⇒ 초기투자비(7,797억 원) = 초기생태계면적(44,548ha) × 토지전환비율(v , 0.025) × 7.00억 원/ha

도, 통신, 전기 등의 기반시설을 우선적으로 지원할 수 있다. 마찬가지로 DMZ 개발 시에도 특별법을 통해 기반시설 설치를 위한 정부의 초기 투자비가 지출될 것이며, 동 금액은 조봉현(2019)을 바탕으로 가정하였다.

일곱째, 남북경협 중단에 따른 수입감소확률(λ) 및 할인율(ρ)이다. 국내에서는 아직까지 DMZ 개발 시에 발생할 수 있는 남북경협 리스크와 이에 따른 수입감소 확률과 관련한 연구는 진행되지 않았다. 그렇기에 본 논문에서는 모형의 실증분석과 결과의 비교를 위해서 박호정 외(2019)의에서 가정한 $\lambda = 0.02$ 를 동일하게 적용하였다. 또한 할인율 역시 DMZ라는 특성을 반영한 선행연구와의 비교를 위해 박호정 외(2019)의 $\rho = 0.05$ 를 적용하여 실증분석을 하였다.

마지막으로 생물다양성 가치(b)의 증가율(α) 및 변동성(σ) 파라미터는 Di Corato et al.(2013)에서 적용한 $\alpha = 0.025$ 및 $\sigma = 0.20$ 을 적용하였다. 그리고 b 와 생태계면적(R)의 변화에 따른 생물다양성 편익(BB)의 변화를 살펴보았다.

생물다양성 가치 증가율 및 변동성에 따른 최적투자분기점은 <표 3> 및 <표 4>와 같다. 이에 따르면, $\alpha = 0.025$ 및 $\sigma = 0.20$ 일 때 생물다양성 가치의 임계값(b^*)은 0.18억 원/ha로 나왔다. 이는 불확실성하에서 DMZ 개발 시 생물다양성의 가치가 0.18억 원/ha 이상이어야 개발할 가치가 있다는 것을 의미한다.

만약, 생물다양성의 가치가 b^* 이상이 되어 정부가 DMZ 개발을 이행하면, <부록 표 1~2>에서 보는 바와 같이 투자의 임계값은 점차 높아지게 되어 투자가 연기되는 효과가 발생한다. 그리고 불확실성하에서 생물다양성의 가치가 b^* 이하라면, 정부의 DMZ 개발은 투자 경제성을 확보하지 못하여 투자를 연기하게 된다. 또한 <표 3>에서 보는 바와 같이 α 의 변화에 따른 b^* 의 변화율이 상이한데, 이는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 $\alpha \geq 0.03$ 일 때부터 b^* 가 급격히 변하기 때문이다.

선행연구인 Bulte et al.(2002)와 Leroux et al.(2009)는 실증분석 시 생물다양성의 가치(b)를 75\$/ha(90,000원/ha)로 설정하였으며, Di Corato et al.(2013)는 b 를 200\$/ha

18) 「개성공업지구 지원에 관한 법률」 제6조(개성공업지구의 개발에 대한 지원) ① 정부는 개성공업지구의 원활한 조성 및 운영 등을 위하여 자금지원에 관한 필요한 조치를 할 수 있다. ② 개성공업지구의 원활한 조성을 위하여 필요한 도로, 용수, 철도, 통신, 전기 등 기반시설은 정부 또는 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제29조제1항에 따라 해당 시설을 공급하는 자가 우선적으로 지원할 수 있다. 다만, 정부가 지원하는 기반시설은 개성공업지구 개발업자에게 위탁하여 설치할 수 있다.

(240,000원/ha) 설정하였다(환율 1,200원/\$ 적용). 본 논문의 임계값은 선행연구와 괴리가 존재하는 데, 선행연구에서는 개발이전 상태($t = 0$)에서의 생물다양성 가치를 평가한 것이고, 본 논문은 개발 수익 및 비용을 고려한 DMZ 투자 의사결정에 필요한 생물다양성 가치의 임계값을 도출한 것이다. 즉, 본 논문에서는 ‘DMZ 보존기금(θ)’과 ‘토지정리비용(k)’이라는 DMZ의 지역적 특수성을 감안한 파라미터를 모형에 반영하였으며, 시뮬레이션을 위한 θ 와 k 의 값으로 ‘생태계보전협력금’ 및 ‘지뢰제거비용’을 가정했기 때문이다.

그리고 동 조건에서 생물다양성의 편익(BB)은 8,235억 원으로 나타났으며, α 및 σ 가 증가할수록 BB 는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 생물다양성의 편익을 b^*R 로 정의함에 따라 α 및 σ 증가에 따라 b^* 가 증가한 결과이다.

〈표 3〉 증가율(α) 변화에 따른 생태계편익 및 생태계가치

파라미터		값		
생물다양성 가치	증가율(α)	0.010	0.025	0.040
	변동성(σ)	0.200		
	b^* (억 원/ha)	0.1779	0.1849	0.2553
생물다양성 편익(BB , 억 원)		7,926	8,235	11,373
β		1.8508	1.4611	1.1583

주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $v = 0.01$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $R = R_0$

〈표 4〉 변동성(σ) 변화에 따른 생물다양성가치 및 생태계가치

파라미터		값		
생물다양성 가치	증가율(α)	0.025		
	변동성(σ)	0.100	0.200	0.300
	b^* (억 원/ha)	0.1370	0.1849	0.2531
생물다양성 편익(BB , 억 원)		6,103	8,235	11,276
β		1.7417	1.4611	1.2995

주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $v = 0.01$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $R = R_0$

만약 $R = R_0$ 일 때의 b^* 를 식 (6)에 대입하면 다음의 식(18)과 같이 나타낼 수 있다. 그리고 생물다양성의 가치를 고려하지 않았을 경우($b = 0$)의 식 (6)은 식 (19)와 같이 나타낼 수 있다. 식 (18)과 식 (19)에 <표 2>의 파라미터를 대입하면 $R = R_0$ 일 때 정부의 이윤은 각각 7,873억 원 및 -364억 원으로 나온다. 이는 생물다양성의 가치 및 편익을 고려하지 않았을 경우 정부 관점에서의 DMZ 개발사업은 투자경제성이 없는 것으로 해석할 수 있으나, 생물다양성의 가치 및 편익을 하나의 변수로 고려할 경우에는 다른 결론이 날 수 있음을 시사한다.

$$\pi(b(t), R(t)) = b^* R_0 + \delta\phi(L - R_0 - D_0) + \theta R_0 v - k R_0 v \quad (18)$$

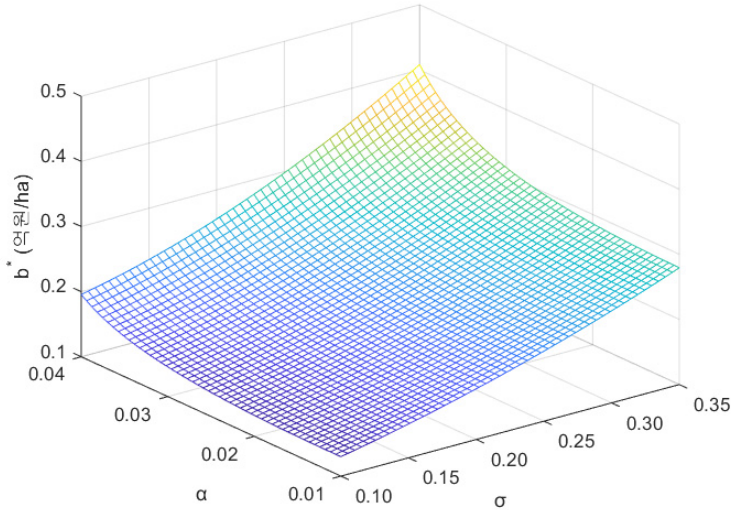
$$\pi(b = 0, R(t)) = \delta\phi(L - R_0 - D_0) + \theta R_0 v - k R_0 v \quad (19)$$

또한 정부는 DMZ 개발 시 민간 투자자의 비용-편익 분석 관점과는 달리, 공공재인 생태계의 비가역적 개발을 통해 손실될 수도 있는 생물다양성의 준옵션가치(quasi-option value)를 고려하여 의사결정시 활용하는 것 또한 중요하다. 식 (7)에서 보는 바와 같이 매 기간 동안의 DMZ 개발 시행에 따라 생태계면적이 감소되어 포기해야 하는 준옵션가치는 지속적으로 감소하게 된다.

다음으로 시뮬레이션 분석에 사용된 값을 바탕으로 민감도 분석을 시행하였다.

우선 생물다양성 가치의 증가율(α) 및 변동성(σ)에 대한 민감도 분석을 시행하였으며, 파라미터 값은 경향을 살펴보기 위해 $\alpha \in [0.01, 0.04]$ 및 $\sigma \in [0.1, 0.35]$ 범위에서 민감도 분석을 시행하였다. <그림 2>, <부록 표 1> 및 <부록 표 2>를 통해 확인할 수 있듯이 α 와 σ 가 증가함에 따라 지속가능한 DMZ 개발을 위한 생물다양성 가치의 임계값인 b^* 가 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 b^* 는 α 와 σ 중에 σ 에 상대적으로 크게 반응하는 것을 알 수 있다.

〈그림 2〉 b^* 의 증가율(α) 및 변동성(σ) 민감도 분석

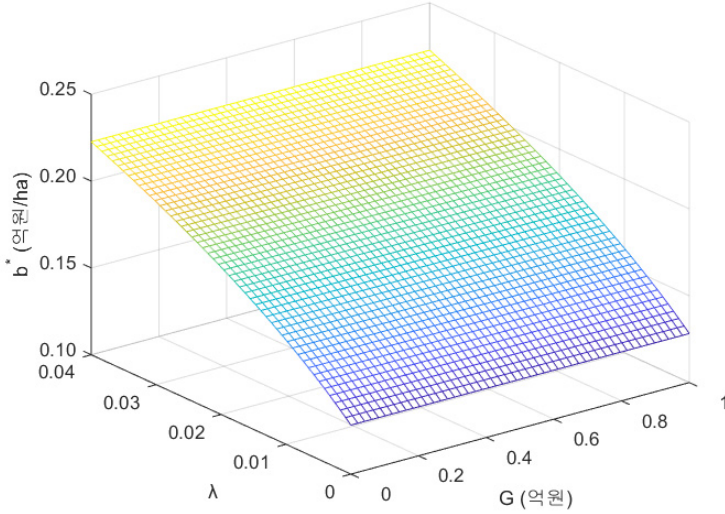


($\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $v = 0.01$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$)

다음으로 DMZ의 특수성을 반영한 파라미터인 남과 북의 정치적 리스크와 관련이 있는 정치적 리스크에 따른 수입감소확률(λ) 및 수입감소분(G)에 대한 b^* 의 민감도 분석을 시행하였다. b^* 는 λ 의 변화에는 크게 반응하고 있으나, G 에는 상대적으로 덜 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 이는 DMZ 개발 시 정부의 정치적 리스크 증가 시 생물다양성 가치의 임계값(b^*)이 높아져 DMZ 투자 유인이 급속도로 감소할 것이다(〈그림 3〉).

박호정 외(2019)에서는 투자자 관점에서 λ 의 변화에 따른 민감도 분석을 하였는데, 그 결과 λ 증가에 따라 투자자의 ‘경쟁 입찰 수준’이 감소하기에 투자자를 유인하기 위해서는 정치적 리스크를 최대한 줄여야 함을 강조하였다. 마찬가지로 본 논문에서 분석한 정부관점에서의 DMZ 개발사업도 λ 변화에 따라 b^* 가 높아져 투자 유인이 급속도로 감소하였으며, 이는 정부도 남북경협 활성화를 위해서는 정치적 리스크를 최대한 줄여야 함을 제시하고 있다.

<그림 3> b^* 의 수입감소확률(λ) 및 수입감소분(G) 민감도 분석

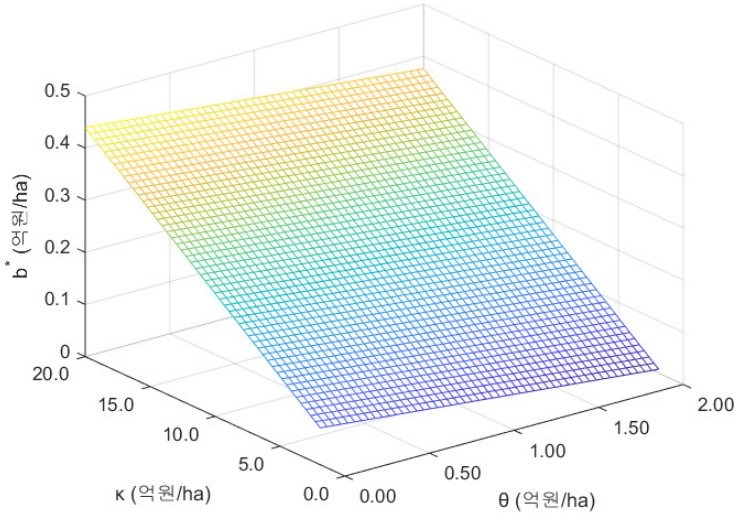


($\rho=0.05$, $G=0.43$, $\alpha=0.025$, $\sigma=0.20$, $v=0.01$, $\theta=1.2$, $\delta=0.001$, $\phi=4.50$, $I=10,000$)

DMZ의 특수성을 반영한 다른 파라미터인 ‘DMZ 보존기금(θ)’ 및 ‘토지정리비용(k)’에 대한 b^* 의 민감도 분석을 시행하였다. 전술한 바와 같이 θ 와 k 값으로 ‘생태계보전협력금’ 및 ‘지뢰제거비용’을 적용하여 시뮬레이션하였다. b^* 는 k 의 변화에는 크게 반응하고 있으나, θ 에는 상대적으로 덜 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 정부는 DMZ 개발 지역 선정 시 k 값이 낮은 지역을 우선적으로 선정하여야 투자경제성을 쉽게 확보할 수 있을 것이다(<그림 4>).

한편, <그림 4>에는 표현되어 있지 않지만 DMZ 보존기금(θ)이 7.03억 원/ha 이상으로 올라가거나 및 토지정리비용(k)이 0.3억 원/ha 이하가 되면, b^* 값이 음의 값을 가지게 된다. 이러한 경우는 미래의 생물다양성 가치의 불확실성 및 편익에 대한 순현재가치 분석이 무의미할 정도로 즉각적인 투자가 바람직한 경우라 할 수 있다. 하지만 이것은 매우 특별한 경우로 본 연구에서는 이 부분을 제외한 $\theta \in [0, 2]$ 및 $k \in [1.9, 20]$ 의 범위에 대해서만 민감도 분석을 하였다.

<그림 4> b^* 의 DMZ 보존기금(θ) 및 토지정리비용(k) 민감도 분석

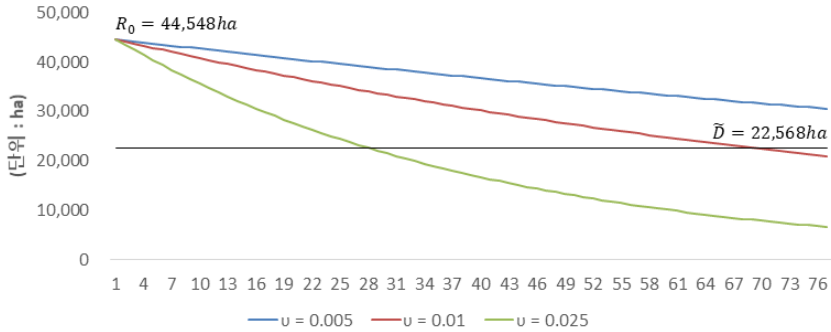


($\rho = 0.05, \alpha = 0.025, \sigma = 0.20, v = 0.01, \delta = 0.001, \phi = 4.50, G = 0.43, \lambda = 0.02, I = 10,000$)

마지막으로 토지전환비율(v) 변화에 따라 최대개발면적(\tilde{D})으로 설정한 22,568ha에 도달하는 시간 t 를 분석해보았다. <그림 5>와 같이 v 가 1) $v = 0.005$ 2) $v = 0.01$ 및 3) $v = 0.025$ 로 증가함에 따라 \tilde{D} 에 빨리 도달함을 알 수 있으며, v 가 DMZ 생태계면적 변화에 비선형적으로 작용함을 알 수 있다. 또한 \tilde{D} 에 도달하는 시간이 $v = 0.01$ 일때는 약 70년의 만기를 지나는 것으로 나타났다. 즉, v 증가에 따라 만기 도달시간은 짧아지기에 식(7)의 시간 t 는 다르게 설정($t = \infty$ 또는 $t = \tau < \infty$)하여 분석해야 할 것이다. 그렇기에 정부에서 DMZ 개발계획 수립 시 적절한 토지전환비율(v)을 설정하는 것도 중요한 고려요소임을 알 수 있다.

<부록 표 3>과 같이 v 증가에 따라 생물다양성의 가치 임계값(b^*)은 증가하여 불확실성하에서 DMZ 개발의 투자 의사결정이 연기하게 되며, 상대적으로 생물다양성의 편익(BB)도 급속도로 감소함을 알 수 있다.

〈그림 5〉 ν 변화에 따른 \tilde{D} 도달 시간 분석



IV. 결론 및 제언

DMZ는 물리적으로 1953년 정전협정 이후 설정된 군사분계선의 남북으로 각각 2km 씩 후퇴한 남방한계선 및 북방한계선 사이의 완충지대이며, 총 면적은 907km² (90,703ha)에 이르고 있다. 생태적으로는 정전협정 이후 철저히 사람의 간섭으로부터 단절된 지역이고, 67종의 멸종위기종을 포함한 2,716종의 야생 동·식물이 서식하는 중요한 자연환경보전지역이다(전성우 외, 2009). 또한 정치·군사적으로는 2000년 「6·15 남북공동선언」 이후, 2011년 「한반도 신뢰프로세스」, 2017년 「한반도 신경제지도 구상」 이르는 과정(김범수 외, 2018)에서 남북경협 활성화에 따른 DMZ의 효과적 활용에 대한 논의가 활발해지고 있으며, 2019년 대한민국과 미국 대통령이 DMZ를 방문함에 따라 DMZ는 국제적으로도 재조명 받고 있다.

그렇기에 향후 남북경협 활성화 시 DMZ에 대한 개발압력은 증가될 수밖에 없기에, DMZ 개발 시 DMZ와 유사한 접경지역의 사례(박호정 외, 2019)를 바탕으로 DMZ 개발에 대한 새로운 패러다임을 설정할 필요도 있다. 즉, 기존의 ‘국토종합계획’ 및 ‘도시기본계획’과 같은 경제적 비용-편익 관점에서의 논의뿐 아니라, DMZ의 생물다양성을 어떻게 평가하고 보존할 것인지와 복구비용(지뢰제거비용) 및 예산(DMZ 보전기금)도 종합적으로 고려하는 방법론을 설정해야 할 것이다.

본 논문은 DMZ 개발 시 생물다양성의 가치의 불확실성을 고려한 정책 의사결정 모형

을 실물옵션 방법론을 통해 개발하였다. 또한 DMZ의 정치적 리스크 및 지역적 특수성을 모형 안에 반영하여 설계하였다.

실증분석 결과 생물다양성 가치(b)의 증가율(α)이 0.025 및 변동성(σ)이 0.20일 때 생물다양성 가치의 임계값(b^*)은 0.18억 원/ha로 나왔다. 이는 불확실성하에서 DMZ 개발 시 생물다양성의 가치가 0.18억 원/ha 이상이어야 투자의 경제성이 있음을 의미한다. 만약 불확실성하에서 생물다양성의 가치가 b^* 이하라면, 정부의 DMZ 개발사업은 투자 경제성을 확보하지 못하여 투자를 연기하게 된다.

민감도 분석결과 b^* 는 정치적 리스크에 따른 수입감소확률(λ)에 민감하며, 정치적 리스크 증가 시 b^* 이 높아져 정부의 DMZ 투자 유인을 급속도로 감소시킬 것이다. b^* 는 DMZ 보존기금(θ) 보다 토지정리비용(k)에 민감하기에 정부는 θ 관리보다는 DMZ 개발 지역 선정 시 k 값이 낮은 지역을 우선적으로 선정하여야 투자 경제성을 쉽게 확보할 수 있을 것이다. 또한 b^* 는 세율(δ)에 따라 상이하게 반응하는 데, δ 이 높아질수록 정부의 생물다양성을 고려한 이윤을 증가시켜 b^* 는 급격히 낮아짐을 알 수 있다(<부록 표 4>). 그렇기에 정부는 λ 와 k 를 낮추고, δ 를 높이는 정책 등을 탄력적으로 활용하면 DMZ 개발 시 투자경제성을 효과적으로 관리할 수 있을 것이다.

최성록·박은진(2010)¹⁹⁾은 선택실험법을 이용하여 DMZ 전체 보전가치를 11조 4,700억 원으로 도출하였으며, DMZ 전체면적(90,700ha)으로 동 값을 나누면 DMZ의 가치는 1.26억 원/ha이다. 이는 본 논문에서 도출한 생물다양성 가치의 임계값(b^*) 0.18억 원/ha 보다는 약 6.81배 큰 값이다. 이렇게 두 값이 차이나는 이유는 방법론의 차이도 존재하나 본 논문에서 b^* 도출 시 세수(T), DMZ 보존기금(θ) 및 토지정리비용(k)과 같은 파라미터를 변수로 반영했기 때문이다. 만약 동일조건에서 $k \geq 62.00$ 억 원/ha일 경우 b^* 는 1.26억 원/ha로 높아진다.

국제사회에서는 경제학적 관점에서 생물다양성의 가치를 평가하기 위해 2007년 G8 환경장관 회의에서 TEEB(The Economics of Ecosystems & Biodiversity)를 발족하여 연구를 하고 있다. 하지만, 국내에서는 아직 생물다양성의 가치평가는 유전자, 종, 보호구역, 산림소득 등 국소적인 측면에서만 평가(Nijkamp et al., 2008; 김정택 외, 2012)하

19) 최성록·박은진(2010)에서 도출한 DMZ의 보전가치는 다음과 같다.

⇒ DMZ의 보전가치(11조 4,700억 원) = 1인당 총 편익(304,902원) × 인구수(37,618,582인)

고 있으며, 해외의 다양성 생물다양성 측정 방법론은 대한민국 생물종의 특성과 생태계의 차별성을 담지 못하고 있다(강희찬 외, 2015). 그럼에도 생물다양성을 종합적으로 측정 및 평가하는 방법론을 개발하는 노력은 지속되고 있으며, 대규모 개발사업의 환경영향평가 시 생물다양성의 가치도 고려하는 논의도 확대되고 있다(구미현·이동근, 2011; 오일찬 외, 2015).

본 논문에서는 직접적으로 생물다양성의 가치를 측정하지는 않았으나, 실물옵션 방법론으로 생물다양성의 가치를 하나의 중요한 요소로 반영하여 정책의사결정에 활용할 수 있도록 실증분석한 것에 중요한 의의가 있다. 또한 기존 선행연구에서 제시한 생물다양성의 가치와의 비교와 민간도 분석을 통해 정부 관점에서의 정책적 방향을 제시한 것에 의의가 있다. 본 논문에서는 정부 관점에서의 DMZ 개발 의사결정 모형을 설정하여 분석하였으나, 기업들도 투자의사결정 시 생물다양성에 대한 고려가 확대(TEEB, 2012) 되는 상황을 반영하여 향후에는 기업(개발자) 관점에서의 생물다양성을 고려한 투자 모형의 개발도 필요할 것이다.

[References]

- 강희찬·조용성·박호정, “선택실험법(CE)을 이용한 서울시민의 생물다양성에 대한 비시장적 가치 추정”, 『환경정책』, 제23권 제2호, 2015, pp. 21~56.
- 구미현·이동근, “생물다양성 평가기법의 국내외 연구동향 분석 및 환경영향평가 적용가능성에 대한 연구”, 『환경영향평가』, 제21권 제1호, 2012, pp. 119~132.
- 권오상, 『환경경제학』 제3판, 박영사, 2014.
- 김범수·류종현·전만식·강종원·김경남·김태동·유영심, 『한반도 신경제지도 구상과 남북 강원도 교류협력 추진방향 연구』, 강원연구원, 2018.
- 김정택·이관규·김준순, “산림생물다양성의 경제적 가치 평가”, 『농업생명과학연구』, 제46권 제4호, 2012, pp. 31~39.
- 박은진, “비무장지대 생태계의 보전과 생태관광 활용 방안”, 『서울행정학회』, 2008 춘계학술대회 발표논문집, 2008, pp. 861~876.
- 박은진·여인애, “한반도 비무장지대 일원 정책과 연구의 변화 및 시사점”, 『환경정책』, 제26

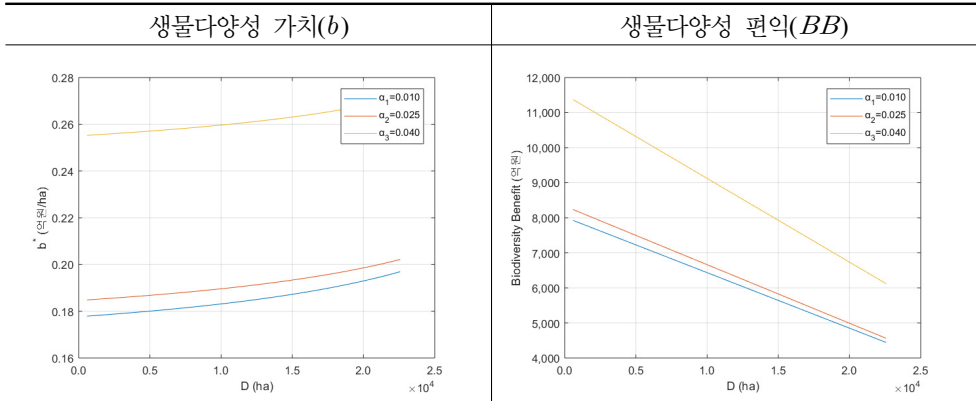
- 권 제2호, 2018, pp. 19~45.
- 박창연·이충기, “DMZ 관광의 체험요인이 지각된 가치와 만족도에 미치는 영향: 체험경제이론을 중심으로”, 「관광레저연구」, 제30권 제7호, 2018, pp. 57~74.
- 박호정, 「실물옵션과 경제성 평가」, 옵션리얼, 2017.
- 박호정·김준순·김현희, “남북경제협력에 따른 개발이익 경매와 DMZ 보전기금 확보”, 「자원·환경경제연구」, 제28권 제1호, 2019, pp. 39~59.
- 박호정·장희선, “수산자원 ITQ 하에서의 어업퇴출모형”, 「자원·환경경제연구」, 제18권 제1호, 2009, pp. 1~24.
- 박호정·정병관, “나고야의정서 하에서 생물유전자원 이용의 최적계약 연구”, 「자원·환경경제연구」, 제26권 제1호, 2017, pp. 85~101.
- 안영면·주현식, “DMZ의 관광 이미지와 매력속성에 따른 관광자원화방안에 관한 연구”, 「관광레저연구」, 제12권 제1호, 2000, pp. 125~137.
- 오일찬·권영한·노백호, 「생물다양성을 고려한 영향평가 방안에 관한 연구」, 한국환경정책·평가연구원, 2015.
- 이충기, “2 단계 CVM 접근방법을 통한 생태관광자원의 가치평가”, 「호텔경영학연구」, 제15권 제3호, 2006, pp. 175~187.
- 이충기, “CVM을 이용한 DMZ 생태관광자원의 가치평가: 국제간 비교”, 「관광레저연구」, 제17권 제4호, 2005, pp. 65~81.
- 임업연구원, 「비무장지대의 산림생태계 현황」, 임업연구원, 2000.
- 전건홍·윤여창, 「비무장지대 및 인접지역의 보전가치 평가I 철원지역」, 산림임업연구원, 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 종합보고서, 2000.
- 전성우·서재철·박준서·추장민, 「DMZ 생태·평화공원 조성을 위한 기본계획 수립 연구」, 환경부, 2009.
- 조봉현, “新남북경협외의 투자비 경제적 효과 분석”, 「한국경제학회」, 2019 경제학 공동학술대회 논문집, 2019, pp. 1~17.
- 최성록·박은진, “DMZ 일원 주요 자원의 보전에 대한 지불의사액 추정 연구: 응답자의 지리적 이질성에 대한 검증”, 「자원·환경경제연구」, 제19권 제2호, 2010, pp. 303~342.
- 최성록·박은진·박성훈, 「DMZ 일원 주요 자원의 보전가치 추정 연구」, 경기개발연구원, 2010, 1~216.
- 홍원경·장희선·박호정, “이익공유를 고려한 유전자원 이용 사업 투자 의사결정 분석”, 「자원

- 환경경제연구, 제28권 제1호, 2019, pp. 95~120.
- Abdallah, S. B. and P. Lasserre, "A Real Option Approach to the Protection of a Habitat Dependent Endangered Species," *Resource and Energy Economics*, Vol. 34, No. 3, 2012, pp. 295~318.
- Arrow, K. J. and A. C. Fisher, "Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility," *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 88, No. 2, 1974, pp. 312~319.
- Bulte, E., D. P. van Soest, G. C. van Kooten, and R. A. Schipper, "Forest Conservation in Costa Rica when Nonuse Benefits are Uncertain but Rising," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 84, No. 1, 2002, pp. 150~160.
- Clark, E., "Valuing Political Risk," *Journal of International Money and Finance*, Vol. 16, No. 3, 1997, pp. 477~490.
- Clarke, H. R. and W. J. Reed, "Land Development and Wilderness Conservation Policies Under Uncertainty: A Synthesis. Natural Resource Modeling," Vol. 4, No. 1, 1990, pp. 11~37.
- Clarke, H. R. and W. J. Reed, "The Tree-Cutting Problem in a Stochastic Environment: The Case of Age-Dependent Growth," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 13, No. 4, 1989, pp. 569~595.
- Conrad, J. M., "On the Option Value of Old-Growth Forest," *Ecological Economics*, Vol. 22, No. 2, 1997, pp. 97~102.
- Conrad, J. M., "Wilderness: Options to Preserve, Extract, or Develop," *Resource and Energy Economics*, Vol. 22, No. 3, 2000, pp. 205~219.
- Di Corato, L., M. Moretto, and S. Vergalli, "Land Conversion Pace Under Uncertainty and Irreversibility: Too Fast or Too Slow?," *Journal of Economics*, Vol. 110, No. 1, 2013, pp. 45~82.
- Di Corato, L., M. Moretto, and S. Vergalli, "The Effects of Uncertain Forest Conservation Benefits on Long-Run Deforestation in the Brazilian Amazon," *Environment and Development Economics*, Vol. 23, No. 4, 2018, pp. 413~433.
- Kassar, I. and P. Lasserre, "Species Preservation and Biodiversity Value: A Real Options Approach," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 48, No. 2, 2004, pp. 857~879.
- Kim, H. H., "A Principal-Agent Study on DMZ Conservation Fund," Thesis for the Degree of

- Master, Korea University, 2019.
- Kremer, M. K. and C. Morcom, "Elephants," *American Economic Review*, Vol. 90, No. 1, 2000, pp. 212~234.
- Leroux, A. D. and S. M. Whitten, "Optimal Investment in Ecological Rehabilitation Under Climate Change," *Ecological Economics*, Vol. 107, 2014, pp. 133~144.
- Leroux, A. D., V. L. Martin, and T. Goeschl, "Optimal Conservation, Extinction Debt, and the Augmented Quasi-Option Value," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 58, No. 1, 2009, pp. 43~57.
- MacArthur, R. H., and E. O. Wilson, *The theory of Island Biogeography*, Princeton University Press, 2001.
- Nijkamp, P., G. Vindigni, and P. ALD. Nunes, "Economic Valuation of Biodiversity: A Comparative Study," *Ecological economics*, Vol. 67, No. 2, 2008, pp. 217~231.
- Park, H. J., "Real Option Game for Fishery Exit under Individual Transferable Quota System with Fish Price Uncertainty," *The Korean Journal of Agricultural Economics*, Vol. 51, No. 1, 2010, pp. 79~98.
- TEEB, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise*, TEEB, 2012.
- Weitzman, M. L., "The Noah's Ark Problem," *Econometrica*, Vol. 66, No. 6, 1998, pp. 1279~1298.

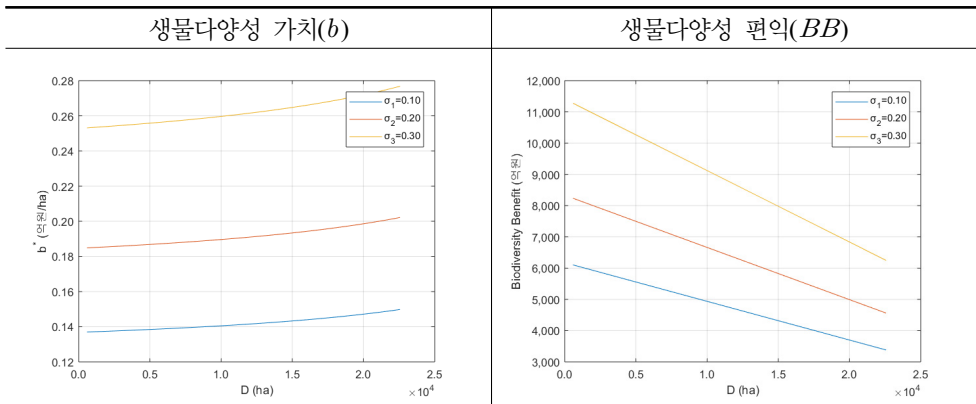
[부록]

〈부록 표 1〉 증가율(α)과 개발면적($D \in [588, 22568]$) 변화에 따른 b^* 및 BB



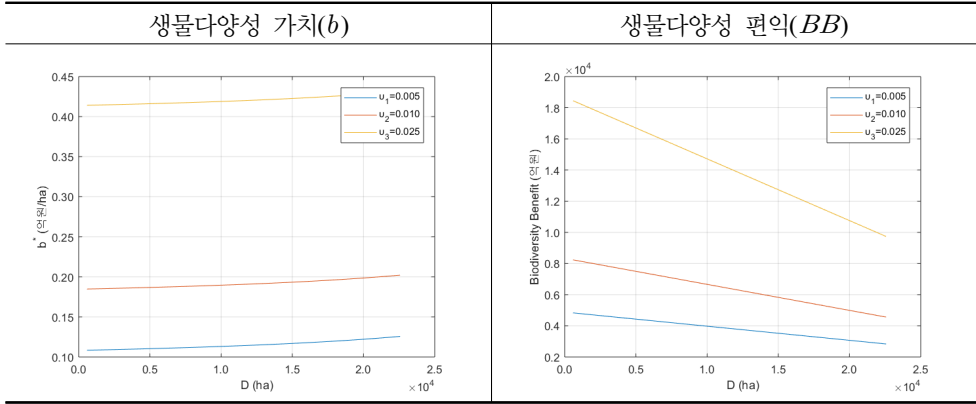
주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $v = 0.01$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $\sigma = 0.2$

〈부록 표 2〉 변동성(σ)과 개발면적($D \in [588, 22568]$) 변화에 따른 b^* 및 BB



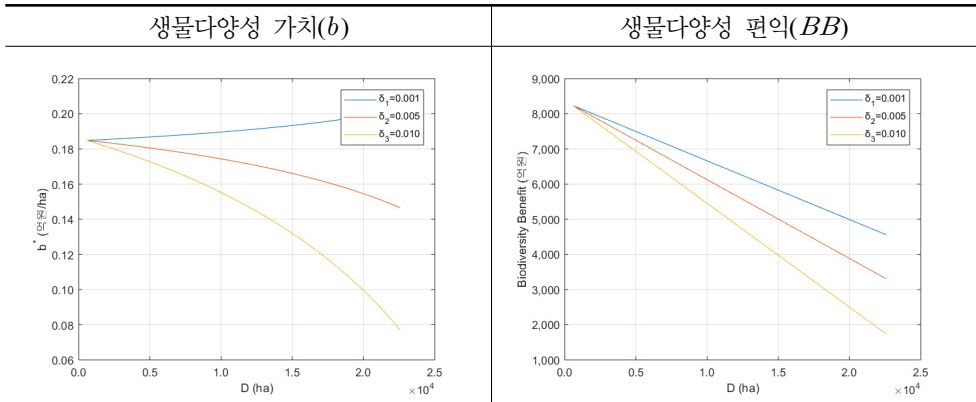
주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $v = 0.01$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $\alpha = 0.025$

〈부록 표 3〉 토지전환비율(v)과 개발면적($D \in [588, 22568]$) 변화에 따른 b^* 및 BB



주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $\theta = 1.2$, $\delta = 0.001$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $\alpha = 0.025$, $\sigma = 0.2$

〈부록 표 4〉 세율(δ)과 개발면적($D \in [588, 22568]$) 변화에 따른 b^* 및 BB



주: $\rho = 0.05$, $k = 0.93$, $\theta = 1.2$, $v = 0.01$, $\phi = 4.50$, $G = 0.43$, $\lambda = 0.02$, $I = 10,000$, $\alpha = 0.025$, $\sigma = 0.2$