

# 행위자기반모형을 이용한 토지이용 변화 분석

## Analysis of Land Use Change using Agent based Modelling Approach

고진석\*, 지흥기\*\*, 이순탁\*\*\*

Jin Seok Ko, Hong Kee Jee, Soontak Lee

### 요 지

최근 몇 년동안 지속가능하고 효과적인 수자원 관리는 전체적인 접근방법이 요구되고 있으며, 사회와 경제발전과 생태계 보호 및 토지이용과 수자원 이용의 적절한 관리와 연결된 개념이 필요하다. 이러한 관점에서 유역을 간단한 고정된 지역적인 문제라고 생각하는 것보다 전체로서의 유역 기능을 개선하는데 노력이 필요하다. 또한 사회와 경제발전으로 인해 도시화, 여가·관광지역 및 사회기반시설의 확장 그리고 자연환경의 변화가 발행하고 있다. 효과적인 토지이용 배분과 자연지역의 보호도 중요하지만 잠재적인 홍수피해 저감도 중요한 문제이다. 토지이용의 변화는 많은 이해관계자들로부터 유발되는 문제이기 때문에 거시적인 관점에서 고려되어야 한다.

본 논문은 다양한 관계자와 자연환경과의 연결과 상호작용 유형을 이해하고 다양한 정책선택과 자연환경 상태가 토지이용 변화에 미치는 영향을 이해하고자 한다. 인간의 활동으로 인해 발생하는 토지이용의 변화를 모의하기 위해서 행위자기반모형(Agent based Model, ABM)으로 접근하고자 한다. ABM은 유역관리의 이해당사자간의 정책과정을 도출하고 다양한 유역관리 대안을 평가하기 위해서 홍수위험, 자연개발 및 비용과 같은 유역관리의 영향을 설명하는 통합된 유역모델이다. 여기서 토지이용은 경제적, 지형학적 상황, 공간계획 및 홍수방어정책에 좌우되며, 토지의 속성과 규칙을 통해 토지이용이 선택되게 된다.

본 모형을 통해 공간적으로 분포된 행위자의 운영을 기반으로 종합적인 토지이용 패턴을 분석하였다, 이를 통해 토지이용 결정에 영향을 주는 인자를 추정하여 통합홍수관리 목적에 맞는 관리대책의 결정 및 설계를 가능토록 하였다.

**핵심용어 : 행위자기반모형, 토지이용, 홍수관리**

### 1. 서론

토지이용의 변화는 인간의 경제활동과 자연시스템의 상호작용의 결과이며, 그 결과로 제한된 공간상에서 도시개발, 관광지 조성, 사회기반시설, 농업용지 및 자연환경 보호등의 욕구들이 서로 맞서고 있다. 홍수가 빈번히 발생하는 지역에서 토지의 공간배분은 매우 중요하며, 이러한 지역에서의 잠재적인 홍수피해 저감을 위해서 자연지역의 보호도 중요하지만 효과적인 토지이용 배분도 중요한 문제이다.

현재, 개발에 따른 토지이용 변화를 예측하여 부정적인 결과를 피하려는 노력이 필요로 하고 있으며, 토지이용 변화를 모의하고자 하는 모델에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 논문에서는 토지이용의 변화에 영향을 끼치는 구성 주체의 미시적인 의사결정의 결과로 발생하는 토지이

\* 정회원·영남대학교 대학원·박사과정 E-mail: springtime@empal.com

\*\* 정회원·영남대학교 건설시스템공학부·교수 E-mail: hkjee@yu.ac.kr

\*\*\* 정회원·영남대학교·석좌교수 E-mail: leest@yu.ac.kr

용 변화를 모의하고자 한다.

따라서 다양한 관계자와 자연환경과의 연결과 상호작용 유형을 이해하고 다양한 정책선택과 자연환경 상태가 토지이용 변화에 미치는 영향을 이해하고자 한다. 인간의 활동으로 인해 발생하는 토지이용의 변화를 모의하기 위해서 행위자기반모형(Agent based Model, ABM)으로 접근하고자 한다.

## 2. 행위자기반모형

### 2.1 행위자기반모형

행위자 기반모형의 핵심은 토지이용 결정의 과정을 모의하는데 있다. 대상 시스템의 구성 주체들을 면밀히 관찰하여 주요한 속성과 행동규칙을 추출해내고, 이를 기반으로 다수의 간략화된 주체, 즉 행위자(Agent)를 선정하고, 주어진 환경과 공간에서 이들이 직접 상호작용을 하도록 모의하여 나타나는 현상들을 관찰한다. 여기서 관찰된 현상이 실제 시스템의 현상과 부합하지 않는다면 행위자의 속성과 행동규칙을 수정해가면서 모의를 반복하여 최종적으로 유효성이 확인된 모형을 얻게 된다. 이와 같이 미시적 행위자의 특성에서 출발하여 모의를 통해 상향식(bottom-up)으로 거시적 현상의 동역학을 끌어내는 모형을 행위자 기반모형이라고 한다.

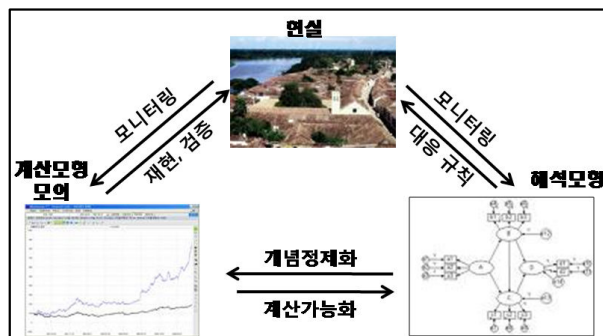


그림 1. 현실과 모형 사이의 관계

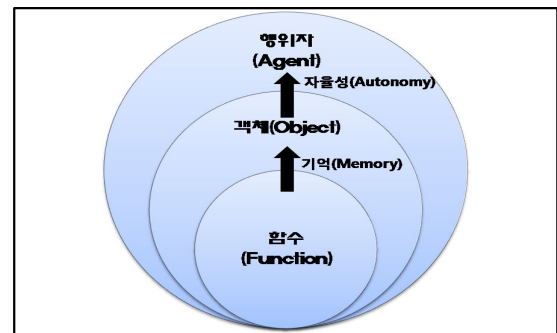


그림 2. 함수, 객체 및 행위자와의 관계

### 2.2 개념적 모델

토지이용 결정과 개발의 원동력은 개별 행위자가 정책에 의해서 정의된 규칙안에서 그들의 이익과 효용성을 최적화하려는 노력이라 할 수 있다. 이러한 행위자의 행동은 목적과 행동규칙(이익 최대화, 홍수위험 인식)과 같은 내부적인 특성에 의해서 정의된다. 외부적인 요인은 정책결정자에 의해서 정의된 경계조건이 된다. 공간상에서 토지이용 변화는 새로운 사회적·경제적 경향이 나타나게 된다. 이러한 변화는 거시적인 홍수방어, 공간계획 및 경제정책의 변화에 영향을 미친다. 새로운 정책규제는 개개의 행동의 내부적 또는 외부적인 요인에 영향을 미치며, 이것은 계획에 있어서 새로운 순환을 발생시킨다. 여기서 두 가지의 행위자 즉 토지이용 행위자와 정부당국 행위자가 있을 수 있다.

토지이용 행위자는 농지, 관광 또는 도시지역에서 그들 목적을 위한 행동을 할 수 있으며, 정부당국 행위자는 관할 지역에서 경제적 활동을 유지하는데 이해관계를 가진다. 이를 위해서 정부당국 행위자는 홍수방어를 위한 노력을 기울이고 홍수보험을 소개하고 제공하기도 한다. 그리고 이들 행위자는 공간환경으로부터 정보를 획득하게 된다. 모델에서 각 시간간격에서 토지이용 행위자는 그들의 예산, 경험, 홍수위험수준 인식 및 정부당국의 공간계획에 따라 상황을 분석한다. 모의에서는

행위자기반모델을 통한 토지이용 경향의 출현을 모의하는 개념적 틀을 그림 1에 나타내었다.

표 1. 행위자의 위치선택 기준

구분	토지이용 위치선택기준
토지 이용 및 정부 당국 행위자	1. 행위자의 목적 2. 명확한 행동적 규칙 3. 토지의 특성 및 주변환경 4. 토지이용 결정으로부터 획득한 결과

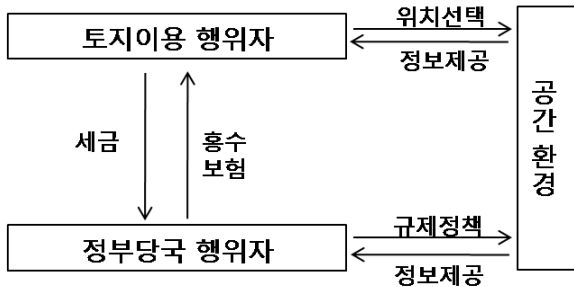


그림 3. 개념적 모델

### 3 행위자 및 공간환경

토지이용 행위자는 일련의 행동규칙과 토지특성을 기초로 위치를 선택한다. 각 시간단계별 토지이용자가 선택할 수 있는 행동에는 i) 동일한 토지에 동일한 활동형태 유지, ii) 현재 토지에 행동변화 형태, iii) 다른 지역으로 이동, 동일한 활동 유지 및 iv) 토지 매도, 다음단계에서 토지이용 결정 진행 등이 있다. 그리고 토지이용 선택에 있어서 홍수에 대한 위험인식 수준이 행위자 위치선택 행위에 미치는 영향을 고려하였다.

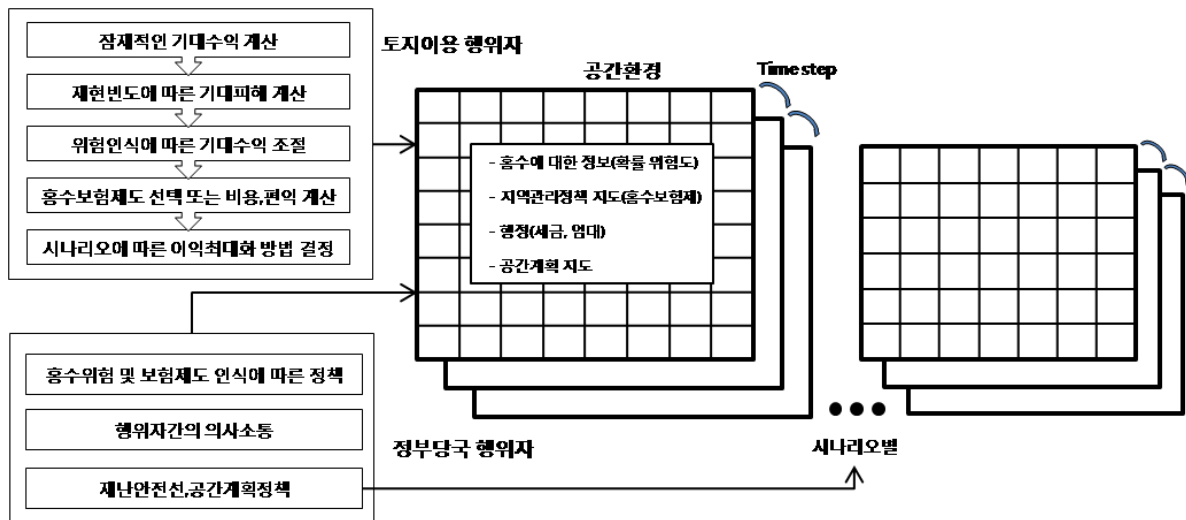


그림 4. 행위자기반모델에서 행위자와 공간환경 결합

여기에는 i) 비교적 높은 빈도의 홍수를 감수하며, 그 위험에 대한 자산보호를 위해 홍수보험 가입, ii) 높은 빈도의 홍수를 감수하며, 적응적 유연한 활동에 투자하나 건물이나 기반시설에 대한 투자를 피함, iii) 낮은 빈도의 홍수에 투자하는 것을 선호함 그리고 iv) 홍수위험에 대한 인식이 없음 등이 있다. 그림 4에는 위에서 설명한 요소를 고려하여 토지이용자의 최종의사결정 알고리즘을 나타내었다.

정부당국 행위자는 관할지역에서 경제적인 개발을 유지하고자 하며, 이를 위해서 공간계획을 제공해야하고 홍수재해로부터 일정수준의 안전을 토지이용 행위자에게 인식·제공해야 한다. 그러

므로 그림 4에는 공간 환경의 계획과 토지이용자와의 상호작용을 나타내었다. 여기서 정부당국자는 일정수준의 재난안전 확보와 보험제도를 토지이용자에게 정보를 제공하며, 토지이용 행위자는 제공받은 정보를 인지하여 활동 및 행동형태를 정하게 된다.

공간환경은 거시적인 경제상태 및 조건 즉 홍수방어, 공간계획정책, 경제적 상황 및 자연환경을 표현하게 된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 토지이용 결정과정을 행위자기반 모형을 통해 자연환경과 이해관계자의 동적현상을 살펴보고, 이를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 개별의 토지이용 의사결정과정을 모의하는 행위자기반 모형을 제안하였다. 경제활동의 집중화로 인해 외부에 영향을 유발하며 홍수위험도에 영향을 미치는 개별의 토지이용자의 모델을 통해 홍수위험의 인지를 통합하였다.
- 2) ABM은 토지이용 결정과정을 실제사회의 상황을 경험적으로 모의하는데 목적이 있으며, 설계와 경험적인 모델 사이의 반복된 변화를 통해 자연환경을 개발하는데 경제시스템의 복잡한 동적현상을 볼 수 있었다. 이러한 접근법을 통해 토지이용 변화를 모델링함으로써 인간의 행위요소를 알 수 있었다.
- 3) 특정한 지역관리를 운영하는 구조속에서 공간적으로 분산된 개개의 경제행위자를 기반으로 하여, 토지이용 결정에 영향을 주는 인자를 이해함으로써 정책 결정자들이 정책목적을 달성할 수 방안을 제시하였다.

#### 참고문헌

1. Westervelt, J. D.(2002), Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling. In Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for Simulating Social and Ecological Processes, ed. H. Randy Gimblett, 83-103. New York: Oxford University Press.
2. Bell, K. O. and E. G. Irwin (2002), Spatially explicit micro-level modelling of land use change at the rural-urban interface. *Agricultural Economics*(27): 217-232.
3. Engelen, G., R. White and T. De Nijs (2003), Environment Explorer: Spatial Support System for the Integrated Assessment of Socio-Economic and Environmental Policies in the Netherlands. *Integrated Assessment*(4): 97-105.
4. Grelot, F., O. Barreteau and B. Guillaume (2005), SIGECORIS: An Agent based Simulator to explore collective flood management options. *Agent-Based Models for Economic Policy Design*, Bielefeld, Germany, ZIF, University of Bielefeld.
5. Parker, D. C., T. Berger and S. M. Manson (2002), Agent-Based Models of Land-Use and Land-Cover Change. LUCS Report Series No. 6; Report and Review of an International Workshop, October 4-7, 2001, USA, University of California.
6. Terpstra, T. and J. M. Gutteling (2006), The public perception of flooding and flood risk. The effect of group discussions on risk perceptions. Enschede, Final Report of Interreg IIIb FLOWS Work Package 2D.