토지적성평가 결과를 활용한 개발지역추천모델 개발

김홍연 · 장우석 · 정남수 · 김한중 *

공주대학교 지역건설공학 · *한경대학교 지역자원시스템공학과

Development of a Recommendation Model for Development Area using Land Suitability Assessment

Kim, Hong Yeon · Chang, Woo Seok · Jung, Nam Su · Kim, Han Joong *

Dept. of regional Construction Engineering, Kongju Nat'l Univ.

**Dept. of Rural Resources and System Engineering, Hankyung Nat'l Univ.*

ABSTRACT : Land suitability assessment assesses development, farming, and conservation suitability, considering land's soil, location, and possibility for use. It also implement segmentation of management regions into production, conservation, and plan management area. It is evaluated as a very significant system in establishing a land use system of sustainable development and development after planning in the aspect that it can establish proper land use plan. This study developed a recommendation model for development in agent-based model that interacts with surrounding lands. It also tried to summarize the area characteristic analysis and the results of land suitability evaluation, targeting three ri's in Yesan-Gun, and analyze the model's applicability by selection results. In order to recommend area for development that considers the use of the surrounding lands, it calculated development possibility indices that considered the ratings of all the lands in the target areas for each parcel and simulated the model. As a result, selected three areas in target region were suitable areas for development in land suitability assessment. In detail, ratings of the recommended parcels were 3, 4, and 5 ratings. As a result of examining the land status, it showed that all the three areas were plan management areas, thus easy for development. It is judged that the model for recommending area for development suggested in this study can be used as important basic data for setting the direction for development when establishing a regional planning.

Key words : Agent Based Model, Land Rating, Land Suitability Assessment, Land Use

1. 서 론

우리나라는 국토의 면적이 좁고 산지가 많아 한정된 토지자원을 효율적으로 활용할 필요가 있다. 토지이용계획은 토지자원을 합리적으로 이용하기 위한 활동으로 공간구조를 결정짓는 근간이 된다. 국토종합계획이나 도시기본계획과 같은 장기계획에서는 물론 신도시개발계획이나 지구단위계획에 이르기까지 거의 모든 공간계획에서 토지이용계획을 수립하고 있다(임은선 등, 2009). 이에 정부는 1990년대 말부터 국토의 난개발방지를 위한 종합대책을 마련하였으며, 도시와 비도시지역으로 이원화

되었던 국토이용체계를 일원화한 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(이하 ‘국토계획법’)을 제정하였고, 도시와 준농림지역을 계획·생산·보전관리지역으로 세분화하여 관리함으로써 계획적인 개발이 되도록 제도화하였다. 이러한 관리지역의 세분화를 위한 국토관리계획의 수립 및 각종 계획사업 결정과정의 기초 자료로서 해당 토지의 개발에 대한 적정성을 평가하는 토지적성평가 제도가 도입·운영되고 있다(최문수와 여홍구, 2006).

토지적성평가는 토지의 토양, 입지, 활용가능성 등을 고려하여 개발적성과 농업적성 및 보전적성을 평가하고, 그 결과에 따라 토지용도를 분류하는 것을 말한다. 또한, 이를 활용하여 적절한 토지이용계획을 수립할 수 있다는 측면에서 지속가능한 개발과 계획 후 개발이라는 국토이용체계의 확립에 매우 의미 있는 제도로 평가

Corresponding author : Jung, Nam Su

Tel : 041-330-1265

E-mail : ruralplan@kongju.ac.kr

받고 있다(최문수, 2008). 지방자치단체는 현재 계획관리 지역을 중심으로 지역개발사업을 진행하고 있으며, 이때 국토해양부의 토지적성평가 내용을 기초로 구체적인 대상지역을 선정한다. 평가결과 자체가 법적 강제성을 띠고 있지는 않지만 정부와 관련 전문가가 개발가치를 산정하여 공정성을 확보할 수 있고 향후 개발지역 지정에 따른 특혜 시비 등에서도 자유로워 일반적으로 평가결과를 따른다. 그러나 개발대상부지 내에 농업 및 보전등급의 필지가 존재하더라도 개발이 진행되는 사례가 발생하고 있다. 이는 관리지역세분화를 하였음에도 불구하고, 필지별 면적과 개발 면적이 일치하지 않아 계획관리지역의 필지만으로 적지를 선정하기 어렵고, 토지매입 등 사업의 효율적인 추진을 위해 보전관리지역, 생산관리지역이 일부 포함되더라도 용도지역변경을 통해 개발을 진행할 수 있기 때문이다. 관리지역세분화를 통해 계획관리지역으로 분류된 토지는 개발이 용이하고, 개발 효용이 높은 토지라고 할 수 있어 우선적으로 개발되어야 하지만, 생산관리지역 및 보전관리지역까지도 고려하여 개발대상지역을 선정할 수 있는 객관적인 방안의 모색이 필요하다.

행위자기반모형(Agent Based Model)은 구체적인 행위자 수준에 초점을 맞추어 작은 가상세계를 구현하는 모형으로, 대상 시스템의 구성 주체들을 면밀히 관찰하여 주요한 속성과 행동규칙을 추출해 내고, 이를 기반으로 직접 상호작용을 하도록 모의하는 기법으로 경제학적 시장의 모델링이나 각종 확산 및 전염모형, 지리학적 연구문제, 언어의 진화, 사회운동, 교통연구 등에 응용되었고(홍재원, 2011), 토지이용계획 및 분석과 관련된 연구로는 공간적으로 분포된 행위자의 운영을 기반으로 종합적인 토지이용 패턴을 분석하여 토지이용결정에 영향을 주는 인자를 추정한 연구(고진석 등, 2009)가 있으나, 아직까지 토지 자체를 행위자로 보고 진행된 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 토지적성평가를 바탕으로 토지간의 상호작용을 통해 개발적합지역을 추천하기 위하여 단일 지번의 토지를 행위자로 설정하고, 주변토지와 상호작용을 하는 행위자기반모형을 개발하여 예산군 3개리를 대상으로 지역특성을 분석하고, 토지적성평가 결과를 요약하며, 일정규모의 개발대상지역이 필요한 경우 개발적합지역을 선정하여 모형의 적용성을 파악하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 토지적성평가의 도입배경

90년대부터 완화된 우리나라 토지이용규제는 주택건설 등의 토지공급에는 기여한 바가 컸지만 보존가치가 높은 지역이 훼손되거나 기반시설이 부족한 상태에서 개발이 이루어져 난개발의 부작용이 발생하였다. 이와 같은 국토를 둘러싼 환경변화는 기존 국토관리체계의 실효성에 대한 비판과 함께 급기야는 국토의 계획적 관리를 위한 계획시스템의 필요성이 제기되었다. 이에 따라 난개발방지와 환경 친화적인 국토이용체계를 구축하기 위하여 국토계획법이 제정되었다(엄정희, 2003). 국토계획법은 국토의 난개발을 방지하고 국토이용체계를 환경 친화적으로 개편하기 위하여 기존의 국토이용관리법과 도시계획법을 통합한 법률로서, 2000년 5월 30일 발표된 「난개발방지종합대책」의 일환으로 추진된 것이다. 동법률의 시행으로 종래 다소 느슨했던 토지이용제도가 선계획·후개발 및 지속가능한 개발의 원칙에 따라 미래세대를 고려한 엄격한 토지이용체계의 전환을 예고하고 있다(황한철, 2004).

국토계획법에서는 용도지역의 개편을 통해 종래 국토 난개발의 온상지였던 준도시지역과 준농림지역을 관리지역으로 통합하고, 이를 다시 토지이용 특성에 따라 계획관리지역, 생산관리지역, 보전관리지역 등 3개 용도로 세분하여 계획적 관리의 기본 틀을 마련하였고, 이에 따라 지금까지 도시지역에 국한하여 시행하던 현행 도시계획이 전 국토에 걸쳐 도시계획수준으로 시행되고 제2종 지구단위계획과 기반시설연동제, 개발행위허가제 등이 새로운 도시·농촌계획 업무로 부상하게 되었다(황한철, 2004). 이와 같이 준농림지역을 중심으로 한 난개발 문제를 해소하고자 계획체계를 일원화 하였으며, 용도지역의 개편 및 친환경적·계획적 개발을 유도하기 위하여 제2종 지구단위계획제도·기반시설연동제를 도입하였고, 개발행위허가제를 비도시지역까지 확대하는 제반 토지이용계획의 개편이 이루어지는 가운데, 도시관리계획의 객관적인 기초자료를 제공하기 위하여 도입된 것이 토지적성평가 제도이다.

2. 토지적성평가의 개념과 평가

토지적성평가는 전국토의 ‘환경 친화적이고 지속가능한 개발’을 보장하고 개발과 보전이 조화되는 ‘선계획·후개발의 국토관리체계’를 구축하기 위하여 각종 토지이용계획이나 주요시설의 설치에 관한 계획을 입안하고자 하는 경우에 사용되며, 토지의 환경 생태적·물리적·공간적 특성을 종합적으로 고려하여 개별 토지가 갖는 환경적·사회적 가치를 과학적으로 평가함으로써 보전할 토지와 개발 가능한 토지를 체계적으로 판단할 수 있다

록 계획을 입안하는 단계에서 실시하는 기초조사이다(국토해양부, 2009). 토지적성평가는 관리지역을 보전관리지역·생산관리지역 및 계획관리지역으로 세분화하는 등 용도지역이나 용도지구를 지정 또는 변경하는 경우, 일정한 지역·지구 안에서 도시계획시설을 설치하기 위한 계획을 입안하고자 하는 경우, 도시개발사업 및 정비 사업에 관한 계획 또는 지구단위 계획을 수립하는 경우에 이를 실시한다(국토해양부, 2009).

토지적성평가는 절차상 평가체계 I 과 평가체계 II로 구분되며, 평가체계 I 은 관리지역을 보전관리지역, 생산관리지역, 계획관리지역으로 세분화하는데 필요한 자료를 제공하기 위하여 실시하며, 개발·농업·보전 적성값을 산정하고 이를 종합해서 필지별 적성 값을 구하여 5등급으로 분류한다. 평가체계 II는 개발적성 값만을 산정하여 적성 값의 크기에 따라 3개 등급으로 구분하여 개발과 보전의 판단기준으로 사용한다. 평가지표의 경우 평가대상 토지가 가지고 있는 인문·사회·환경적 현황을 적절히 파악할 수 있도록 해당 토지에 대하여 물리적 특성·토지이용특성 및 공간적 입지특성을 평가하기 위하여 사용할 수 있는 지표는 Table 1과 같으며, 이를 이용하여 평가를 실시한다. 기초자료의 미비 및 지역 특성상 평가지표를 사용하는 것이 곤란하거나 그 평가지표를 사용하는 것이 비합리적이라고 판단되는 경우, 도시계획위원회의 자문을 거쳐 Table 1의 평가지표 군에서 입안 지역 특성을 고려한 대체지표를 선정하여 평가 할 수 있다(이화은, 2010).

3. 토지적성평가 관련연구

토지적성평가와 관련된 연구는 2003년 이후 토지적성평가가 본격적으로 시행되면서 초기 토지적성평가 기법

을 중심으로 이루어지던 연구에서 벗어나 실제 적용에서 나타나는 실질적인 차원에서의 문제점을 분석하고 보완하는 연구가 진행되고 있다.

채미옥과 지대식(2001)의 국토의 효율적 관리를 위한 토지적성평가에 관한 연구에서 적성평가의 개념과 기본틀을 정립하는 단계의 내용을 시작으로 토지적성평가에 대한 많은 논문과 학술지가 발표되었다. 이후 관리지역 세분화와 같이 광범위한 지역을 대상으로 하는 적성평가의 방법과 기준을 제시하였으며(채미옥, 2002), 국내 토지적성평가의 발전을 위한 개선방향을 모색한 논문(장현웅과 이명훈, 2002), 토지적성평가의 지침과 주요내용을 검토하여 지침에 사용되는 지표 선정 시 행위제한과 관계성 검토를 강조하고 합리적인 지역특성 반영의 기준을 마련한 논문(엄정희, 2003), 외국의 토지적성평가 사례를 조사·분석한 논문(오용준, 2003), 지역특성을 반영한 토지적성평가 지표를 제시한 논문(황희연과 오용준, 2005), 토지적성평가가 시행된 이후 제도적 측면에서부터 실증적 연구에 걸쳐 토지적성평가 지표의 개선방안을 제시한 논문(김인현 등, 2009) 등으로 크게 나눌 수 있다. 그러나 이들 연구의 대부분은 토지적성평가를 위한 기초자료, 평가지표, 적성등급부여에 대한 문제점 등을 단순히 제시하거나 제도의 개선안이 주로 다루어지고 있으며, 적성평가의 결과에 대한 활용 및 개선방안에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 토지적성평가 결과를 활용하기 위한 방법으로 평가결과의 토지등급을 고려한 개발적합지역을 추천하고자 하였다.

토지적성평가 결과에 관련된 연구로는 진주시 토지적성평가시스템을 구축하고 각 필지별로 토지적성을 평가·분석함으로써, 향후 토지적성평가 결과의 활용방안에 대해 제시한 연구(유환희 등, 2004)와 전라남도 지역의 교외지역을 대상으로 사례연구를 통하여 토지적성평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 GIS의 측면에서 토

Table 1 토지적성평가 평가지표군

평가특성	평 가지 표 군	
물리적 특성	경사도, 표고	
지역특성	개발성 지 표	도시용지비율, 용도전용비율, 도시용지 인접비율, 지가수준
	보전성 지 표	농업진흥지역비율, 전·답·과수원 면적비율, 경지정리면적비율, 생태자연도 상위등급비율, 공적규제지역면적비율, 농지자연도 상위등급비율, 임상도 상위등급비율, 보전산지비율
공 간 적 입지특성	개발성 지 표	기개발지와의 거리, 공공편의시설과의 거리, 도로와의 거리
	보전성 지 표	경지정리지역과의 거리, 공적규제지역과의 거리, 하천·호소·농업용 저수지와의 거리, 해안선과의 거리

지적성평가제도의 효율성과 실행성을 강화시킬 수 있는 방법론을 모색한 연구(김항집, 2005)를 들 수 있다.

절한 방법으로 위에 설명한 행위자기반모형이 적합하다고 판단하였기에 이를 응용하여 모델을 개발하였다.

4. 행위자기반모형(Agent Based Model)

행위자기반모형은 개별주체를 하나의 행위자(Agent)로 표현하고, 구체적인 행위자 수준에 초점을 맞추어 작은 가상세계를 구현하는 모형이다. 행위자기반모형은 행위자, 시스템 공간, 외부환경의 3가지 요소로 구성되며, 이들 요소를 설계하여 조립하는 방식으로 모형을 만든다(윤영수와 채승병, 2005). 여기서 행위자는 현실세계 행위자의 특징을 모사한 소프트웨어 행위자, 시스템 공간은 행위자가 활동하고 상호작용하는 소프트웨어상의 공간, 외부환경은 시스템의 경계를 넘어서 영향을 끼치는 변수를 말한다.

행위자기반모형의 구축절차는 Figure 1과 같다. 우선 특정 시스템 내의 구성 주체들의 특성을 파악하여 행위자로 적합한 주체와 행동규칙을 추출한다. 그리고 이들 행위자가 주어진 시스템 공간에서 행동규칙에 따라 상호작용 할 수 있도록 시뮬레이션을 수행하여 나타나는 현상을 관찰한다. 이렇게 관찰된 현상과 실제 시스템의 현상을 비교하여 유효성을 검증하고, 정확성이 떨어진다면 다시 행위자의 속성과 행동규칙을 수정해가면서 시뮬레이션을 반복하여 최종적인 모형을 도출한다.

행위자기반모형의 행위자는 공간적 인접성을 뛰어넘어 다수의 행위자와 상호작용이 가능하다는 점에서 최근 여러 분야에서 활용이 되고 있으며, 본 연구에서 제시한 개발지역추천모형은 각 필지와 그 주변필지를 고려하여 개발적합지역을 선정하는 것을 목적으로 하여, 이에 적

III. 연구 내용 및 방법

1. 대상지역 현황

본 연구의 대상지역은 예산군 대흥면 교촌리, 삼교읍 효림리, 웅봉면 주령리, 총 3개 지역이며, 예산군은 충남 도청이전신도시 사업이 시행되고 있는 지역으로써 도청 신도시이전 지역과 그 주변지역의 균형발전 및 연계성을 위하여 주변지역 및 예산군 전역에 균형발전을 위한 개발수요가 늘어나고 있다. 대상지로 선정된 대흥면 교촌리는 주변에 ‘슬로시티 대흥’, ‘예당저수지 수변개발사업’ 등이 시행 및 시행예정 중에 있으며, 삼교읍 효림리와 웅봉면 주령리는 ‘예산군 일반산업단지조성’ 등의 개발 사업이 시행예정인 지역으로 3개 지역 모두 개발수요가 많을 것으로 예상되어 대상지로 선정하여 분석을 실시하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 주변토지와 상호작용하는 행위자기반모형을 개발하기 위하여, 대규모 행위자 상호간의 거리와 영향을 매트릭스 형태로 손쉽게 처리할 수 있는 Microsoft Excel 2010 VBA를 이용하였으며, 입력에 필요한 자료를 작성하기 위하여 ArcGIS Arcmap 9.3 프로그램을 이용하여 필지별 평가등급, 면적, 필지별 거리 등 대상지역의 공간적 자료를 추출하여 본 모델에 적용하였다.

Figure 1 행위자기반모형의 구축절차(김대중과 구형수, 2011).

Figure 2 연구대상지역 및 예산군 토지적성평가결과.

개발지역추천모델은 전처리과정(Pre-Processing), 분석과정(Analysis), 후처리과정(Post-Processing)으로 이루어져 있다. 전처리과정으로는 데이터 입력, 제약조건 설정에 해당하며, 분석과정은 개발가능지수산정, 개발가능지수 평가 과정으로 구분되어 지고, 후처리과정으로는 확장할 토지결정, 최대 확장효용평가, 최대 확장효용토지결정, 끝으로 저장까지 해당한다.

전처리과정의 데이터입력과정은 토지적성평가를 통해 추출된 각 필지별 등급, 면적, 거리 매트릭스 등을 말하며, 제약조건은 대상지역의 전체 필지 중 개발지역추천으로 어느 정도의 면적이 필요한지 입력하는 필요면적과 시물레이션을 하는 과정을 몇 회로 할 것인지 입력하는 반복횟수를 제약조건으로 설정한다.

분석과정에서는 주변토지이용을 고려한 개발지역을 추천하기 위해 필지별로 대상지 내의 모든 토지등급을 고려한 개발가능지수를 선정하였다. 개발가능지수를 구하는 식은 두 가지 방법을 생각하였으나 Figure 3과 같은 문제점이 발생하였다. a)의 경우 면적을 고려하지 않고 필지별 거리와 등급만으로 개발가능지수를 산정하였을 때 필지간 거리가 짧은 토지가 우선적으로 개발가능지수가 높게 나타나 면적이 작은 필지들이 개발적합지역으로 선정되는 문제점이 나타났다. b)의 경우 필지별 거리와 등급, 면적을 고려하였을 시에는 면적이 큰 토지가

개발가능지수가 높게 나타나 개발지역으로써의 이용 가능성은 높으나, 제 1등급과 제 2등급이 면적이 클 경우 개발가능지수가 높아져 개발적합지역으로 선정되는 문제점이 나타났다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 보완하기 위한 방법으로 제1등급과 제2등급인 농업적성, 보전적성의 필지가 개발지역으로 추천되지 않도록 하기 위하여 b)의 계산방법에서 필지별 등급에 제곱을 하여 c)와 같이 문제점을 보완하여 개발가능지수를 산정하였다. 최종적으로 개발가능지수 S_i 를 구하는 방법은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{G_j^2 \times A_j}{(D+1)_{ij}} \quad (1)$$

여기서, G: 등급, A: 면적(m^2), D: 거리 매트릭스(m), i: 계산되는 지역, j: 고려되는 지역

위에서 설명하였듯이 Grade는 각 필지별 등급으로 제 1등급, 제2등급, 제3등급, 제4등급 및 제5등급으로 구분되며, 제1등급과 제2등급은 농업적성과 보전적성의 토지이고, 제3등급, 제4등급 및 제5등급은 개발적성의 토지로서 제1등급과 제2등급의 토지를 피하기 위해 등급에 제곱을 하였으며, Area는 필지별 면적으로 개발적합지역을 선정함에 있어 면적이 작은 토지보다 큰 토지가 개발지

Figure 3 개발지역추천모델의 개발가능지수 산정.

역으로써 적합하다고 판단하여 식에 포함하였고, 마지막으로 거리 매트릭스는 각 필지간의 거리를 행렬로 나타내준 값이다. 이러한 방법으로 모든 토지에 대하여 개발가능지수를 산정한 후에는 개발가능지수를 평가한다.

후처리 과정에서는 먼저 개발가능 토지를 선정하여 확장할 토지를 결정해 준다. 확장할 토지는 1로 표현을 해주고, 나머지 토지는 0으로 표현된다. 다음으로 확장할 토지가 결정이 되면, 그 토지를 제외하고 주변토지로 확장을 하게 되며, 이때 모든 토지에 대해 실행을 하며, 확장이 이루어지는 토지는 1로 그렇지 않은 토지는 0으로 구분되어 0으로 구분된 토지에 대해서는 제약조건으로 주어진 반복횟수에 맞게 반복하여 분석을 실시하게 된다. 또한 1로 표현된 토지에 대해서는 확장이 일어날 때마다 저장을 하며, 저장된 토지를 제외 하고 다시 분석이 실시되며, 저장을 할 때 마다 면적을 합산하여, 제약조건으로 주어진 필요면적을 충족시킬 수 있는 개발적합지역을 선정해 준다. 본 연구의 모델 순서도를 그림으로 표현하면 다음 Figure 4와 같이 표현 할 수 있다.

IV. 주요 결과

1. 지역별 자료 추출

가. 대흥면 교촌리

대흥면 교촌리는 예정저수지가 존재하고, 대흥 솔로시티 등의 사업이 시행되고 있는 지역으로 전체 면적은 3,795,837 m^2 로 분석 대상지역 중 가장 큰 면적을 차지하지만, 예정저수지가 차지하고 있는 면적이 많아 토지적성평가가 시행된 필지의 면적은 적게 나타났다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과, 전체 506필지로 면적은 1,097,924 m^2 를 차지하였으며, 이중 우선개발필지는 97필지로 면적은 67,808 m^2 , 우선보전필지는 137필지로 면적은 280,157 m^2 를 차지하였다. 우선개발필지와 우선보전필지를 제외한 분석 대상면적은 749,959 m^2 로 제 1등급 58,582 m^2 , 제 2등급 119,659 m^2 , 제 3등급 537,905 m^2 , 제4등급 33,813 m^2 로 제 5등급은 존재하지 않았다. 분석 대상 필지 수는 272필지이며, 등급별 필지 수는 제 1등급이 54필지로 10.7%에 해당하였으며, 제 2등급은 34필지로 6.7%, 제 3등급은 183필지로 36.2%, 제 4등급은 1

Figure 4 모델의 순서도.

필지로 0.2%를 차지하였다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과는 Figure 5와 같다.

나. 삼교읍 효림리

삼교읍 효림리는 평지가 대부분을 차지하고 있는 지역으로써 예산일반산업단지가 조성 예정중이며, 전체 면적은 2,264,888㎡를 차지하고 있다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과, 전체 987필지로 면적은 1,562,608㎡를 차지하였으며, 이중 우선개발필지는 219필지로 면적은 236,084㎡, 우선보전필지는 21필지로 면적은 13,512㎡를 차지하였다. 우선개발필지와 우선보전필지를 제외한 분석 대상면적은 1,313,012㎡로서 제3등급 1,033,670㎡, 제4등급 279,342㎡로 제1등급 및 제2등급, 제5등급은 존재하지 않았다. 분석 대상 필지 수는 747필지를 추출하였으며, 제 3등급이 573필지로 58.1%, 제 4등급이 174필지로 17.6%에 해당하였다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과는 Figure 6과 같다.

다. 웅봉면 주령리

웅봉면 주령리는 삼교읍 효림리와 비슷한 지형이며, 마찬가지로 예산일반산업단지 조성예정 중인 지역으로 전체 면적은 1,630,882㎡를 차지하고 있다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과, 전체 1,003필지로 면적은 1,284,205㎡를 차지하였으며, 이중 우선개발필지는 145필지로 면적은 115,035㎡를 차지하였다. 우선개발필지를 제외한 분석 대상면적은 1,169,170㎡로 제 3등급 205,897㎡, 제4등급 680,420㎡, 제5등급 282,853㎡로 1등급 및 2등급은 존재하지 않았다. 분석 대상 필지 수는 858필지를 추출하였으며, 등급별 필지 수는 제 3등급이 143필지로 14.3%, 제4등급이 527필지로 52.5%, 제5등급이 188필지로 18.7%에 해당하였다. 대상지역의 토지적성평가 자료를 추출한 결과는 Figure 7과 같다.

2. 필지별 중심점 추출

필지별 거리 매트릭스를 도출하여 필지별 인접성을

분 류	필지 수	비 율	면적(㎡)	
1등급	54	10.7%	58,582	
2등급	34	6.7%	119,659	
3등급	183	36.2%	537,905	
4등급	1	0.2%	33,813	
5등급	0	0.0%	-	
우선개발	97	19.2%	67,808	
우선보전	137	27.1%	280,157	
합 계	1~5등급	272	53.7%	749,959
	전 체	506	100%	1,097,924

Figure 5 대흥면 교촌리 토지적성평가 자료 추출 결과.

분류	필지 수	비율	면적(㎡)	
1등급	0	0.0%	-	
2등급	0	0.0%	-	
3등급	573	58.1%	1,033,670	
4등급	174	17.6%	279,342	
5등급	0	0.0%	-	
우선개발	219	22.2%	236,084	
우선보전	21	2.1%	13,512	
합 계	1~5등급	747	75.7%	1,313,012
	전 체	987	100%	1,562,608

Figure 6 삼교읍 효림리 토지적성평가 자료 추출 결과.

분류	필지 수	비율	면적(㎡)	
1등급	0	0.0%	-	
2등급	0	0.0%	-	
3등급	143	14.3%	205,897	
4등급	527	52.5%	680,420	
5등급	188	18.7%	282,853	
우선개발	145	14.5%	115,035	
우선보전	0	0.0%	-	
합 계	1~5등급	858	85.5	1,169,170
	전 체	1003	100%	1,284,205

Figure 7 응봉면 주령리 토지적성평가 자료 추출 결과.

고려한 개발적합지역을 선정하고자 하였으며, 이를 위해 대흥면 교촌리 272필지, 삼교읍 효림리 747필지, 응봉면 주령리 858필지에 해당하는 필지별 중심점을 추출하였으며, Figure 8과 같이 3개 대상지역의 각 필지별 중심점이 추출된 결과를 볼 수 있다.

3. 인접성 매트릭스 도출

필지별 중심점을 이용하여, 대상지역의 필지별 거리계산을 위한 거리 매트릭스를 도출하였다. 도출한 결과는 Excel 2010 VBA를 이용하여 개발가능지수 S_i 를 산정하

기 위해 사용되며, 대상 지역별로 Figure 9와 같이 대흥면 교촌리 272필지, 삼교읍 효림리 747필지, 응봉면 주령리 858필지에 대하여 각 필지간의 거리 매트릭스를 도출하였다.

4. 분석 조건 설정

제약조건 설정의 경우 Table 2와 같이 필요면적은 대흥면 교촌리는 분석 면적 749,959m²에서 75,000m²를, 삼교읍 효림리는 분석 면적 1,313,012m²에서 130,000m²를, 응봉면 주령리는 분석 면적 1,169,170m²에서 110,000m²를

Figure 8 대상지역 필지별 중심점 추출 결과.

UID	1	2	3	.	.	270	271	272	M	1	2	3	.	.	745	746	747	M	1	2	3	.	.	856	857	858
1	0	99	91	46	70	1097	955	1555	1	0	224	244	287	343	340	403	434	1	0	18	24	20	21	767	1217	852
2	99	0	40	56	36	1117	1022	1614	2	224	0	107	185	323	149	187	211	2	18	0	38	29	27	753	1212	845
3	91	40	0	45	57	1150	1038	1634	3	244	107	0	78	219	102	179	230	3	24	38	0	40	42	768	1205	843
.	46	56	45	0	39	1118	995	1592	.	287	185	78	0	149	125	208	269	.	20	29	40	0	2	782	1237	872
.	70	36	57	39	0	1093	988	1581	.	343	323	219	149	0	268	348	411	.	21	27	42	2	0	781	1237	872
270	1097	1117	1150	1118	1093	0	568	731	745	340	149	102	125	268	0	84	144	856	767	753	768	782	781	0	698	361
271	955	1022	1038	995	988	568	0	613	746	403	187	179	208	348	84	0	64	857	1217	1212	1205	1237	1237	698	0	385
272	1555	1614	1634	1592	1581	731	613	0	747	434	211	230	269	411	144	64	0	858	852	845	843	872	872	361	385	0

a) 대흥면 교촌리

b) 삼교읍 효림리

c) 응봉면 주령리

Figure 9 3개 지역의 거리 매트릭스 도출 결과.

Table 2 대상지역별 분석조건 및 비율

	분석면적(m ²)	필요면적(m ²)	비율	반복 횟수
대흥면 교촌리	749,959	75,000	10.0%	2,000
삼교읍 효림리	1,313,012	130,000	9.9%	2,000
용봉면 주령리	1,169,170	110,000	9.4%	2,000

제약조건으로 설정을 하였으며, 개발가능 토지의 확장을 위한 반복횟수는 3개 지역 모두 2,000회로 제약조건 설정을 하였다.

필요면적의 경우 9%에서 10%정도의 비율로 개발가능 면적을 지정하였으며, 이는 전체 분석면적에 비례하여 임의로 조건을 부여하였다. 반복횟수를 2,000회로 지정한 이유는 지역별로 분석횟수를 1,000회, 2,000회, 3,000회, 5,000회로 총 4회 실시한 결과, 3개 지역 모두 분석 횟수를 2,000회로 하였을 때 필요면적에 유사한 개발지역이 추천되었으며, 2,000회 초과 시 그 이상 확장이 이루어지지 않는 것으로 판단하여 분석횟수를 2,000회로 설정하였다.

5. 분석 결과

첫째, 대흥면 교촌리의 토지적성평가가 완료된 506필지에 해당하는 1,097,924m² 면적 중 우선개발 및 우선보전필지 234필지, 347,965m²의 면적을 제외한 나머지 등급 272필지, 749,959m²의 면적에 대하여 Excel 2010 VBA를 이용해 75,000m²의 필요면적을 제약조건으로 설정한 후 시뮬레이션을 한 결과, Table 3과 같이 4필지가 선정되었으며, 개발면적은 82,208m²로 나타났다. 또한, 전체 분석 필지 중 개발가능지수(S_i)가 가장 높은 필지는 272번 필지로 550283의 값이 산정되었으며, 이 필지를 중심으로 개발면적이 확산해 가는 결과를 볼 수 있었다. ArcGIS 9.3 프로그램을 이용해 나타낸 결과, Figure 10과 같이 개발적합지역이 선정되었다.

Table 3 대흥면 교촌리 분석 결과

Agent	Serial	Size(m ²)	Si	Grade	Select
farm101	101	16,904	167245	3	1
farm210	210	15,261	154289	3	1
farm217	217	16,230	163437	3	1
farm272	272	33,813	550283	4	1

Figure 10 대흥면 교촌리 GIS 분석 결과

둘째, 삽교읍 효림리의 토지적성평가 완료필지 987필지에 해당하는 2,875,650m²의 면적 중 우선개발 및 우선보전필지 240필지의 면적 249,596m²를 제외한 나머지 등급 747필지, 1,313,013m²의 면적에 대하여 130,000m²를 필요면적으로 제약조건을 설정한 후 시뮬레이션 한 결과, Table 4와 같이 개발적합필지 5필지가 선정되었으며, 개발면적은 130,670m²로 나타났다. 또한, 분석 필지 중 개발가능지수가 가장 높은 필지는 553번 필지로 774972의 값이 산정되었으며, ArcGIS 9.3 프로그램을 이용해 나타낸 결과, Figure 11과 같이 개발적합지역이 선정되었다.

마지막으로, 응봉면 주령리 토지적성평가가 완료된 1,003필지에 해당하는 1,284,205m²의 면적 중 우선개발필지 145필지, 115,035m²의 면적을 제외한 나머지 등급 858필지의 면적 1,169,170m²에 대하여 필요면적을 110,000m²로 설정한 후 시뮬레이션 한 결과, Table 5와 같이 4필지의 개발적합필지가 선정되었으며, 개발면적은 89,797m²로 나타났다. 분석 필지 중 개발가능지수가 가장 높은 필지는 664번 필지로 나타났으며, 1434416의 값이 산정되었으며, ArcGIS 9.3 프로그램을 이용해 나타낸 결과, Figure 12와 같이 개발적합지역이 선정되었다.

Table 4 삽교읍 효림리 분석 결과

Agent	Serial	Size(m ²)	Si	Grade	Select
farm494	494	18,390	193171	3	1
farm553	553	83,707	774972	3	1
farm672	672	5,819	121104	4	1
farm677	677	3,286	82027	4	1
farm736	736	19,468	334299	4	1

Figure 11 삽교읍 효림리 GIS 분석 결과

Table 5 응봉면 주령리 분석 결과

Agent	Serial	Size(m ²)	Si	Grade	Select
farm511	511	926	64692	4	1
farm516	516	1,089	76047	4	1
farm517	517	146	57999	4	1
farm664	664	87,636	1434416	4	1

Figure 12 응봉면 주령리 GIS 분석 결과.

V. 요약 및 결론

토지적성평가는 토지의 개발적성과 농업적성 및 보전적성을 평가하고, 그 결과에 따라 토지용도를 분류하는 것으로 그 결과를 활용해 적절한 토지이용계획을 수립할 수 있다는 측면에서 지속가능한 개발과 계획 후 개발이라는 국토이용체계의 확립에 매우 의미 있는 제도로 평가받고 있다.

본 연구에서는 토지적성평가를 바탕으로 토지간의 상호작용을 통한 개발적합지역을 선정하기 위해 주변토지와 상호작용을 하는 행위자기반모형을 개발하여 예산군 3개리를 대상으로 지역특성을 분석하고, 토지적성평가결과를 요약하며, 일정규모의 개발대상면적이 필요한 경우 개발지를 산정하여 모형의 적용성을 파악하고자 하였다.

첫째, 3개 지역을 대상으로 분석을 실시한 결과, 대흥면 교촌리 4필지, 삼교읍 효림리 5필지, 응봉면 주령리 4필지가 개발적합필지로 선정되었고, 등급은 제 3등급, 제 4등급 및 제 5등급 필지로 나타났으며, 행위자기반모형에서 행위자와 주변 주체들이 상호작용을 통해 최종 모형을 도출하는 것과 같이 본 연구의 개발지역추천모델에서는 개발가능지수가 가장 높게 평가된 필지를 중심으로 주변필지와 상호작용을 통해 개발적합필지가 확산해 가는 결과를 볼 수 있었다.

둘째, 3개 지역 모두 개발가능지수가 높게 평가된 필지가 면적이 큰 필지로 나타났는데, 이는 개발가능지수를 산정함에 있어 필지의 면적을 포함하였기에 나타난 결과로 볼 수 있으며, 제 1등급과 제 2등급의 토지를 피하기 위해 등급에 제약을 해준 결과, 제 1등급과 제 2등급이 존재하는 대흥면 교촌리의 분석결과에서 볼 수 있

듯이 개발등급인 제 3등급, 제 4등급, 제 5등급의 필지가 개발적합필지로 선정된 것을 볼 수 있었다. 삼교읍 효림리와 응봉면 주령리도 개발등급으로 개발면적이 선정되었다.

셋째, 개발적합필지로 선정된 3개 지역의 현재 토지활용현황을 알아본 결과는 대흥면 교촌리의 경우 4필지 모두 계획관리지역으로 조사되었으며, 삼교읍 효림리 5필지와 응봉면 주령리 4필지 역시 계획관리지역으로써 이 두 지역은 현재 예산일반산업단지가 조성 예정중인 토지로 조사되었다.

현재 개발이 아직 이루어지지 않은 전국 토지들에 대한 가치평가 작업이 시행될 예정으로, 국토해양부는 제도를 현행 관리지역뿐 아니라 농림·자연환경보전지역 등 개발이 허용되지 않는 토지까지 확대·적용한다고 한다. 이러한 미개발 토지에 대한 가치평가가 이뤄지면 현재 용도상 개발제한에 묶였어도 수요와 입지 등에 따라 향후 주거지 등이 도시개발이 진행될 가능성이 높아진다고 볼 때, 본 연구에서 제시한 개발지역추천모델은 지역계획 및 지역개발사업의 방향설정과 개발부지 선정시 중요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 우선개발필지 및 한정된 개발면적추천 등은 본 연구의 한계점으로 향후 이러한 문제점을 해결하기 위하여 지속적인 연구를 통해 보완해 나가야 할 것으로 사료된다.

마지막으로, 본 연구에서 사용한 행위자기반모형은 현재 자연과학 및 사회과학, 공학 분야에 걸쳐 복잡계 연구 및 응용의 주요한 방법론으로 정착 및 사용되고 있으나, 아직 국내에서는 학계의 일부 연구자들을 중심으로 제한적으로 사용되고 있는 수준이기 때문에 앞날

이 불투명할 수도 있다. 하지만 세계적인 추세를 볼 때 행위자기반모형의 발전 가능성은 밝다고 보며, 특히 갈수록 복잡해지는 현안에 직면하여 기존의 연구 방법론으로는 명확한 해결책 제시가 힘들어지는 상황에서 행위자기반모형은 유력한 대안으로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 고진석, 지흥기, 이순탁, 2009, 행위자기반모형을 이용한 토지이용 변화분석, 한국수자원학회, 학술발표논문집.
- 국토해양부, 2009, 토지적성평가지침.
- 김대중, 구형수, 2011, 시공간패턴분석을 통한 토지이용변화 예측 및 활용방안 연구, 국토연구원.
- 김인현, 오규식, 양희범, 2009, 토지적성평가 지표의 개선방안 연구 : 평가체계Ⅱ를 중심으로, 한국GIS학회, Vol. 17(2), 201-212.
- 김향집, 2005, 디지털 지리정보DB를 활용한 토지적성평가 결과의 향상을 위한 실행방법 연구, 한국지리정보학회, Vol. 8(1), 1-12.
- 엄정희, 2003, 토지적성평가의 제도도입 배경 및 의의, 도시문제, Vol. 38(416), 11-17.
- 예산군, 2008, 예산군 관리지역 세분을 위한 토지적성평가.
- 오용준, 2003, 토지적성평가의 외국사례, 도시문제, Vol. 38(416), 18-28.
- 유환희, 김성삼, 구홍대, 정동기, 2004, 도시관리계획수립을 위한 토지적성평가시스템 구축 : 진주시를 중심으로, 한국측량학회, 추계학술발표회논문집, 311-318.
- 윤영수, 채승병, 2005, 복잡계 개론, 삼성경제연구소.
- 이화은, 2010, 토지적성평가 지표의 민감도 분석, 한밭대학교 석사학위논문.
- 임은선, 김대중, 이범현, 2009, 토지이용 계획지원모형 개발 연구, 한국지형공간정보학회, 학술발표회논문집.
- 장현웅, 이명훈, 2002, 비도시지역의 난개발 방지를 위한 토지이용규제 방안 관한 연구 : 토지적성평가를 중심으로, 대한국토계획학회, 학술발표회논문집.
- 채미옥, 지대식, 2001, 국토의 효율적 관리를 위한 토지적성평가에 관한 연구, 국토연구원.
- 채미옥, 2002, 지속 가능한 국토이용관리를 위한 토지적성평가기법의 활용에 관한 연구, 국토연구원.
- 최문수, 여홍구, 2006, 토지적성평가 적성등급 판정 개선방안에 관한 연구, 대한국토계획학회, Vol. 41(5), 21-32.
- 최문수, 2008, 효율적 토지관리를 위한 토지적성평가의 개선에 관한 연구, 한양대학교 박사학위논문.
- 홍재원, 2011, 행위자기반모형을 활용한 확산 시뮬레이션 연구, 한국기업경영학회, Vol. 18(4), 185-202.
- 황한철, 2004, 농촌계획 관점에서 본 국토계획법의 개선방안, 한국농촌계획학회, Vol. 10(2), 51-60.
- 황희연, 오용준, 2005, 지역특성을 반영한 토지적성평가지표 개발과 효과분석 : 농·산촌지역을 중심으로, 대한국토계획학회, Vol. 40(2), 93-107.

접 수 일: (2012년 12월 3일)

수 정 일: (1차: 2012년 12월 10일, 2차: 12월 17일
12월 20일)

게재확정일: (2012년 12월 20일)

■ 3인 익명 심사필