

지목과 토양적성도를 활용한 사과 재배적지 선정에 관한 연구

A Study on Selection of Suitable Area for Apples Cultivation Using Land Category and Suitability Class Map

백창엽* · 한원석** · 황수덕*** · 주한돈**** · 이기훈*****

Baek, Chang Yeob · Han, Won Seok · Hwang, Su Deok · Ju, Han Don · Lee, Ki Hoon

요약

공간정보는 기술들의 연결, 분석, 처리를 가능하게 하는 요소로 다양한 분야에 활용되고 있다. 농업 분야에서 국내 토양환경정보시스템은 공간정보를 활용하여 토양특성에 맞는 작물 재배적지 추천 기능을 제공하고 있다. 그러나 이는 도로, 건축물 등과 같이 작물을 심을 수 없는 지역도 적지로 선정하고 있었다. 이에 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하고 현실성 있는 사과 재배적지 추천이 이루어지도록 하기 위해 지목과 토지적성정보를 활용한 방법을 제안하였다. AHP 기법을 통하여 지목별 가중치를 선정하고 이를 GIS와 접목하여 지목이 반영된 사과 재배적지 분석 결과를 도출하였다. 실험 결과, 제안된 방법에서 저위생산지와 최적지가 각 5%, 13% 많게 나타났고 가능지와 적지가 각 21%, 1% 적게 나타났다. 이를 실제 현황과 검토하여 지목을 적용한 방법이 기존 방법보다 현실성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 연구에 사용된 평가 자료의 일관성 비율이 0.2 이하 수준으로 나타나 다소 아쉬움이 있으며, 향후 도시별 특성을 반영할 수 있는 연구를 통해 전 국토 범위에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 지목, 토양적성도, 분석적 계층화 과정, 연속지적도, 지리정보시스템

ABSTRACT

Spatial information is considered an element that enables the connection and analysis of technologies in various fields. Regarding an agricultural field, the Korean soil information system provides a function that recommends suitable areas for producing cultivation using spatial information. However, it has the limitation that it selects areas where apples cannot be planted such as roads, buildings, and so on. Therefore, to resolve this gap and to make the area selection for apples more reliable, this study suggested a method that uses land category as a factor. Weights for each category were calculated through AHP, and by combining this with GIS, an analysis that land categories reflected was derived. As a result of the experiment, in the proposed method, low-level production sites and ideal sites were 5% and 13%, and possible sites and suitable sites were 21% and 1% less.

* 주저자, 정회원·University of Southampton Faculty of Engineering and Physical Sciences 박사과정(E-mail: ddong2020@gmail.com)

** 정회원·인하대학교 공간정보공학과 석사과정(E-mail: hws9060@naver.com)

*** 정회원·한국국토정보공사 경영성과처 차장(E-mail: sudeok@lx.or.kr)

**** 정회원·청주대학교 도시부동산지적학과 박사과정(E-mail: hd9311@naver.com)

***** 교신저자, 정회원·국토연구원 공간정보사회연구본부 연구원(E-mail: khlee@krihs.re.kr)

By investigating the result with an actual land, it was clear that the suggested method was more realistic than the existing method. Nevertheless, this study points out that the consistency ratio of the weight was less than 0.2. A future study is expected to extend this method nationally by examining the characteristics of cities.

Keywords : Land Category, Suitability Class Map, Analytic Hierarchy Process, Attached Cadastral Maps, Geographic Information System

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

기술이 발전함에 따라 산업의 양상은 계속해서 변화하고 있으며, 과거에는 생각하지 못했던 요소 기술들과 산업 형태가 새로운 인류의 역사를 쓰고 있다. 인공지능, 빅데이터, IoT 등으로 정의되는 4차 산업 혁명 시대의 요소 기술들은 첨단 산업뿐만 아니라 기존 산업에도 영향을 끼치며 혁신을 가져오고 있다. 이러한 기술 혁신을 가능하게 하는 요소로 떠오르고 있는 공간정보는 기술들을 연결하고 분석, 처리할 수 있게 하는 구성요소로서 더욱 다양한 분야와 접목되어 새로운 가치를 창출하고 있다. 고정밀 위치정보를 활용하여 자율주행 자동차의 안정성을 높이는 것에서부터 정밀한 3차원 객체로 구성된 건물지도를 구축하는 것까지 다양한 분야에 활용되고 있다.¹⁾

특히 농업과 관련한 공간정보의 활용은 재배자가 직접 작물의 상태를 하나하나 확인하던 상황에서 무인비행장치(Unmanned aerial vehicle, UAV), 소형 항공기에서 취득된 영상을 활용하여 자동으로 농작물의 상태를 확인하고 필요한 약제를 살포하는 단계에 이르렀다.²⁾ 이러한 농업 분야의 활용

과거에도 존재하긴 하였으나 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS) 등과 접목되면서 더욱 적극적으로 활용되었다. 홀토람으로 불리는 농촌진흥청의 토양환경정보시스템은 토양 특성, 농경지화학성 등을 표시한 토양도, 기후도, 작물의 재배 관련 연구 등을 GIS에 접목하여 구축한 시스템으로 재배적지 분석, 비료량 추천 등의 기능을 제공하고 있다.

재배적지 분석 기능은 대상 작물에 따라 특정 지역을 분석하여 해당 작물을 재배 적합도를 알려주는 기능으로 토양도를 활용하여 제작된 토양적성도를 활용하고 있다.³⁾ 현재 시스템에서 제공하고 있는 토양적성도는 일부 토양특성에 배점을 부여하여 제작된다.⁴⁾ 그러나 이는 도로, 건축물, 제방 등과 같은 실제 작물을 재배하기 어려운 공간도 재배적지로 추천하여 적절한 안내를 어렵게 하고 토지의 최유효이용을 저해할 수 있다.

한편 우리나라 지적공부에는 실제 토지의 사용 용도를 구분하여 기록한 지목이 존재한다. 지목은 토지의 주된 용도에 따라 토지의 종류를 구분한 것으로 도로, 하천, 제방 등 실제 사용 현황을 기반으로 결정된다. 이러한 정보를 재배적지 분석에 활용된다면, 현재 토양적성도에서 고려되지 못하고 있는 토지의 사용 현황을 반영할 수 있을 것으

1) 변예림, 박만복, “자율주행을 위한 라이다 기반 객체 인식 및 분류”, 「자동차안전학회지」, 제12권 제4호, 2020, pp.23-30.

2) 정운영, 김상욱, “소나무재선충병 피해목 탐지를 위한 UAV기반의 식생지수 비교 연구”, 「지적과 국토정보」, 제50권 제1호, 2020, pp.201-214 ; 함예술, “농약 살포 드론, 더 똑똑해진다.”, 이웃집과학자, 2020.

3) 홍석영 외 11, “토양환경정보시스템‘홀토람’”, 「한국농공학회지」, 제53권 제1호, 2011, pp.27-40.

4) 정남수·김창호·오태석·홍창기·장우석, “정밀농업을 위한 지식기반형 작물추천 모델 개발”, 「한국국제농업개발학회지」, 제25권 제1호, 2013, pp.41-49.

로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 현실성 있는 재배적지 분석을 위해 토지의 사용 현황을 나타내는 지목과 토양도를 연계한 토양적성도를 제작하고 이를 작물 재배적지 분석에 활용하고자 한다. 이에 정성적으로 존재하는 지목을 가중치로 산정하기 위하여 Analytic Hierarchy Process(AHP) 기법을 활용하고 계층적 구조를 바탕으로 설문조사를 진행하여 지목에 대한 평가를 수행하고자 한다. 산출된 가중치를 바탕으로 레이어를 제작하고 기존 방법과 제안된 방법에 적용, 비교 및 분석하여 그 효용성을 검토한다. 분석에는 다양한 작물이 분석 대상으로 적용될 수 있지만 연구 방법을 우선적으로 검증하기 위해 사과 한가지로 한정하며, 대상 지역은 과수를 재배하는 농가가 증가하고 있는 충청북도의 증평군을 대상으로 선정하여 연구를 수행하고자 한다.

1.2 선행연구 검토 및 차별성

작물 재배적지 선정에 관한 연구는 과거부터 꾸준히 진행되었다. 먼저 작물을 중점적으로 살펴보면, 정인명(1994)은 충청북도 영동군을 대상으로 9종의 소득작목을 선정하고 이에 대한 재배적지 여부를 조사하였으며 조사 결과를 기반으로 농촌 소득 증대를 위해 응용할 수 있는 GIS 기반 작물 재배를 위한 적지 선정에 관한 연구를 수행하였다.⁵⁾ 김민태(2015) 외는 1월 평균 최저기온 및 배수등급을 기준으로 국내 주요 녹비작물 논 재배적지

재설정에 관한 연구를 수행하였다.⁶⁾ 적지 선정에 관한 연구는 작물뿐만 아니라 바다숲, 미래 산업 단지 등과 관련하여서도 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타났다.⁷⁾

적지 선정과 관련한 연구들에 대하여 검토해본 결과 대체로 GIS의 도입에 의하여 더욱 활발하고 효과적으로 진행되었으며, 해당 연구에서 파악하고자 하는 속성에 따라 다양한 형태로 진행되었다. 그중에서 AHP 기법과 GIS를 결합한 연구를 국내·외로 구분하여 간략하게 살펴보고자 한다. 연구들은 대체로 GIS의 도입에 의하여 더욱 활발하고 효과적으로 진행되었으며, 해당 연구에서 파악하고자 하는 속성에 따라 다양한 형태로 진행되었다. 그중에서 AHP 기법과 GIS를 결합한 연구에 대해 살펴보고 차별성을 도출하고자 한다.

먼저 국내의 홍성언 외(2003)는 GIS의 공간분석 기능 등을 활용하여 사례지역 도시 근린 공원의 공간적인 형평성, 분포균형 등의 분포특성을 분석하고 공원입지 필요지역을 선별하였다. 또한 선별된 지역에 대한 객관적인 평가 기준과 AHP 기법을 활용하여 공원입지 가능지역을 분석하였다.⁸⁾

김태준(2006)은 다양한 공간정보를 데이터베이스로 구축하고 AHP 기법을 단일 작물에 적용하였다. 검증을 위하여 기존 부울논리에 의한 적지 선정 결과와 AHP 기법을 적용한 결과를 실제 재배지역을 대상으로 비교하였다. 그 결과 AHP 기법을 적용한 방법이 실제 현황과 더욱 유사한 것으로 나타났다.⁹⁾

한지혜 외(2019)는 GIS와 AHP를 활용하여 지

5) 정인명, “영농경력에서 토양환경까지 입체분석 - 작물 재배적지 선정 컴퓨터로 한다”, 『자연과 농업』, 제 15권 제 1호, 1994, pp.40-43.

6) 김민태 외 9, “국내 주요 녹비작물 논재배 적지 재설정:1월 평균 최저기온 및 배수등급을 기준으로”, 『한국작물학회지』, 제60권 제1호, 2015, pp.91-96.

7) 오태건·김대건·김창길·이문옥·조재권, “바다숲 조성해역의 물리적 환경을 고려한 최적 적지선정”, 『한국마린엔지니어링학회지』, 제34권 제1호, 2010, pp.183-194. ; 김영주·차영재·오민중·이근상, “드론활용기술 기반의 미래산업 단지 적지선정을 위한 공간정보 이용, 대한토목학회 정기학술대회, 2021, pp.35-36.

8) 홍성언, 박수홍, “GIS와 AHP 의사결정 방법을 이용한 도시 근린 공원의 입지 분석”, 『대한지리학회지』, 제38권 제 5호, 2003, pp.849-860.

9) 김태준, 이근상, “GIS 기반 AHP 기법을 이용한 작물재배 적지 분석”, 『대한토목학회논문집 D』, 제26권 제4D호, 2006, pp.695-702.

진 취약성 지도제작 및 평가를 수행하였다. 5가지의 주요지표에 AHP 기법을 활용하여 산출된 18개의 하위지표를 적용하여 지도를 생성하였으며 이를 통해 지진취약성지도를 구축하였다.¹⁰⁾

국외의 경우 Muheeb. M 외(2021)는 다중기준 평가(Multi Criteria Evaluation, MCE) 및 AHP를 적용하고 GIS와 원격 탐사를 기반으로 매립지를 식별하는 연구를 수행하였다. 이는 다양한 변수를 활용하고 AHP 방법으로 일관성 비율이 3.2%인 45쌍의 비교를 통해 가중치를 부여하였다.¹¹⁾

Boyaci. A. C.(2022)는 GIS를 사용하여 공간 분석을 수행하고, 전문가의 면담을 통해 7가지 기준을 기반으로 지도를 제작했다. 그런 다음 구간 값 피타고라스 퍼지 수(PFN)에 의해 증강된 분석 계층 프로세스(AHP)가 기준의 가중치를 결정하는데 사용되었다. 기준 가중치와 전문가를 통해 지정한 5가지 규칙을 기반으로 팬데믹 병원에 적합한 위치 13곳을 선정하는 데 활용하였다.¹²⁾

선행연구 검토 결과 GIS와 AHP 기법을 적용하여 다양한 항목에 대한 가중치를 선정하여 적지를 분석하는 연구들이 존재하였다. 해당 연구들은 AHP 기법을 통해 정량적으로 평가하기 어려운 항목의 가중치를 선정하고, 도출된 가중치가 반영된 레이어를 제작하여, 이를 기존 레이어들과 중첩하여 분석하였다. 이러한 접근 방법은 대상 속성이 끼치는 영향을 고려하여 적지 분석하는 데 유용하였다. 그러나 토지적성도를 작성하는 데 있어 지목과 같은 토지 현황을 고려한 연구는 부재하였다.

이에 본 연구에서는 아직 고려되지 않은 지적도의 지목을 하나의 요소로 고려하여 토양적성도를 제작하고 한다. 지목별 가중치를 선정하기 위하여

AHP 기법을 적용하고 산출된 가중치를 바탕으로 레이어로 제작한다. 이를 토양적성도에 중첩하여 기존 방법과 비교하여 어떠한 차이가 존재하는지, 실제 토지 사용 현황을 고려하는 것이 효용성이 있는지 살펴보고자 한다.

2. 관련 이론 고찰

2.1 작물 재배적지 및 토양적성도

적지분석은 여러 인자들을 분석한 후 목적에 맞게 토지를 이용하거나 지역의 고유한 특성을 분석하여 잠재적 가능성과 위험성을 도출해 내는 과정이다.¹³⁾ 쉽게 말해서 특정용도 또는 시설 등이 입지하기에 가장 적합한 지역을 분석하는 기법이라고 할 수 있다. 일반적인 적지 분석 과정은 1) 후보지를 선정하고 2) 입지 선정을 위한 기준을 설정하여 3) 기준에 대한 평가를 진행하고 4) 종합적으로 분석하여 입지를 결정하는 단계로 수행된다. 상기 과정에서 다양한 지도가 활용되며 GIS의 도입으로 시스템화되어가고 있다.

그중 농작물의 재배적지 분석은 기후 및 기온, 토양 등의 입지 조건이 특정 작물의 재배에 유리하며, 생산력과 생산성이 높은 토지 선정하는 것을 의미한다. 초기에는 토양요인 기준에 의한 재배적지 등급과 기후요인에 의한 재배적지 등급 중에서 낮은 등급을 대푯값으로 결정하는 최대저해인자법을 활용하였으며, 최근에는 요인별 점수제를 활용하여 재배적지를 구분하고 있다.¹⁴⁾ 이러한 재배적지 분석 관련 시스템은 국내 농촌진흥청,

10) 한지혜, 김진수, "GIS 기반 AHP를 이용한 지진 취약성 지도제작 및 평가: 경주시를 중심으로", 『대한원격탐사학회지』, 제35권 제2호, 2019, pp.217-228.

11) M. Muheeb and A. M. Bashir, "Landfill Site Selection Using GIS Based Multicriteria Evaluation Technique. A Case Study of Srinagar City", 『India, Environmental Challenges 3』, 2021.

12) A. C. Boyaci and A. Sisman, "Pandemic Hospital Site Selection: A GIS-Based MCDM Approach Employing Pythagorean Fuzzy Sets", 『Environ Sci Pollut Res Int』. Vol.29 No.2, 2022, pp.1985-1997.

13) 김태준. "GIS기반 AHP기법을 적용한 작물 재배 적지분석에 관한 연구", 박사학위논문, 전남대학교 대학원, 2006.

14) 농촌진흥청, "토양·기후 요인을 종합적으로 고려한 과수 재배적지 구분", 2016.

기상청, 지방 농촌기술원 등에서 제공하며, 이 중 농촌진흥청의 토양환경정보시스템인 흙도람이 많이 활용된다. 흙도람은 과수류, 과채류, 경엽채류 등 총 66개 작물에 대한 토양적성도를 제공하고 있다.¹⁵⁾

일반적인 작물의 토양적성도는 최적지, 적지, 가능지, 저위생산지로 분석 결과를 구분하며, 이는 평가 지표인 토양요인 및 기후요인으로 정의된다. 작물마다 다소 차이가 존재하지만, 일반적으로 토양요인은 실제 토양조사를 통해 토양도에 기록된 토성, 경사, 배수등급, 유효토심, 자갈함량 등이며,¹⁶⁾ 기후요인은 생육기온, 연평균기온, 생육적온, 극최저기온, 강수량 등으로 정의된다.¹⁷⁾ 이러한 요인에 일정한 배점을 부여하여 레이어들을 제작한다. 최종적으로 제작된 레이어들을 중첩하여 재배적지를 분석할 수 있는 토양적성도가 생성되며, 요인에 따른 배점은 작물마다 차이가 있다.

2.2 지목

현재 우리나라의 지목은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 및 동법 시행령에서 토지의 주된 용도에 따라 토지의 종류를 구분하여 지적공부에 등록한 것으로 정의되고 있다. 이는 토지의 실질적인 이용 현황을 나타내기 위해 토지이용을 효율적으로 규제하고 합리적으로 관리 및 보존하기 위해 사용 목적에 따라 일정한 유형으로 구분한 것이라고 할 수 있다.¹⁸⁾

지목은 1910년 토지조사사업에서 근대적 지적이 도입되면서 토지의 사용 목적에 따라 분류되기 시작하였다. 토지조사사업 당시 지목은 총 18개로 분류되었으며, 1918년 지세령의 개정으로 인해 19개로 분류되었다. 1943년 조선지세령에서 21개로

분류되었으며, 1975년 지적법 개정을 통하여 24개로 분류되었다. 2001년 지적법을 전문 개정을 통하여 <표 1>과 같이 28개로 분류되어 지금까지 사용되고 있다.¹⁹⁾

<표 1> 국내 지목 종류

지목명	부호	지목명	부호
전	전	공원	공
답	답	체육용지	체
과수원	과	유원지	원
목장용지	목	종교용지	종
임야	임	사적지	사
광천지	광	주유소용지	주
염전	염	창고용지	창
대	대	도로	도
공장용지	장	구거	구
학교용지	학	유지	유
철도용지	철	양어장	양
제방	제	주차장	차
하천	하	잡종지	잡
수도용지	수	묘지	묘

2.3 AHP

AHP 기법은 1980년 펜실베니아 대학의 Saaty 교수에 의해 개발되었다. 이는 [그림 1]과 같이 의사결정 과정에서 다양하고 복잡하게 주어진 대인들에 대하여 계층별로 의사결정 과정을 쌍대비교의 결과를 통하여 정성적 항목에 대한 정량화된 상대적 중요도를 제시할 수 있는 의사결정 도출 방법론이다.²⁰⁾

다중요인의사결정 문제는 기본적으로 상충되는 다수의 기준 하에서 최적의 대안을 선택하는 문제

15) 국립농업과학원, “작물별 토양적성도”, <http://soil.rda.go.kr/soil/soilmap/crop.jsp>, 검색일 : 2023.02.11.

16) 국립농업과학원, “작물별 토양적성도”, soil.rda.go.kr, 검색일 : 2023.02.11.

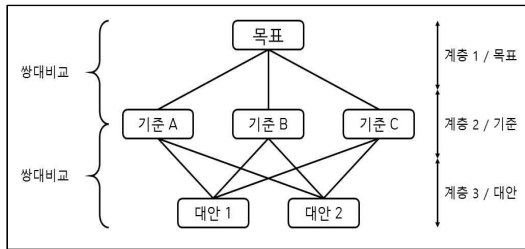
17) 농촌진흥청, “과수생육품질관리시스템 재배적지”, <https://fruit.nihhs.go.kr/>, 검색일 : 2023.02.11.

18) 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제2조, 제67조, 동법 시행령 제58조, 제59조

19) 서철수, 지종덕, 한국의 지적사, 기문당, 2002.

20) T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, 「New York : McGraw-Hill, 1980.

로 AHP는 이와 같은 의사결정 문제를 해결하기 위한 분석의 틀을 제공하고 있으며, 의사결정 계층구조를 구성하는 요소 간의 쌍대비교를 통해 상 위계층의 요소를 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치(Weight)를 측정하고 각 단계별 가중치를 종합적으로 계산해서 최하위 계층에 있는 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내어 준다.



(그림 1) 계층적 구조도

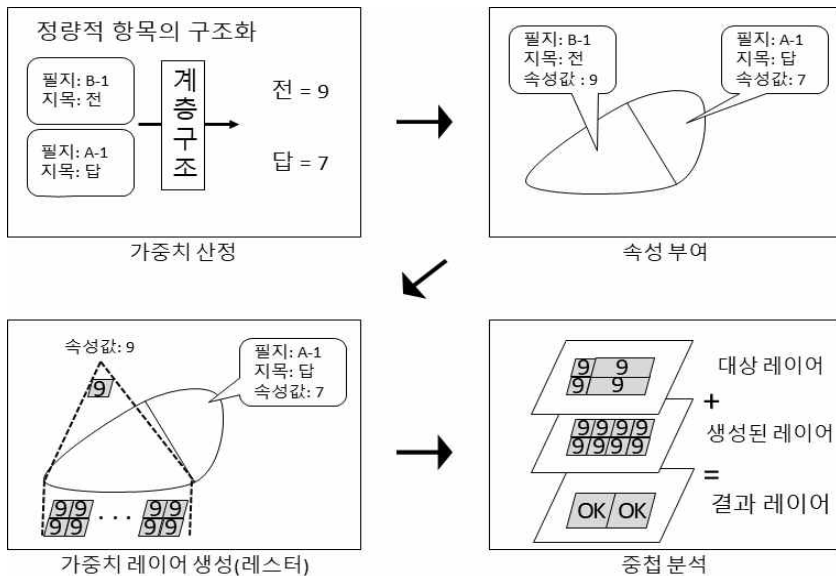
AHP는 1:1 쌍대비교를 통해 의사결정을 단순화시키고 이를 활용하여 의사결정 영역 내에 포함

된 모든 판단 과정을 해결하기 때문에 판단의 일관성(Consistency)을 요구하지 않는 동시에 판단의 합리성을 유지할 수 있다는 특징을 지니고 있다.²¹⁾ 1:1 쌍대비교를 통해 결정된 각 항목간의 상대적 중요도는 (1)과 같이 행렬로 나타낼 수 있으며, 해당 행렬에서 (2)을 만족하는 고유값과 고유벡터를 구하는 것으로 가중치를 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_n \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$(A - \lambda I) \cdot w = 0 \quad (2)$$

계산된 가중치의 신뢰도는 일관성 지수(Consistency Index : CI)를 무작위 지표(Random Index : RI)의 평균으로 나눈 값, 즉 일관성 비율(Consistency Ratio : CR)을 측정하여 구할 수 있으며,²²⁾ 이 중 무작위 지표의 값은 행렬 차원의 크기



(그림 2) AHP를 활용한 중첩 분석 과정

21) T. L. Saaty and L. G. Vargas, "Models, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process", 「NY: Springer Science & Business Media」, 175, 2012.
 22) O. S. Vaidya and S. S. Kumar, "Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications", 「European Journal of Operational Research」, 169, 2004, pp.1-29.

에 따라 주어진다.²³⁾ 일반적으로 일관성 비율은 0.1 미만일 때 신뢰할 수 있는 것으로 평가하며, 0.1 이상~0.2 이하일 때 수용 가능한 정도로 평가한다. 0.2를 초과하는 경우에는 신뢰도가 문제가 있는 것으로 판단하여 계층구조나 설문지의 제작성이 필요하다.²⁴⁾

산출된 가중치는 GIS를 통해 쉽게 지도로 제작할 수 있으며 적지분석 등에 활용할 수 있다. [그림 2]는 레이어를 생성하여 분석에 활용하는 과정을 개략적으로 나타낸 것으로 그림과 같이 산출된 가중치를 일정한 공간에 입력하고, 이를 레스터 혹은 벡터 데이터로 제작 및 중첩함으로써 효율적으로 분석할 수 있다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험개요

본 연구는 지목을 토양적성도 제작에 활용하기 위하여 연구지역 선정, 데이터 취합, 설문조사 및 결과 변환, 레이어 구축 및 중첩, 결과 확인의 순서로 연구를 수행하였다. 현재 토지관리에 종사하고 있는 소관청 내의 전문가를 대상으로 실시한 설문을 바탕으로 지목의 가중치를 선정하고 이를 레이어로 제작하여 토양적성도와 중첩하였다. 대상 작물은 사과로 한정하였으며 증평군을 대상으로 토지 사용 현황이 반영된 토양적성도를 제작하였다. 이를 기존 방법과 비교 및 분석하였다.

〈표 2〉 사과 재배적지 기준

기준항목	토양요인			
	최적지	적지	가능지	저위생산지
분포지형	하성평탄지, 선상지, 곡간지	홍적대지	구릉지, 산록경사지, 용암류대지	하해혼성평탄지, 산악지, 분석구
요인배점	20	15	10	5
심토토성	사양질, 미사사양질	식양질	미사식양질, 식질	사질
경사	< 7	7-15	15-30	> 30
배수등급	양호	매우양호	약간 양호	약간 불량, 불량, 매우불량
유효토심	>100	50-100	25-50	<25
설정범위	≥85	80-84	70-79	≤69
기준항목	기후요인			
생육기온	14.5 ~ 18.5		13.5 ~ 14.5 / 18.5 ~ 19.5	< 13.5 / 19.5 <
연평균기온	7.5 ~ 11.5		6.5~7.5 / 11.56 ~ 12.5	< 6.5 / 12.5 <
생육적온	10.0 ~ 20.0		-	< 10 / 20.0 >
극최저기온	- 30		- 32	- 35

자료: 김호정·심교문·현병근, “기후 및 토양 정보에서 최대저해인자법을 이용한 재배적지 구분의 통합에 관한 연구”, 『한국농림학회지』, 제18권 제3호, pp.127-134; 농촌진흥청, “토양·기후 요인을 종합적으로 고려한 과수 재배적지 구분”, 2016. 수정인용

23) R. Levon, and Hayrapetyan, “Random Consistency Indices for Analytic Hierarchy Process.” 2019.

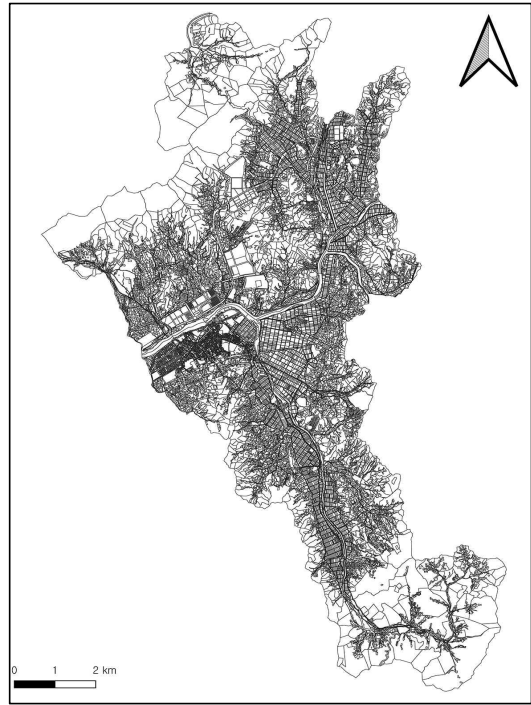
24) W. C. Wedley, “Consistency Prediction for Incomplete AHP Matrices”, 『Mathematical and Computer Modeling』, 17(4-5), 1993, pp.151-161.

3.2 연구대상 선정 및 자료수집

작물 재배 면적이 줄어들고 있는 국내 상황에서 현실성 있는 재배적지를 추천하여 작물 재배 효율성을 증진할 필요가 있다. 따라서 작물 재배 면적은 줄어들고 있지만 사과가 우수 농가 작물로 선정된 증평군을 연구지역으로 선정하였다. 증평군은 충청북도 지역 중 접근성이 편리하고 산림, 하천 등의 자연환경이 풍부하다. 또한 대상 작물은 실험의 용의성을 고려하여 우수 선도 농가 중 재배 면적이 가장 큰 사과로 한정하였다.

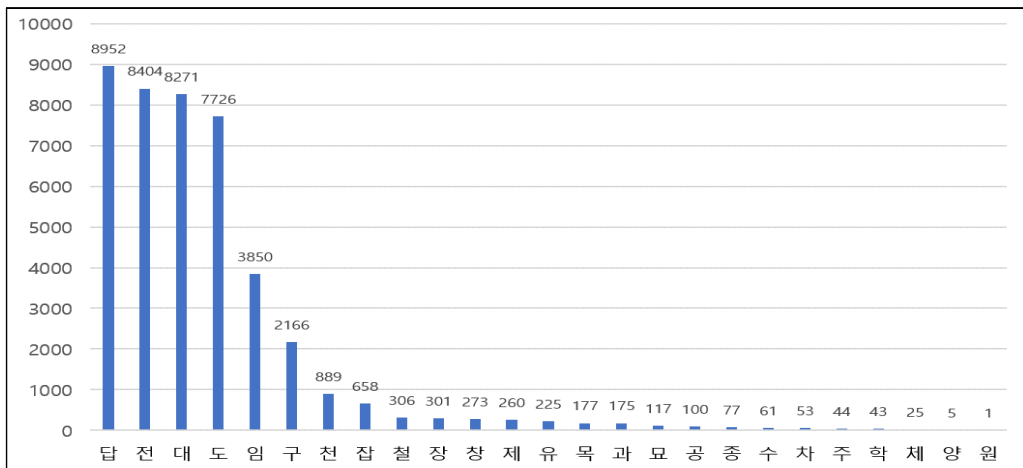
앞서 언급한 바와 같이 작물에 따라 토양요인에는 차이가 존재한다. <표 2>는 사과의 재배적지 기준을 나타낸다. 각 요소별로 기준에 따라 점수가 배분되며, 배분된 점수를 중첩하여 토양적성도가 제작된다.

[그림 3]은 증평군의 연속 지적도로 대상 지역의 공간적인 범위를 파악할 수 있다. 해당 지적도를 통해서 산출된 증평군의 면적은 81.93887km²으로 총 43,159개의 필지가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 2022년 11월 연속지적도 기준으로 현재 토지대장 상 면적과 필지 수와는 차이가 있을 수 있다.



[그림 3] 증평군 연속지적도

증평군의 지목은 [그림 4]와 같이 분포되어있다. 가장 많은 지목은 답이 8,592개, 그다음은 전이 8,404개 존재하였다. 이와 반대로 유원지와 양어장은 각 5개, 1개로 가장 적게 등록되어있다. 또한, 28개 지목 중 광천지, 염전, 사적지는 증평군에 존재하지 않는 것으로 파악되었다.



[그림 4] 증평군 지목 현황

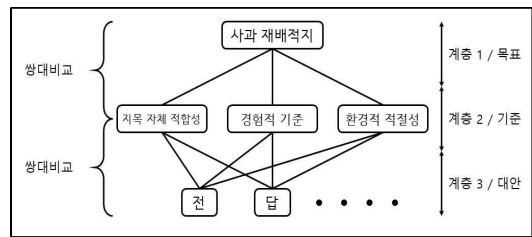
<표 3>은 농촌진흥청에서 제공하는 토양도 레이어 목록을 보여준다. 농촌진흥청에서는 1998년부터 2006년까지 토양도 구축 사업을 추진한 이후, 계속 수정·보완하여 30종으로 구성된 정밀 토양도를 shape 또는 grid 파일 형태로 제공하고 있다. 연구 대상지역인 충청북도에 해당하는 도면을 제공받아 <표 3>에 명시되어 있는 경사, 배수등급, 분포지형, 심토토성, 유효토심을 따로 취합하였다.

<표 3> 토양도 레이어 목록

항목	내용
단면특성 (12)	구조, 경사, 모암(모재), 배수등급, 심토 토성, 심토토색, 심토주토색, 심토자갈함량, 유효토심, 침식등급, 표토토성, 표토자갈함량
토양지형 (1)	분포지형
토양분류 (4)	토양통, 토양목, 토양아목, 토양대군
토양해설 (13)	주도지이용, 토지이용추천, 토양유형, 논 적성등급, 논 저해요인, 밭 적성등급, 밭 저해요인, 과수/상전 적성등급, 과수/상전 저해요인, 초지 적성등급, 초지 저해요인, 임지적성등급, 임지저해요인

3.2 설문 및 지목별 가중치 부여

본 연구 목적 달성을 위해 지목과 기존 토양적성도를 연계한 사과 재배적지 분석이 필요하다. 지적도의 지목을 중첩하기 위해서는 가중치를 산정할 필요가 있으며, 이는 AHP 기법을 통하여 계산된다. [그림 5]는 AHP 기법에 따라 지목의 가중치 산정하기 위해 설계한 계층 구조를 나타낸다.



(그림 5) 지목의 가중치 산정을 위한 계층 구조

먼저 계층 구조의 목표는 사과 재배적지로써 28개 지목의 상대적 가중치를 구하는 것이므로 사과 재배적지로 정의하였다. 다음 계층인 평가 기준들은 관련 연구를 참고하여 3가지로 선정하였다^{25) 26) 27) 28)}. 각 평가 기준들은 지목이 재배적지 선정에 끼칠 수 있는 영향권을 주안점으로 하여 지목 자체 적합성, 경험적 기준, 환경적 적절성으로 정의하였다. 그다음 대안은 앞서 살펴본 법령에서 정의하는 28개의 지목이다. 대안에는 현실적으로 사과 재배가 불가능한 도로나 제방 등도 포함되어 있다. 이는 향후 낮은 가중치가 산정되어 토양적성도 제작 시에 사과 재배가 불가능한 지역을 더욱 분명하게 구분하는 요소로 작용할 수 있다고 판단되어 포함하였다. <표 4>는 도출된 평가 기준과 예시를 나타낸다.

<표 4>에 나타나 있는 평가 기준의 각 요소에 대해서 살펴보면, 지목 자체 적합성은 다른 지목이나 외부 환경을 고려하지 않고 법률에서 규정하고 있는 정의를 기준으로 해당 지목의 영향력을 평가하는 것이다. 경험적 기준은 해당 지목이 작물을 재배하기 적절하였는지 등을 경험이나 사례에 기반하여 평가하는 것이다. 환경적 적절성은 해당 지목의 일반적인 교통, 시설물과의 거리 등 주변 상황 및 환경을 같이 고려하는 것이다. 이리

25) चे미옥, 오용준, “토지적성평가의 지표추출 및 지표별 가중치 분석방법 고찰”, 『대한지리학회지』, 38(5), 2003, pp. 725-740.
 26) 조인성, 오재일, 박규홍, “AHP 기법을 활용한 폐기물매립지 입지선정 인자의 가중치에 대한 전문가 설문조사”, 『대한환경공학회 학술발표논문집』, 2006, pp.1603-1606.
 27) 김상석 외 3, “AHP 기법을 활용한 GIS 기반의 사전환경성검토 노선선정시스템 개발”, 『한국지리정보학회지』, 10(2), 2007, pp.152-163.
 28) 김정찬 외 5, “유휴농지 농업적 활용 평가지표 설정 및 현장적용”, 『농촌계획』, 20(2), 2014, pp.127-137.

〈표 4〉 평가 기준 도출

주요소(평가 기준)	내용	세부요소(대안)
지목 자체 적합성	법률에서 규정하고 있는 정의 예) ‘답’, ‘전’은 정의 자체로써 다른 지목에 비해 작물 재배 유리	28개 지목
경험적 기준	경험이나 사례에 기반한 평가 예) 현장 조사시 ‘잡종지’가 일부 작물 재배에 활용되는 것을 참고	
환경적 적절성	주변 상황 및 환경(인접성, 접근성 등) 예) ‘대’ 지목은 일반적으로 도로와 연결되어 있으므로 다른 지목에 비해 작물 재배 용이	

한 판단 기준 중에서 지목 자체 적합성과 경험적 기준은 개념적으로 다소 유사하게 보일 수 있다. 예를 들면 지목 자체 적합성 평가에서 구거는 “용수 또는 배수를 위해 일정한 형태를 갖춘 인공적인 수로·둑 및 그 부속시설물의 부지와 자연의 유수가 있거나 있을 것으로 예상되는 소규모 수로부지”²⁹⁾ 라는 정의를 고려하면 잡종지보다 높게 평가될 수 있으나, 경험적 기준에서는 실제 잡종지에서 넓은 면적의 필지에 작물이 재배된 사례를

고려하여 구거가 잡종지보다 낮게 평가되는 경우가 존재할 수 있다.

한편 현실 세계에서는 토지 사용 현황과 실제 지목이 다른 경우가 존재한다. 그러나 본 연구에서는 공간정보관리법 시행령 제58조(지목의 구분) 및 제59조(지목의 설정방법 등)를 통해 지목의 구분 기준으로 지정된 지목이 “일시적인 용도로 사용될 때 지목을 변경하지 않는다.”는 법령에 따라 토지의 실제 사용 현황과 지목이 일치한다는

〈표 5〉 가중치 선정을 위한 설문 예시

평가 기준 평가										
평가 기준	평가 점수									비교항목
지목 자체 적합성	9	7	5	3	1	3	5	7	9	경험적 기준
지목 자체 적합성	9	7	5	3	1	3	5	7	9	환경적 적절성
경험적 기준	9	7	5	3	1	3	5	7	9	환경적 적절성
대안 평가										
지목 자체 적합성	평가 점수									비교항목
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	답
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	대
⋮										
경험적 기준	평가 점수									비교항목
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	답
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	대
⋮										
환경적 적절성	평가 점수									비교항목
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	답
전	9	7	5	3	1	3	5	7	9	대
⋮										

29) 공간정보관리법 시행령 제58조.

것을 전제로 하여 일관성 있게 판단할 수 있도록 하였다.

설문조사는 현재 토지관리에 종사하고 있는 소관청 내에 지적직 공무원 20명을 대상으로 2022년 10월 12일부터 18일까지 7일간 진행되었다. 최종적으로 취합된 설문조사 결과는 20건으로 응답자 모두 적절하게 응답하였다. 설문 문항은 각 기준에 대한 평가와 기준별 대안 평가를 진행하였다. 각 기준에 대한 평가는 앞서 정의한 기준에 대한 평가이며, 기준별 대안 평가는 지목별 평가를 의미한다. 평가 방법은 항목 간의 비교를 수행하여 더욱 적합한 항목에 높은 점수를 부여하도록 설계하였다. <표 5>는 진행한 설문의 예시를 보여준다.

<표 6> 평가 기준과 대안의 최종 가중치

구분	지목 자체 적합성	경험적 기준	환경적 적절성
가중치	0.556	0.116	0.328

총합 : 1

일관성 비율: 0.0146

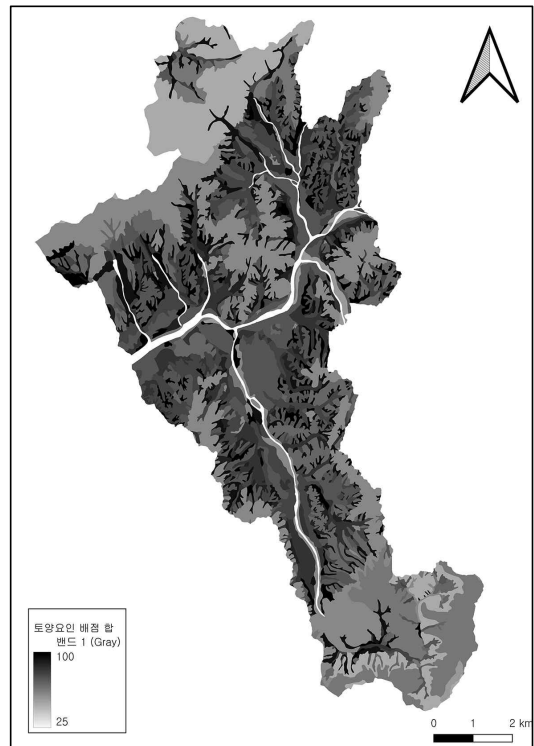
지목	가중치	지목	가중치
전	0.004395	철도용지	0.039177
답	0.004415	제방	0.027100
과수원	0.005232	하천	0.017535
목장용지	0.006467	구거	0.016732
임야	0.006817	유지	0.019856
광천지	0.013330	양어장	0.044246
염전	0.014929	수도용지	0.055305
대	0.008846	공원	0.028209
공장용지	0.021230	체육용지	0.081353
학교용지	0.021378	유원지	0.053572
주차장	0.029134	종교용지	0.108716
주유소용지	0.029589	사적지	0.123626
창고용지	0.018577	묘지	0.150856
도로	0.023758	잡종지	0.025616

총합 : 1

일관성 비율: 0.1326

이와 같이 수행된 설문조사 결과는 취합되어 가중치를 산출하기 위해 작성된 파이썬(Python) 코드에 입력되었다. 이에 따라 최종적으로 산출된 지목별 가중치는 <표 6>과 같다. 가중치 산정 결과, 가중치의 총합은 1로 나타나서 적절하게 가중치가 분배된 것으로 판단된다. 가장 사과 재배가 적합한 것으로 나타난 지목은 전으로 가중치는 0.004395로 산정되었다. 그다음 높은 가중치는 답, 과수원, 목장용지로 산정되었으며 전을 포함한 상위 4개 지목의 가중치 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 사적지, 묘지는 각각 0.123626, 0.150856으로 가장 낮은 가중치를 가지는 것으로 계산되었다. 각 가중치는 계산상의 편의를 위해 소수점 아래 일곱째 자리에서 반올림하여 표기하였다.

산출된 가중치에 대한 일관성 비율은 0.1326으로 허용할 수 있는 수준으로 나타났다. 이는 설문 결과에 대하여 완전히 신뢰할 수는 없지만 0.2 이



(그림 6) 토양요인 배점 중첩도

으로 판단된다. 이렇게 산출된 가중치를 지목에 하 범위에 있으므로 어느 정도 활용해도 되는 것 대입하여 레이어를 작성하면 [그림 6]과 같이 나타낼 수 있다. 해당 레이어에서 앞서 가중치는 산정되었지만 증평균에 존재하지 않는 지목인 광천지, 염전, 사적지는 제외하였다.

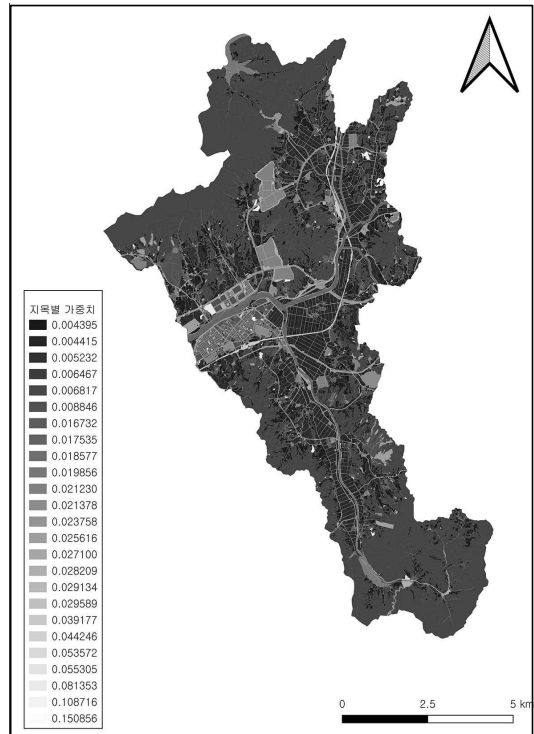
<표 6>에 기재된 바와 같이 낮은 숫자가 더욱 높은 가중치인 것을 의미하므로 [그림 6]의 범례는 역수를 취하여 오름차순으로 작성되었다. 따라서 짙은 검은색에서 옅은 색으로 갈수록 더 낮은 가중치인 것으로 표현되었다. 산출된 가중치는 연속적이고 순위가 있는 데이터이므로 단일 색으로 표현하는 것이 적합하다고 판단하였으며,³⁰⁾³¹⁾ 대상 지역 전반에 걸쳐 적절하게 가중치가 부여된 것으로 판단된다.

4. 실험 결과 분석

먼저 개략적인 분포를 파악하기 위해 앞서 따로 취합된 경사, 배수등급, 분포지형, 심토토성, 유효토심 레이어에 속성에 따라 요인배점이 부여된 레이어를 작성하였다. 요인배점은 앞서 검토한 바와 같이 5, 10, 15, 20점으로 부여되며, 이를 각 레이어에 적용하여 중첩하였다.

[그림 7]은 각 레이어가 중첩된 요인배점의 합을 나타낸다. 총 5개의 레이어가 중첩되었으므로 배점은 최소 20점에서 최대 100점의 범위를 가지게 된다. 실험 대상 지역에서는 최하점이 25점으로 표출되어 20점을 가지는 공간은 없는 것을 확인할 수 있다.

좀 더 자세히 살펴보면 환경적인 요인들이 강하게 반영되어, 경사가 완만하고 배수등급이 낮은 계곡 일부분과 하천 평야에서 높은 배점이 나타난



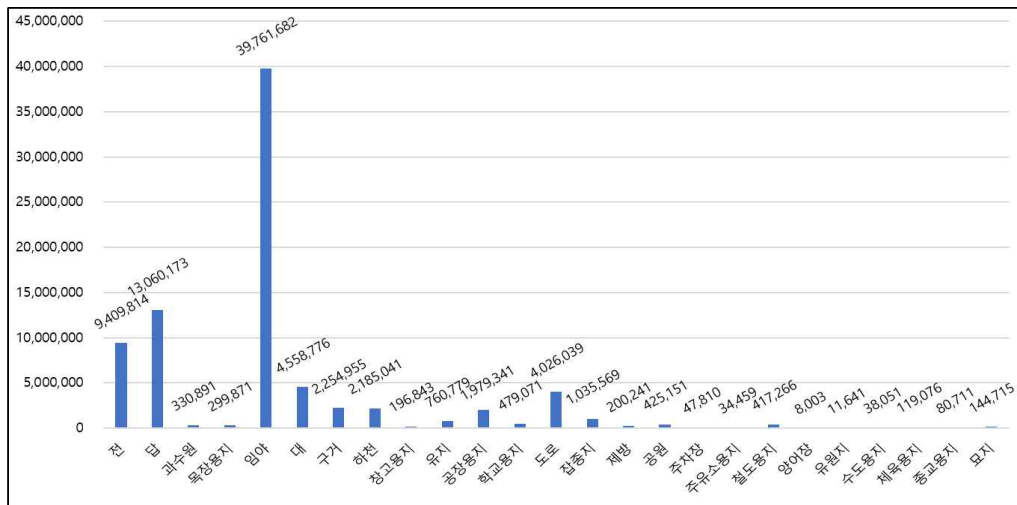
(그림 7) 지목별 가중치로 나타낸 지적도

것을 확인할 수 있다. 상기에 생성된 요인배점 합을 설정 기준에 따라 적지 판단 기준으로 변환하여 나타내면 토양적성도의 적지 분석 결과가 산출된다. 여기에 앞서 생성된 지목별 가중치 레이어를 중첩하면 지목이 고려된 적지 분석 결과를 구할 수 있으므로 이를 중첩하고자 하였다. 그러나 지목별 가중치 레이어는 각 지목에 대한 가중치가 고유하게 산정되어있다. 이를 일정한 범위에 따라 배점이 되어있는 요인배점 레이어와 중첩 시 요인배점의 범위와 지목별 가중치 25개의 범위가 서로 다르기 때문에 무수히 많은 배점 구간을 설정하게 된다.

따라서 기산출된 지목별 가중치에 일정한 배점을 부여하여 균등하게 범위로 중첩할 필요가 있

30) 이용준, 박근애, 김성준, “로지스틱 회귀분석 및 AHP 기법을 이용한 산사태 위험지역 분석”, 『대한토목학회논문집』, 제26권 제5호, 2006, pp.861-867.

31) 이명진, 현윤정, 황상일, “GIS 및 계층분석법을 이용한 지하수 오염 취약성 평가 및 관리 우선 대상 지역 평가”, 『한국지리정보학회지』, 제18권 제3호, 2015, pp.35-51.



(그림 8) 지목별 픽셀 분포

다.³²⁾ 이는 산출된 가중치를 구간화 혹은 이산화 하는 과정으로 볼 수 있으며 이러한 방법에는 등간격, 등빈도, K-평균,³³⁾ 의사결정 나무, Weight of Evidence 등 다양한 방법이 존재한다.³⁴⁾ 본 연구에서는 기초적인 등간격 방법과 K-평균과 유사한 형태의 군집 배분 방법을 적용하여, 분포를 비교 분석하고 적절한 방안을 마련하고자 하였다. 공통적으로 토양적성도의 토양요인 배점 구간은 5, 10, 15, 20점으로 구성되어 있으므로, 지목의 가중치에 대한 구간도 동일하게 4개의 구간으로 설정하는 것을 전제로 하였다.

등간격으로 나누는 방법에서는 25개로 이루어진 지목을 4개의 구간으로 나누는 것이므로 가중치의 오름차순 순서대로 7, 6, 6, 6개의 지목으로 각 구간을 정의하였다. 군집 배분으로 부여하는 방법은 K-평균 방법을 변형하여 적용하였다. 이에 본 연구에서는 계산 및 레스터 생성 편의를 고려하여, 픽셀의 크기를 1m*1m로 정의하였다. 이를 토대로 지목별 픽셀 수를 기반으로 한 면적을 살

펴보고 간단하게 각 군집의 분산이 최소화될 수 있는 방향으로 배분하였다.

[그림 8]은 앞서 지목별 가중치가 적용된 지척도를 레스터 형태로 변환하여 지목별 가중치 값으로 구성된 픽셀의 분포를 나타낸 것이다. [그림 8]에서 확인할 수 있듯, 증평군은 전형적인 농촌 지역으로 진, 답, 임야인 필지가 대다수를 차지하는 것을 확인할 수 있다. 특히 임야의 경우, 증평군에서 가장 넓고 많이 나타나는 지목으로 다른 모든 지목을 합친 것보다 많은 것으로 나타났다.

이를 고려하여 일정한 군집으로 나누면 진, 답, 과수원, 목장용지는 첫 번째 구간이 되며, 임야는 전체 가중치에서 5번째로 높은 값을 가지고 상당한 수를 차지하므로 대와 함께 임의로 두 번째 구간에 배치할 수 있다. 다음으로 합계의 수가 첫 번째 구간과 비슷한 구거에서 유지까지가 세 번째 구간, 나머지 도로에서부터 묘지까지를 마지막 구간으로 정의하였다. 이에 따라 등간격 배분과 군집 배분 방법에 따른 배점은 <표 7>과 같다.

32) 최병수·차운옥·김현지, “데이터 마이닝을 위한 이산화 알고리즘에 대한 비교 연구”, 『Communications for Statistical Applications and Methods』, 제18권 제1호, 2011, pp.89-102.

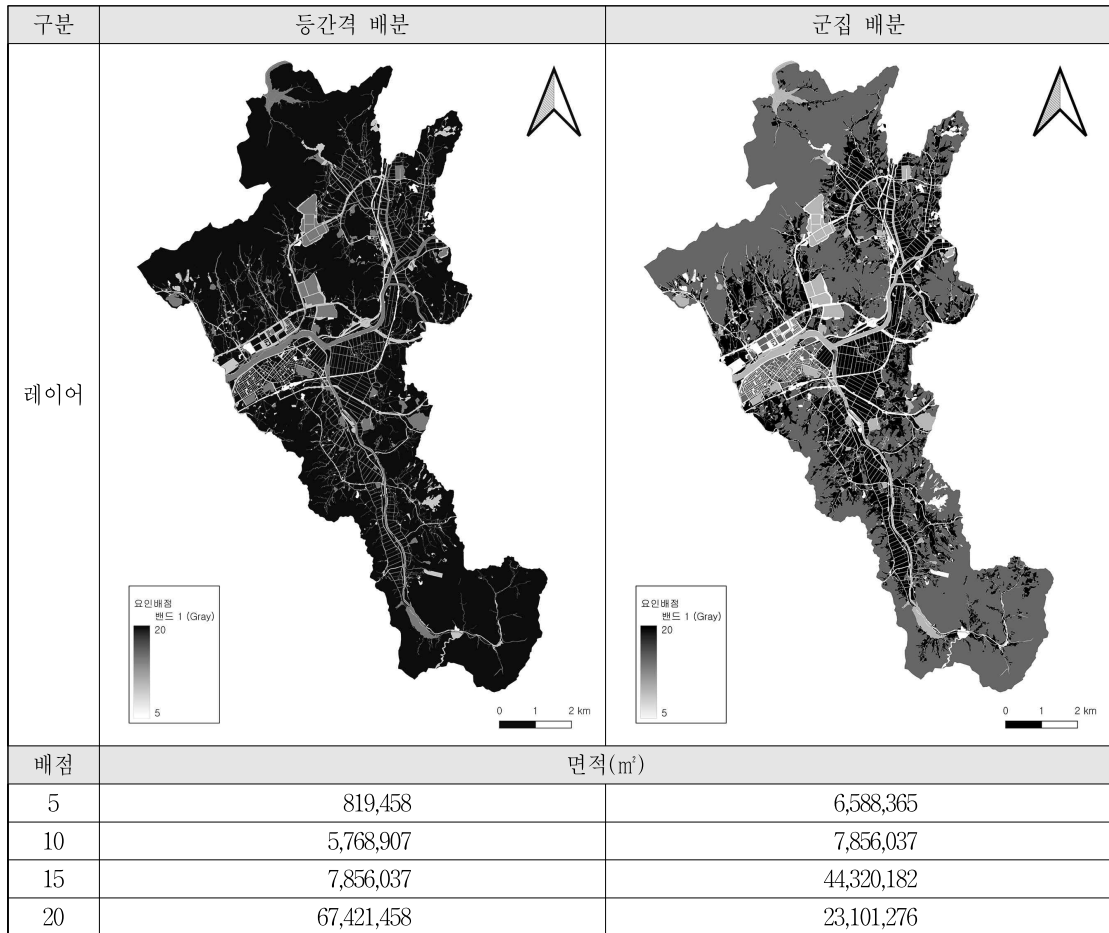
33) K개의 군집으로 나누어 각 군집의 거리와 분산을 최소화하는 것을 목표로 하는 방법.

34) 최재호·박희창. “Comparative Study of Quantitative Data Binning Methods in Association Rule”, 『한국데이터정보과학회지』 제19권 제3호, 2008, pp.903-911.

〈표 7〉 구간 배분 방법에 따른 배점 구간

등간격 배분				균집 배분			
구간/배점	지목	구간/배점	지목	구간/배점	지목	구간/배점	지목
1구간 / 20점	전	3구간 / 10점	잡종지	1구간 / 20점	전	4구간 / 5점	도로
	답		주차장		답		잡종지
	과수원		주유소용지		과수원		주차장
	목장용지		제방	목장용지	주유소용지		
	임야		공원	2구간 / 15점	임야		제방
	대		철도용지		대		공원
2구간 / 15점	구거	4구간 / 5점	양어장	3구간 / 10점	구거		철도용지
	공장용지		수도용지		공장용지		양어장
	학교용지		유원지		학교용지		수도용지
	하천		체육용지		하천		유원지
	창고용지		종교용지		창고용지	체육용지	
	유지		묘지		유지	종교용지	
도로			묘지				

〈표 8〉 구간 배분 방법에 따른 배점 분포



제시된 방법을 적용하여 일정한 배점이 부여된 레이어를 생성하였다. <표 8>은 각 방법에 따라 생성된 레이어와 배점별 면적을 나타낸다.

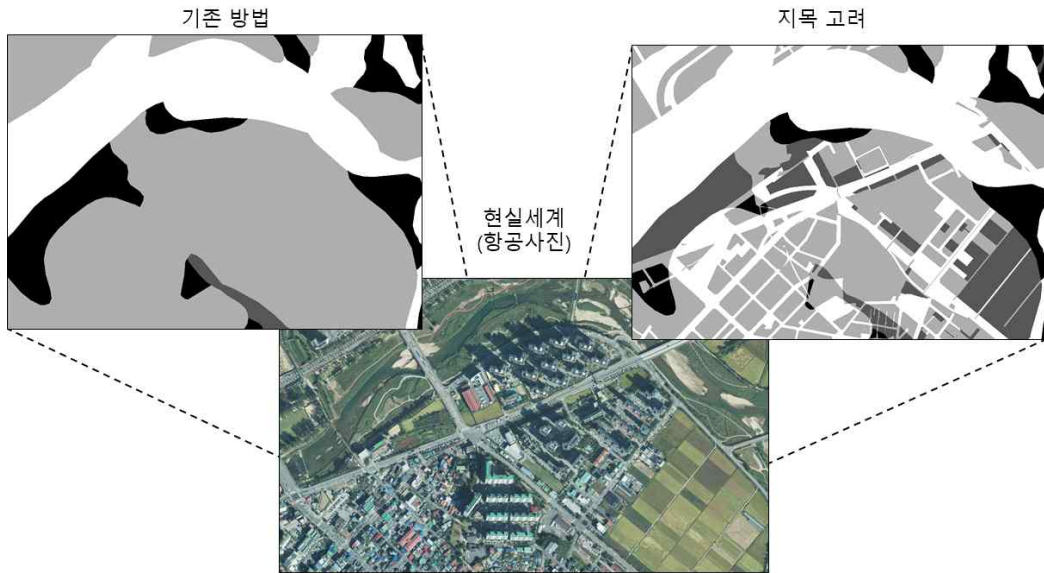
우선 등간격 배분 방법에 의해 생성된 레이어를 보면 5점은 819,458㎡, 10점은 5,768,907㎡, 15점은 7,856,037㎡, 20점은 67,421,458㎡로 계산되었다. 5점부터 15점에 해당하는 지목은 공장용지부터 묘지까지 총 18개에 달하지만, 해당 배점의 면적 합은 14,444,402㎡로 전체 면적의 18% 수준으로 나타났다. 20점으로 계산된 7개의 지목은 나머지의 면적의 4.6배에 달하며 전체 면적의 82%에 해당하는 것으로 나타났다. 이는 필지 수는 전, 답, 대 보다 적으나, 필지마다 넓은 면적을 가지고 있는 임야가 비교적 높은 가중치로 평가되었음에도 불구하고,

등간격 방식으로 점수가 부여될 때 그 면적에 대한 고려 없이 20점에 해당하는 구간에 포함되기 때문인 것으로 판단된다.

반면, 군집 배분 방법에 의해 생성된 레이어의 경우 5점은 6,588,365㎡, 10점은 7,856,037㎡, 15점은 44,320,182㎡, 20점은 23,101,276㎡로 계산되었다. 임야가 가지는 면적 자체가 상당하여, 15점에 해당하는 면적이 전체 면적의 54%로 다소 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 등간격 방법과 비교하여 상대적으로 한쪽에만 치우치지 않고 적절하게 점수가 배분된 것으로 판단된다. 이는 거의 모든 지역이 20점에 해당하여 점수의 신뢰성이 모호한 등간격 배분 방법에 비해서 군집 배분 방법은 각 배점들이 대표성을 가지고 구별될

<표 9> 기존 방법과 제안된 방법에 따른 적지 분석 결과

구분	기존 토양적성도	지목을 고려한 토양적성도	
레이어 결과			
	면적(㎡)		
	설정범위		
	저위생산지	35,062,565	36,967,462
	가능지	19,520,473	15,304,269
적지	9,018,920	8,918,494	
최적지	18,271,538	20,658,393	



(그림 9) 적지 분석 결과 차이(대축척)

수 있다는 차이가 있다.

따라서 본 연구에서는 군집 배분 방식을 적용하여 지목에 따른 배점을 부여하고 이를 요인배점 레이어와 중첩하여 분석을 진행하였다. 기존 토양도를 활용한 토양적성도는 경사, 배수등급, 분포지형, 심토토성, 유효토심 레이어의 속성에 배점을 부여하고, 산출된 요인배점을 설정 범위에 따라 저위생산지, 가능지, 적지, 최적지로 반환한다. 앞서 토양요인 배점 합으로 정의된 레이어에 설정 범위를 적용하면 적지 분석 결과를 확인할 수 있다. 지목을 고려하는 방법은 기존 토양적성도에 지목별 가중치 레이어를 추가하여 요인배점을 산출하고, 여기에 설정 범위를 적용하여 구할 수 있다. <표 9>는 두 방법에 따라 산출된 적지 분석 결과를 나타낸다.

먼저 전체적인 분포를 보면, 지목을 활용한 방법에서 저위생산지는 1,904,897m²(5%), 최적지는 2,386,855m²(13%) 더 많이 나타났으며, 가능지는 4,216,204m²(21%), 적지는 100,426m²(1%) 더 적게 나타났다. 이는 지목이 요인배점으로 고려되면서 가능지와 적지 경계에 있던 공간에 영향을 끼친 결과로 판단된다. 예를 들어 하천 주변의 공간을

살펴보면, 하천변 평야에 적지로 정의되어있던 전이나 담이 높은 배점을 받으면서 최적지로 분류되었고, 곳곳에 가능지로 평가되어있던 도로나 하천들이 저위생산지로 분류된 것을 확인할 수 있다. 이는 지목을 활용한 방법의 거시적인 영향만을 확인할 수 있으므로 보다 현실적인 적지 평가가 이루어졌다고 판단하기에는 어려움이 있다. 따라서 보다 대축적으로 지역을 관찰하여 실제 토지의 사용 현황이 잘 반영되었는지 파악하였다.

[그림 9]는 증평군 장동리 일대를 나타내는 항공사진으로 기존 재배적지 분석 결과 및 본 연구에서 수행한 적지 분석 결과를 나타낸다. 해당 지역은 강과 인접해있지만, 증평군청에서 가까워 도로가 교차하며, 아파트 단지가 입주하여 있다.

기존 방법으로 산출된 결과를 보면, 도로의 유무와 관계없이 강변 지역이 약간의 최적지와 가능지로 평가된 것을 볼 수 있다. 한편, 지목을 고려한 결과에서는 도로 부분이 저위생산지로 분류되고 우측 하단에 눈으로 보이는 부분이 최적지로 평가된 것을 확인할 수 있다. 이는 기존 방법이 실제 토지 사용 현황을 반영하지 못하는 것에 비해, 지목을 고려한 방법은 어느 정도 현실을 반영한

결과를 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

그러나 영상의 중심과 좌측 하단에 존재하는 아파트 단지와 상업 시설은 두 방법 모두에서 실제 사용 현황과 관계없이 적지로 분류되었다. 이는 지목을 고려하더라도 지목이 대인 경우, 적절한 가중치를 가지므로 완전히 적지에서 배제되지 못한 것으로 나타났다. 이러한 부분들은 항공영상 등을 반영하면 처리할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 토지의 사용 현황이 반영된 사과 재배 토양적성도 작성 방안을 마련하기 위하여 AHP 기법과 GIS를 활용하여 지적도의 지목을 하나의 요인으로 활용하는 방안을 제안하였다.

연구 대상지역은 증평군으로 선정하였으며, 대상 작물은 사과로 하였다. 이를 위해 지목이 사과 재배에 끼치는 영향에 대한 계층적 구조화를 수행하였으며, 관련 전문가 20명을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 평가 기준은 법적 정의를 기반한 지목 자체 적합성, 경험 및 사례를 고려한 경험적 기준, 주변 상황 및 환경을 고려한 환경적 적절성으로 정의하였다. 이후 최종적으로 산출된 대안의 가중치 일관성 비율은 0.1326으로 사용할 수 있는 평가 자료를 얻을 수 있었다. 이러한 가중치를 5, 10, 15, 20점으로 이루어진 토양적성도의 배점 구간에 중첩하기 위하여 지목별 가중치에 대한 점수 구간을 설정하였으며, 여러 방법 중 지목별 면적 분포를 고려하여 균집으로 나누어 설정하는 방법을 적용하였다. 이를 통해 산출된 레이어를 활용하여, 지목이 반영된 작물 재배적지 분석 결과와 기존 토양도를 활용한 토양적성도와 결과를 비교하였다. 이에 따라 연구를 수행하여 확인된 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 평가 기준 중에서 지목의 정의를 나타내는 지목 자체 적합성이 가장 높은 가중치를 가지는 것으로 나타났다. 지목의 가중치와 관련하여서

는 일반적인 인식과 동일하게 농업 용도 정의된 전, 답, 과수원, 목장용지가 다른 지목에 비해 높은 가중치를 가진 것으로 평가되었다.

둘째, 지목별 필지의 수가 지목별 필지의 면적을 의미하는 것은 아니기 때문에 적지 선정 시 면적을 고려할 필요가 있었으며 '임야'의 경우 대체로 넓은 면적을 가지고 있어 상당한 영향을 끼쳤다. 이를 보완하기 위해 특정한 구간에 따라 점수를 배분하는 임의 배분 방법을 적용하였다. 또한 농촌과 도시는 지역 특성에 따라 배점 구간의 변동이 상당할 수 있으므로 해당 지역의 특성을 파악할 필요가 있는 것으로 사료된다.

셋째, 지목을 고려하여 작성한 토양적성도는 도로, 하천 등 실제 작물을 재배하기에 어려운 공간이 제외되어 저위생산지는 1,904,897m² 적게 나타났다. 또한 전, 답 등과 같이 작물을 재배하기에 용이한 공간은 높은 가중치로 평가되어 최적지가 2,386,855m² 많게 산출되었다. 이는 실제 토지 사용 현황이 반영되어 기존 토양적성도보다 현실성 있는 재배적지가 선정된 것으로 판단된다.

다만 본 실험에서는 토지 사용 현황과 지목이 일치한다는 가정하에 진행하였으나, 토지 사용 현황이 실제 지목과 일치하지 않는 지역도 존재하는 것으로 나타났다. 또한 지목이 '대'인 경우, 주거용도로 사용되고 있음에도 적절한 가중치를 가지고 있어 재배적지로 선정되는 사례가 있었다.

본 연구에서 산정된 가중치의 일관성 비율은 사용할 수 있는 정도로 나타났으나, 적은 표본 수와 0.1 미만의 일관성 비율을 확보하지 못하였다는 아쉬움이 있으며 지목의 배점 구간을 설정하기 위해 사용한 균집 배분 방법은 지역의 특성에 따라 큰 차이가 존재할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 보다 높은 표본 수를 확보하고 다양한 작물과 전 국토 단위의 특성을 파악하여 재배적지 선정을 하고자 한다. 이를 통해 전 국토에 대한 재배적지 추천이 원활하게 이루어진다면, 국토의 최우효이용과 농업 생산성 확보에 기여할 것으로 사료된다.

〈참고문헌〉

1. 국립농업과학원, “작물별 토양적성도”,
<http://soil.rda.go.kr/soil/soilmap/crop.jsp>
2. 농촌진흥청, “토양·기후 요인을 종합적으로 고려한 과수 재배적지 구분”, 2016.
3. 농촌진흥청, “과수생육품질관리시스템 재배 적지”, <https://fruit.nihhs.go.kr/>
4. 김민태·김광섭·박기도·류진희·최종서·구자환·김숙진·이춘우·이경도·강항원, “국내 주요 녹비작물 논재배 적지 재설정:1월 평균 최저기온 및 배수등급을 기준으로”, 『한국작물학회지』, 제60권 제1호, 2015.
5. 김영주·차영재·오민중·이근상, “드론활용기술 기반의 미래산업단지 적지선정을 위한 공간정보 이용, 대한토목학회 정기학술대회, 2021.
6. 김태준, “GIS기반 AHP기법을 적용한 작물 재배 적지분석에 관한 연구”, 박사학위논문, 전남대학교 대학원, 2006.
7. 김태준·이근상, “GIS 기반 AHP 기법을 이용한 작물재배 적지 분석”, 『대한토목학회논문집 D』, 제26권 제4D호, 2006.
8. 김호정·심교문·현병근, “기후 및 토양 정보에서 최대저해인자법을 이용한 재배적지 구분의 통합에 관한 연구”, 『한국농림학회지』, 제18권 제3호.
9. 변예림·박만복, “자율주행을 위한 라이다 기반 객체 인식 및 분류”, 『자동차안전학회지』, 제12권 제4호, 2020.
10. 서철수·지종덕, 한국의 지적사, 기문당, 2002.
11. 오태진·김대진·김창길·이문욱·조재권, “바다숲 조성해역의 물리적 환경을 고려한 최적 적지선정”, 『한국마린엔지니어링학회지』, 제34권 제1호, 2010.
12. 이명진·현운정·황상일, “GIS 및 계층분석법을 이용한 지하수 오염 취약성 평가 및 관리 우선대상 지역 평가”, 『한국지리정보학회지』, 제18권 제3호, 2015.
13. 이용준·박근애·김성준, “로지스틱 회귀분석 및 AHP 기법을 이용한 산사태 위험지역 분석”, 『대한토목학회논문집』, 제26권 제5호, 2006.
14. 이장우, “지목분포변화가 지방재정자립도에 미치는 영향”, 『한국지적학회지』, 제20권 제1호, 2004.
15. 정남수·김창호·오택석·홍창기·장우석, “정밀농업을 위한 지식기반형 작물추천 모델 개발”, 『한국국제농업개발학회지』, 제25권 제1호, 2013.
16. 정운영·김상욱, “소나무재선충병 피해목 탐지를 위한 UAV기반의 식생지수 비교 연구”, 『지적과 국토정보』, 제50권 제1호, 2020.
17. 정인명, “영농경력에서 토양환경까지 입체분석-작물 재배적지 선정 컴퓨터로 한다”, 『자연과 농업』, 제 15권 제1호, 1994.
18. 최병수·차운옥·김현지, “데이터 마이닝을 위한 이산화 알고리즘에 대한 비교 연구”, 『Communications for Statistical Applications and Methods』, 제18권 제1호, 2011.
19. 최재호·박희창, “Comparative Study of Quantitative Data Binning Methods in Association Rule”, 『한국데이터정보과학지』 제19권 제3호, 2008.
20. 한지혜·김진수, GIS 기반 AHP를 이용한 지진 취약성 지도제작 및 평가: 경주시를 중심으로, 『대한원격탐사학회지』, 제35권 제2호, 2019.
21. 함예슬, “농약 살포 드론, 더 똑똑해진다”, 이웃집과학자, 2020.
22. 홍석영·김이현·최은영·장용선·현병근·손연구·박찬원·송관철·이예진·김명숙·전상호·하상건, “토양환경정보시스템 ‘흙토타’”, 『한국농공학회지』, 제53권 제1호, 2011.
23. 홍성언·박수홍, “GIS와 AHP 의사결정 방법을 이용한 도시 근린 공원의 입지 분석”, 『대한지리학회지』, 제38권 제5호, 2003.
24. Boyaci A. C., & Sisman, A., “Pandemic Hospital Site Selection: A GIS-based MCDM Approach Employing Pythagorean Fuzzy

- Sets”, 『Environ Sci Pollut Res Int』. Vol.29 No.2, 2022.
25. Levon, R., & Hayrapetyan, “Random Consistency Indices for Analytic Hierarchy Process.” 2019.
26. Muheeb M., & Bashir, A. M., “Landfill Site Selection Using GIS Based Multicriteria Evaluation Technique. A case study of Srinagar City”, 『India, Environmental Challenges 3』, 2021.
27. Saaty, T. L., “The Analytic Hierarchy Process”, 『New York : McGraw-Hill』, 1980.
28. Saaty, T. L., & Vargas, L. G., “Models, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process”, 『NY: Springer Science & Business Media』, Vol. 175, 2012.
29. Vaidya, O. S., & Kumar, S., “Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications”, 『European Journal of Operational Research』, No. 169, 2004.
30. Wedley, W. C., “Consistency Prediction For Incomplete AHP Matrices”, 『Mathematical and Computer Modelling』, 17(4-5), 1993.
31. 『공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률』

(접수일 2023.03.10, 심사일 2023.03.16, 심사완료일 2023.03.24.)