

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.3.251>

JCCT 2019-8-32

드론을 이용한 산림자원 정보관리를 위한 DB 설계

Database Design for Management of Forest Resources using a Drone

오선진

Oh, Sun Jin

요약 현대사회가 급속히 발전하면서 자연과 환경의 중요성에 대한 관심이 주요 이슈로 대두되고 있다. 특별히 최근 빠른 산업화로 극심한 환경오염과 미세먼지로 인한 사람들의 건강이 크게 위협을 받으면서 자연보호와 산림자원 관리에 대한 관심이 집중되고 있다. 하지만 잦은 화재나 풍수해 및 난개발 등으로 인해 소중한 산림자원이 제대로 관리되지 못하고 헛되이 소실되어 지고 있는 실정이다. 이러한 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 산림자원의 체계적이고 과학적인 조성 및 관리가 필요하며, 이를 위해 산림을 구성하는 나무 정보와 산의 지형 정보 및 생태계 정보를 아우르는 정확하고 구체적인 산림자원 정보 데이터베이스 구축이 절실히 요구된다. 본 연구는 드론 기술을 이용하여 촬영된 산림자원 이미지를 기반으로 특정 지역 위치기반 산림 자원의 생태에 대한 정보와 그 위치 지역의 지형 정보를 기반으로 효율적인 산림자원 관리와 벌목 대상이 되는 수목 의사결정 그리고 향후 조성할 산림 조림사업에 도움을 줄 수 있는 산림자원 정보 데이터베이스를 설계하고 구축하고자 한다.

주요어 : 산림자원, 산림자원 정보 데이터베이스, 드론

Abstract With the fast development of modern society, the interests concerned about the significance of nature and environment become major issue nowadays. Especially, threats for our health due to severe environmental pollution and fine dusts become serious problem with the fast industrialization of our society, and extra attention is focused on interests about conservation of nature and management of forest resources. Precious forest resources, however, are not properly managed and destroyed vainly due to frequent fire, damage by storms and floods, and unplanned land development. So systematic and scientific construction and management of forest resources are required in order to solve these problems efficiently. Furthermore, implementation of the forest resource information database that contains information of trees, Topography, ecosystem of the forest is urgently needed. In this paper, we design and implement the forest resource information database based on the information of location based forest resources and Topography using forest images taken by a drone, that enables us to manage forest resources efficiently, make decision for logging, and construct a future tree-planting project easily.

Key words :Forest resources, Forest resource information database, Drone

*회원, 세명대학교 정보통신학부
접수일: 2019년 5월 13일, 수정완료일: 2019년 6월 10일
게재확정일: 2019년 7월 15일

Received: May 13, 2019 / Revised: June 10, 2019
Accepted: July 15, 2019
*Corresponding Author: sjoh@semyung.ac.kr
Dept. of Computer & Information Science, Semyung University, Korea

I. 서론

현대사회가 고도의 도시 집약형 산업 사회로 발전하면서 자연과 환경의 중요성에 대한 관심이 크게 고조되고 있다. 특히 급속한 산업화로 인해 극심한 환경오염과 미세먼지로 많은 사람들의 건강에 커다란 위협 요소로 작용하면서 자연환경 보호의 중요성과 이를 위한 효과적인 산림자원 관리에 대한 필요성이 크게 대두되고 있는 실정이다. 우리나라의 지형은 국토의 7할 이상이 산으로 이루어져있고 그동안 많은 국민들이 식목과 산림조림사업에 적극적으로 동참하고 노력한 결과, 오늘날 우리나라 대부분의 산들은 풍부하고 울창한 산림자원을 보유하고 되었다. 하지만 이렇게 얻어진 소중한 산림자원이 제대로 관리되지 못하고 최근 잦은 산불 화재나 풍수해 및 난개발 등으로 헛되어 소실되어 지고 잃어버리고 있는 것이 오늘 우리의 현실이다[1][2]. 이러한 현상은 우리나라보다 사철 기후가 덥고 수목들이 성장하기 좋은 자연환경을 가진 말레이시아나 베트남, 캄보디아, 인도네시아와 같은 아열대 지역 동남아 국가들에서도 심각한 문제가 되고 있다. 이 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 귀중한 산림자원에 대한 체계적이고 과학적인 관리와 산불 화재나 풍수해 방지를 위한 산악 지형에 대한 다각적이고 체계적인 검토에 의한 방화로나 수로 확보 방안과 벌목 계획 수립, 그리고 지형과 산악 환경을 고려한 수종 선택과 식목 및 산림 조립 방안이 필요하다. 산림자원의 체계적이고 과학적인 조성과 관리를 위해서는 산림을 구성하는 나무 정보와 산의 지형 정보 및 생태계 정보를 아우르는 정확하고 구체적인 산림자원 정보 데이터베이스 구축이 요구된다.

산림자원 관리에 관한 연구는 산림자원이 풍부하고 목재 생산이 전략 산업인 말레이시아나 캄보디아와 같은 동남아시아 국가들을 중심으로 수십 년 전부터 활발하게 이루어져 오고 있으며 보다 효율적인 산림 자원 관리와 개발을 위해 최근 IT기술을 접목한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 관련 연구를 위해 그동안 말레이시아 쿠알라룸푸르 대학교의 Roslan Ismail 교수와 지난 3년 전부터 아열대 지역의 풍부한 산림자원의 효율적인 관리와 목재 생산을 위한 벌목 결정 및 지역에 맞는 수종 선택과 산림 조성사업을 위해 첨단 IT 기술을 접목하고자 하는 연구 테마를 중심으로 리서치 협의가 진행되고 있으며, 그 연구 범위는 매우 광범위하여 효율적인 산림

자원 인벤토리 구성과 관리, 이미지 프로세싱 기술을 이용한 산림정보 획득, 효과적인 산림자원 관리와 벌목 결정을 위한 데이터베이스 구축, 그리고 시간의 흐름에 따라 성장하는 산림자원의 정확한 예측과 미래 조립 사업 의사 결정 시스템 구축 등에 관한 것을 포함하고 있다.

본 연구는 이러한 리서치 플랜의 초기 연구과제의 일환으로 드론 기술을 이용하여 촬영된 산림자원 이미지를 기반으로 특정 지역 위치기반 산림 자원의 생태에 대한 정보와 그 위치 지역의 지형 정보를 기반으로 효율적인 산림자원 관리와 벌목 대상이 되는 수목 의사결정 그리고 향후 조성할 조립사업 방안에 도움을 줄 수 있는 산림자원 정보 데이터베이스를 설계하고 구축하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구와 관련된 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 드론을 이용한 산림자원 관리를 위한 산림자원 정보 데이터베이스를 설계하였으며, 4장에서는 제안한 산림자원 정보 데이터베이스를 고찰하고 분석하였고, 마지막으로 5장에서 향후 연구과제와 함께 결론을 맺는다.

II. 관련연구

수목이 울창하게 우거진 산림지역이 전 세계 기후 변화와 주요 생태계 보전 및 인간 사회에 미치는 영향이 매우 밀접하고 큰 역할을 하고 있기 때문에 국제적으로 이러한 산림지역 생태계 보전과 관리 문제가 매우 중요하게 인식되어 지고 있다. 더욱이 말레이시아나 캄보디아, 베트남, 인도네시아와 같은 동남아시아 아열대 우림지역 국가들에서는 이러한 산림자원이 환경과 생태계 보전 문제뿐만 아니라 벌목 작업과 목재 가공을 통하여 국가의 중요한 경제 활동 수입원으로 나라의 발전에 크게 기여하고 많은 수익 창출을 할 수 있는 가장 중요한 산업자원 중의 하나라 할 수 있다. 그러나 체계적이고 계획적인 관리 없이 무분별한 벌목활동과 부적절한 산림지역 관리는 분명 짧은 기간 안에 산림지역 황폐화와 환경 파괴를 초래하게 될 것이다.

산림자원 관리에 관한 연구는 산림자원이 풍부하고 목재 생산이 전략 산업인 말레이시아나 인도네시아, 베트남, 캄보디아와 같은 동남아시아 국가들을 중심으로 활발하게 이루어져 오고 있으며 보다 효율적인 산림자원 관리와 개발을 위해 지금까지의 연구에서 최근 첨단

IT기술을 접목한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 최근 까지 이들 동남아 국가들의 산림자원과 연관된 대표적인 관련 연구들을 살펴보면, 주로 산림지역의 대표 수종, 개체 수, 주요 분포 등을 중심으로 하는 산림정보 데이터베이스 구축에 관한 연구[2]와 나무들의 생육에 절대적인 영향을 미치는 토양과 토질의 성분 관련 연구[3][4], 산림지역의 지형과 관련된 연구[5][6], 일조량 등이 수목 성장과 고사에 미치는 영향 관련 연구[7], 날씨 및 강수량과 같은 기상 정보가 수목의 생육과 성장에 미치는 영향 관련 연구[8], 산림지역 토양에 비료나 지하 지질 구조가 미치는 영향 관련 연구[9] 등과 같은 연관된 산림자원 관리 연구들이 주류를 이루어 왔다.

최근에는 이들 기초 연구를 바탕으로 첨단 IT 기술을 접목한 관련 연구들이 속속 등장하고 있는데 그 중 대표적인 관련 연구들을 살펴보면 우선 말레이시아 UniKL 대학을 중심으로 지속적인 산림관리를 위해 별목한 나무의 쓰러지는 방향을 예측하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 시스템 개발에 관한 연구로 별목한 나무가 쓰러질 때 주변의 산림자원의 훼손을 최소화시킬 수 있는 방안을 찾기 위한 연구[10]가 진행되고 있고, 또 다른 연구에서는 열대 우림 지역에서의 우거진 수목들로 인해 태양의 노출로부터 가려진 그늘에서 성장하는 나무들의 성장률과 고사율 예측을 하기 위해 베이지언 이론을 이용한 산림 성장 예측 시스템에 관한 연구[11]가 진행되고 있다. 최근 무선 모바일 애드 혹 네트워크 기술을 이용하여 사람이 직접 접근하고 관리하기 어려운 지역인 포구를 중심으로 어로활동을 위해 출입하는 소형 어선들을 위한 모바일 출입 관리 응용과 웹 감시 모형 시스템에 관한 연구[12]도 발표되어 산림자원 관리와 감시에도 적용이 가능하게 되었다. 지금까지 전통적으로 산림 자원의 성장과 분포 등을 컴퓨터 화면이나 그림으로 표현하는 방법은 통계적인 분석에 근거한 경험적인 접근방법에 의한 것이었으나 이를 첨단 IT 기술과 접목하여 지금의 수목 분포 상태와 성장 추세를 반영하여 미래 산림자원의 성장을 예측한 결과를 표현할 수 있는 나무 사상접근 방법의 컴퓨터 시뮬레이터 개발[13]에 관한 연구도 발표되었다. 캄보디아나 베트남 지역의 침엽하 다중 단계로 쌓여 우거진 열대 우림 산림에서의 태양광의 침투에 따른 수목들의 태양광 흡수율이 수목 성장에 미치는 영향에 관한 연구[14]도 진행되고 있고, 열대 우림 지역의 산림에서 데이터 마이닝

기법을 이용한 각 수목들의 성장을 멈추고 고사하는 시점을 예측할 수 있는 IT 기반 시스템 연구[15]도 진행되고 있으며, 최근에는 첨단 IT 기술을 접목한 모의 실험된 연화 과정에 기반한 목재 생산 계획을 위한 최적화된 선택적 벌목 시행 모델에 관한 연구[16]와 IoT기반 농장에 관한 연구[17] 등도 진행되고 있다.

III. 산림자원 정보 데이터베이스 설계

본 논문에서 제안하는 드론을 이용한 산림자원 정보 데이터베이스의 주요 응용 목표는 우선 직접적으로는 산림자원의 보다 체계적이고 과학적인 조성관리와 관리를 위해서 수목 관리지역을 일정한 크기의 등록지역으로 균일하게 나누어 그 지역 내에 거주하는 수목들을 대상으로 주요 관심 수목정보를 데이터베이스에 저장하고 관리하면서 그 위치 지역 단위에서의 수목의 종류, 개체 수, 수목 종별 분포 등을 파악하고, 특정 시점에 특정 위치 지역에서 직접 사람들에 의해 계측되고 기록된 수목 종류에 대한 경험적 데이터를 기반으로 드론을 이용하여 일정한 고도에서 촬영된 산림 이미지에 대한 비교적 정확한 해석과 수목 분석이 가능하게 하며, 현재의 특정 위치 지역 내의 수목상태에서 가까운 미래 시점에 이 지역 내의 수목들의 성장 및 변화 상태를 예측할 수 있게 하기 위한 것이다. 또한, 간접적인 응용 목표로는 데이터베이스에 저장된 산림정보를 기반으로 특정 지역 내의 주요 수목들의 위치기반 이미지 표현이 가능하게 하며, 그 위치 지역의 지형, 토양, 강수량, 일조량, 기상 등에 따른 수목들의 성장률과 고사율을 파악할 수 있도록 하고, 일정 시간이 지난 후 일정 고도에서 드론으로 다시 촬영된 특정 위치지역 내의 수목들의 성장 상태 변화와 성장률을 파악할 수 있게 하기 위한 것이다. 아울러, 벌목 계획 시 벌목 대상이 되는 수목 결정을 위한 의사 결정과, 산불 화재 예방에 대비한 방화로 구축이나 홍수로 인한 산사태 피해를 막기 위한 수로 확보 방안 계획 수립, 산림 밀집지역에 대한 체계적이고 미래 지향적인 벌목 및 조림계획 수립, 그리고 지형과 산악 환경을 고려한 수종 선택과 식목 및 조림 방안 결정에 응용할 수 있도록 하는데 있다. 다음의 그림 1은 본 논문에서 제안하는 드론을 이용한 효율적인 산림자원 관리를 위한 산림자원 정보 데이터베이스 구현 프로세스를 보여주고 있다.

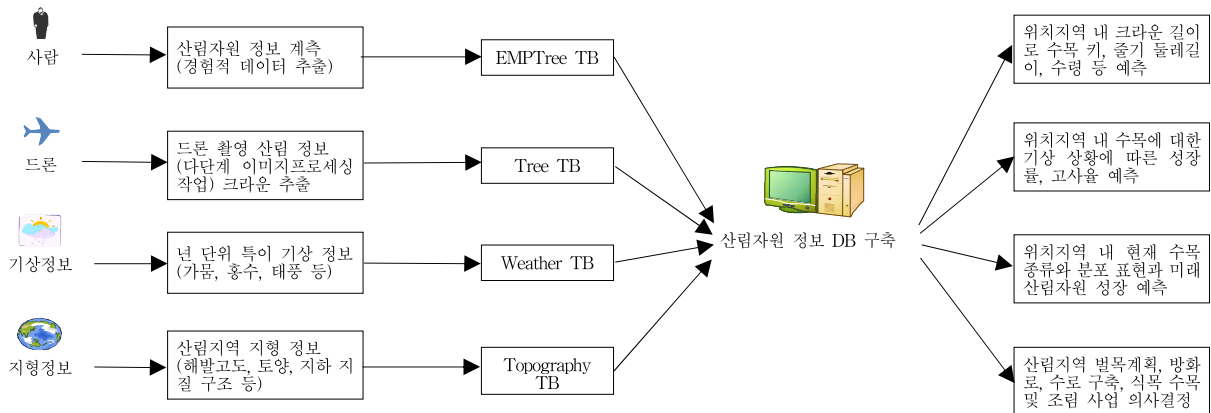


그림 1. 산림자원 정보 데이터베이스 구현 프로세스
Figure 1. Implementation Process of a Forest Resource Information Database.

그림 2는 제안한 산림자원 정보 데이터베이스의 자세한 ER 다이어그램을 보여준다. 그림에서 보인바와 같이, 산림자원 정보 데이터베이스는 나무 정보, 수목 종류 정보, 지형 정보, 경험적 나무 정보, 그리고 기상 정보 등 5개의 테이블로 구성되어 있다. 수목 종류(Species) 정보 테이블은 위치 지역별로 거주하고 있는 나무의 종류와 특징을 포함하는 테이블로 여기에는 각 위치 지역 내의 특정 좌표에 위치한 수목의 정보인 수목 종류, 수목 이미지 내의 크라운 중심을 관통하는 지름의 길이, 나무줄기의 둘레 길이, 수목의 키와 수령, 성장률, 고사율, 위치 지역 내에서의 이 수목 품종의 분포 상황 등의 정보가 포함된다. 즉, 이 테이블은 특정 위치 지역에 거주하는 수목들의 종별 대표적인 특징들을 포함한다. 그리고 경험적 나무(EmpTree) 정보 테이블에는 매년 선별적으로 사람의 직접적인 계측작업에 의해 얻어지는 위치 지역 기반 대표적인 수목들의 정보가 계측 날짜 정보와 함께 저장되

어 있는데 수목의 위치 지역과 그 안에서의 정확한 XY 좌표, 수목 종류, 크라운 지름길이, 줄기 둘레 길이, 수목의 키와 수령 등을 포함한다.

한편, 나무(Tree) 정보 테이블은 드론을 이용하여 촬영된 산림지역 내의 수목들의 이미지 정보를 포함하며, 수목이 있는 위치 지역과 위치 지역 내에서의 정확한 XY 좌표, 수목 이미지에서의 크라운 중심을 관통하는 지름의 길이, 드론의 촬영 고도 및 촬영 날짜 정보 등을 포함한다. 과거에는 산림지역 이미지 정보를 얻기 위해 위성 사진을 이용하거나 비행기에서 촬영한 항공사진을 주로 사용하였으나 이 경우 매번 촬영하는 고도가 일정하지 않고 촬영 각도도 지표면에 수직 방향으로 고정하기 힘들어 얻어진 이미지가 각도에 따라 왜곡되어 이미지로부터 얻어진 수목관련 측정값들이 정확하지 않게 나오게 되고, 또한 상대적으로 촬영 고도가 높다 보니 촬영 이미지 내의 수목들의 크기가 대부분 너무 작게 보여 수목의 종류나 위치 파악에 어려움이 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 최근 급속히 발전하고 있는 드론 기술을 이용하여 산림정보 이미지를 촬영함으로써 비교적 고도가 낮고 항상 정확한 위치지역 내에서 매우 선명한 산림 이미지를 획득할 수 있게 됨으로써 이전의 문제를 해결하고자 하였다. 지형(Topography) 정보 테이블은 위치 지역 내의 산림 지형에 대한 정보를 포함하며, 지형의 종류, 해발 고도, 지형을 구성하고 있는 토양, 지하 지질 구조 정보 등을 정확한 위치 지역 내의 XY 좌표에 맞춰 포함하고 있다. 마지막으로 기상(Weather) 정보 테이블은 위치 지역 내의 년도 별 기상 정보를 저장하고 있는데, 년도 별 특이 날씨 상태, 평균 온도 및 습도, 평균

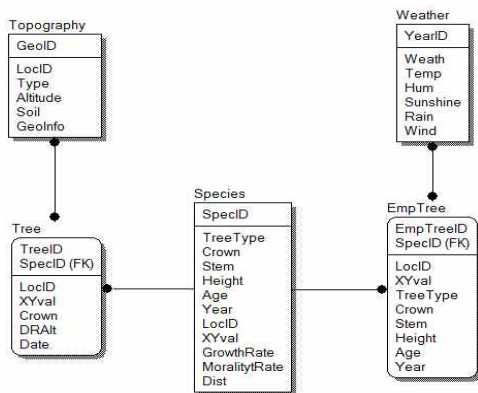


그림 2. E-R 다이어그램
Figure 2. ER Diagram

일조량, 평균 강수량, 태풍 등 수목에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 강풍 일수 등의 정보를 포함한다.

IV. 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 드론을 이용한 산림자원 정보 데이터베이스의 주요 이용 목표는 드론을 이용하여 일정한 고도의 정확한 위치지역 위에서 지표면에 수직으로 촬영한 산림자원 이미지를 이용하여 그 지역 내의 대표적인 수종 파악과 크라운을 식별하여 그 크라운을 관통하는 지름의 길이를 측정해서 그 수목의 키, 줄기 둘레 길이 등을 예측하고 지형 정보와 기상 정보를 반영하여 수목의 성장률, 고사율 등을 예측하여 그림으로 표현하고 벌목작업이나 조림사업 등을 수행하는데 의사결정 도구로 사용하는데 있다.



그림 3. 드론 촬영 산림자원 이미지
Figure 3. Forest Resources Image taken by Drone.

그림 3은 베트남 다낭 근처의 아열대 산림 지역에서 고도 30미터 상공에서 드론을 이용하여 촬영한 산림 자원 이미지 영상이다. 지표면에 수직으로 촬영한 영상이므로 이미지 내에서 수목들이 둥근 원을 그리며 봉긋봉긋 솟아 보이며 그 꼭대기 부분을 Crown이라 하며, 이러한 Crown들이 일부에서는 서로 겹쳐져 보임을 알 수 있다. 여기서 Crown 중심을 관통하는 원의 평균 지름 길이를 측정하여 사용하는데 사진 영상에서 서로 겹쳐진 부분까지 명확히 나타나도록 하기 위해 여러 단계에 걸친 이미지 프로세싱 작업을 거쳐야 하는데 이 자세한 이미지 프로세싱 과정은 본 논문의 scope를 벗어나므로 여기서는 다루지 않기로 한다.

이렇게 얻어진 수목의 종류와 Crown 지름길이 그리

고 정확한 위치 지역 정보를 바탕으로 지형 정보 테이블과 수목 종류 테이블 간의 조인 연산을 통해 이 수목의 키, 줄기 둘레 길이, 수령, 성장률, 고사율 등을 예측해 낼 수 있다. 아울러, 매년 수행하는 특정 지역의 대표 수목에 대한 계측 작업을 통해 산림지역 내의 주요 지역에 거주하는 대표 수목에 대한 성장 정보를 계속 누적 저장할 수 있게 되고 이 정보를 통해 기상 정보와 연계하여 년도 별 기상 상황에 따른 특정 수목 종류 별 성장률과 고사율에 미치는 영향을 파악 할 수 있게 되고 이 정보를 바탕으로 미래의 이 특정 수목의 성장률이나 고사율을 미리 예측할 수 있게 된다. 아울러, 데이터베이스에 저장된 특정 위치지역 내의 수목 정보로부터 수목종류 별 특정 위치 지역 내의 분포와 성장률을 파악할 수 있게 되고, 산림정보 이미지로 표현하여 향후 벌목계획, 방화로 및 수로 계획, 그리고 수종 선택 및 조림 계획의 의사결정 도구로 사용할 수 있다.

V. 결론

현대사회가 고도화 되면서 극심한 환경오염과 미세먼지로 인해 많은 사람들의 건강이 커다란 위협을 받는 상황이 되고 오늘날 자연과 환경의 중요성에 대한 관심이 크게 대두되고 있는 실정이다. 하지만 자연 환경의 주요 보고인 소중한 산림자원이 제대로 관리되지 못하고 최근 잦은 산불 화재나 풍수해 및 난개발 등으로 헛되어 소실되어 지고 잃어버리고 있는 것이 오늘 우리의 현실이다. 이 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 귀중한 산림자원에 대한 체계적이고 과학적인 관리와 산불 화재나 풍수해 방지를 위한 산악 지형에 대한 다각적이고 체계적인 검토에 의한 방화로나 수로 확보 방안과 벌목 계획 수립, 그리고 지형과 산악 환경을 고려한 수종 선택과 식목 및 산림 조림 방안이 필요하다. 산림자원의 체계적이고 과학적인 조성관리를 위해서는 산림을 구성하는 나무 정보와 산의 지형 정보 및 생태계 정보를 아우르는 정확하고 구체적인 산림자원 정보 데이터베이스 구축이 요구된다.

본 연구에서는 초기 연구과제의 일환으로 드론 기술을 이용하여 촬영된 산림자원 이미지를 기반으로 특정 지역 위치기반 산림 자원의 생태에 대한 정보와 그 위치 지역의 지형 정보를 기반으로 효율적인 산림자원 관리와 벌목 대상이 되는 수목 의사결정 그리고 향후 조성할 조림사업 방안에 도움을 줄 수 있는 산림자원 정보 데이

터베이스를 설계하고 구축하였다.

본 논문에서 제안하는 산림자원 정보 데이터베이스를 이용하여 위치 지역 단위에서의 수목의 종류, 개체수, 수목 종류 별 분포 등을 파악할 수 있고, 현재의 특정 위치 지역 내의 수목상태에서 가까운 미래 시점에 이 지역 내의 수목들의 성장 및 변화 상태를 예측할 수 있게 되었다. 또한, 특정 지역 내의 주요 수목들의 위치 기반 이미지 표현이 가능하게 되었고, 그 위치 지역의 지형, 토양, 강수량, 일조량, 기상상황 등에 따른 수목들의 성장률과 고사율을 파악할 수 있도록 하였다. 향후 연구 과제로는 벌목 대상 수목 결정을 위한 의사 결정, 산불 화재에 대비한 방화로 구축 방안 수립, 홍수로 인한 산사태 피해를 막기 위한 수로 확보 방안 계획 수립, 미래 지향적인 벌목 및 조림계획 수립, 그리고 지형과 산악 환경을 고려한 수종 선택과 식목 및 조림 방안의 사결정에 산림자원 정보 데이터베이스의 응용에 관한 것이다.

References

- [1] Forestry Science Lab., SNU, Development of Application Computing Model for implementing Forest Geography Information System : Development of Database System for management of Forest Resources, Korea Forest Service, pp. 134, 1996.
- [2] S. Choi, J. Lee, "Development of Forest Management System for the Efficient Treatment of Forest Service," Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 12, No. 1, pp. 31- 37, 2004.
- [3] J. Benton Jones Jr., Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, 2001.
- [4] J. Shamshuddin et. al., "Effects of Aluminum, Iron and/or Low pH on Rice Seedlings Grown in Solution Culture," International Journal of Agriculture and Biology. Vol. 17. pp. 702, 2015.
- [5] M. Anda et. al., "Pore Space and Specific Surface Area of Heavy Clay Oxisols as Affected by their Mineralogy and Organic Matter," Soil Science, Vol. 173, pp. 560, 2008.
- [6] A. Fathia et. al., "Effects of Depth and Land Cover on Soil Properties as Indicated by Carbon and Nitrogen-Stable Isotope Analysis," Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 27, No. 1, pp. 1 - 10, 2018.
- [7] S. Southavong et. al., "Effects of Pyrolysis Temperature and Residence Time on Rice Straw-derived Biochar for Soil Application," International Journal of Plant & Soil Science, pp. 1 - 11, 2018.
- [8] J. Shamshuddin et. al., "Effects of December 2014 Great Flood on the Physico-Chemical Properties of the Soils in the Kelantan Plains, Malaysia," Journal of Water Resource and Protection, Vol. 8, No. 2, pp. 263 - 276, 2016.
- [9] U. Tongkaemkaew et. al., "Litterfall, litter decomposition, soil macrofauna, and nutrient contents in rubber monoculture and rubber-based agroforestry plantations," Forest and Society, Vol. 2, No. 2, pp. 138 - 147, 2015.
- [10] S. Kassim et. al., "Timber Harvesting Damage Prediction for Sustainable Forest Management," Association for Computing Machinery, 2018.
- [11] Y. Yahya et. al., "Using Uncertainty of Bayesian Theorem to Predict Mortality of Tree in Forest Growth Simulation System," Association for Computing Machinery, 2018.
- [12] R. Hamzah et. al., "Prototyping of Mobile Application and Web Monitoring for Small Vessel Tracking System," ACM, 2018.
- [13] R. Ismail et. al., "Computer simulation of tree mapping approach to project the future growth of forest," Association for Computing Machinery, 2017.
- [14] R. Ismail et. al., "Penetration of Sunlight in the Multilevel Crown : A Case Study in Tropical Rain Forest," ACM, 2016.
- [15] Y. Yahya et. al., "Using data mining techniques for predicting individual tree mortality in tropical rain forest : logistic regression and decision trees approach," ACM, 2014.
- [16] M. Abdullah et. al., "Optimization Model of Selective Cutting for Timber Harvest Planning based on a Simulated Annealing Approach," Journal of Computer Science, Vol. 10, No. 1, pp. 54 - 65, 2014.
- [17] A. Mateen et. al., "Architecture Model of IOT Based Smart Animal Farms in Pakistan," JIIBC, Vol. 18, No. 6, pp. 43 - 52, 2018. doi: 10.7236/JIIBC.2018.18.6.43.

※ 이 논문은 2018학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임.