

ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크를 이용한 3차원 지반정보 모델링 및 가시화 프로세스의 자동화 모듈 개발

최요순

서울대학교 지구환경시스템공학부

박형동

서울대학교 지구환경시스템공학부

1. 서론

최근 동남아시아 지진해일 참사 이후, 대규모의 사회적·경제적 피해를 유발하는 지질재해에 대한 대중들의 위기감이 고조되고 있다. 또한 대도시 인구집중 현상에 의해 발생한 생활공간 협소 및 지가 상승 문제는 지하공간의 효율적 활용에 대한 대중들의 관심을 불러일으키고 있다. 대중들은 자신이 거주하고 있는 지역이 산사태, 지진, 지반침하 등과 같은 지질재해로부터 어느 정도 안전한지, 그리고 자신이 매입하고자 하는 토지가 지하공간 개발 및 활용에 있어 어느 정도 용이한지 등의 궁금증을 피력하고 있으며, 이러한 대중들의 정보수요에 효과적으로 대응하기 위해서는 누구나 쉽게 이해할 수 있고, 개개인의 의사결정에 실질적으로 반영할 수 있는 지반정보가 요구되는 실정이다.

쉽게 이해할 수 있고, 활용할 수 있는 지반정보 제공을 위한 한 가지 방법으로 3차원 GIS를 이용한 지반정보의 모델링 및 가시화 기술의 개발이 국내외에서 지속적으로 연구되어 왔다 (김현규와 이두성, 2001; 윤서연과 박형동, 2001; 홍성완 외, 2002; 고와라 외, 2003; 장은주 외, 2003, Salvi et al., 2002; Yoon and Park, 2002; Yonezawa et al., 2002). 3차원 GIS를 이용하게 되는 경우 다양한 지반정보 요소를 입체적으로 시각화함으로써 보다 직관적인 방법으로 지반정보를 이해하고, 분석할 수 있다 (Yoon and Park, 2002). 또한 지반정보 분석 및 평가 결과들을 도시계획정보, 토지이용정보, 환경정보 등 다양한 지리기반 공간정보들과 연계·분석함으로써 대중들의 의사 결정을 실질적으로 지원할 수 있다.

국내외 기존 연구사례에서 시추자료, 불연속면 자료, 물리탐사 자료 등 다양한 지반조사 자료들에 적용할 수 있는 3차원 GIS기반의 지반정보 모델링 및 가시화 기법들이 개발되었으나, 개발된 각각의 분석기법과 작업절차들을 다른 연구자나 일반 대중들과 효과적으로 공유하는 방안을 제시하지 못하는 한계가 있다. 따라서 시추공 정보의 3차원 시각화 등과 같이 빈번하고 반복적으로 활용되는 시각화 기법과 모델링 절차들을 공유하기 위하여, 연구보고서와 연구논문을 통해 개발자의 작업 프로세스를 이해하고, 동일한 기능을 다시 구현하기 위해 많은 시간과 노력을 중복투자 해야 하는 어려움이 있었다. 본 연구에서는 ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크를 이용하여 3차원 GIS에서 활용될 수 있는 지반정보 모델링 및 가시화 프로세스를 개발하고, 이를 자동화 할 수 있는 모듈을 구현하고자 한다. 작업 프로세스를 모듈화하여 개발함으로써, 다양한 연구자 및 대중들이 그들에게 필요한 작업 절차를 쉽고 빠르게 이해하고, 공유 할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 주된 목표이다.

2. 연구방법

2.1. ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크

2004년 새로이 소개된 ArcGIS의 지오프로세싱 기술은 GIS 작업을 수행하는데 있어서 하나의 구조에서 또 다른 구조로 어떻게 데이터가 처리되는지, 그 작업 프로세스를 모델링하는데 이용된다. 예를 들어 다양한 포맷으로 데이터를 내보내거나, 데이터 유효성을 검사하는 등의 작업을 수행할 때, 지오프로세싱 프레임워크는 이러한 일련의 GIS 작업 과정들을 자동화하고, 쉽게 반복할 수 있도록 해준다 (ESRI, 2004). 지오프로세싱 프레임워크는 개별 GIS 데이터 처리 기능들을 일련의 작업 절차에 따라 모듈화 할 수 있는 모델빌더 (ModelBuilder)라는 도구를 제공한다. 모델빌더는 GIS 작업을 수행하는데 필요한 다양한 데이터와 기능들을 순차적으로 나열하여 전체 프로세스를 자동화 할 수 있도록 도와주며 (그림 1), 그 결과를 파일 형식으로 저장하여 배포할 수 있도록 함으로써 개발된 GIS 작업 프로세스들이 효과적으로 공유될 수 있도록 한다.

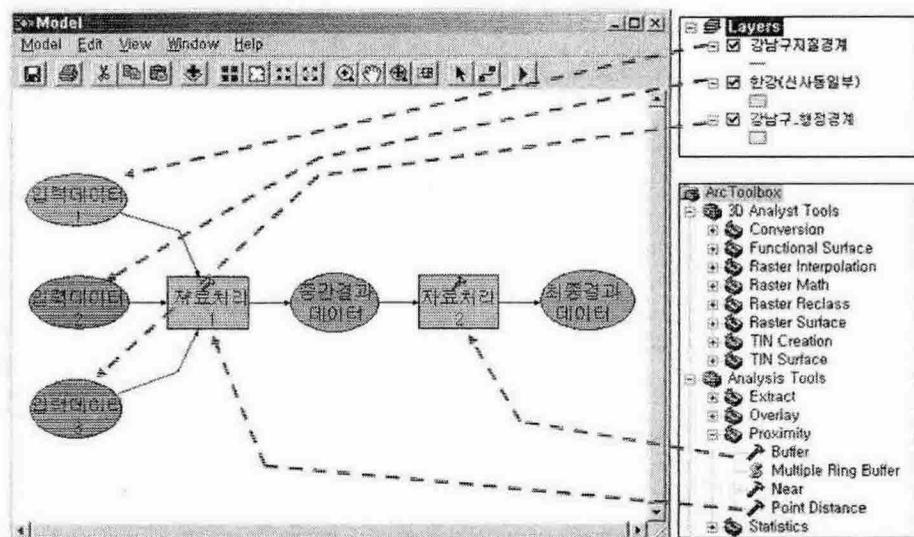


그림 1. ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크의 모델빌더 기능.

2.2. 프로세스 자동화 모듈 개발 과정

지반정보 모델링 및 가시화에 필요한 프로세스 자동화 모듈의 개발 과정을 설명하기 위해 본 논문에서는 시추자료를 입력하여 3D hole model (그림 2a)을 생성하는 과정을 예시한다. 3D hole model은 시추공 정보를 3차원 시각화하기 위해 이용하는 대표적인 개념모델 (conceptual model)로서, 시추지점의 3차원 위치정보와 지층의 층서별 구간심도 정보를 기반으로 3차원 모델을 구성한다. 3D hole model은 비교적 간단한 구조의 개념모델이지만, 3D fence model (그림 2b), 3D multi-layer surface model (그림 2c), 3D grid model (그림 2d)과 같은 보다 복잡한 구조의 개념 모델을 생성하기 위한 입력 자료로 활용되기 때문에, 3D hole model의 생성은 3차원 지반정보 모델링 및 가시화를 위한 필수적인 작업절차라고 할 수 있다.

3D hole model의 생성을 위해서는 먼저 작업을 수행할 시추자료의 확보가 선행되어야 한다. 지반조사 과정에서 획득되는 시추조사 결과들은 시추주상도 형식으로 구조화되어 지반조사 보고서에 기록된다. 기존에는 이들 지반조사 보고서로부터 필요한 정보를 추출한 후, 전산화 과정을

거쳐 자료를 이용하는 것이 일반적이었으나, 최근에는 한국건설기술연구원의 지반정보 통합 DB 시스템, 서울시의 웹기반 지반정보시스템, 국가지하수정보센터 등 전산화된 시추자료를 유통하는 체계가 국내에도 마련되어 감에 따라 지반정보 모델링에 필요한 시추자료의 획득 방법 역시 서서히 변화하고 있다. 본 연구에서는 이러한 시대적 변화에 신속하게 대응하기 위하여, 국내 지역의 웹기반 지반정보시스템으로부터 제공받은 시추자료를 이용하여 다양한 지반정보 모델을 생성하는 프로세스 자동화 모듈을 개발하도록 한다. 본 웹기반지반정보 시스템의 경우 관계형 데이터베이스 테이블을 project 정보, borehole 정보, stratum 정보, SPT 정보, in situ rock test 정보로 구분하여 시추조사 자료를 저장한다 (Chang and Park, 2004). 그리고 테이블마다 공통적으로 할당된 Borehole code를 이용하여 필요한 자료 검색을 위한 SQL 질의를 수행할 수 있다.

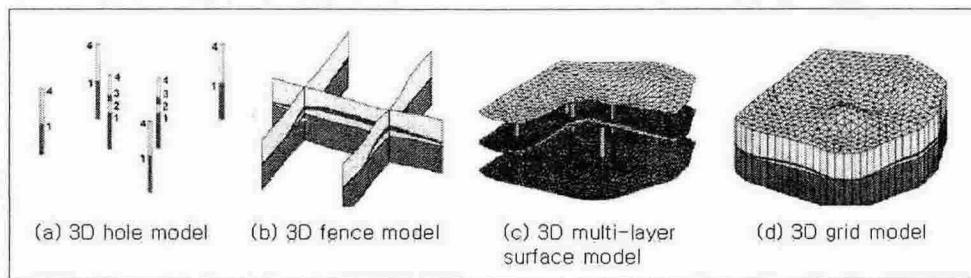


그림 2. 3차원 지반구조 모델링에 이용되는 대표적 개념모델들 (modified from Lemon and Jones, 2003).

3D hole model 생성 과정에는 borehole 정보 테이블과 stratum 정보 테이블을 이용하게 되는데, 지층의 층서정보를 담고 있는 stratum 정보 테이블을 중심으로 borehole 정보 테이블의 3차원 위치정보를 적절하게 참조하여 모델을 구성한다. 구체적으로 지층의 층서별로 3차원 위치정보를 부여하기 위한 새로운 필드들이 stratum 정보 테이블에 추가되며, 테이블 조인(join)을 통해 borehole 정보 테이블로부터 필요한 좌표정보를 입력받을 수 있도록 한다. 새로운 필드에 입력될 값들이 모두 계산되면 테이블 조인을 해제하고 불필요한 필드를 제거하여 3D hole model을 완성한다. 3D hole model 생성을 위한 이러한 일련의 작업절차들은 ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크의 모델빌더를 이용하여 그림 3과 같이 모듈화 될 수 있다.

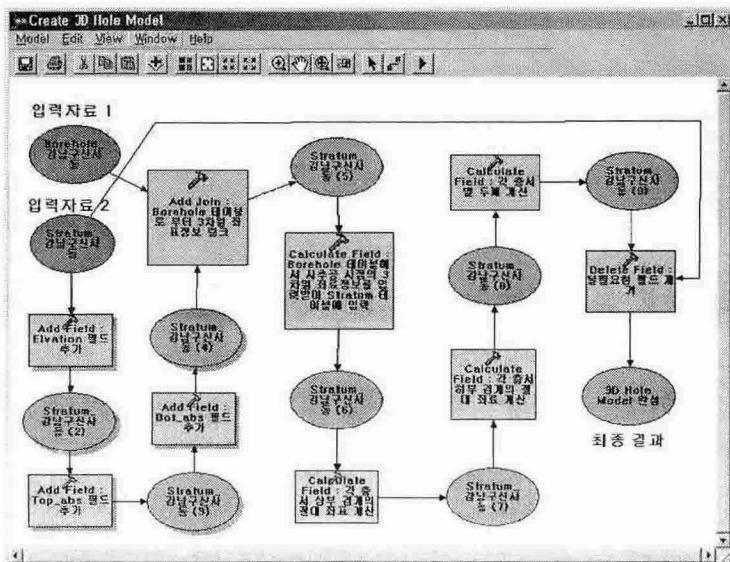


그림 3. 3D hole model 생성을 위한 작업 프로세스 개발.

3. 연구결과

본 연구에서는 지반정보의 모델링 및 시각화를 위한 6가지 프로세스 자동화 모듈을 개발하였다. 표 1은 개발된 자동화 모듈들의 주요 기능을 설명한다. 개발된 자동화 모듈들은 ArcGIS 소프트웨어 환경에서 자유롭게 입·출력하여 사용할 수 있으며 (그림 4), 소프트웨어와 독립적인 파일이나 DB 테이블 등의 형식으로 손쉽게 공유·배포 할 수 있다.

그림 5은 본 연구에서 개발한 3차원 지반정보 모델링 및 가시화 프로세스 자동화 모듈을 이용하여 지반정보를 모델링한 결과를 보여준다. 대상지역의 지반은 매립토층, 퇴적토층, 풍화토층, 풍화암층, 연암층이 심도에 따라 순차적으로 나타나고 있으며, 한강과 근접한 지반에서는 매립토층이 깊게 형성되어 있음을 시각적으로 확인 할 수 있다.

표 1. 개발된 프로세스 자동화 모듈의 주요 기능

개발 모듈	주요기능
Create 3D hole model	<ul style="list-style-type: none"> 기존 웹기반 지반정보시스템의 borehole 정보 테이블과 stratum 정보 테이블을 입력 받아 시추 공 자료를 3차원 시각화 할 수 있는 3D hole model 생성.
Create 3D multi-layer surface model(TIN)	<ul style="list-style-type: none"> 3D hole model을 입력받아 테이블의 층별 최상위 레코드에 식별ID를 부여. 식별ID에 따라 층별로 TIN을 구성하여 지층의 층 간 경계를 표현하는 3D multi-layer surface model을 생성.
Create 3D multi-layer surface model(grid)	<ul style="list-style-type: none"> 3D hole model을 입력받아 테이블의 층별 최상위 레코드에 식별ID를 부여. 지구통계기법을 이용하여 지층의 구간 별로 층 두께를 예측하여 grid 격자 구성. 지표면의 DEM으로부터 층 두께 예측 결과를 차례대로 감산하여 층 간 경계를 표현하는 3D multi-layer surface model을 생성.
Create 3D point model	<ul style="list-style-type: none"> 3차원 공간에 point 단위로 조사되는 SPT 등의 지반조사 결과를 표현.
Create 3D fence model	<ul style="list-style-type: none"> 3D multi-layer surface model을 입력받아 심도에 따른 지층 단면을 보여주는 3D fence model을 생성. fence의 생성위치는 사용자가 직접 디자인을 수행함으로써 결정 가능.
Create 3D grid model	<ul style="list-style-type: none"> 3D point model을 입력받아 지구통계기법을 이용하여 3차원 공간변수 예측을 수행한 뒤 그 결과를 3D grid model 형식으로 저장.

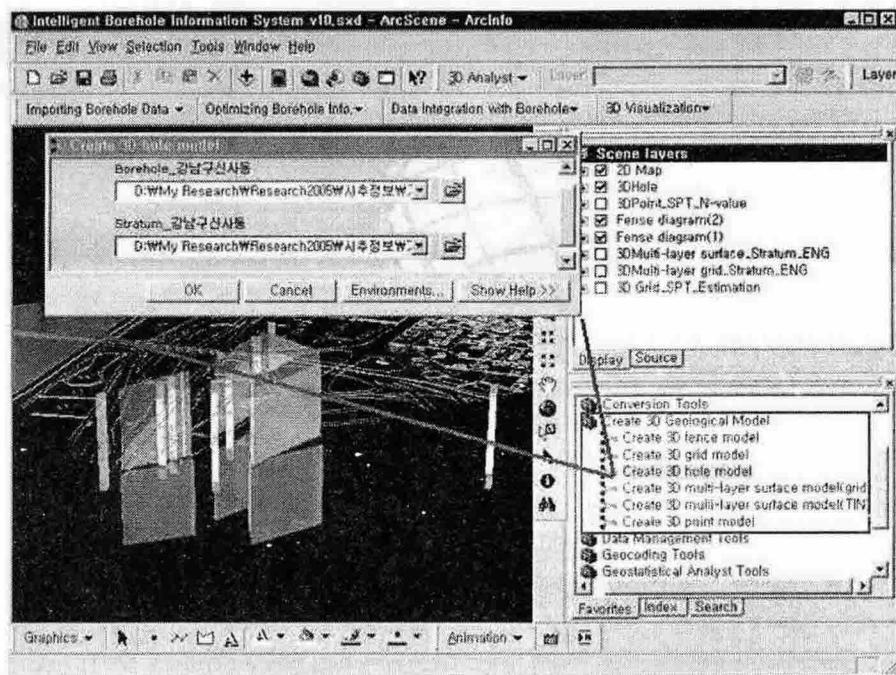


그림 4. 개발된 프로세스 자동화 모듈의 사용 예.

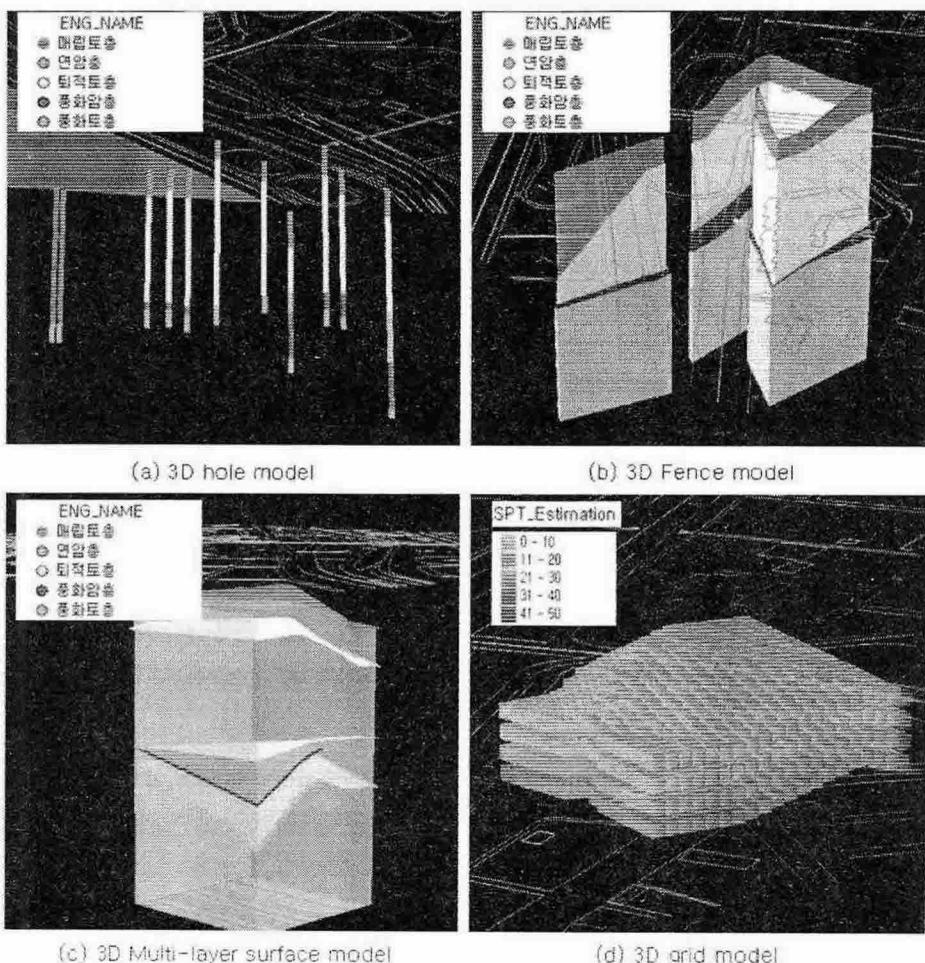


그림 5. 개발된 프로세스 자동화 모듈을 이용한 3차원 지반정보 모델의 생성과 가시화.

4. 결론

본 연구에서는 ArcGIS 지오프로세싱 프레임워크를 이용하여 지반정보를 3차원 모델링하고, 시각화 할 수 있는 모듈을 개발하였다. 개발된 모듈을 이용하면 3차원 GIS 환경에서 3D hole model, 3D fence model, 3D multi-layer surface model, 3D grid model 등 지반정보 모델을 생성할 수 있으며, 3차원 시각화에 필요한 복잡한 GIS 작업 절차를 자동화 할 수 있다. 또한 기능별로 모듈화 되어 개발되었기 때문에, 필요한 기능요소만을 효과적으로 공유·배포 할 수 있는 이점이 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10230-0)지원으로 수행되었으며, 이에 감사한다.

참고문헌

- 고와라, 최선영, 윤왕중, 강문경, 김진희, 2003, 3차원 GIS와 클러스터링 기법을 이용한 지반침하지역에 대한 지반분석, 한국 GIS 학회지, 제 11권, 제 3호, 203-212.
- 김현구, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하 정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구, 물리탐사, 제 4권, 제 4호, 101-109.
- 윤서연, 박형동, 2001, 시추데이터와 불연속면 데이터를 이용한 지반공간 3차원 GIS, 한국 GIS 학회지, 제 9권, 제 3호, 465-475.
- 장은주, 박형동, 전효택, 2003, 터널 공사 지역의 지반 공간 데이터 활용을 위한 3차원 GIS 구현, 한국지구시스템공학회지, Vol. 40, No. 1, 1-10.
- 홍성완, 배규진, 서용석, 김창용, 박치현, 2002, 터널건설을 위한 지질정보 데이터베이스 구축 및 가시화, 2002년도 대한토목학회 정기총회 및 학술발표회 논문집, 227-234.
- Chang, Y.S., Park, H.D., 2004, Development of a web-based Geographic Information System for the management of borehole and geological data, Computers & Geosciences, Vol. 30, No. 8, 887-897.
- Environmental Systems Research Institute, 2004, ArcGIS 9 : What is ArcGIS?, ESRI Press, Redlands, 119 p.
- Lemon, A.M., Jones, N.L., 2003, Building solid models from boreholes and user-defined cross-sections, Computers & Geosciences, Vol. 29, No. 5, 547-555.
- Salvi, F., Sterlacchini, S., Zanchi, A., 2002, 3D Modelling with Gocad of Complex Geological Structure in the Frontal Part of the Southern Alps, Proc. of the 8th annual conference of the international association for mathematical geology, Berlin, Germany, September, 127-132.
- Yonezawa, G., Nemoto, T., Masumoto, S., Shiono, K., 2002, 3-D Geological Modelling and Visualization of Faulted Structures: Theory and GIS application, Proc. of the Open source GIS-GRASS users conference 2002, Trento, Italy, September 11-13.
- Yoon, S.Y., Park, H.D., 2002, An efficiency analysis of database for 3D borehole data, Proc. of ACSM-ASPRS 2002 annual conference, Washington, DC, USA, April 19-26, CD-ROM.