

# 위성영상정보와 교통 중력모델기반 접근성지수 추출 연계

## Linking of Accessibility Index Extraction by Transportation Gravity Model and High-Resolution Satellite Imagery

이 기원

한성대학교 정보공학부

서울 성북구 삼선동 2가 389

Phone: 02) 760 4254

FAX: 02) 760 4442

E-mail: kilee@hansung.ac.kr

**요 약** : 최근 고해상도 위성영상정보의 민간 사용이 활발지면서 기존에 널리 알려진 위성영상정보 응용분야 뿐만 아니라 새로운 응용 분야에 대한 적용 가능성이 국제적으로 여러 가지 방향으로 모색되고 있다. 본 연구는 이러한 추세를 반영하여 교통 또는 도시교통 환경분야에서의 위성영상정보의 활용 가능성 및 기존 방법론과의 연계를 분석하고, 시험적으로 프로토타입 프로그램을 소개하고자 한다. 일반적으로 교통문제에서의 접근성 분석은 일종의 중력 모델로 설명이 가능하며, 교통계획 수립시에 대안 도로 계획선정이나 대중교통 노선 결정시에 많이 이용되고 있다. 접근성 분석에 대한 개념은 비교적 간단하여, 교통분석 대상구역의 임의 지역에서 유인 요인과 거리를 변수로 하여 적용 목적에 부합되는 대상 지점까지의 정량적 지수정보를 얻도록 하여 몇 가지 결과로부터 출발지점에서 목적지점 또는 대상 지점까지의 손익비용 산출에 대한 정보를 얻는 방식이다. 최근에 GIS를 통하여 구축된 교통 데이터베이스 정보와 공간분석 기법을 통하여 수행하는

경우가 많으나 현재까지 위성영상정보가 이용된 경우는 거의 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 정사위성 실제 교통 시설물이나 교통 대상 객체의 육안 식별이 가능한 고 해상도 위성영상정보는 이러한 출발지-목적지 선정에 적용될 수 있다는 점에 착안하여 기존에 교통분야에서 개발된 몇 가지의 교통 접근성산출 알고리즘에 위성영상정보가 연계되어 적용될 수 있는 가능성을 검토하였다.

### 서 론

2000년 이후 고해상도 위성영상정보의 민간 활용이 가능해지면서 다양한 응용 분야에서의 위성영상정보의 응용에 대한 연구 및 적용 사례가 개발되고 있다. 본 연구는 이러한 주요한 동향에 대하여 GIS와 연계되어 적용이 가능한 교통 접근성 지수 추출 알고리즘에 위성영상정보의 연계 활용 및 적용 가능성을 살펴보고자 한다.

교통 분야에서의 GIS 적용은 GIS-T(GIS for Transportation)이라는 전문화된 독립적

인 분야로 90년대이후 지속적으로 발전하고 있는 분야이다 (Lang, 1999; Miller and Shaw, 2001). 한편 고 해상도 영상정보나 여러 가지 센서 정보의 이용이 가능해지면서 90년대 말 부터는 RS-T(Remote Sensing in Transportation)이라는 분야가 새롭게 제안되면서(US DOT, 1999), 이 분야의 활성화를 위한 여러 가지 기반 연구 및 실용화 연구 및 사업들이 미국에서는 NCRST (National Consortia for RST) 프로그램으로 2003년 현재까지 수행중인 상황이다(Lee, 2001).

본 연구에서는 기존에 알려진 교통 중력 모델을 기반으로 하는 접근성 정보 추출 알고리즘(Ma and Pen-Chung, 2000)에 공간 해상도가 뛰어난 고 해상도 위성영상정보를 연계하는 모델을 개발하고, 이를 ESRI-ArcView GIS 환경에서 시험 구현하여 교통 분야에 고 해상도 위성영상정보가 적용될 수 있는 가능성을 검토하고자 하였다.

## 연구 방법

일반적으로 교통문제에서의 접근성 분석은 일종의 중력모델로 설명이 가능하며, 이러한 접근성 분석은 교통 분배 모델이나 통행 수요 모델등 다양한 교통 문제 해결 방법론과 연계되어 교통계획 수립시에 대안 도로 계획선정이나 대중교통 노선결정시에 많이 이용되고 있다.

접근성 분석에 대한 개념은 비교적 간단하여, 교통분석 대상구역내의 임의 지역 또는 교통 분석 구역(TAZ: Traffic Analysis Zone)에서 실제 자연과학에서의 중력에서는 질량에 해당하는 유인 요소와 거리 요소를 변수로 하여 적용 목적에 부합되는 대상 지점까지의 정량적 지수정보를 얻도록 하는 방법이다. 이러한 결과로 얻어진

몇 가지 정량적 결과는 출발지점에서 목적지점 또는 대상 지점까지의 손익비용 산출에 이용되기도 한다.

교통 접근성 문제에서의 중력모델은 다음과 같은 일반 식으로 표현이 가능하다 (Haynes and Fothewringham, 1984).

$$A_i = \sum \frac{O_j}{d_{ij}^b}$$

여기서  $A_i$  는 구역 i에서의 접근성 지수를,  $O_j$ 는 구역 j에서의 기회요인을 의미한다. 한편  $d_{ij}$ 는 구역간의 거리를, 변수 b는 임피던스 요소로 거리에 따른 접근성 감쇄를 반영하는 값을 나타낸다.

교통 중력 모델에 기반한 접근성 지수는 Ma and Pun-Cheng(2000)에 의하여 체계적으로 정리된 바 있으며, 본 연구에서는 이를 5 가지 Type으로 구분하고자 하였다.

[ Type A ]

$$A_{ij} = \frac{S_2}{T_{i-j}^x}$$

$A_{ij}$ 는 zone i에서 zone j까지의 상대적인 접근성 측정치이며,  $S_2$ 는 Zone 2에서의 활동 규모(Size of Activity),  $T_{i-j}$ 는 zone 1에서 zone 2까지의 주행속도나 거리를, x는 zone간의 주행속도에 영향을 주는 가중치를 나타낸다.

[ Type B ]

$$A^i = \sum_{j=1}^n A_{ij}$$

$A^i$ 는 i번째 지점에서의 누적 접근성 지수이며,  $A_{ij}$ 는 i번째 위치에서의 j지점에 대한

상대적인 접근성 지수를 나타낸다.

[ Type C ]

$$A_i^k = \frac{\sum_{j=1}^n \exp(-\beta C_{ij}^k)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

$A_i^k$ 는 zone i에서의 거주자에 대한 k 모드에서의 접근성 지수를 나타내는 데,  $W_j$ 는 zone j에서의 유인치 ( Measure of Attraction),  $C_{ij}^k$ 는 k 모드에 대한 i에서 j까지의 주행 비용,  $\beta$ 는 주행분배모델에 의하여 결정되는 분포함수에서 유도된 지수를 나타낸다.

[ Type D ]

$$A_i = \left[ \frac{1}{M} \sum_{j=1}^k E_j T_{i-j}^x \right]^{\frac{1}{x}}$$

$A_i$ 는 zone i에서 가장 근접한 목적 요소 (M)에 도달하기 위한 평균적인 주행시간,  $E_j$ 는 zone j에서의 취업기회요인,  $T_{i-j}$ 는 zone i에서 zone j까지의 대중교통의 평균 주행시간을 나타낸다.

[ Type E ]

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} X M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j}$$

$A_i$ 는 노드 i에서의 접근성 지수를,  $T_{ij}$ 는 노드 i에서 중심점 j까지의 주행시간을,  $M_j$ 는 목적지점의 중심점까지의 목적 요소(예: 직업 및 인구 등)를 나타낸다.

한편 Type A, Type B, Type C, Type D, Type E는 각각 Hansen 모델, Ingram 모델, Martin and Dalvia 모델, CTS 모델, Gutierrez and Gomez 모델에 의하여 제안된 모델을 기초로 하고 있다.

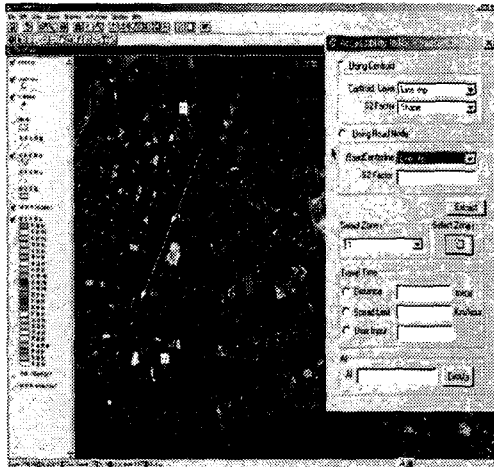
이러한 교통 중력 모델에 기반한 접근성 지수는 실제 적용시에 다양하거나 복잡한 데이터 베이스 정보가 필요하기도 하고, 또한 주관적 정보가 필요한 경우도 있다. 또한 그 동안 GIS가 도입되기 전에는 체계적인 시스템에서 이러한 정보가 얻어지기 보다는 별도의 프로그램에 의하여 수행되기도 하였다.

최근에 이러한 모델들은 GIS 환경에서 개발되거나 구축되어 실제 적용이 가능하지만, 현재까지도 위성정보의 해상도 문제와 모델의 부재 등과 같은 이유로 위성영상정보와 연계하여 이를 구현하거나 실제 적용한 사례는 현재까지 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 이러한 모델들을 위성영상정보와 연계하여 활용할 수 있는 기반연구를 수행하면서, 일부 모듈을 시험 구현하고자 하였다. 구현 환경은 ArcView 3.2a와 Image Analysis에서 Avenue 개발언어로 별도 실행이 가능한 Extension 프로그램으로 개발되었다.

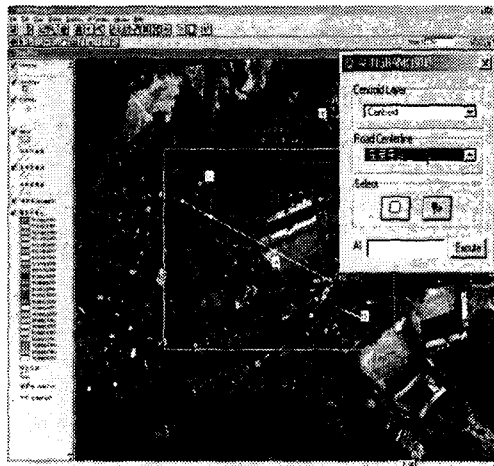
## 처리 결과

그림 1은 두 지점간의 상대적인 접근성 지수를 나타내는 Hansen 모델에 대한 Type A 접근성 지수에 대한 구현 결과로서, 사용자가 Centroid와 노드 점을 이용하여 접근성 지수를 얻을 수 있도록 설계하였다. 한편 사용자가 주행거리를 변수로 이용하는 경우에는 자동 측정이 되도록 하였으며 주행시간이나 가중치는 사용자 입력창에서 입력하는 방식으로 하였다. 현재 주행속도에 대한 정보는 교통검지기를 통하

여 실시간 데이터 통신에 의한 자동 입력이 가능하기는 하나, 본 시험 구현에서는 적용하지 않았다.



[Fig. 1] Type A ( Hansen Model ) with IKONOS Imagery at the Namyangju-city.



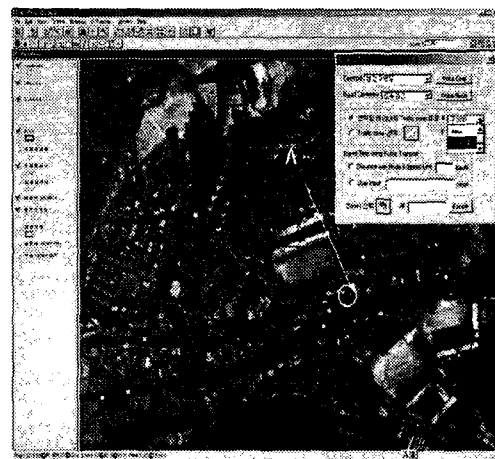
[Fig. 2] Type B ( Ingram Model ) with IKONOS Imagery at the Namyangju-city.

그림 2는 Ingram 모델에 기초한 Type B의 사용자 환경을 나타내고 있다. Ingram 모델에서는 기본 입력치로서 상대 접근성 지수를 필요로 하는 데 이는 Type A에서 얻어진 개별적인 지수값을 이용하도록 하

였으므로 사용자 입력정보는 Type A와 유사하다. 일단 사용자가 위성 영상정보에 나타난 객체를 인식하고 TAZ를 결정하면, 이 구역내에서 대상이 되는 한 지점을 선택하면 해당 지점에 대하여 사전에 구축되어 있는 Hansen 모델의 접근성 지수를 이용하여 누적 지수를 나타내도록 하였다.

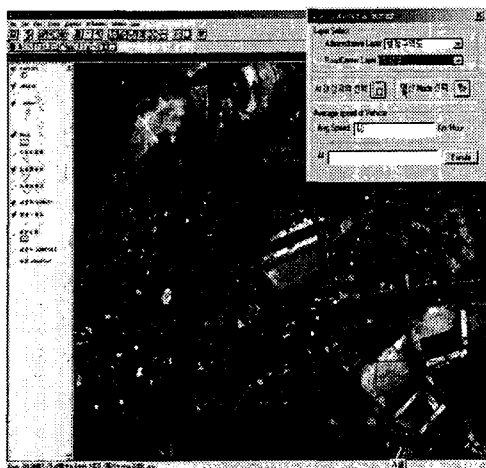
한편 그림 3은 CTS 모델에 대한 Type D의 구현 결과이다. 이 모델에서는 사용자가 선택한 TAZ에서 가장 근접한 목적 요소(M)에 도달하기 위한 평균적인 주행시간, 영향권역의 취업기회요인, 두 지점 또는 구역간의 대중교통의 평균 주행시간등과 같은 정보를 필요로 한다.

이 모델의 적용시에 주행시간은 각 구역별로 사전에 조사된 평균적인 통계치로 입력하는 것이 가능하나, 취업기회요인이라는 변수는 다소 주관적인 정보로 적용 목적에 따른 일종의 가중치로 연산이 될 수 있을 것으로 생각되며, 경우에 따라서는 인구 수나 상점 수등과 같은 실질적인 정보가 이용될 수도 있다.



[Fig. 3] Type D ( CTS Model ) with IKONOS Imagery at the Namyangju-city.

그림 4는 Type E에 대한 시험 구현 결과이며, Lee (2002)에서도 제안된 바 있는 가장 보편적인 모델이다. 본 모델에서는 사용자 선택한 한 지점에서 대상 구역의 중심점까지의 주행시간과 취업률이나 인구수와 같은 중심점까지의 변수를 필요로 한다. 한편 본 모델의 구현시에는 구역 선택, 선택된 다각형 영역의 중심점 연산, 주행시간 연산등의 기본 기능등이 필요하다. 그러나 본 시험 구현에서는 다른 Type에서와 같이 실시간 주행시간 계산연산은 고려하지 않았다. 실제 실시간 주행시간은 연속적인 정사 보정영상정보를 이용하여 계산이 가능하므로 현실적으로는 적용이 어렵다. 따라서 대상 구역 또는 주요 도로에 대하여 사전에 조사된 월별/일별/시간대 별 평균 주행시간을 데이터베이스화 이용하는 것이 보다 효율적으로 생각되어, 본 시험 구현에서는 이를 반영하고자 별도의 영상 정보 처리 개발환경이 아닌 GIS 환경에서 시험 구현을 시도하였다.



[Fig. 4] Type E (Gonzarrez and Gomez Model) with IKONOS Imagery at the Namyangju-city.

따라서 본 확장 프로그램은 이용 목적에 따라 기본 데이터베이스가 결정되면 이를 GIS 데이터베이스화하여 직접 이용할 수 있다.

## 결론

본 연구는 고 해상도 위성영상 정보의 교통 분야 활용 가능성을 검토해 보고자 교통 접근성 지수 추출에 위성영상정보의 적용에 대한 기반 모델과 이를 위성영상정보에 연계하는 시험 구현에 주안점을 두어 수행되었다. 교통 접근성 지수는 교통 분야에서 지속적으로 발전되어 온 알고리즘으로 본 연구에서도 이러한 알고리즘을 기본 모델로 하였다.

그러나 일부 입력정보는 현재 실시간 정보 처리나 정보 입수의 어려움으로 적용이 어려운 정보들이 있어서 다소 문제점이 있어 이를 실제 적용하기 위해서는 본 모델에서 요구하는 데이터베이스 정보가 기본적으로 구축되어야 한다.

본 연구에서는 기본 모델에 입각하여 시험 구현에 주안점을 두어 수행하였으나 고 해상도 위성영상정보에서 인식이 가능한 다양한 교통 객체들은 교통 접근성 지수 추출 모델에서 충분히 이용이 가능한 것으로 생각되며, 각 모델에 대하여 얻어진 정보는 별도의 데이터베이스 정보로 기타 관련 정보시스템에서 이용이 가능한 중요한 정량적 정보로 생각된다.

## 참고 문헌

- H. J. Miller and S. L. Shaw, 2001, Geographic Information Systems for Transportation (GIS-T): Principles and Application, Oxford University Press.
- K. Lee, 2001, Remote Sensing in

- Transportation: A Review and Perspective View, Proceedings of International Symp. of Remote Sensing: 219-224.
- K. Haynes and A. S. Fotheringham, 1984, Gravity and Spatial Interaction Models, Scientific Geography Series 2.
- K. Lee, 2002, Extraction of Some Transportation Reference Planning Indices using High-Resolution Satellite Imagery, Korean Journal of Remote Sensing, 18(5): 263-271.
- L. Lang, 1999, Transportation GIS, ESRI Press: 118.
- M. L. Ma and L. S. C. Pun-Cheng, 2000, The Study of Accessibility Indices in Transportation Planning by using Geographic Information Systems, URISA Conference.
- U. S. DoT, 1999, Commercial Remote Sensing Technologies Application to Transportation: A Partnership for Advancing Transportation Practice: 11.