

# 경계선 추출을 통한 LiDAR DSM에서의 건물제거기법 연구

## A Study on Removal Method of Building area from LiDAR DSM with Edge Detection

최연웅<sup>1)</sup> · 이근상<sup>2)</sup> · 채효석<sup>2)</sup> · 조기성<sup>1)</sup>

Choi, Yun Woong · Lee, Geun Sang · Chae, Hyo Seog · Cho, Gi Sung

<sup>1)</sup> 전북대학교 공과대학 토목공학과 (E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

<sup>2)</sup> 한국수자원공사 수자원연구원

### 要 旨

최근에는 LiDAR 시스템의 등장으로 기존의 항공사진측량에 비하여 효율적이고, 경제적으로 도시지역의 수치표고자료를 효과적으로 구축할 수 있게 되었으나, 도시지역에서는 다양한 형태의 객체들이 모두 포함된 DSM(Digital Surface Model) 형식의 자료를 취득하게 된다. 따라서, 홍수범람예측에 있어서의 인공지물의 영향 해석 등을 위하여 건물이 제거된 지형에 관한 상세한 정보를 제공하기 위해서는 DSM으로부터 DEM(Digital Elevation Model)을 추출하기 위한 전처리 과정이 필요하다.

본 연구는 LiDAR 시스템으로부터 취득된 도시지역에 대한 DSM 으로부터 건물 등이 제거된 DEM을 추출하기 위한 연구로서 영상처리기법의 경계검출 알고리즘을 적용하여 건물 등의 지물들에 대한 경계를 추출하였으며, 선행연구에서 건물로 추출된 지역에 대하여 보간법을 적용함으로써 발생하는 원시 DSM 자료의 변형에 따른 대안으로써, 추출된 경계에 대하여 평균값 필터링, 중간값 필터링, 최소값 필터링을 각각 적용함으로써 원시 DSM 자료의 변형을 최소화하여 건물 등의 지물들을 제거하였으며, LiDAR DSM으로부터 DEM을 제작하는 과정을 간략화, 자동화하였다.

## 1. 서 론

국가 기본지리정보에 포함되어 있는 수치표고자료(Digital Elevation Model ; DEM)는 지형복원 및 다양한 형태의 지형 분석에 반드시 필요하며 국토계획 및 관리, 토목, 환경, 자원, 통신, 군사 등 다양한 분야에서 활용이 되고 있다.<sup>1)</sup> 특히, 도심지에서 지형(Ground)과 건물등의 인공지물들을 분리시킴으로써 지형의 표고에 관한 상세한 정보를 제공하는 것은 홍수범람예측 및 해수면 상승에 있어서의 인공지물의 영향 등

을 예측하는데 사용될 수 있다.<sup>2,3)</sup>

현재 DEM은 대부분의 사용자가 1/1,000 및 1/5,000 수치지도에서 등고선 및 표고값을 추출하여 사용목적에 맞게 제작하여 활용하고 있으나, 이는 건물 등과 같이 지형상에 존재하는 다른 인공 및 자연 지물 객체들의 표고정보를 포함하지 않게 된다.<sup>1)</sup>

최근에는 LiDAR 시스템의 등장으로 기존의 항공사진측량과 비교하여 효율적이고, 경제적으로 도시지역의 DEM을 효과적으로 구축할 수 있게 되었으나<sup>4)</sup>, LiDAR 시스템

에서도 레이저 펄스가 투과하지 못하는 건물지역 등에서는 수목과 같은 자연지물 및 건물 등의 인공지물이 모두 포함된 DSM(Digital Surface Model) 형식의 자료를 취득하게 되어 LiDAR 시스템으로부터 취득한 DSM으로부터 DEM을 추출하기 위해서는 건물등의 지물을 제거하는 전처리 과정이 필요하다.<sup>5)</sup>

최근 도심지 DEM 제작을 위한 전처리 과정에 관하여 건물 등의 지형상의 지물들은 주변 지형보다 높다는 가정에 기반을 두고 LiDAR DSM으로부터 건물 등의 지물들을 추출하고 추출되어 제거된 부분은 주변값으로 보간하는 방법 등이 제안되고 있다.<sup>2)</sup>

특히 건물 등의 지물들을 추출하는 다양한 알고리즘이 개발되고 있으나 대부분의 경우 자료의 출처가 다른 수치지도 등의 보조자료를 활용하거나<sup>6,7,8,9)</sup> 건물에 관한 사전지식을 통한 건물의 기하학적 조건을 이용하고 있으며<sup>10,11)</sup> 완전 자동화는 어려운 실정으로 부분적인 수작업이 병행되고 있을 뿐만 아니라 제거된 부분을 보간하는 과정에서 원본 자료가 변형되는 문제가 있다.<sup>5)</sup>

본 연구는 LiDAR 시스템으로부터 취득된 도시지역에 대한 DSM 으로부터 건물등이 제거된 DEM을 추출하기 위한 연구로서 영상처리기법의 경계검출 알고리즘을 적용하여 건물 등의 지물들에 대한 경계를 추출하고, 선행연구<sup>2,5)</sup>에서 건물로 추출된 지역에 대하여 보간법을 적용함으로써 발생하는 원시 DSM 자료의 변형에 따른 대안으로써, 추출된 경계에 대하여 평균값 필터링, 중간값 필터링, 최소값 필터링을 각각 적용함으로써 원시 DSM 자료의 변형을 최소화하여 건물 등의 지물들을 제거한 DEM을 추출하는 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 대상지역 및 연구내용

본 연구는 2층 이하에서 10층 이상의 다양한 높이의 건물이 복합적으로 나타나는 특성을 갖는 경기도 구리시를 대상지역으로

하였으며, 그림1과 같은 방법으로 연구를 수행하였다.

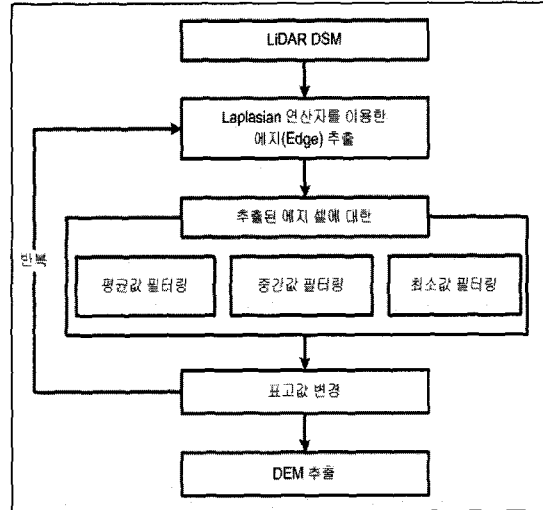


그림 1. 연구 흐름도

먼저 취득된 LiDAR 원시자료를 이용하여 1m 해상도의 DSM을 구축하고 우선 라플라시안 연산자를 이용하여 경계를 추출한다. 경계로 추출된 셀에 대하여 5×5 크기의 평균값 필터, 중간값 필터, 최소값 필터를 각각 적용하되, 필터링 과정에서 선택되는 24개의 셀 중 이미 또다른 경계로 추출된 셀은 연산에서 제외하였다. 또한, 연산에 사용되는 셀의 개수가 최소 9개를 넘지 않는 경우 필터의 크기를 7×7혹은 그 이상으로 증가시키도록 구현하였으며, 라플라시안 경계 검출과정에서 필터링까지의 과정을 계속 반복함으로써 DSM상의 건물들을 모두 제거하여 대상지역에 대한 DEM을 추출하고 최종적으로 추출된 DEM과 최초의 DSM의 표고값을 비교하여 추출된 DEM의 정확도를 각 필터별로 평가하였다.

### 2.1 LIDAR DSM 구축

본 연구에서는 ±15cm미만의 표고정확도를 갖는 ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper) 2050 레이저 시스템을 이용하여 점밀도 3.0점/㎡의 원시자료를 취

특하였다.

또한, 취득된 원시자료는 Trimble사의 TGO와 RealM ASCII 처리모듈을 이용하여 GPS 오차보정 및 원시자료 보정을 실시하였으며, WGS84 UTM 좌표계의 원시자료를 벡셀 TM 좌표계로 변환하고, LiDAR 측량에 의한 타원체고는 EGM96 모델을 이용하여 정표고로 변환한 후, ESRI사의 ArcGIS를 이용하여 1m 해상도의 DSM을 구축하였다.

그림2는 LiDAR 자료로부터 구축한 연구대상지역에 대한 DSM을 나타내며, 표1은 자료취득시의 비행설계내역이다.

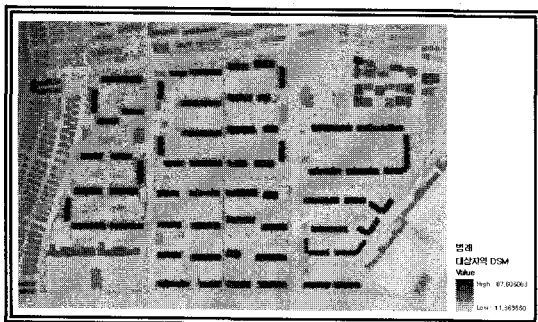


그림 2. 대상지역 LiDAR DSM

표 1. 비행설계내역

설 계	내 용
점밀도	3.0 점/㎡
펄스 주파수	41 ~ 47kHz
비행고도	1,000 ~ 1,200m
주사각	±15°
중중복도	50% 이상

## 2.2 경계추출

경계 검출기법은 영상처리분야에서 많은 연구가 계속되고 있는 분야로서 본 연구에서는 현재까지 소개된 경계검출기법 중 검출된 경계의 윤곽선들이 폐곡선을 이루고, 명암이 점차적으로 변화되는 영역에 대해서는 반응을 보이지 않으며, 다른 연산자들보다 더욱 뚜렷한 경계를 검출하는 특징을 갖는 라플라시안 연산자를 사용하였다.

그림3은 라플라시안 연산자를 이용한 대상지역 DSM에 대한 최초 경계검출 결과로써, 잡음에 민감한 라플라시안 연산자의 특성상 다소 많은 경계가 검출되었으나, 잡음을 제거하기 위하여 가우시안 스무딩 등의 작업을 선행하는 경우 최초 DSM을 변형시킬 수 있으며, 검출된 셀이 잡음에 의하여 잘못 검출 되었다 해도 결과적으로는 검출된 경계셀이 모두 주변셀에 의하여 제거되기 때문에 본 연구에서는 잡음 제거를 위한 작업은 수행하지 않았다.

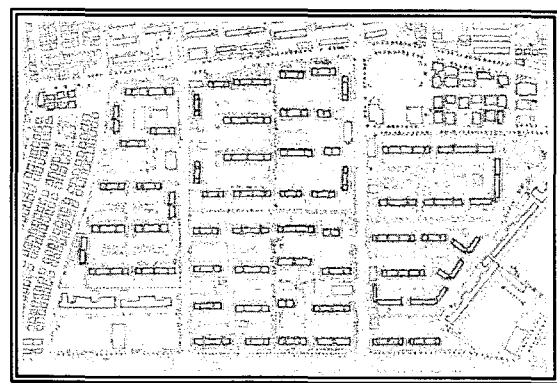


그림 3. 대상지역 DSM으로 부터 라플라시안 연산자를 이용한 경계검출결과

## 2.3 추출된 경계에 대한 필터링을 통한 DEM 구축

일반적으로 선행연구<sup>12)</sup>에서는 경계추출 알고리즘을 사용하여 경계를 추출하고 추출된 경계를 이용하여 건물 등의 지물을 추출한다. 그러나, 일반적으로 추출된 경계는 지그재그 형식을 띄고 있어 직접 건물의 경계로 사용하기는 어려움이 있으며 따라서 이를 개선하기 위한 별도의 알고리즘이 필요하게 된다.

본 연구에서는 라플라시안 연산자를 통하여 경계로 추출된 셀에 대하여 3×3 크기의 평균값 필터, 중간값 필터, 최소값 필터를 각각 적용하되, 필터링 과정에서 선택되는 8개의 셀 중 이미 다른 경계로 추출된 셀은 연산에서 제외하였으며, 경계로 추출되지 않은 셀이라 해도 그 표고값이 필터의 중심값과 유사한 경우(1m이상 차이가 나지

않는 경우)에도 연산에서 제외하였다. 또한, 연산에 사용되는 셀의 개수가 너무 적어지는 것을 방지하기 위하여 연산에 사용되는 셀의 개수가 최소 8개를 넘지 않는 경우 필터의 크기를 5×5 혹은 그 이상으로 증가시키도록 구현하였다. 그림4은 본 연구에서 적용된 경계로 추출된 셀에 대한 필터링 방법에 관하여 나타낸 것이다.

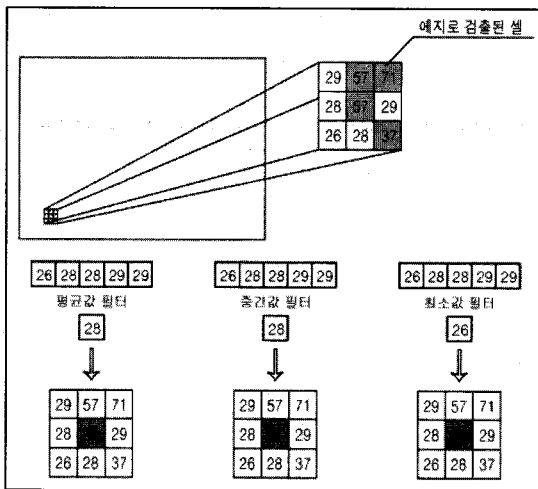


그림 4. 추출된 경계에 대한 필터링 개요

그림5 및 그림6은 본 연구에서 제시하고 있는 방법으로 추출된 대상지역내 DEM 추출 결과 중 건물주변의 표고가 20~21m, 건물표고가 66m인 고층건물 및 건물주변표고 20~22m, 건물표고 31~32m의 낮은 건물 지역에 대한 결과를 적용된 필터별로 확대하여 나타낸 것이다.

고층건물에서 평균값 필터를 사용한 경우 그림5(c)에서 건물이 있던 부분의 표고는 약 23m로서 건물 주변의 표고 20m와는 차이를 보이고 있어 건물들이 완전히 제거되지 않음을 볼 수 있다. 이는 경계로 검출된 셀의 표고값이 주변 표고값들의 평균값으로 치환되면서 주변과의 표고차가 적어지거나 그 기울기 또한 작아지면서 더 이상 경계가 검출되지 않기 때문에 나타난 현상이라 판단되며, 그림6(c)의 낮은 건물지역에서도 상당부분 같은 현상이 나타남을 알 수 있다.

그림5(d) 및 그림6(d)는 중간값 필터에

의한 결과를 나타낸다. 고층건물 및 낮은 건물지역에서 건물이 제거된 후의 표고가 각각 21m 및 20~21m로서 각 필터들중 가장 좋은 결과를 보여주고 있으며, 특히 그림6(d)의 낮은 건물들이 밀집되어 있는 경우에도 건물들 사이의 표고값을 그대로 반영하고 있다.

그림5(e) 및 그림6(e)는 최소값 필터를 사용한 결과이다. 건물이 모두 제거되었다는 관점에서는 중간값 필터를 사용했을 때와 같이 비교적 좋은 결과를 보여주고 있으나, 고층건물 및 낮은 건물 지역에서 모두 중간값 필터를 사용했을 때보다 약 1~2m 가량 낮은 결과를 나타내었다. 특히, 그림 10의 경우 그림6(e)에서 낮은 표고값이 확장되어 나타나있는 것을 알 수 있다. 이것은 최소값 필터링 과정에서 연산에 사용된 주변 셀값들 중 가장 작은 값으로 치환하게 되므로 자료상의 오류 등으로 인하여 과도하게 낮은 표고값이 존재하거나 지형상에 급격하게 낮아지는 지역이 있어 이 부분에 경계가 추출되는 경우 경계로 추출된 셀의 표고를 부근의 가장 낮은 표고로 치환하면서 계속 확장시키기 때문이다.

따라서, 평균값 필터 및 최소값 필터를 사용하는 것보다는 중간값 필터를 사용하는 것이 보다 현실에 가까운 표고값을 얻을 수 있다고 판단된다.

### 3. 결 론

본 연구는 LiDAR 시스템으로부터 취득된 도시지역에 대한 DSM으로부터 건물 등이 제거된 DEM을 추출하기 위한 연구로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 라플라스 연산자를 이용한 영상처리 기법의 경계검출 알고리즘과 추출된 경계 셀에 대한 필터링 기법을 이용하여 LiDAR DSM으로부터 건물 등을 제거할 수 있었다.

둘째, 추출된 경계에 대한 필터링 기법을 적용함에 있어 평균값 필터 및 최소값 필터보다는 중간값 필터를 사용함으로써 보다 현실에 가까운 표고값을 얻을 수 있었다.

셋째, 추출된 경계에 대한 필터링을 통하여  
경계로 추출된 셀 주변 표고값들을 자료의 변  
형없이 활용하여 건물지역을 제거함으로써 건  
물로 추출된 지역에 대하여 보간법을 적용하

여 발생하는 원시 DSM 자료의 변형의 문제  
점을 최소화 할 수 있는 방법을 제시하였다.

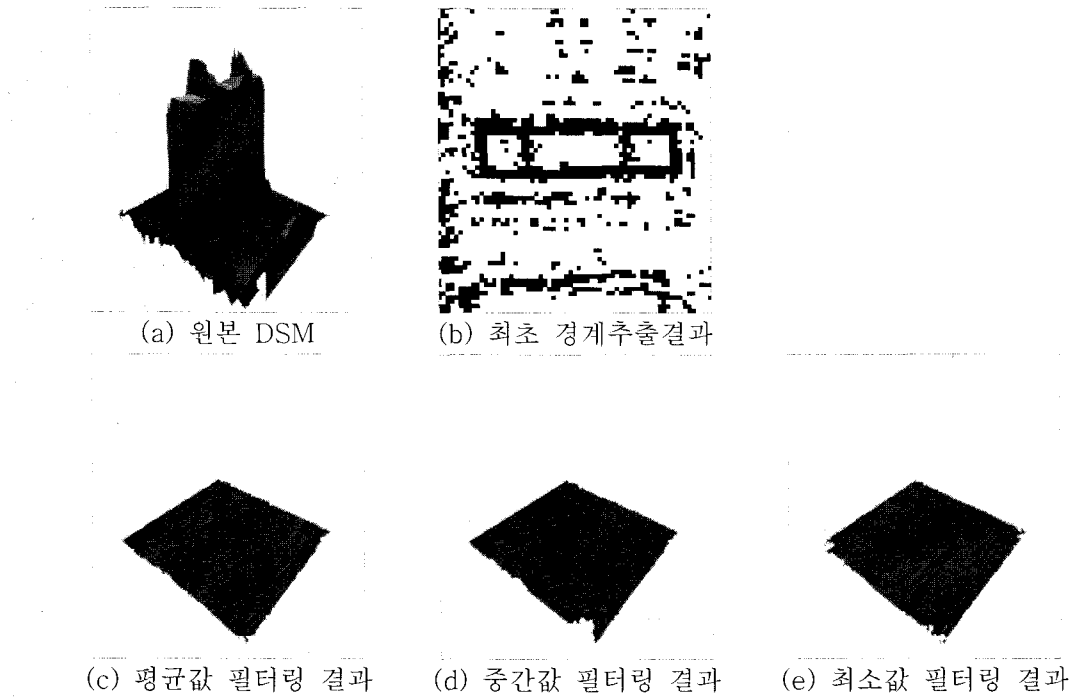


그림 5. 대상지역내 고층건물지역에 대한 DEM 추출결과

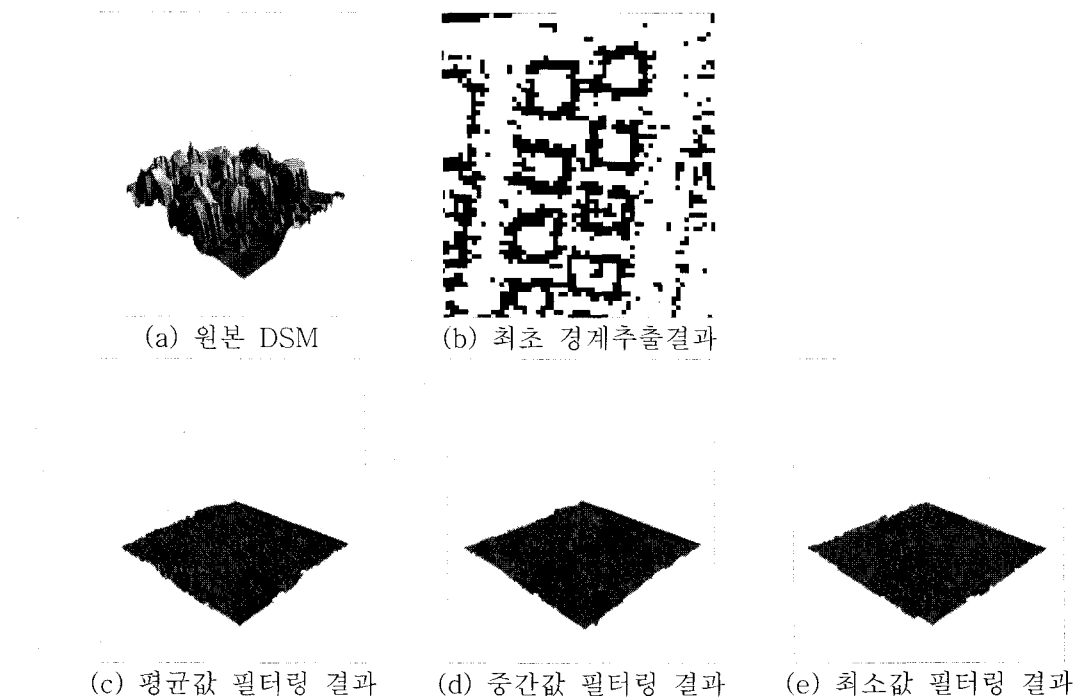


그림 6. 대상지역내 낮은건물지역에 대한 DEM 추출결과

## 감사의 글

LiDAR 자료를 제공해주신 한국수자원공사에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 최윤수, 한상득, 위광재. 2002. 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가. 한국측량학회지 20(2):23-32.
2. Priestnall G., Jaafar J. and Duncan A. 2000. Extraction urban features from LiDAR digital surface models. Computers, Environment and Urban Systems 24:65-78.
3. Marks, K., and Bates, P. 2000. Integration of high resolution topographic data with floodplain flow models. Hydrological Processes.
4. Baltsavias, E. P.(1999-A). "Airborne laser scanning:existing systems and firms and other resources, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol.54, pp.164-198
5. 이근상, 고덕구, 김우구. 2004. 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법 연구. 한국지리정보학회지 7(1). 52-61.
6. Lemmens, M., Deijers, H., Looman, P., 1997, Building detection by fusing airborne laser-altimeter DEMs and 2D digital maps. IAPRS 32, 29-42 Part 3-4W2
7. Haala, N., Brenner, C. and Anders, K. 1998. "3D Urban GIS from Laser Altimeter and 2D Map Data.", in ISPRS Proceedings of Commission III Symposium on Object Recognition and Scene Classification from Multispectral and Multisensor Pixel, Columbus, Ohio, USA. Vol. 32 Part 3/1 pp. 339-346
8. Githuku, A. 1998. "A Conceptual Framework for Object Recognition and Surface Reconstruction from High Resolution Multispectral and Hyperspectral Imagery." in ISPRS Proceedings of Commission III Symposium in Object Recognition and Scene Classification from Multispectral and Multisensor Pixels, Columbus, Ohio, USA. Vol. 32 Part 3/1, pp. 452-463
9. 이원희, 유기윤. 2003. "수치지도와 LiDAR 자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링". 2003 공동 춘계학술대회 논문집, pp.394-399.
10. Lin, C., Huertas, A. and Nevatia, R.(1995). "Detection of Buildings from Monocular Images", Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images. Birkhauser-Verlag, Basel, pp.125-134
11. McKeown, D.(1996). "Top Ten Lessons Learned In Automated Cartography", Proceedings of the 1996 DARPA Image Understanding Workshop, Palm Springs, CA.
12. Timothy L. haithcoat, Wenbo Song and James D. Hipple.(2001). "Building Footprint Extraction and 3-D Reconstruction from LIDAR Data", IEEE/ISPRS Joint Workshop in Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas. pp.74-78