

원격탐사자료와 GIS를 활용한 도시 표면온도의 공간적 분포특성에 관한 연구

조명희¹ · 이광재² · 김운수³

A Study on the Spatial Distribution Characteristic of Urban Surface Temperature using Remotely Sensed Data and GIS

Myung-Hee Jo¹ · Kwang-Jae Lee² · Woon-Soo Kim³

요 약

본 연구에서는 도시표면온도를 추출하기 위하여 다시기 Landsat TM band 6 영상을 이용하여 과학기술부의 4가지 모델 즉 two-point linear model, linear regression model, quadratic regression model, cubic regression model에 대하여 각각 공간분석을 실시하였으며 그 결과를 AWS(automatic weather station) 관측자료와 상관 및 회귀분석 함과 동시에 GIS 공간분석 기법을 이용하여 도시 표면온도의 공간적 분포특성을 규명하였다. Landsat TM band 6으로부터 추출된 표면온도를 기초로 하여 토지피복별 표면온도 분포를 분석한 결과 도시 및 나지 지역이 가장 높은 온도분포대를 형성하고 있었으며, 표면온도와 NDVI간의 상관분석결과 평균 -0.85 정도의 음의 상관성을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 향후 기상환경 특성을 고려한 도시계획수립에 있어 중요한 인자로 작용할 것으로 사료된다.

주요어: 위성영상, 지리정보시스템, 표면온도, 무인자동기상관측망, 식생지수

ABSTRACT

This study used four theoretical models, such as two-point linear model, linear regression model, quadratic regression model and cubic regression model which are presented from The Ministry of Science and Technology, for extraction of urban surface temperature from Landsat TM band 6 image. Through correlation and regression analysis between result of four models and AWS(automatic weather station) observation data, this study could verify spatial distribution characteristic of urban surface temperature using GIS spatial analysis method. The result of analysis for surface temperature by landcover showed that the urban and the barren land belonged to the highest surface temperature

2001년 3월 4일 접수 Received on March 4, 2001

1 경일대학교 도시정보지적공학과 (mhjo@bear.kyungil.ac.kr)

Dept. of Urban Information & Cadastral Engineering, Kyungil University

2 경일대학교 대학원 도시정보지적공학과 (leek-j@hanmail.net)

Dept. of Urban Information & Cadastral Engineering, Kyungil University

3 서울시정개발연구원 도시환경연구부(woonkim@sdi.re.kr) Dept. of Urban Environment, Seoul Development Institute

class. And there was also -0.85 correlation in the result of correlation analysis between surface temperature and NDVI. In this result, the meteorological environmental characteristics would be regarded as one of the important factor in urban planning.

KEYWORDS : *Satellite Image, Geographic Information System, Surface Temperature, Automatic Weather Station, NDVI*

서 론

오늘날 환경 문제가 심각해짐에 따라 환경에 미치는 인간의 영향에 대한 관심이 고조되는 한편 도시화와 더불어 나타나는 도시기후에 대한 관심도 점차 높아지고 있는 실정이다. 산업사회의 발달은 지속적인 인구집중화 현상에 따라 도시주변에서는 도시역의 확대, 택지개발 등에 의한 지표면피복 변화를 심각하게 발생시키고 있다. 이러한 인공적인 개발로 인하여 기온상승, 바람장의 변화 그리고 대기오염 물질의 증가 등 복합적인 국지기후 변화를 초래하게 되었다.

도시기후와 같은 소기후를 연구하기 위해서는 도시는 물론 그 주변의 농촌지역에 이르기까지 조밀한 기상관측망이 필요하다. 종래에는 지상의 고정기상관측자료를 토대로 기상현상을 규명하여왔으나 국내의 경우 기상관측망의 밀도가 도시기후를 파악하기에 충분할 만큼 조밀하지 못한 실정에 있다. 또한 대부분의 기상관측소 위치가 도심과 산업시설 등으로부터 분리되어 있으며 시가지보다 높은 해발고도에 자리잡고 있는 등 관측지점의 온도가 갖는 지역적 대표성이 문제가 되고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 보다 많은 인적·물적자원이 요구되고 있어 현실적으로 도시기후에 관하여 연구하려면 기초자료부터 측정하여야 하는 어려움이 있다.

그러나 최근 위성영상자료를 이용한 원격탐사기법과 GIS와 같은 종합적인 공간정보기술을 바탕으로 이러한 문제점을 해결하기 위한 다양한 방법론적 연구가 이루어지고 있는데, 양인태 등(1995)은 Landsat TM 영상을 이

용하여 쓰레기 매립지에서 발생하는 열 분포를 해석한 바 있으며, 박인환 등(1999)은 Landsat TM 영상을 활용하여 추이대를 중심으로 경북 3개 도시의 열섬현상을, 박경훈과 정성관(1999)은 대구광역시의 열섬효과를 식생지수와 함께 분석하였다. 또한 Ahn 등(1995)은 기상관측 및 원격탐사자료와 GIS를 바탕으로 지표에너지 관계식을 이용한 광역증발산량을 추정하는 방법론적 연구를 수행한 바 있다.

한편 Griend 등(1993)은 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 영상자료를 이용한 식생지수와 표면온도의 상관성 분석을 통하여 지표면의 피복상태에 따른 온도분포의 추정가능성에 관하여 분석한 바 있으며 Prakash와 Gupta(1999)는 Landsat TM 자료를 사용하여 인도탄전지대의 지표화재 연구에 있어서 표면온도를 추정하고 그 분포 파악에 관한 연구를 수행한 바 있다.

본 연구는 서울시의 25개 구를 대상으로 다시기 Landsat TM band 6의 DN(digital number) 값을 활용하여 표면온도를 추출한 후, 이를 서울시의 AWS(automatic weather station) 기온자료와 회귀분석을 실시함으로써 서울시지역 표면온도를 추출할 수 있는 새로운 회귀식을 도출하고자 한다. 또한 토지피복패턴 및 NDVI(normalized difference vegetation index)별 도시표면온도의 분포특성을 GIS 공간분석 기법을 활용하여 시계열적으로 분석하고자 한다. 이와 같이 도시지역 표면온도의 공간적 분포특성 해석에 있어 원격탐사자료와 GIS의 다양한 공간분석 기법을 활용함으로써 그 적용 가능성을 규명하고자 한다.



FIGURE 1. The study area(Apr. 19. 1999)

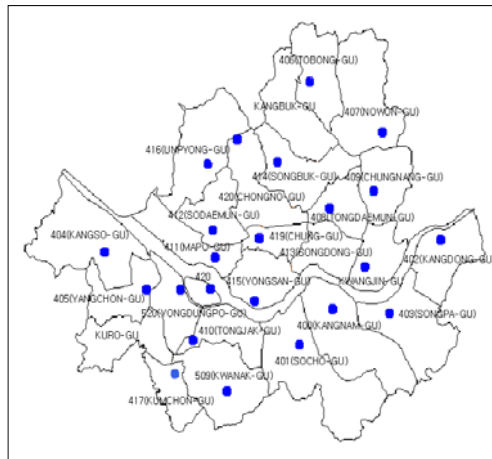


FIGURE 2. The location of AWS in Seoul

연구자료 및 방법

서울시 도시표면온도의 분포특성을 보다 효과적으로 규명하고자 본 연구에서는 다중시기(multi-temporal) Landsat TM(Apr. 19. 1999, Jun. 16. 1997, Oct. 22. 1997, Jan. 21. 1996 촬영) 영상, 서울시 23개 지점의 AWS 시간대별 기온자료, 1:25,000 지형도 및 1:5,000 수

치지도를 이용하였다. 본 연구의 수행절차는 그림 3과 같다.

우선 서울시 23개 지점의 AWS 자료를 Landsat TM 영상의 서울 촬영시간대를 고려하여 오전 10시 기준으로 기온자료를 추출하였으며 1:25,000 지형도와 Arc/Info GIS tool을 이용하여 연구대상지역의 GIS 수치주제도를 작성하였다. 또한 다시기 Landsat

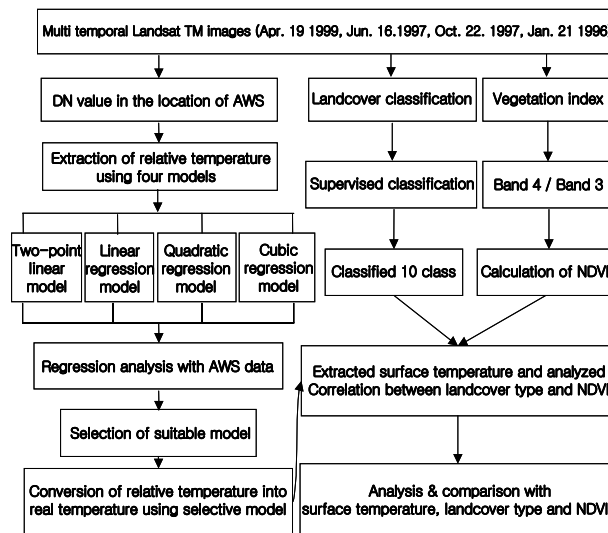


FIGURE 3. The flow chart of data processing

TM(band 4/3/2)영상을 1:25,000 지형도에서 GCP(ground control point)를 추출하여 Unix ERDAS Imagine 8.3으로 기하보정을 실시하였다. 분류에 있어 가장 중요한 모식지역(training area)선정은 1:5,000 수치지도 및 '서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립에 관한 연구보고서'(서울시, 2000a)를 기초로 하여 모식지역을 선정하였으며 감독분류 기법 중 maximum likelihood classification 기법으로 10개 클래스로 분류를 실시하였다. 한편 연구대상지역 표면온도의 공간적 분포특성 분석을 위하여 Landsat TM band 6의 DN값과 23개 AWS 지점에 대한 실측온도와 회귀 분석을 실시하여 대상지역의 표면온도를 해석할 수 있는 회귀식을 도출하였다.

이와 같이 서울시 표면온도를 도출하는 과정에서 기존의 4개 모델을 활용하여 각 모델별 표면온도를 계산한 후 이를 AWS 실측온도와의 회귀분석을 통하여 전체 연구대상지역의 표면온도를 해석하였다. 또한 식생의 활력도를 나타내는 NDVI는 -1에서 1사이의 값을 나타내는데 본 연구에서는 이를 8bit 값을 가지는 이미지로 변환한 후 10개의 클래스로 재분류하였다.

Landsat TM 영상을 활용한 도시 표면온도 추출

1. Landsat TM band 6 DN값을 이용한 표면온도 추출

Landsat TM band 6 DN값과 각 모델을 통하여 추출된 표면온도는 이론적인 모델온도로서 AWS 실측온도와는 상대적으로 차이가 있다. 따라서 각 모델별로 구해진 표면온도를 AWS에서 얻어진 실측온도와 상관 및 회귀분석을 수행함으로써 각 계절별 영상을 활용하여 절대온도로 전환할 수 있는 다른 회귀식을 도출하였다. 이와 같이 본 연구에서는 서울시 표면온도를 추출하는 과정에서 기존의 4가지 모델을 활용하였다.

- ① Two-point linear model
온도(, K) = 203.2+0.541176×TM6
- ② Linear regression model
온도(, K) = 219.97218+0.525959×TM6
- ③ Quadratic regression model
온도(, K) = 209.830966+0.834313×TM6
-0.001372×TM6²
- ④ Cubic regression model
온도(, K) = 206.127+1.054×TM6-
0.003714×TM6²+6.60655
×10⁻⁶×TM6³

위의 식을 통하여 얻어지는 온도는 절대온도로써 이를 아래와 같은 식을 이용하여 섭씨온도로 환산하였다.

$$\text{섭씨온도}(^{\circ}\text{C}) = \text{절대온도}(^{\circ}\text{K}) - 273.15$$

표 1의 결과를 기초로 하여 각 계절별로 도출된 회귀식을 이용하여 연구대상지역의 표

TABLE 1. Regression equations between AWS temperature and Model temperature

Year	Suitable Models	Regression Equation	R ²
Apr. 19. 1999	Quadratic regression model	Y = 1.2643x - 10.790	0.8151
Jun. 16. 1997	Linear regression model	Y = 0.5731x + 14.164	0.8640
Oct. 22. 1997	Quadratic regression model	Y = 1.2439x - 6.7449	0.8036
Jan. 21. 1996	Cubic regression model	Y = 1.1104x - 0.8665	0.7683

※ Dependent variable : real temperature, Independent variable : relative temperature

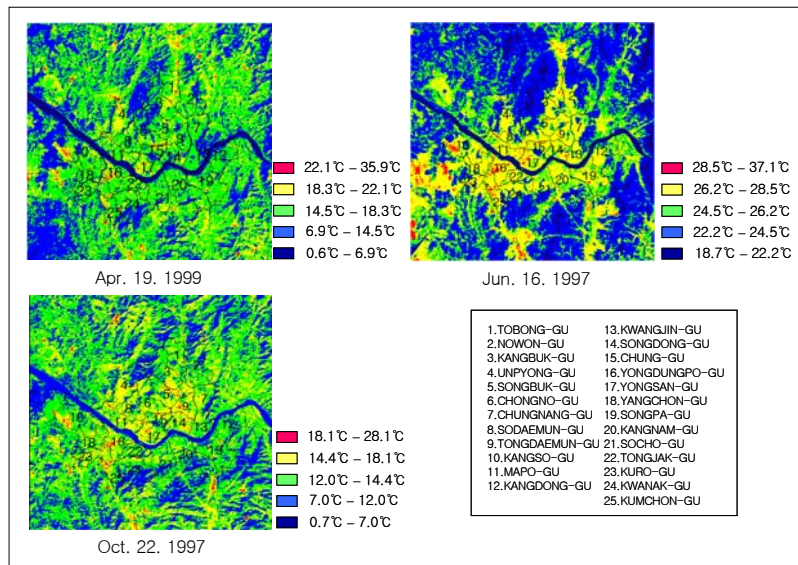


FIGURE 4. Distribution of surface temperature

면온도를 추출한 후 이를 5개의 클래스로 재분류하였다(그림 4).

그림 4의 결과에서 4월 봄 영상에서는 영등포구, 용산구, 구로구가 평균 20°C 이상의 높은 표면온도대를 형성하고 있었으며, 중랑구가 가장 낮은 온도분포대를 나타내었다. 6월 여름 영상에서는 영등포구가 용산구, 강서구 일부 상업지역과 함께 가장 높은 29°C 이상의 고온대를 이루고 있는 반면, 강북구가 평균 26°C 이하의 가장 낮은 온도분포대를 형성하고 있었다. 한편 10월 가을 영상에서는 전반적으로 표면온도가 14°C~18°C 사이에 분포하고 있음을 알 수 있었다.

2. 토지피복분류 및 NDVI 분포도 작성

본 연구에서는 1:5,000 수치지도와 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립에 관한 연구보고서를 기초로 각 클래스별 vector 자료를 활용하여 총 10개 클래스(삼림, 수계, 나지, 교통시설, 주거지역, 상업지역, 공장지역, 문화유적지, 경작지, 기타지역)로 토지 피복분류를 수행하였다. 또한 식물의 활력도와

녹지 피복에 따른 가시광선 및 근적외선 파장대역의 반사량을 이용하는 정규식생지수(NDVI)를 표면온도와 상관성 분석을 위하여 아래와 같은 공식을 이용하여 10개의 클래스로 분류된 NDVI 분포도를 작성하였다.

$$NDVI = \frac{\text{Band 4} - \text{Band 3}}{\text{Band 4} + \text{Band 3}}$$

서울시지역 토지피복분류결과 산림, 주거, 상업지역이 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 구별 토지피복현황을 살펴보면 서초구, 노원구, 관악구, 은평구 등이 비교적 넓은 녹지지역을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 이 중 서초구에서 가장 넓은 녹지면적을 확인할 수 있었다. 도시화지역 면적이 넓은 구로는 강남구, 강서구, 마포구, 서초구, 성북구, 영등포구 등이며, 강남구, 송파구, 강서구, 서초구는 주거지역 면적이 넓으며 구로구, 금천구, 성동구에서는 공업단지가 밀집되어 있는 것으로 확인되었다.

한편 이러한 도시화지역 면적이 넓은 지역에서는 NDVI 값이 상대적으로 낮게 나타났

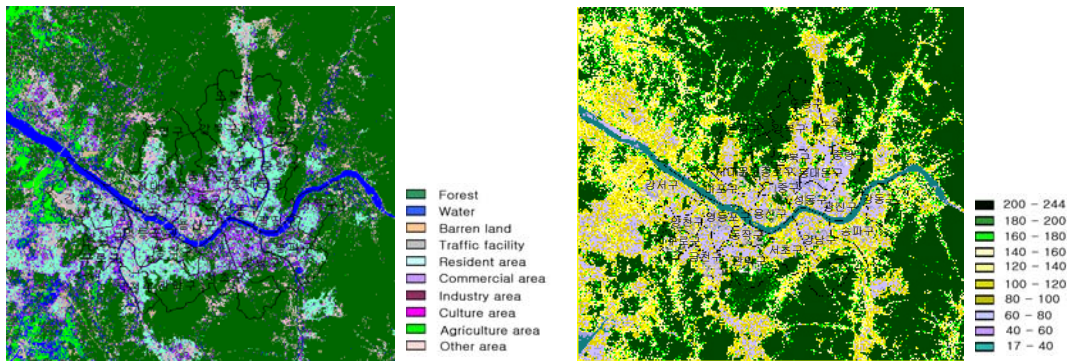


FIGURE 5. Landcover classification and NDVI distribution map in Seoul(Jun. 16, 1997)

며, 일부 도심의 공원녹지 지역에서만 비교적 높은 NDVI 값을 확인할 수 있었다. 한편 서초구, 관악구, 노원구, 은평구 등 녹지면적이 넓은 지역은 다른 지역에 비해 높은 NDVI 분포대를 형성하고 있는 것으로 확인되었는데, 도시외곽으로 갈수록 이러한 현상은 더욱 명확하게 나타났다(그림 5).

도시 열 환경의 공간적 분포특성 해석

1. 토지피복분류별 표면온도 분석

Landsat TM band 6을 활용하여 추출된 표면온도를 기초로 토지피복별 표면온도의 평균값을 분석하기 위하여, 본 연구에서는 총 600지점에서 sample 자료를 획득함과 동시에 분류결과의 명료함을 위하여 교통시설, 주거·상업지역, 문화유적지 및 기타지역을 도시지역

클래스로 편입시켰다. 한편 대단위 공업단지의 열 분포패턴을 일반 도시지역과 구분하기 위하여 공장지역은 별도의 클래스로 분류하였다. 그 결과는 표 2와 같다.

표 2의 결과에서 나타나듯이 4월에는 공장지역이 도시지역보다 0.4℃ 정도 낮게 나타났지만 다른 시기에서는 공장지역이 0.5~1.5℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 구로구, 금천구 등과 같이 공업단지가 밀집되어 있는 지역이 주거 및 상업지역 등으로 이루어진 일반 도시지역보다 평균 표면온도가 높은 것으로 확인되었다. 표 2의 결과로 토지피복분류 형태에 따라서 도시 표면온도 분포패턴이 명확히 다르며, 전반적으로 공장지역>도시지역>나지>경작지>산림>수계 순으로 높은 온도분포대를 형성하고 있다는 사실을 알 수 있었다.

TABLE 2. Surface temperature by landcover class unit : ℃

Class	Apr. 19, 1999	Jun. 16, 1997	Oct. 22, 1997	Jan. 21, 1996
Forest	15.986	23.864	12.563	-4.196
Water	3.759	21.634	10.528	0.430
Barren land	12.088	26.451	16.834	0.887
Agriculture area	13.808	24.498	14.188	-0.619
Urban area	20.124	28.504	16.083	-1.220
Industry area	19.783	30.382	17.701	0.560

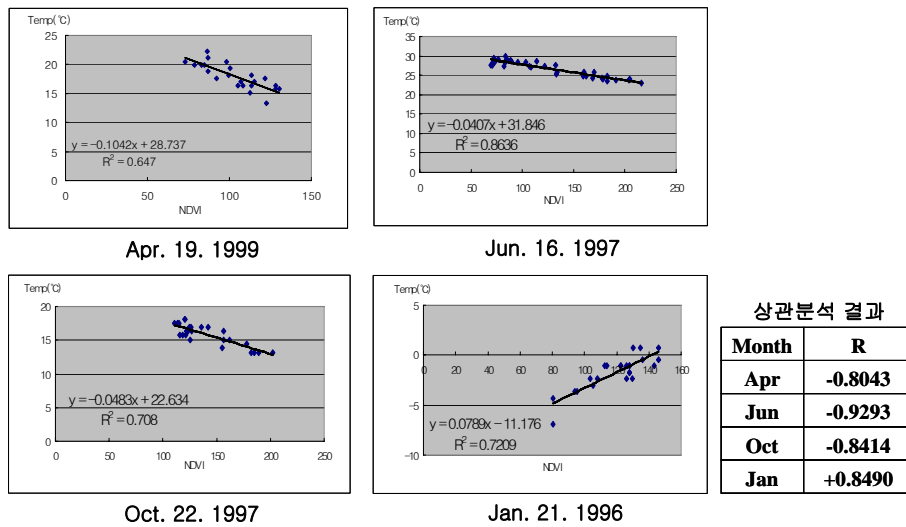


FIGURE 6. Correlation and regression analysis between surface temperature and NDVI

2. 표면온도와 NDVI의 상관성 분석

표면온도와 NDVI간의 상관정도를 파악하기 위하여 무작위로 선정한 500지점에서 획득한 sample 자료를 기초로 피어슨의 상관계수 (Pearson correlation coefficient: R)를 구하였

다(그림 6).

그림 6의 상관계수(R)에서 나타나듯이 표면온도와 NDVI 사이에는 뚜렷한 부(-)의 상관관계가 존재하고 있다는 사실을 확인할 수 있었지만, 1월 영상에서는 표면온도와 NDVI 간

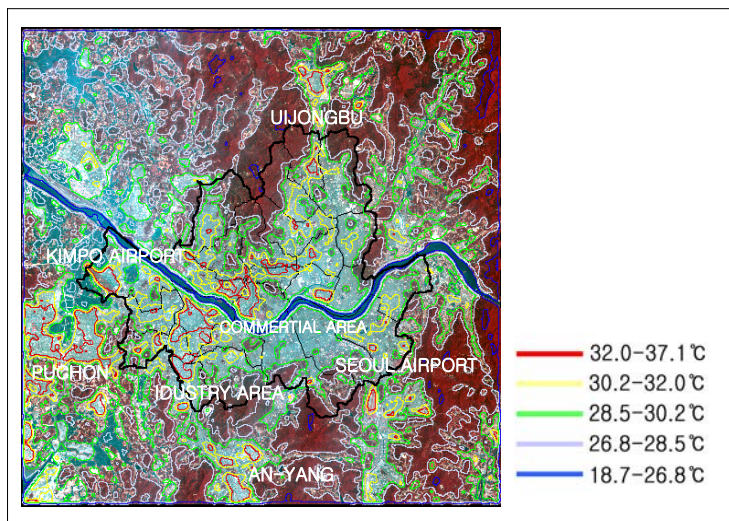


FIGURE 7. Spatial distribution of surface temperature using GIS(Jun. 16, 1997)

에 정(+)의 상관관계가 존재하고 있었다. 하지만 이와 같은 상관분석은 변수들간의 관련성 여부 및 관련이 있다면 어느 정도의 관련성이 있는지를 분석하기 위한 것으로, 두 변수사이의 관계에 대한 인과관계는 설명할 수 없기 때문에 이를 해석하기 위하여 선형회귀분석(linear regression analysis)을 실시하였다. 그 결과 그림 6에서와 같이 각 계절별로 회귀식을 도출하였으며, 이 식에 대한 적합도 분석은 결정계수(R^2)로 설명될 수 있는데 1997년 6월 여름영상의 경우 NDVI에 의한 표면온도를 86% 정도까지 설명할 수 있을 것으로 판단된다.

3. GIS 공간분석 기능을 활용한 도시표면 온도 분포 해석

Landsat TM band 6으로부터 추출된 표면온도를 5등급으로 백터화하여 등온선을 구축하였다. 이는 GIS의 공간분석 기능을 활용함으로써 보다 효과적으로 도시 표면온도의 공간적 분포패턴을 분석하기 위함이다.

그림 7에서 나타나듯이 김포 및 서울공항 지역, 금천구의 공장지역 그리고 여의도 및 도심의 중심상업지역이 상대적으로 다른 지역보다 높은 표면온도 분포대를 형성하고 있음을 알 수 있었는데 이들 지역은 모두 토지피복분류상에서 도시지역(교통시설, 공장 및 상업지역)으로 분류되었던 지역들이었다.

또한 연구대상지역을 종축 6km, 횡축 3km 간격으로 표면온도를 추출하여 토지피복패턴과 함께 서울 도심 거리별 표면온도의 분포특성을 분석하였다. 그림 8은 강서구(X: 179078.2262, Y: 451217.2185)에서 강동구(X: 179078.2262, Y: 487217.2185)까지 3km간격으로 주로 4개의 토지피복 클래스에서 추출된 표면온도의 결과로서, 도시지역(공장 및 상업지역)이 수계, 경작지보다 높은 표면온도 분포대를 형성하고 있음이 다시 한번 확인되었다.

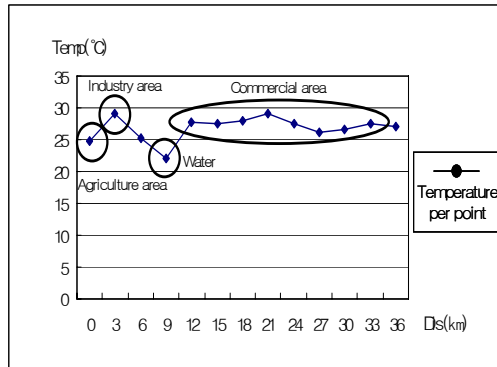


FIGURE 8. Surface temperature variation by distance(Jun. 16. 1997)

요약 및 결론

다시기 Landsat TM 영상을 이용한 도시표면온도를 추출함에 있어서 기존의 4가지 모델을 활용하여 새로운 회귀식을 도출할 수 있었는데, 이를 통하여 시기별 연구대상지역의 표면온도의 공간적 분포특성을 파악할 수 있었다. 또한 GIS 공간분석 기능을 활용함으로써 특정지역별로 보다 세분화된 분석을 수행할 수 있었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Landsat TM band 6을 이용한 도시표면온도 추출에 있어서 1차 분석을 통하여 계절별로 AWS 현지기온자료와 가장 상관성이 높은 모델을 선정하여 도시표면온도를 추출하였는데, 봄과 가을에는 quadratic regression model, 여름에는 linear regression model이 그리고 겨울에는 cubic regression model이 가장 상관성이 높았다. 하지만 이들 모델을 활용하여 추출된 온도자료를 현지관측자료와 비교할 경우 약 1.5°C~2°C 정도의 온도차이를 확인할 수 있었다.
2. 서울시 구별 토지피복분류 결과를 살펴보면 서초구, 노원구, 관악구, 은평구 등이 넓은 녹지지역을 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 강남구, 송파구, 강서구,

서초구는 주거지역 면적이 넓으며 구로구, 금천구, 성동구는 상대적으로 다른 지역에 비해 공업단지가 밀집되어 있는 것으로 확인되었다. 이러한 도시화지역 중 일부 공원녹지 지역을 제외한 나머지 지역은 평균적으로 낮은 NDVI 분포대를 형성하고 있는 것으로 확인되었다.

3. 토지피복패턴별 평균 표면온도를 분석한 결과 공장지역, 도시지역, 나지, 경작지, 삼림, 수계 순으로 높은 표면온도 분포 현상을 보였는데, 이와 같은 결과는 도심을 횡단거리별로 세분화하여 표면온도를 추출하였을 때의 결과와 매우 비슷하게 나타났음이 확인되었다. 전반적으로 영등포구, 용산구, 강서구, 구로구가 높은 표면온도 분포대를 형성하고 있는 것으로 나타났다.
4. 1월 겨울영상을 제외한 다른 시기 영상에서는 표면온도와 NDVI사이에 뚜렷한 부(-)의 상관성이 존재하는데, 이를 회귀 분석한 결과 본 연구에서는 NDVI에 의한 표면온도를 약 70%정도 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 1월 영상에서 나타난 부(-)의 상관성을 합리적으로 설명하기 위해서는 향후 보다 세분화된 분석의 필요성이 대두되었다.
5. GIS 공간분석 기법을 활용하여 표면온도의 공간적 분포특성을 파악하였는데 그 결과, 김포 및 서울공항지역, 금천구의 공장지역, 여의도 및 도심의 중심상업지역이 상대적으로 다른 지역보다 높은 표면온도 분포대를 형성하고 있음을 파악하였다. 한편 이들 지역은 모두 토지 피복분류상에서 도시지역(교통시설, 공장 및 상업지역)으로 분류되었던 지역들이었다.

이와 같은 연구 결과는 향후 기상특성을 고려한 도시환경특성에 적합한 환경 친화적 도시계획수립에 있어 중요한 요소로 작용할 것으로 사료된다. 하지만 본 연구에서는 표면

온도, 토지피복패턴 및 NDVI 상호간의 상관성을 비교·분석하기 위하여 임의의 지점에서 sample 자료를 취득하였는데 이 과정에서 객관성의 결여 및 중복된 자료 취득 등과 같은 문제점이 야기되었다. 또한 이와 같은 연구를 위해서는 보다 많은 다시기 위성영상을 활용해야 할 필요성이 대두되었으며, 대기보정을 위한 다양한 방법론적인 연구가 선행되어야 하면 향후 보다 효과적이고 합리적으로 도시표면온도의 공간적 분포특성을 파악 할 수 있을 것으로 판명된다. **KAGIS**

참고문헌

- 김영섭, 서애숙, 조명희. 1998. 원격탐사개론. 동아기술.
- 김광은, 이태섭, 오성남. 1997. 단일 채널-다중 주사각 자료를 이용한 열적외 영역 원격탐사 자료의 대기 영향 평가 기법. 대한원격탐사학회지 13(1):219-228.
- 박경훈, 정성관. 1999. 광역적 녹지계획 수립을 위한 도시열섬효과 분석. 한국지리정보학회지 2(3):35-45.
- 박인환, 장갑수, 김종용. 1999. 추이대를 중심으로 한 경상북도 3개 도시의 열섬평가. 환경영향평가 8(2):73-82.
- 서울시. 2000a. 도시생태 개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 바이오툰 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립: 1차년도 연구보고서. 서울시정개발연구원.
- 서울시. 2000b. 서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구. 서울특별시.
- 이현영. 1989. 원격탐사기법에 의한 도시열섬 연구. 지리학 (14):1-13.
- 양인태, 김만덕, 윤범한, 김연준. 1995. Landsat TM 영상에 의한 난지도 매립지의 발생 열 분포해석. 환경영향평가 14(2):59-63.
- 양영규. 1990. 위성영상 및 항공기 탑재 리모트센싱 자료 분석을 위한 마이크로컴퓨터

- 영상처리 시스템 개발연구(II). 과학기술처. 110-119쪽.
- 조명희, 이광재, 김운수, 전병운. 2001. 원격탐사자료를 이용한 도시지역 토지피복과 열분포 상관성 분석. 2001년도 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집. 통권 4호. 42-48쪽.
- 조명희, 이광재, 서애숙, 오성남, 김운수. 2000. 위성영상과 GIS를 이용한 도시표면온도의 공간적분포특성에 관한 연구. 한국지리정보학회 2000 추계학술논문발표대회. 184-191쪽.
- Ahn, C.H., S.N. Oh and J.H. Park. 1995. Mapping of areal evapotranspiration by remote sensing and GIS techniques. Journal of the Korean Society of Remote Sensing 11(1):65-80.
- Jensen, J.R. 2000. Introductory Digital Image Processing(znd ed.). Prentice Hall.
- Lambin, E. F. and D. Ehrlich. 1996. The surface temperature-vegetation index space for land-cover and land-cover change analysis. International Journal of Remote sensing 17(3):463-487.
- Markham, B.L and J. L. Becker. 1986. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. EOSAT Landsat Tech Notes 1:3-7.
- Meyer, P., K.I. Itten, T. Kellenberger, S. Sandmeier and R. Sanmeier. 1993. Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an Alpine environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 48(4):17-28.
- Prakash, A. and R. P. Gupta. 1999. Surface fires in Jharia coalfield, India - their distribution and estimation of area and temperature from TM data. International Journal of Remote Sensing 20(10):1935-1946.
- Saitoh, T.S. 1998. The present and Future State of Urban Warming in the Tokyo Metropolitan Area. In: G.S. Golany et al.(ed.). Japanese Urban Environment. Pergamon press. pp.99-116.
- Suga, Y., M. Yoshimura, S. Takeuchi and Y. Oguro. 2000. Verification of surface temperature from Landsat 7/ETM+data. The 21st Asian Conference on Remote Sensing. pp.182-187.
- Van de Griend, A.A. and M. Owd. 1993. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. International Journal of Remote Sensing 14:1119-1131.
- Vogelmann, J.E. 1999. Effects of Landsat Thematic Mapper radiometric and geometric calibrations on selected land cover analyses. Pecora 14 Proceeding. pp.143-153. **KAGIS**