

도시원격탐사에서 베리오그램을 이용한 최적의 분석범위 구역화

The optimized analysis zone districting using variogram in urban remote sensing

류희영^{*(1)}, 이기원⁽²⁾, 권병두⁽¹⁾

Hee Young Yoo^{*(1)}, Kiwon Lee⁽²⁾, Byung-Doo Kwon⁽¹⁾

(1) 서울대학교 지구과학교육과

(2) 한성대학교 정보시스템공학과

E-mail : skybluel@snu.ac.kr

요약

최근에 객체의 경계가 분명하게 나타나는 고해상도 위성영상을 분석하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 고해상도 영상을 이용해 도시지역을 세분화하여 연구하려고 할 때 분석의 범위는 임의로 결정되는 경우가 많다. 사전정보가 충분하다면 임의로 결정하는 것이 가능하지만 그렇지 않을 경우 영상만을 이용해 연구 지역의 최적 분석범위를 결정하는 것은 쉽지 않다. 이 연구에서는 영상자료의 베리오그램을 작성하고 이론적 베리오그램의 상관거리를 통해 최적의 분석범위를 결정하고자 하였다. 베리오그램의 상관거리는 객체의 크기와 객체사이의 거리가 반영된 객관적인 수치이므로 사전자료가 없는 경우 효과적으로 기본 분석단위를 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근에 위성영상을 이용하여 국토를 모니터링하거나 분석하는 사례가 증가하고 있다. 이전에는 이용 가능한 위성영상 대부분이 해상도가 낮았기 때문에 도시지역을 연구할 때 도시 내부의 각 객체를 구분하는 것이 불가능하였다. 그렇기 때문에 도시 지역 전체에 대한 복잡성을 분석하거나 도시지역과 삼림지역, 기타 여러 지역으로 구분하는 토지 피복 분류에 이용하는 것이 대부분이었다. 그러나 고해상도 영상이 이용가능하게 되면서 복잡한 도시지역을 상세하게 분석하는 것이 가능하게

되었다. 넓은 지역하나의 도시 전체와 같이 넓은 지역 대하여 분석하는 연구도 의미 있지만 때로는 하나의 도시 안에서도 더 복잡한 지역, 덜 복잡한 지역으로 나뉘는 경우가 많으므로 도시를 좀 더 세분하여 연구하여야 할 필요성이 있다. 고해상도 영상을 이용하면 각 객체를 구분하는 것이 가능해 졌기 때문에 도시를 지역별로 세분하여 연구할 수 있을 것이다. 세분하여 분석할 때, 분석의 기본 단위는 영상의 특성에 따라 도시를 구성하고 있는 객체의 크기에 따라 사용자가 임의로 결정할 수 있다. 그러나 도시에 대한 정보가 전혀 없거나 사용자가 전문가가 아닌 경

우 최적의 크기를 결정하는 것이 쉽지 않다. 따라서 정량화된 방법으로 도시를 분석하기 위한 최적의 기본 단위를 결정할 수 있다면 영상 분석을 객관적으로 진행하는데 큰 도움이 될 것이다. 이전 연구에서는 평균 지역 분산(average local variance)을 이용하여 연구에 적합한 공간 해상도를 결정하고 (Woodcock and Strahler, 1987; Jupp *et al.*, 1988, 1989) 웨이블릿 분석을 통한 공간 변화를 살펴 보았다 (Van de Wouwer *et al.*, 1999; Chen and Blong, 2003). 최근에는 지구통계학을 이용한 텍스처 계산을 통해 공간을 분석하는 기초자료로 활용하는 연구가 이루어지고 있다 (Lloyd *et al.*, 2005).

이 연구에서는 도시 내부를 세분화하여 자세히 분석하고자 할 때 분석의 기본 단위를 베리오그램을 이용하여 결정하고자 하였다.

2. 연구방법

베리오그램은 지구 통계학의 한 방법으로 일정한 거리에 있는 화소의 유사성을 알려주는 지표이다. 베리오그램을 계산하는 수식은 식(1)과 같다. 수식을 2로 나눈 것은 반베리오그램 (semi-variogram)이라 한다 (최종근 2004).

$$2\gamma(h) = E[(z(x) - z(x+h))^2] \quad (1)$$

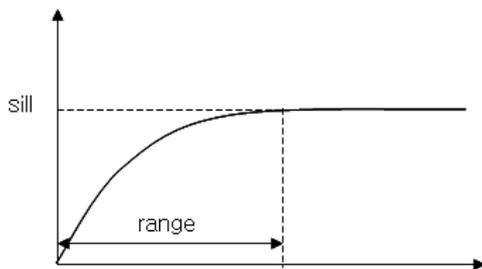


Fig. 1 전형적인 베리오그램 모델

정의된 수식에서 알 수 있듯이 베리오그램은 일정거리 h 만큼 떨어진 두 자료들 간의 차이를 제공한 것의 기댓값이다. 여기서 h 를 지연거리 또는 분리거리라 하며 두 자료간의 떨어져있는 거리를 말한다.

Fig.1은 전형적인 반베리오그램의 형태로 거리가 가까우면 그 값들이 비슷하므로 베리오그램은 일반적으로 작게 나타나고 거리가 멀어질수록 그 값이 크게 나타나는 것이 일반적 경향이다. 일반적인 경우, 분리거리가 증가하여 일정한 거리가 되면 자료 값들은 아무런 관계를 나타내지 않게 되어 반베리오그램이 일정한 값을 나타내는데 이 값을 문턱값 (sill)이라고 하고 그 문턱값은 자료의 분산을 나타낸다. 이와 같이 자료들이 상관관계를 보이는 최대 분리거리를 구간, 구간거리, 또는 상관거리(range)라 한다. 이론적으로 분리거리가 0이면 베리오그램 정의에 의하여 그 값이 0이지만, 실제 계산된 실험적 베리오그램을 이용하여 이론적 베리오그램을 찾아내는 경우에는 분리거리 0에서도 베리오그램이 0이 아닌 상수값을 나타낼 수 있는데 이를 너깃(nugget)이라 한다. 너깃의 값은 주어진 자료가 짧은 분리거리를 나타내는 자료의 불확실성을 나타낸다.

실제 자료를 이용해 그린 베리오그램을 실험적 베리오그램이라 한다. 일반적으로 실험적 베리오그램은 가장 잘 대표하는 이론적 베리오그램을 찾아 자료의 특성을 설명하고 다른 자료의 기초자료로 사용하게 되는데 이론적 베리오그램을 찾아내는 과정은 매우 중요하다. 이 과정이 최종 결과에 가장 직접적인 영향을 미치고 모델을 선택할 때 주관적인 판단이 들어가기 때문이다.

가장 널리 사용되는 이론적 베리오그램 모델은 Fig. 2에서 볼 수 있는 것처럼 다섯 가지 모델로 선형 모델, 구형 모델, 지수 모델, 가우스 모델, 너깃 모델이 있다. 이 모델의 선형 조합으로 최적의 모델을

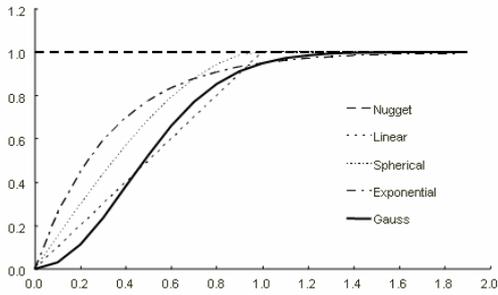


Fig. 2. 이론적 베리오그램 비교

찾아내게 된다. 이 연구에서는 지수 모델의 선형조합으로 적합한 이론적 베리오그램을 찾고자 하였다.

도시 원격탐사 영상에서 건물의 경계나 클래스의 변화는 베리오그램에 영향을 주므로 연구지역의 실제 위성 영상을 이용해 베리오그램을 작성한 후 상관거리 분석을 통해 도시 분석의 기본 범위를 결정하도록 하였다. 이 연구에서 사용한 베리오그램을 이용한 최적의 분석범위 결정기법은 정량적인 도시 분석에 도움을 줄 뿐만 아니라 상관거리 역시 그 도시의 특성을 나타내는 지표로 의미가 있을 것이다.

3, 연구 결과

이 연구에서 사용한 자료는 ISPRS (<http://www.isprs.org/data/index.html>)에서 제공하는 IKONOS 영상의 일부로 촬

영지역은 호주의 호버트이다 (Fig. 3). 사용한 영상의 해상도는 4m 컬러 영상을 그레이 스케일로 변환하여 사용하였다. 큰 건물이 있는 도심지역을 대표하는 영상 2개와 거주지를 대표하는 작은 집들이 분포하는 영상 2개를 실험 자료로 사용하였다. 각 영상의 크기는 256×256 이다.

Fig.4는 Fig. 3의 각 영상의 실험적 베리오그램으로 분리거리는 픽셀크기 4 간격으로 베리오그램을 작성하였고 분리거리 120까지 베리오그램으로 나타내었다. 시각적으로 비교해 보았을 때 도심지를 대표하는 두 개의 영상 (a), (b)의 베리오그램에서 문턱값과 분리거리가 거주지 영상 (c), (d)의 베리오그램에서 나타나는 문턱값과 분리거리보다 크다는 것을 눈으로 확인할 수 있다. 실제 문턱값과 분리거리를 수치적으로 비교해보기 위해서는 실험적 베리오그램을 잘 대표하는 이론적 베리오그램을 찾아야 한다. 이 연구에서는 지수모델의 선형조합을 이용해 이론적 베리오그램을 찾았다. 먼저 한 개의 지수모델을 이용해 각각의 이론적 베리오그램을 구하였는데 최소자승법을 이용해 최적의 베리오그램을 찾는 방법을 이용하였다 (Fig, 5). 같은 방법으로 지수모델을 세 개까지 이용하여 표현한 이론적 베리오그램은 각각 Fig. 6, 7에 나타나 있다. 실선으로 표시한 것이 이론적 베리오그램이다.

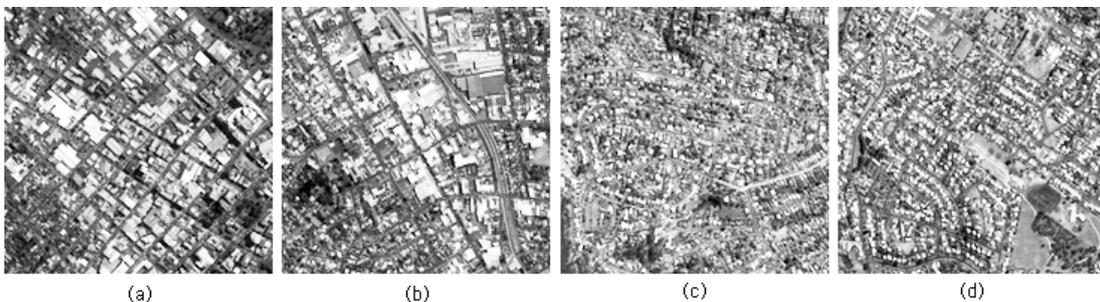


Fig. 3. 연구에 사용된 영상자료, Ikonos 4m 영상 ISPRS test data set; (a) 도심지 1, (b) 도심지 2, (c) 주거지 1, (d) 주거지 2.

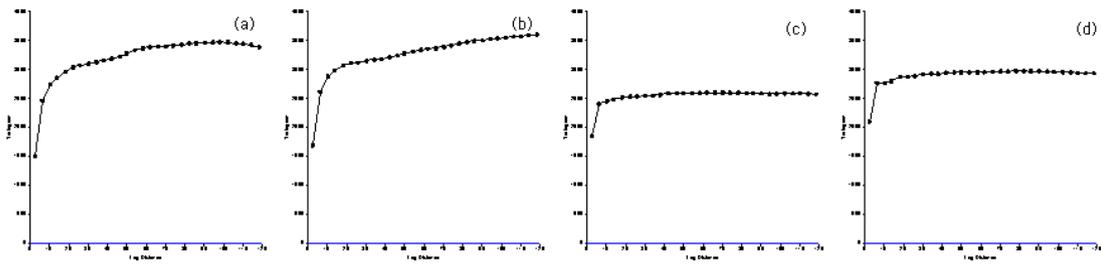


Fig. 4. 위성영상자료 (Fig. 3)의 실험적 베리오그램

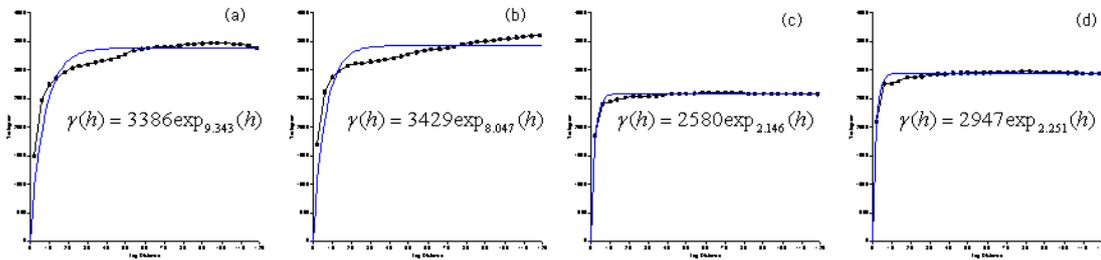


Fig. 5. 1개의 지수모델을 이용한 각 베리오그램의 이론적 베리오그램. 표식이 없는 실선이 이론적 베리오그램을 의미한다.

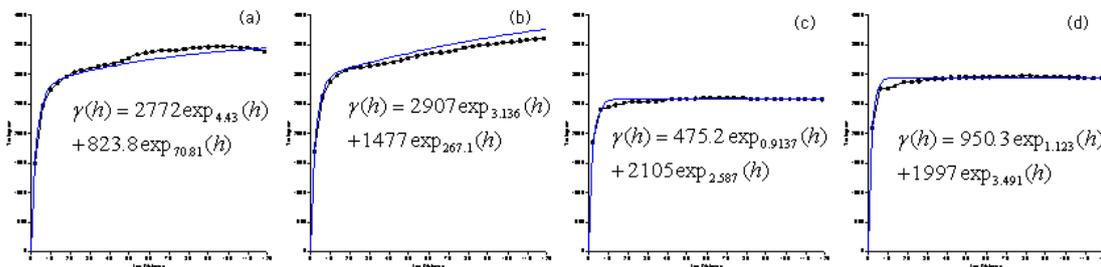


Fig. 6. 2개의 지수모델을 이용한 이론적 베리오그램. 표식이 없는 실선이 이론적 베리오그램을 의미한다.

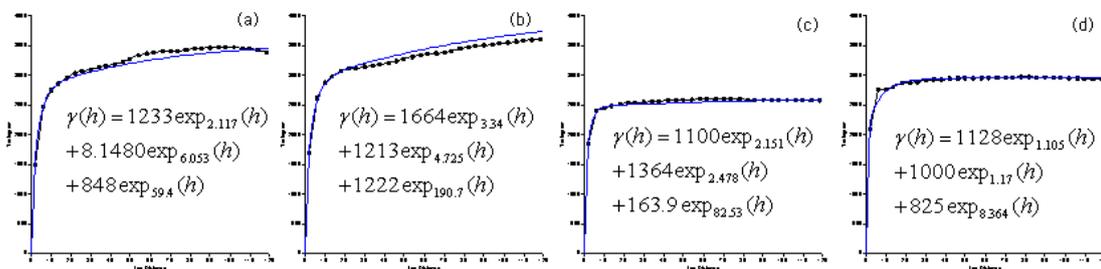


Fig. 7. 3개의 지수모델을 이용한 각 영상의 이론적 베리오그램 모델. 표식이 없는 실선이 이론적 베리오그램을 의미한다.

Table 1. 각 영상의 이론적 베리오그램의 상관거리와 문턱값

영상종류 모델수 및 순서		(a)		(b)		(c)		(d)	
		range	sill	range	sill	range	sill	range	sill
1	1	9.343	3386	8.047	3429	2.146	2580	2.251	2947
2	1	4.43	2772	3.136	2907	0.0137	475.2	1.123	950.3
	2	70.81	823.8	267.1	1477	2.587	2105	3.491	1997
3	1	2.117	1233	3.34	1664	2.151	1100	1.105	1128
	2	6.053	8.1480	4.725	1213	2.478	1364	1.17	1000
	3	59.34	848	190.7	1222	82.53	163.9	8.304	825

4. 토의

계산된 이론적 베리오그램의 상관거리는 영상 내에 존재하는 객체의 크기와 각 객체사이의 거리를 반영한 결과이다. 따라서 큰 건물이 분포하는 도심지 영상의 경우 상관거리가 더 크게 나타나고 주택과 같이 작은 건물이 분포하는 지역은 작은 상관거리를 보인다. 문턱값은 화소의 값의 변화와 밀접한 관계를 갖는데 명도 대비가 큰 객체들이 나타나는 경우 문턱값이 상대적으로 크다. 일반적으로 도심지가 더 큰 문턱값을 지닌다.

하나의 지수 모델로 이론적 베리오그램을 계산해 본 결과 도심지 영상인 (a)와 (b)는 각각 9.343과 8.047의 상관거리가 나왔다. 주거지 영상인 (c)와 (d)의 경우에는 상관거리가 각각 2.146과 2.251로 도심지보다 훨씬 작은 상관거리를 갖는다. 영상 안에 있는 객체들의 크기는 매우 다양하지만 이 상관거리는 이 영상을 평균적인 객체의 크기, 대표적으로 많이 나타나는 객체의 크기를 반영하고 있다고 생각할 수 있다. 따라서 사용한 영상의 경우 도심지역의 경우 크기 10 이상, 거주지의 경우 3이상의 단위로 분석을 해야 그 지역에 대한 분석이 가능할 것으로 판단된다. 더 많은 모델을 사용하여 이론적 베리오그램을 작성할 경우 여러 크기의 객체에 대한 상세한 상관거리를 얻을 수 있는데

각각의 상관거리 역시 다른 객체의 크기와 객체사이의 거리를 반영한다. 도심지 영상의 경우 영상 안에 주택과 큰 건물이 모두 존재하였기 때문에 세 개의 모델을 사용할 경우 주택의 크기를 반영한 작은 상관거리, 큰 건물을 의미하는 두 번째 상관거리, 일반적으로 도로 사이의 간격을 나타내는 큰 상관거리로 나타난다. 주택가 영상의 경우 대부분 비슷한 크기의 건물들이 존재하므로 작은 상관거리 두 가지는 값이 거의 유사하고 가장 큰 상관거리는 객체사이의 거리나 도로 사이의 거리를 의미하게 된다. 따라서 원하는 연구 목적에 따라 베리오그램의 상관거리를 바탕으로 분석 단위를 결정하는 것이 가능하게 된다.

5. 결론

이 연구에서는 위성영상 자료를 대표할 수 있는 이론적 베리오그램의 상관거리를 이용하여 도시원격탐사분야에서 최적의 분석단위를 결정하고자 하였다. 이를 검증하기 위해 크기가 다른 객체가 포함된 실험 영상을 이용하였다. 베리오그램에서의 상관거리는 객체의 크기와 객체사이의 거리를 반영하기 때문에 영상에 나타나는 대표적인 객체의 크기를 수치화하는 것이 가능해지고 이를 이용하면 연구지역에 대한 사전정보가 없더라도 정량적으로 분석

단위를 결정할 수 있게 된다. 이 연구의 결과는 각각의 객체를 구분할 수 있는 고해상도 영상을 이용해 도시를 분석하고 모니터링할 때 객관적으로 분석의 기초 단위를 결정하는데 도움을 주기 때문에 앞으로 이용 가능한 고해상도 영상이 많아지면 그 활용가능성도 높아질 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발 사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호: 07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

최종근, 2004. 공간정보 모델링, 구미서관
 Chen, K. and Blong, R., 2003. Identifying the characteristic scale of scene variation in fine spatial scale resolution imagery with wavelet transform-based sub-image, statistics, *International Journal of Remote Sensing*, 24: 1983 - 1989.
 Jupp, D.L.B., Strahler, A.H., and Woodcock, C.E., 1988. Autocorrelation and regularization in digital images I. Basic theory,

IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 26: 463 - 473.
 Jupp, D.L.B., Strahler, A.H., and Woodcock, C.E., 1989. Autocorrelation and regularization in digital images II. Simple image models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 27: 247 - 258.
 Lloyd, C., Atkinson, P. and Aplin, P., 2005. Characterising local spatial variation in land cover using geostatistical functions and the discrete wavelet transform, *Geostatistics for Environmental Applications: Proceedings of the Fifth European Conference on Geostatistics for Environmental Applications*, pp.391-402.
 Van de Wouwer, G., Scheunders, P. and Van Dyck, D., 1999, Statistical texture characterisation from discrete wavelet representations, *IEEE Transactions on Image Processing*, pp. 592 - 598.
 Woodcock, C.E. and Strahler, A.H., 1987. The factor of scale in remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 21: 311 - 322.