

표면 파라미터 계산시 모델링 인자에 따른 조정계산 추정 성능의 사전 비교분석

A-priori Comparative Assessment of the Performance of Adjustment Models for Estimation of the Surface Parameters against Modeling Factors

서 수 영*

Su Young Seo

요약 본 연구는 표면 파라미터 추정시 고려하는 주요 인자별로 각 조정모델들을 분류하고 그들의 추정정확도를 사전분석함으로써 이들 모델링 인자들이 각 대상파라미터의 추정에 주는 영향을 정량적으로 분석하였다. 현재 지표면형상에 대한 정보를 취득하기 위하여 라이다영상, 항공영상, SAR영상 등 다양한 자료가 활용되고 있고, 이들로부터 지표면 형상을 정량적으로 분석하기 위해서는 임의지점 주위의 관측값들을 이용하여 해당 지점의 형상을 구체적으로 파악하게 된다. 이러한 형상정보는 관측값 범위지정, 가중치방식, 그리고 수학적모델링 등 여러 인자들을 선정하여 산정할 수 있지만, 각 선정인자에 따라 표면의 형상정보는 다르게 산정되고 또한 그 정확도도 상이하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 표면의 형상정보추출시 조정계산 인자들 따른 이러한 정확도를 비교함으로써 인자별 추정 정확도 변화 경향에 대한 진단을 실시하였다. 본 연구에서는 표면형상정보로 표고, 경사, 곡면의 2차계수를 대상으로 하고, 수학적함수, 커널크기, 가중유형별로 조정계산모델들을 구성하여 사전통계량을 계산하였고, 이에 따라 전통계량 변화를 비교 분석함으로써, 각 조정모델의 추정성능을 조정계산인자에 따라 정량적으로 비교분석하였다.

키워드 : 표면 파라미터, 고도자료, 사전분석, 조정계산, 모델링 인자

Abstract This study performed quantitative assessment of the performance of adjustment models by a-priori analysis of the statistics of the surface parameter estimates against modeling factors. Lidar, airborne imagery, and SAR imagery have been used to acquire the earth surface elevation, where the shape properties of the surface need to be determined through neighboring observations around target location. In this study, parameters which are selected to be estimated are elevation, slope, second order coefficient. In this study, several factors which are needed to be specified to compose adjustment models are classified into three types: mathematical functions, kernel sizes, and weighting types. Accordingly, a-priori standard deviations of the parameters are computed for varying adjustment models. Then their corresponding confidence regions for both the standard deviation of the estimate and the estimate itself are calculated in association with probability distributions. Thereafter, the resulting confidence regions are compared to each other against the factors constituting the adjustment models and the quantitative performance of adjustment models are ascertained.

Keywords : Surface Parameters, Elevation Data, A-priori Analysis, Adjustment Computation, Modeling Factors

1. 서론

현재 국내에서는 LiDAR측량기술이 도입되어 지형지물에 대한 정확한 고도자료를 취득하는데 활용

하고 있다. 고도자료는 항공사진영상과 달리 지표면의 직접적인 표고관측을 통하여 표면에 대한 절대 위치를 결정하게 된다. 이러한 장점으로 인해 LiDAR 원시자료는 단순히 TIN(Triangulated Irre-

† 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2010-0023092).

* 경북대학교 공과대학 토목공학과 조교수, syseo@knu.ac.kr (교신저자)

gular Network), mesh, 등고선, 음영기복도 등으로 지표면의 윤곽을 나타내는데 매우 효과적이라고 할 수 있다. 나아가 지형지물의 형태를 도화하는 과정을 자동화하는 경우 3차원의 위치로부터 유추되는 표면들을 조합해 감으로써 항공사진에 비해 3차원 면구성에 있어 유리한 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 자동화 과정에서 표면형태를 결정하고 그들에 대한 기하요소를 결정하는 것은 전체 모델을 구성하기 위한 필수과정이라는 관점에서 면밀히 분석해 볼 필요가 있다고 판단하고, 고도자료로부터 3차원 표면형태를 구성하는 방법과 관련하여 다음과 같이 살펴 보았다.

정형섭 등(2008), 임새복 등(2009)은 인접한 표고들로부터 평균, 표준편차, 및 경사각을 분석하여 표면형태를 표현할 함수를 결정하기 위하여 단계적인 임계치를 활용하는 방법을 제안하였다[7,6]. 이진형 등(2010)은 지붕 형상 판별을 위하여 평면, 돛형, 아치형으로 분류하여 최적함수를 결정하였다[4]. Filin 등(2005)은 단순 TIN구조 등이 복층구조의 고도자료를 나타내는데 한계가 있음을 극복하기 위하여 인접영역내 3차원 평면패치의 경사의 변화에 따라 적절히 점간 연관성을 나타내는 인접성 구조화 알고리즘을 제안하였다[1]. 최연웅 등 (2009)은 정규격자형식과 벡터형식의 LiDAR 원시자료의 비교 대상점을 중심으로 방향별로 일정수이상의 샘플링을 하여 지면정보를 추출하는 방법이 효과적임을 보였다[8].

한편, 고도자료에 대한 정확도와 관련하여 이현직 등(2007) LiDAR측량을 통하여 수치지도 제작시 항공사진에 의해 작성된 지형도와 비교하여 정확도에 대한 향상방안을 제안하였다[5]. 공간정보구축 측면에서 Seo (2008)은 다양한 센서자료로부터 표면에 대한 정보를 추출하여 의미있는 정보를 추출하고 활용하는 방법들에 대하여 비교분석하였다[2]. 영상의 분할 측면에서 성철웅 등(2007)은 동적 가변 윈도우를 활용하여 주어진 항공 라이다 자료를 지표면 유형별로 분류하였다[3].

기존연구에서 고도자료에서 3차원의 평면이나 곡면을 추출하고 지형지물의 경계와 형태를 결정하는 것은 자동화과정의 필수단계라고 할 수 있다. 이러한 자동화과정의 정확도검증을 위하여 건물 지붕면의 형태를 결정하는 경우 기존연구에서는 각 코너점에서 좌표변위량의 분석을 통하여 정량화하였다.

한편, 임의의 위치에서 기하요소와 그에 대한 신뢰도를 계산하기 위하여 다양한 조정모델유형이 사용될 수 있지만, 이들의 성능과 한계에 대한 비교검증이 아직 이루어지지 않은 실정이다. 도로면이나 건물 지붕면의 높이, 경사, 굴곡도는 많은 응용분야에 활용될 수 있다는 점을 감안한다면 이러한 분석이 필요하다고 판단된다.

이러한 기하요소계산은 건물표면이나 도로면내에 임의의 지점에서 정확한 기하요소를 결정하기 위하여 계산 알고리즘에 대한 면밀한 사전분석이 요구된다고 판단된다. 하지만, 조정계산에 고려되는 함수와 커널크기, 그리고 가중치유형에 따라 파라미터 추정 성능이 변화되지만, 이에 대한 명확한 연구는 아직 부재한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지점별 계산 대상이 되는 기하요소와 이들을 추정하는 조정계산유형을 분류하여, 기하요소에 따른 각 조정계산 유형의 정확도 또는 신뢰성을 통계학적인 전분석을 통하여 성능을 진단하였다.

2. 조정계산 모델링

본 연구의 과정은 그림 1에 나타낸 바와 같이 조정계산유형의 모델링 절차와 최소제곱법에 의한 추정시 요구되는 행렬구성에 따른 각 추정치의 사전 분석의 절차로 수행된다.

표면의 파라미터로는 지점별 표고, 경사, 및 2차



그림 1. 본 연구의 흐름도

계수를 계산대상으로 하였고, 이들 의 계산을 위한 조정계산모델들을 수학적함수와 커널크기, 그리고 가중치의 유형에 따라 구성하여 분석하였다.

2.1 수학적 함수 모델링

격자형태의 고도자료내에 임의지점의 기하요소요소를 계산하기 위해서 통상 현재 픽셀을 포함한 인접픽셀들의 정보를 조합하여 계산하게 된다.

주어진 고도자료와 표면의 파라미터들을 연계분석하기 위하여 본 연구에서는 조정계산식의 수학적 모델 부분을 상수함수, 일차함수, 이차함수의 세가지로 다항식의 차수에 기준하여 다음과 같이 분류한다.

첫째, 상수함수는 표면이 수평한 평면이라고 가정하여 대상표면의 고도(Z)를 고도(Z_0) 파라미터 하나의 함수로 다음과 같이 연계한 모델이다.

$$Z=f(Z_0)=Z_0 \tag{1}$$

둘째, 일차함수는 표면이 경사진 평면으로 가정하여, 표면고도(Z_0), X 축 방향경사(S_X), Y 축 방향경사(S_Y)로 구성된 3개 파라미터를 포함하는 함수로 아래와 같이 나타낸 모델이다.

$$Z=f(Z_0, S_X, S_Y)=Z_0+S_X X+S_Y Y \tag{2}$$

셋째, 이차함수는 표면의 고도변화에 거리에 따른 이차적인 변화를 감안한 모델로, 경사평면모델에서 고려한 3개의 파라미터와 X^2, Y^2, XY 의 변화에 상응하는 계수들, 즉 Q_X, Q_Y, Q_{XY} 를 추가로 감안하여 총6개의 파라미터로 구성된 함수로 나타낸 모델이다.

$$\begin{aligned} Z=f(Z_0, S_X, S_Y, Q_X, Q_Y, Q_{XY}) \\ =Z_0+S_X X+S_Y Y+Q_X X^2+Q_Y Y^2+Q_{XY} XY \end{aligned} \tag{3}$$

2.2 가중치 모델링

임의 지점에서 기하요소 계산을 위하여 주어진 커널내에 있는 픽셀들의 관측값들을 동일한 중요도로 가정하여 균일한 가중치를 주거나, 또는 현재 픽셀에 상대적으로 가까운 픽셀들에 보다 큰 가중치를 적용하는 중심가중치를 부여하는 방법으로 나누어 모델링하였다.

균일가중에 기반한 가중치 모델링은 현재 픽셀의 표면요소 결정시 커널내 모든 픽셀에서 동일하게 반영함으로써 픽셀들간의 기하학적 연관성이 비교

적 골고루 있을 경우 유리할 것이다. 하지만, 주위 픽셀에서 기하학적 성분변화가 일어나거나 혹은 거리에 따라 기하학적 연관성이 저하되는 경우에는 중심가중을 적용하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 두가지 가중치 유형을 조정계산에 적용하여 그들의 성능을 비교분석하였다.

먼저 균일가중은 커널내 모든 픽셀에 동일한 가중치인 1을 부여하는 것으로, 가중치 행렬 P 는 이때 항등행렬(Identity matrix)이 된다. 중심가중인 경우 커널의 중심으로부터 거리를 기준으로 가중치를 부여하는 것으로 본 연구에서는 다음과 같은 가우시안 함수형태의 가중치 모델을 적용하였다.

$$p(\rho)=\exp\left(-\frac{\rho^2}{\sigma_w^2}\right) \tag{4}$$

여기서 $p(\rho)$ 은 커널중심으로부터 거리가 ρ 인 픽셀에 부여하는 가중치이고, σ_w^2 은 가중치 변화를 조절하는 인자로서 작은 경우 거리가 멀어지면 급격히 가중치가 감소하고, 크면 서서히 감소하게 되며, 무한대 값인 경우 모든 픽셀에 동일한 가중을 주게 된다. 본 연구에서는 중심픽셀의 가중치가 1인 경우에 1픽셀 떨어진 곳에 위치한 픽셀의 가중치를 $\frac{1}{2}$ 이 되도록 $\sigma_w^2 = \frac{1}{\ln 2}$ 으로 설정하고, 커널크기가 3×3인 경우와 5×5인 경우 그림 2에 나타낸 바와 같이 유도하여 적용하였다.

$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$

$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{256}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{32}$
$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{256}$

그림 2. 중심가중에서 커널 내 픽셀들의 가중치

2.3 관측방정식 구성

표면의 기하요소를 추정하기 위하여 현재 픽셀을 중심으로 인접한 픽셀들의 고도값들을 관측값들로 하여 Gauss-Markov 모델에 적용하면 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$y = A\xi + e, \quad e \sim N(0, \sigma_0^2 P^{-1}) \quad (5)$$

여기서 관측픽셀수를 n , 파라미터수를 m 이라 하면, y 는 인접픽셀들의 고도값들로 구성된 $n \times 1$ 의 열벡터이고, ξ 는 주어진 모델의 파라미터들로 구성된 $m \times 1$ 의 열벡터, A 는 각행에서 관측값을 파라미터들의 1차선형함수로 나타낸 $n \times m$ 의 설계행렬 혹은 계수행렬이다. e 는 $n \times 1$ 의 열벡터로 파라미터와 관측값간에 맺어지는 확정적인 연계 이외에 관측시에 발생하는 각종 노이즈를 관측값에 반영하는 것으로 Gaussian 확률밀도함수에 따르는 무작위노이즈(random noise)이고, σ_0^2 는 전분산요소(a priori variance component), P 는 $n \times n$ 의 가중치행렬이다.

Gauss-Markov모델에서 최소제곱법에 의한 파라미터 추정은 다음과 같다.

$$N = A^T P A, \quad c = A^T P y \quad (6)$$

$$\hat{\xi} = N^{-1} c \quad (7)$$

$$\tilde{e} = y - A\hat{\xi} \quad (8)$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\tilde{e}^T P \tilde{e}}{n - m} \quad (9)$$

여기서 N 은 정규행렬, $\hat{\xi}$ 는 대상기하요소의 추정치, \tilde{e} 는 관측오차의 예측치, $\hat{\sigma}_0^2$ 는 분산요소의 추정치이다.

3. 조정계산 사전분석

3.1 추정 관련 분포

조정계산유형별 파라미터 추정성능 분석을 위하여 파라미터의 추정치 및 추정치의 표준편차에 대한 신뢰구간을 분석하였다. 이를 위하여, 파라미터 추정치와 그의 표준편차에 대한 신뢰구간은 각각 t 분포와 χ^2 분포를 이용하였다.

표 1은 본 연구에서 모델링한 각 조정계산유형의 관측수와 파라미터수, 그리고 그에 따른 자유도를 나타내고 있다. 이 표에 나타난 바와 같이 파라미터 추정치의 표준편차에 의한 성능분석은 χ^2 분포의 95% 단측검정 신뢰구간 상한을 기준으로 하고, 파라미터 추정치에 의한 성능분석은 t 분포의 95% 양측검정 신뢰구간 상한을 기준으로 하였다.

후속되는 전분석에서 원시자료의 정확도는 20cm로 가정하여 전표준편차(σ_0)는 0.2로 설정하고, 각

대상 파라미터와 그의 표준편차에 대한 상한을 계산하여 추정성능을 분석하였다. 이는 현재 지형지물의 고도정보를 취득하기 위하여 많이 사용하고 있는 LiDAR자료의 정확도가 10~15cm정도인 것과 자료취득간격 이내 포함된 지형지물의 표면자체에서 발생하는 약 15cm의 굴곡을 함께 감안하기 위한 것이다.

표 1. 조정계산유형별 유관 분포값

조정 모델	통계량		자유도	$\chi^2_{0.05, v}$	$t_{0.025, v}$	
	관측 픽셀수	파라미터수				
상수 함수	3×3	9	1	8	15.51	2.306
	5×5	25	1	24	36.42	2.064
일차 함수	3×3	9	3	6	12.59	2.447
	5×5	25	3	22	33.29	2.074
이차 함수	3×3	9	6	3	7.82	3.183
	5×5	25	6	19	30.14	2.093

표 2. 표고 파라미터 추정치 전표준편차

조정 모델	커널	가중 유형	$\sqrt{N_{z_0}^{-1}}$	$\sqrt{D\{\hat{z}_0\}}$
상수 함수	3×3	균일	0.3333	0.0667
		중심	0.5000	0.1000
	5×5	균일	0.2000	0.0400
		중심	0.4706	0.0941
일차 함수	3×3	균일	0.3333	0.0667
		중심	0.5000	0.1000
	5×5	균일	0.2000	0.0400
		중심	0.4706	0.0941
이차 함수	3×3	균일	0.7454	0.1491
		중심	0.8660	0.1732
	5×5	균일	0.3928	0.0786
		중심	0.6805	0.1361

3.2 표고파라미터 추정성능 비교결과

표 2에 나타난 각 조정계산유형별 표고추정치에 대한 전표준편차($\sqrt{D\{\hat{z}_0\}}$)는 역정규행렬에서 높이 값 파라미터에 해당하는 요소와 관측값의 전표준편차값을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\sqrt{D\{\hat{z}_0\}} = \sigma_0 \sqrt{N^{-1}(z_0, z_0)} \quad (10)$$

위의 전표준편차 결과와 표 1의 조정계산유형이 가지는 χ^2 분포 상한 및 t 분포 상한을 이용하여 표고

파라미터 추정치의 표준편차에 대한 단측검정 95% 신뢰구간 상한($S_{0.05,v}\{\hat{Z}_0\}$)과 추정치의 95% 양측검정신뢰구간 상한($E_{0.05,v}\{\hat{Z}_0\}$)을 다음식에 의하여 계산하였다.

$$S_{\alpha,v}\{\hat{Z}_0\} = \sqrt{D\{\hat{Z}_0\}} \cdot \sqrt{\chi^2_{\alpha,v}/v} \quad (11)$$

$$E_{\alpha,v}\{\hat{Z}_0\} = \sqrt{D\{\hat{Z}_0\}} \cdot t_{\alpha,v} \quad (12)$$

각 조정계산유형별 추정치의 표준편차와 추정치의 신뢰구간에 대한 전분석 결과를 그림 3, 4에 도표로 나타내었다.

위 도표에 따르면 상수함수와 일차함수에 의한 추정은 모든 관측격자크기와 가중유형에 따라 거의 유사한 것으로 보이며 수치적으로 3×3격자크기에서 약 1/100배 정도 차이가 있지만 5×5격자크기에서는 수치상으로도 거의 동일한 표고추정 결과를 얻을

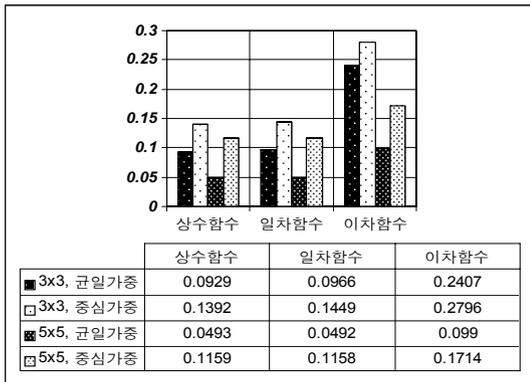


그림 3. 표고 파라미터 추정치 표준편차의 95% 신뢰구간 상한, $S_{0.05,v}\{\hat{Z}_0\}$

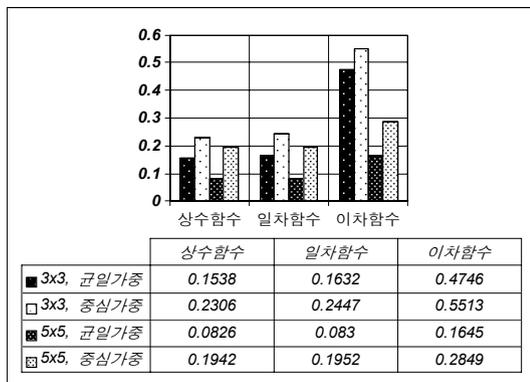


그림 4. 표고 파라미터 추정치의 95% 양측검정 신뢰구간 상한, $E_{0.025,v}\{\hat{Z}_0\}$

수 있는 것으로 분석된다. 하지만, 이차함수를 이용한 표고추정시에는 상수함수와 일차함수에 의한 추정치에 비해 정확도가 동일한 격자크기와 가중조건에서 2~3배 가량 저하되는 것으로 분석되었다.

3.3 경사파라미터 추정성능 비교 결과

경사 파라미터에 대한 추정 성능은 식 2와 식 3에서 X축방향에 따른 경사도 추정치를 기준으로 하여 전분석하였다. 이를 위하여, 경사추정이 불가능한 상수함수를 제외하고 일차함수와 이차함수로 구성된 조정계산유형들에 대한 전분석을 실시하였다. 다음 식들에 의하여 경사 파라미터 추정치의 전 표준편차를 계산하고, 그에 따른 전표준편차의 95% 신뢰구간 상한과 추정치의 95% 상한을 다음 식들에 의해 계산하였다(표 3, 그림 5, 그림 6).

$$\sqrt{D\{\hat{S}_X\}} = \sigma_0 \sqrt{N^{-1}(S_X, S_X)} \quad (13)$$

$$S_{\alpha,v}\{\hat{S}_X\} = \sqrt{D\{\hat{S}_X\}} \cdot \sqrt{\chi^2_{\alpha,v}/v} \quad (14)$$

$$E_{\alpha,v}\{\hat{S}_X\} = \sqrt{D\{\hat{S}_X\}} \cdot t_{\alpha,v} \quad (15)$$

그림 5, 6에 나타난 전표준편차와 추정치의 신뢰구간을 각 조정계산유형별로 비교해보면, 일차함수와 이차함수에서 5×5-균일가중의 경우 모두 다른 유형에 비해 추정성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 그리고, 경사파라미터의 추정시, 일차함수와 이차함수 모두 각 커널크기와 가중유형에 따른 전 표준편차와 추정치의 신뢰구간이 거의 비슷하게 나타났다. 한편, 그림 5에서 추정치 전표준편차의 신뢰구간 상한은 일차함수 3×3-중심가중과 이차함수 -3×3-중심가중이 0.2를 약간 상회하는 것으로 경사 파라미터의 표준편차는 유사한 신뢰도로 추정할 수

표 3. X방향 경사파라미터 추정치 전표준편차

조정 모델	커널	가중 유형	$\sqrt{N^{-1}(S_X, S_X)}$	$\sqrt{D\{\hat{S}_X\}}$
일차 함수	3×3	균일	0.4082	0.0816
		중심	0.7071	0.1414
	5×5	균일	0.1414	0.0283
		중심	0.5601	0.1120
이차 함수	3×3	균일	0.4082	0.0816
		중심	0.7071	0.1414
	5×5	균일	0.1414	0.0283
		중심	0.5601	0.1120

있으나, 그림 6에 나타난 추정치의 신뢰구간을 보면, 이차함수-3×3-중심가중이 일차함수 3×3-중심가중에 비해 그 성능이 현저히 저하됨을 알 수 있다. 이는 이차함수-3×3-중심가중은 일차함수-3×3-중심가중에 비해 상대적으로 2배 낮은 자유도와 중심가중의 기하학적 불안정성이 복합적으로 작용하여 추정치의 신뢰도가 두드러지게 저하되는 것으로 분석된다.

커널크기간 성능을 비교하면 5×5가 3×3에 비해 균일가중일 경우 4~5배 정도 우수하고, 중심가중일 경우에는 1.5~2배 정도 우수한 것으로 나타나, 균일가중에 기준한 조정계산이 커널크기 확장에 따른 추정효과가 중심가중에 비해 확연함을 알 수 있다.

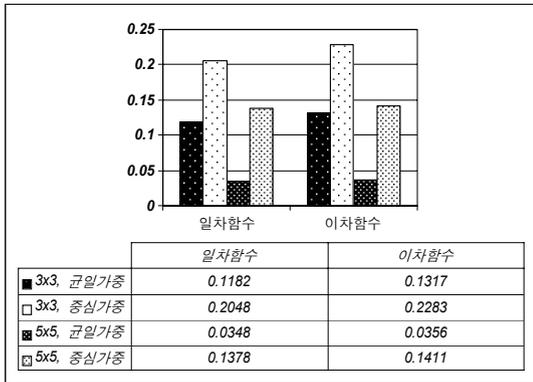


그림 5 경사 파라미터 추정치 표준편차의 95% 신뢰구간 상한, $S_{0.05,v}\{\hat{S}_X\}$

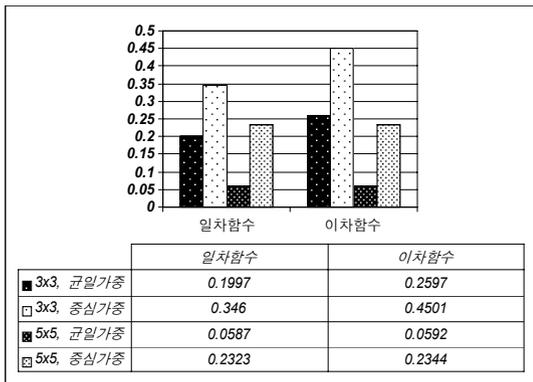


그림 6 경사 파라미터 추정치의 95% 신뢰구간 상한, $E_{0.025,v}\{\hat{S}_X\}$

3.4 2차계수 추정성능 비교결과

2차계수 파라미터추정은 본 연구에서 선정한 조정계산유형 중 이차함수에만 가능하므로 이를 기준으로 한 각 조정유형별 전분석을 실시하였다. 2차계수에 대한 분석을 위하여 식 3에서 X축방향 2차항계수(Q_X)를 선정하여 이에 대한 사전통계량들을 다음 식을 통하여 유도하였다.

$$\sqrt{D\{\widehat{Q}_X\}} = \sigma_0 \sqrt{N^{-1}(Q_X Q_X)} \tag{16}$$

$$S_{\alpha,v}\{\widehat{Q}_X\} = \sqrt{D\{\widehat{Q}_X\}} \cdot \sqrt{\chi_{\alpha,v}^2/v} \tag{17}$$

$$E_{\alpha,v}\{\widehat{Q}_X\} = \sqrt{D\{\widehat{Q}_X\}} \cdot t_{\alpha,v} \tag{18}$$

표 4. X방향 2차계수 추정치 전표준편차

조정 모델	커널	가중 유형	$\sqrt{N_{Q_X}^{-1} Q_X}$	$\sqrt{D\{\widehat{Q}_X\}}$
2차 함수	3×3	균일	0.7071	0.1414
		중심	1.0000	0.2000
	5×5	균일	0.1195	0.0239
		중심	0.4924	0.0985

그림 7, 8에 나타난 도표와 그림 3~6을 비교하면, 2차계수 추정의 경우, 위의 표고와 경사 파라미터 추정에 비해, 추정성능이 커널크기 변화에 따라 크게 차이가 있음을 알 수 있다. 파라미터와 그의 전표준편차를 추정시, 5×5-균일가중은 3×3-균일가중에 비해서 약 8배 정도 추정성능이 우수한 것으로 나타났다. 이로써 2차계수추정시에는 가중유형보다 커널크기가 더욱 중요한 요소로 작용하는 것으로 보이고, 3×3커널크기를 이용하여 2차계수 파라미터를 추정하는 것은 실제 자료분석 있어서 큰 오차를 야기할 수 있어 가능한 피해야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 격자형태자료의 임의지점에서 표면의 기하학적 특성을 파악하기 위하여 필요하다고 생각되는 3가지 파라미터인 표고, 경사 및 2차계수 파라미터를 설정하고, 이들을 추정하기 위한 조정계산모델 구성에서 고려할 수 있는 함수유형이나 커널크기, 가중유형에 대하여 그 조정유형을 분류하였다.

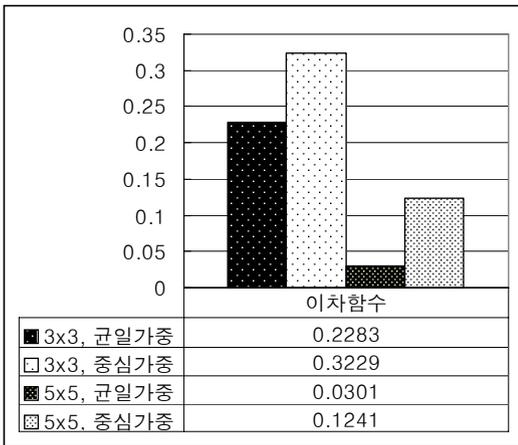


그림 7. 2차계수 파라미터 추정치 표준편차의 95% 신뢰구간 상한, $S_{0.05,v}\{\widehat{Q}_X\}$

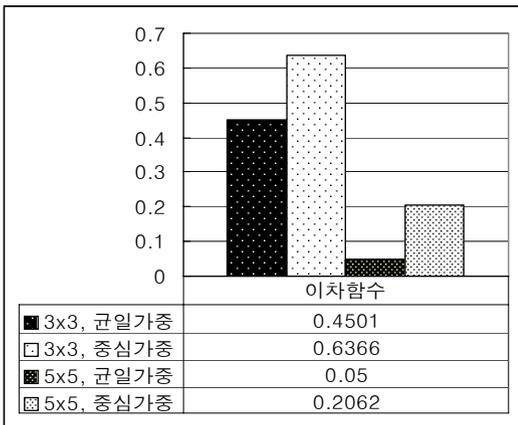


그림 8. 2차계수 파라미터 추정치의 95% 신뢰구간 상한, $E_{0.025,v}\{\widehat{Q}_X\}$

이에 따라 각 조정계산유형이 가지는 성능을 추정치의 전표준편차로부터 유도되는 추정치의 표준편차의 신뢰구간과 추정치의 신뢰구간을 분석하여 각 함수나 커널크기 또는 가중유형의 변화에 따라 발생하는 추정정확도에 미치는 영향을 상호비교 분석하였다.

비교 결과, 표고파라미터를 계산할 경우에는 상수 함수와 일차함수에 의한 추정이 이차함수에 비해 2~3배 더 정확하고, 경사파라미터를 추정할 경우 일차함수에 의한 추정이 이차함수에 의한 추정보다 1.5~2배 정도 더 정확한 것으로 나타나는 것으로

정량적인 분석결과를 얻었다. 이러한 관계는 다른 함수간에 상응하는 격자크기 즉 관측범위와 가중조건에 의한 조정모델들에서 유사한 것으로 확인되었다. 그리고, 이차계수 계산시에는 격자크기가 추정정확도에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났고 3x3 격자에 의한 이차계수 추정은 정확도 측면에서 신뢰성이 없는 것으로 평가되었다. 또한 2차계수 계산시 중심가중을 사용할 경우 표고와 경사파라미터 계산 경우보다 정확도를 확보하기 어려운 것으로 나타났다. 이러한 분석결과로부터 2차계수 계산시에는 표고나 경사파라미터의 경우보다 주변 관측값 내에 노이즈에 더 취약한 것을 예측할 수 있다.

이러한 표면 파라미터 추정성능에 대한 사전분석은 표면형태 묘사를 위한 파라미터들을 추정하는데 적절한 조정계산모델을 구성하고 이용하는데 신뢰도를 제공하고, 향후 정보를 향상시킬 수 있는 분석자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 고도자료처리를 통하여 3차원 평면이나 곡면을 자동추출하는데 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] S. Filin and N. Pfeifer, 2005, "Neighborhood Systems for Airborne Laser Data", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.71, No.6, pp. 743-755.

[2] S. Seo, 2008, "Investigation of Building Extraction Methodologies within the Framework of Sensory Data", The Journal of GIS Association of Korea, Vol.16, No.4, pp. 479-488.

[3] 성철웅, 이성규, 박창후, 이호준, 김유성, 2010, "항공 라이다 데이터를 이용한 동적 가변 윈도우 기반 지형 분류 기법", 한국공간정보학회지, 제18권, 제5호, pp. 13-26.

[4] 이진형, 이동천, 2010, "항공영상에 의한 LiDAR 데이터 분할에 기반한 건물 모델링", 한국측량학회지, 제28권, 제1호, pp. 047-056.

[5] 이현직, 유지호, 2007, "항공레이저측량 데이터를 이용한 3차원 수치지도제작 및 정확도 향상 방안", 대한토목학회논문집, 제27권, 제3호, pp. 359-368.

[6] 임새봄, 김정현, 이동천, 2009, "항공 LIDAR 데이터를 이용한 건물 모델링의 자동화", 한국측량학회지, 제 27권, 제 5호, pp. 619-628.

- [7] 정형섭, 임세봄, 이동천, 2008, “항공 LiDAR 데이터를 이용한 건물추출과 상부구조물 특성분석 및 모델링”, 한국측량학회지, 제26권, 제3호, pp. 227-239.
- [8] 최연웅, 손덕재, 조기성, 2009, “LiDAR 원시자료에서의 지면정보 추출을 위한 영상처리기법 적용 연구”, 한국측량학회지, 제27권, 제5호, pp. 575-583.

논문접수 : 2010.11.23
수 정 일 : 2011.04.14
심사완료 : 2011.04.26



서 수 영

1992년 서울대학교 토목공학과 도시전공 학사

1994년 서울대학교 측량 및 원격탐사 석사

2003 오하이오주립대 측지과학 및 측

량학 박사

2003년~2007년 미시시피 주립대, 선임연구원

2007년~2009년 지능형국토정보기술혁신사업단, 책임연구원

2009년~현재 경북대학교 공과대학 토목공학과 조교수
관심분야는 3차원 공간정보 구축, 공간정보의 건설분야 활용