

최적해저지형정보 추출을 위한 보간법 선정 Selecting of Interpolation for Extraction of Optimal Submarine Topographic Information.

이 종 출¹⁾ · 김 회 규²⁾ · 김 남 식³⁾ · 김 성 호⁴⁾

Lee, Jong-Chool · Kim, Hee-Kyu · Kim, Nam-Sik · Kim, Sung-Ho

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 경남정보대학 건설정보과 교수(E-mail:kimhg@kit.ac.kr)

³⁾ 창원전문대 지적정보과 조교수(E-mail:nskim@changwon-c.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:gisrs@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

In this study, we selected the most effective interpolation method using both the data of sounding the depth of submarine topography and volume-production computer program. After processing the data by volume-production program, and then we selected the most effective interpolation method which nearest actual value of dredged soil quantity. Thus, these interpolation could be used for describing the optimal submarine topography.

1. 서론

우리나라는 상대적으로 산지가 많고 국토가 좁은 반면에 높은 인구 밀도를 가지고 있어서, 국토 이용 면에서 볼 때 도시나 농경지 면적이 부족한 편이다. 따라서 국토확장을 위한 간척이나 매립 등의 공사가 빈번하게 이루어지고 있다. 특히 우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여져 있으며, 수심이 낮은 대륙붕이 국토면적의 2배에 달하고 있어 해저지형을 활용한 공사가 증가되고 있는 실정이다. 해저지형 측량에 기본이 되는 수심측정은 음향 측심기 혹은 GPS와 초음파탐지기를 탑재한 해양 탐사선을 이용하여 측정된다. 이러한 해저지형측량 데이터로부터 매립토량 혹은 준설량 산정이 이루어지는데, 원하는 정확도에 근접하기 위해서는 가장 알맞은 보간기법을 통해 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는, 토공량의 산정등에 사용되는 보간기법들 중에서 최적의 해저지형 추출을 하는데 이용되는 보간기법을 선정하여 보다 과학적이고 효율적인 기법을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 해저지형측정

2.1.1 해저지형

해저지형(submarine topography)이란 해저에 나타나는 지형의 기복을 말한다. 해저지형은 유지의 지형보다 국지적인 기복이 적고 경사는 완만한 편으로 크게 대륙붕, 대륙사면, 심해저, 해구 네 가지로 구분한다.

- 대륙붕 : 약 수심 200m이내의 범위를 말하며, 육지의 연장부이다.
- 대륙사면 : 대륙붕에 이어진 해저 지형으로 기울기는 1:2에서 1:40까지 다양하게 나타난다.
- 심해저 : 심해저는 심해저 평원(abyssal plain)과 심해저 구릉(abyssal hill)으로 구성되며, 심해저

평원은 1:1000 이하의 기울기를 가지며, 심해저 구릉은 집단적으로 발달하며, 작은 언덕형의 구릉 형태로 발달합니다.

- 해구 : 수심 6000m 이상의 좁고 긴 요지(凹地)를 해구(海溝)라고 하고, 해구 중에서 더 깊은 곳은 해연(海淵, deep)이라고 부른다.

해저지형은 음향 측심기 혹은 GPS와 초음파탐지기를 탑재한 해양 탐사선을 이용하여 측정된다. DGPS와 음향 측심기(EchoSounder)의 원리는 다음과 같다.

2.1.2 DGPS 관측원리

근접한 두 개의 GPS 수신기가 같은 위성으로부터 신호를 받아 자신의 위치를 계산할 때 각 수신기의 고유오차와 더불어 공통적인 오차가 있는데, 이 중 오차를 제거하여 보다 정확하게 위치측정을 한다는 것이 DGPS의 기본 개념이다.

2.1.3 EchoSounder의 원리

수면으로부터 해저까지의 연직성에 따라 측정된 거리, 즉 수심을 측정하는 작업을 측심(sounding)이라 한다. 측심의 방법에는 색측심법, 음향측심법 및 수압측심법 등이 있으며, 연속된 초음파를 수면 아래로 발사하면 해저에서 반사된 초음파는 다시 같은 경로를 통하여 발사점에 되돌아온다.

즉, $D=t \cdot V/2$ 일반적으로 음향측심기는 가정 음속 $V=1500\text{m/sec}$ 를 기준으로 하여 설계되며 실제 수중의 음속은 염분, 수온, 수압 등에 의하여 변하므로 엄밀한 관측값을 구하려면 관측당시의 실제 음속을 구하여 음속 보정을 해주어야 한다. 이 밖에도 수심의 기준면과 관측 시 수위 차이를 고려하는 조석보정, 관측 시 수위 차이를 고려하는 홀수 보정 등이 필요하다.

2.2 보간기법

보간법은 관측을 통해 얻어진 관측값을 이용하여 관측이 실행된 영역 내에서 조사되지 않은 변수값을 평가하는 과정이다. 보간법은 표면을 정확하게 표현하는 수치지형모형으로부터 몇 개의 점을 선택하는 과정과는 반대로 진행된다. 보간법의 이론적 근거는 공간에서 함께 근접해 있는 점들이 멀리 떨어져 있는 점보다는 유사한 값을 가진다는 것이다. 따라서 보간법은 많은 지형공간정보체계들에서 사용되는 가장 중요한 특징이며, 수치지형모형을 표현하는데 중요한 역할을 하게 된다. 수치지형모형이 연속적인 표면을 표현하기 위해서, 표고값 뿐만 아니라 저장된 점들 사이를 보간하는 방법도 가져야 한다. 그리고 보간법은 다음과 같은 두 가지 경우에 필요하다. 첫 번째는 자료 지도의 기준점으로부터 수치지형모형 자료가 응용될 때 발생한다. 보간법은 1) 역거리 보간법(I.D.P : Inverse Distance to a Power)은 도플러(Doppler)의 법칙을 바탕으로 하며, 이는 절대위치의 값을 계산할 때 측정거리보다 가까운 이웃점들의 값이 더욱 영향력이 있다는 직관적인 개념이다. 2) 최근린 보간법(N.N : Nearest Neighbor)은 최근린 자료점들의 값을 개개 격자 결정점에 부여하는 방법이다. 3) 크리징 보간법(Kriging)은 원래 지질 통계학 분야에서 널리 이용되었던 기법으로 현재는 많은 분야에서 폭넓게 활용되고 있다. 이 방법은 관측점이 불규칙한 경우에 등고선이나, 곡면의 보간 등에 유용하다. 또한 크리징 보간법은 자료의 경향(trend)을 나타낼 수 있다. 크리징 보간법은 자료의 특성을 분산도(variogram)의 분석으로 나타내며 따라서 적절한 분산도 모형이 설정되어 있으면 보간이 잘 이루어질 수 있다. 크리징 보간기법에 의한 보간에도 분산도 모형, Drift 모형, Nugget 효과 등이 내포되어 있다. 분산도 모형은 수학적으로 자료의 공간 특성을 지정하는 것이다. 보간에 이용되는 관측치의 보간 가중치는 분산도 모형으로부터 직접 계산된다.

자료처리에 사용되는 지형보간법은 선형보간법, 곡선보간법, 곡면보간법으로 구분할 수 있으며, 보간방법의 선택은 지형의 조건과 자료의 추출밀도를 고려하여 선택한다.

- 선형보간법(linear interpolation) : 지형이 직선적으로 변화하는 것으로 간주하여 좌표가 기지인 격자

점 사이의 임의점의 좌표를 선형보간에 의하여 구하는 방법이다. 가장 단순한 방법으로 전산기의 용량이 크게 필요하지 않으나 자료의 밀도가 매우 높은 경우에 효과적이다.

- 곡선보간법(point wise interpolation) : 단면별로 수집된 점으로부터 지형변화에 상당하는 곡선식을 구하여 보간하는 방법이다. 각 단면의 곡선식을 구하는 방법으로는 일반적인 수치해석방식으로서 Newton의 전향보간법, Lagrange보간법, Aitken-Neville 보간법 및 Spline 보간법과 최소제곱법 등이 이용된다.
- 곡면보간법(patch wise interpolation) : 지형을 수학적 곡면으로 간주하고, 표고(z)가 수평좌표(x,y)와 함수 $z=f(x,y)$ 로 표시되는 곡면식을 구하여 보간하는 방법이다. 지형을 가장 실제에 가깝게 재현할 수 있으나 계산기의 용량이 크게 요구된다.

3. 실험방법 및 결과

3.1 실험지역선정 및 해저지형 측정

본 연구의 실험대상지역은 부산항 000부두 준설 공사현장이며, 2003년 7월24일과 2004년 3월 22일 두 차례에 걸쳐 해저지형수심을 측정하였다.

DGPS 및 음향측심기를 이용하여 해저지형을 추출하였다. 측정 실험은 2003년 7월 24일에 실시되었으며, 실험 관련 모습은 <그림1>과 <그림2>에 나타내었다.

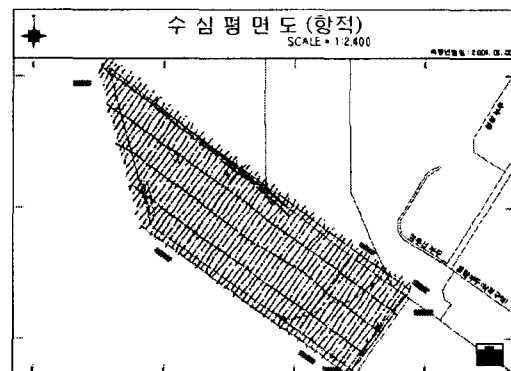


<그림1> 측정관련 해양 탐사선 내부



<그림2> 측정관련 해양 탐사선 외부

실험대상지역의 준설공사가 시작되기 직전과 준설공사 이후 2차에 걸쳐 해저지형 측정이 이루어졌으며, 측정 관련 실험 항적도가 <그림3>에 나타나져 있다.



<그림3> 실험구간 수심평면 항적도(CAD)

3.2 S/W를 이용한 최적해저지형추출 실험

최적해저지형 추출을 위하여 본 연구에서는 DGPS 및 음향측심기를 이용하여 얻은 데이터를 보간 S/W에 적용시켰다. 이 보간 S/W 프로그램은 12가지의 보간기법을 사용하며, 각 보간기법별로 데이터 처리를 하였다. 각 보간기법별 3D Surface 모습을 나타내었다.

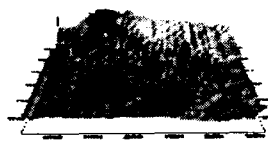


<준설시공전>



<준설시공후>

<그림4> Inverse distance to a power



<준설시공전>



<준설시공후>

<그림5> Kriging

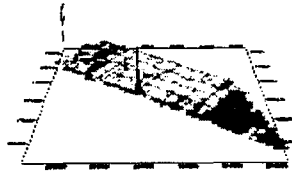


<준설시공전>

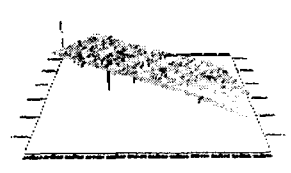


<준설시공후>

<그림6> Minimum Curvature



<준설시공전>

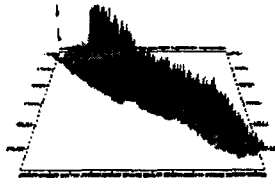


<준설시공후>

<그림7> Modified Shepard's Method

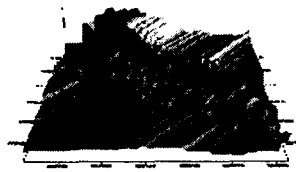


<준설시공전>



<준설시공후>

<그림8> Natural neighbor



<준설시공전>



<준설시공후>

<그림9> Nearest neighbor

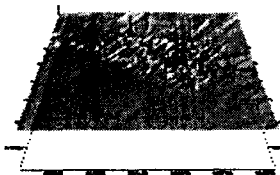


<준설시공전>

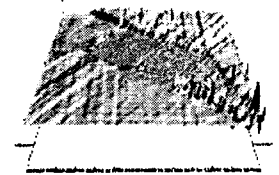


<준설시공후>

<그림10> Polynomial regression

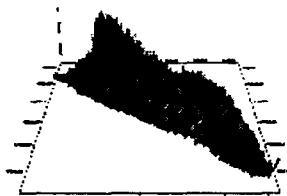


<준설시공전>



<준설시공후>

<그림11> Radial basis function

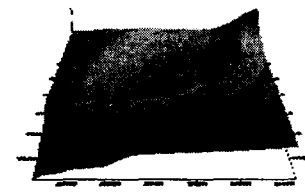


<준설시공전>



<준설시공후>

<그림12> Triangulation with Linear interpolation

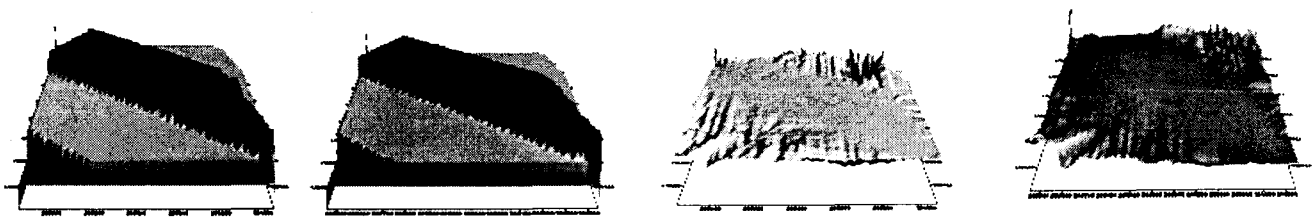


<준설시공전>



<준설시공후>

<그림13> Moving average



<준설시공전>

<준설시공후>

<준설시공전>

<준설시공후>

<그림 14> Data metrics

<그림 15> Local polynomial

3.3 실험결과

실제 준설량 데이터값을 토대로 하여, 보간 S/W에서 12가지 각 보간기법 실험 결과값을 비교하였으며, 준설량과 Suffer 보간기법별 값들은 각각 다음의 <표1>, <표2>와 같다.

<표1> 실제 준설량 데이터

일 자	단 위	작 업 구 역						총 잔여 수량	비 고
		항 로 A		자성대 A-1		자성대 A-2			
		V1	V2	V1	V2	V1	V2		
2003년 7월24일	m ³	158,808	27,981	465,396	77,139	142,740	29,482	896,495	
2004년3월 22일	m ³	45,983	21,046	7,267	7,267	325	6,249	83,701	
준설수량	m ³							812,794	

<표2> 보간기법별 체적 결과값

보간기법	준설 시공 전		준설 시공 후		체적 (준설량)
	cut	cut-fill	cut	cut-fill	
Inverse distance to a power	4111798.70	4111798.70	4485786.22	4485786.22	373987.5179
Kriging	4153168.38	4153068.85	4928597.96	4928399.5	775330.6471
Minimum curvature	3549360.3	3416335.67	4508983.31	4508983.31	1092647.64
Natural neighbor	1299167.7	1299167.7	1115346.6	1115346.6	183821.099
Nearest neighbor	4005792.58	4005792.58	4511840	4511840	506047.4119
Polynomial Regression	3500313.94	3367245.34	2935297.97	2935102.97	432142.368
Radial basis function	4214311.93	4123574.9	4937056.73	4904311.53	780736.6251
Triangulation with Linear interpolation	1389934.28	1389934.28	1219628.79	1219628.79	170305.484
Moving average	3799913.37	3799918.47	2951108.13	2951108.13	848810.341
Data Metrics	102125433	102125433	101328003	101328003	797430.426

<표2>에서와 같이 보간기법에 따라 체적량이 모두 다르게 나타났다. 이 값들 중 실제 준설량에 가장 가깝게 나타난 결과기법은 정확도 순서별로 Data Metrics, Moving average, Radial basis function, Kriging 로 나타났다. 이 보간기법들의 실제 준설량과의 오차 차이는 다음과 같게 나타났다.

<표3> 보간기법별 실제적과의 차이량

보간기법	실체적과의 차이량(m ³)	오차율(%)
Inverse distance to a power	438806	54
Kriging	37463	4.6
Minimum curvature	279853	34
Natural neighbor	628972	77
Nearest neighbor	306746	38
Polynomial Regression	380652	47
Radial basis function	32058	3.9
Triangulation with Linear interpolation	642488	79
Moving average	36016	4.4
Data Metrics	15363	1.9

결과값에서 가장 실제 준설량과 근접한 값은 Data Metrics 보간기법을 사용한 경우로 나타났으며, 오차율은 1.9%였다. Radial basis function, Moving average, Kriging 보간기법이 각각 3.9%, 4.4%, 4.6%의 오차율을 나타내었다.

4. 결론

실제 준설량 데이터를 토대로, S/W프로그램에서 처리된 보간기법 결과값을 비교하여 최적해지지형추출 결론으로 유도하였다. DGPS/Echo sound를 통하여 얻은 측정 데이터값을 S/W를 사용하여 처리한 결과, Data metrics를 비롯한, Radial basis function, Moving average, Kriging의 4가지 보간기법들이 실제준설량 대비 오차율 5%이내의 정확도를 나타내었다. 따라서, 본 연구에서는 최적해지지형추출에 가장 효율적인 보간기법을 이들 4가지 보간기법으로 결론지을 수 있었다.

참고문헌

조영복 "수치사진측량을 이용한 토량변화율 산정", 석사학위논문, 부경대학교 대학원, pp. 26, 2003
 유복모 "측량학개론(II)" pp. 40-41, 1999.
 이석우 "해양측량학", 집문당, pp. 235-259
 고영호 "음향측심기에 의한 수심측량 연구", 경남대 공업기술연구소 연구논문집 제11집, pp. 227-234, 1993
 이종출 "동적GPS관측에 의한 도로의 평면선형분석", 한국측량학회지 제19권 제1호, pp. 39-45, 2001