

# 수치지도 작업량계수 산정을 위한 최적 보간법 적용방안 연구

## Optimal Interpolation Method Selection for Estimating Workload Coefficients in Digital Map Production

민 병 천\* · 조 두 용\*\*

Min, Byeong Cheon · Cho, Doo Yong

### 요약

본 연구는 수치지도 제작 비용산출에 필수인 작업량계수를 정확히 산정하고자 최적 보간법을 적용하고자 하였다. 표준품셈에 명시되지 않은 축척별 작업량계수를 산정하기 위해 스플라인과 다항방정식 보간법을 적용하고, 그 결과를 분석하였다. 소축척지도 급의 축척에 있어 작업량계수가 대폭 상승하는 것은 구축 대상 면적을 고려한 실제 비용산출 시 타당함을 확인하였으며, 두 보간법 기반 작업량계수의 평균오차를 비교한 결과 스플라인과 다항방정식 보간의 평균오차는 수치도화 작업량계수 0.0014, 벡터 편집 작업량계수 0.1067, 정위치편집 작업량계수 0.0039, 도면제작 작업량계수 0.0006으로 총 평균오차는 0.0281로 나타났다. 이러한 결과는 수치지도 제작 비용산출의 정확성을 향상시키기 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 다양한 보간 방법의 적용 가능성을 탐색함으로써 비슷한 연구에서 사용할 수 있는 방법론적인 기준을 제시할 것으로 기대된다.

주요어 : 수치지도, 건설공사 표준품셈, 작업량계수, 보간법

### ABSTRACT

This study aimed to accurately estimate the workload coefficients essential for calculating the cost of digital map production by applying optimal interpolation methods. To estimate the workload coefficients for scales not specified in the standard cost estimation, both spline and polynomial interpolation methods were applied, and their results were analyzed. The significant increase in workload coefficients for small-scale maps, such as scales of 1:250,000 and 1:1,000,000, was found to be reasonable when considering the actual construction target area in cost calculation. The comparison of average errors between the workload coefficients based on spline and polynomial interpolation revealed average errors for digitalization workload coefficients of 0.0014, vector editing workload coefficients of 0.1067, geopositioning editing workload coefficients of 0.0039, and drawing production workload coefficients of 0.0006, resulting in a total average error of 0.0281. These findings can serve as a basis for improving the accuracy of cost calculation in digital map production and offer methodological standards that can be applied in similar research, by exploring the applicability of various interpolation methods.

Keywords : Digital Map, Construction Standard, Workload Coefficients, Interpolation

\* 주저자, 정회원·충남대학교 사범대 융복합시스템공학과 석사과정(E-mail: mbc6018@naver.com)

\*\* 교신저자, 충남대학교 사범대 융복합시스템공학과 교수(E-mail: dooyongcho@cnu.ac.kr)

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

사회가 고도화되고 정보화 기술이 발전할수록 다방면에서 활용되는 지리정보체계(GIS : Geographic Information System)를 효율적으로 활용하기 위해서는 다양한 축척 지도의 제작은 매우 중요하다.<sup>1)</sup> 이러한 수치지도 제작은 건설공사 표준품셈에 기반하여 원가계산 방식으로 발주기관에서 예정가격을 산정하고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 이러한 표준품셈은 적정 공사비 산정에 있어 품셈의 범위를 대표적인 공법과 특정 조건에 기초하여 일률적으로 적용하는 경우가 많아 다양한 여건에 따라 조정될 수 있는 가격을 제대로 반영하지 못하는 한계가 있다. 일반적인 수치지도 제작에 있어 축척별 작업량계수가 제시되었으나, 제시되지 아니한 축척별 작업량계수의 경우 “본 품에 기재되어 있지 않은 사진축척·축척에 대하여는 보간법으로 계산하여 적용할 수 있다.”로 명시되어 있는 실정이다.<sup>3)</sup> 이는 용역수행자뿐만이 아닌 발주기관의 담당자가 과업지시서, 설계예산서, 내역서 등으로 용역수행자의 과업 내용을 세부적으로 지정함에 있어 법률적 근거를 반영하기 어려워 사업수행에 제한을 받게 된다. 소축척지도 제작에 있어 정확한 비용산정은 사업발주 이전에 효율적인 자원할당과 계획수립에 중요한 사항이다. 본 연구에서는 먼저 건설공사 표준품셈 내 수치지도 제작 비용산출에 있어 필수인 작업량계수가 포함되는 부분을 조사하고, 미제시된 축척별 작업량계수를 보간법으로 산정한다. 보간법은 4가지 보간법 ① 구간별 상수 보간 ② 선형 보간 ③ 다항식 보간 ④ 스플라인

보간 중 본 연구에 적합한 스플라인(Spline) 및 다항식 보간법을 적용하여 결과를 비교하고, 최적보간법을 도출하고자 한다.

연구의 내용적 범위는 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 건설공사 표준품셈 내 수치지도 제작 체계의 기초분석으로 이 과정에서 작업절차별 작업량계수가 제시된 현황을 분석하였으며, 둘째는 제시된 작업량계수를 입력데이터로 설정 시 미제시된 축척별 작업량계수를 산정하기 위한 보간법 4가지의 특성을 비교하여 후보군 보간법 2가지를 선택한다. 셋째는 선택된 2가지 보간법을 기반으로 축척별 작업량계수를 도출하고, 적용 시 결과를 비교하여 최적 보간법을 적용하고자 한다.

### 1.2 선행연구와의 차별성

건설공사 표준품셈 내 수치지도 제작 또는 작업량계수 관련 선행연구로 지도제작 표준품셈 현행화 연구, 지적측량 표준품셈 체감 및 가산계수의 개선에 관한 연구,<sup>4)</sup> 무인비행장치측량 표준품셈의 개선방안에 관한 연구<sup>5)</sup> 등이 있다. 기존 선행연구를 분석한 결과, 품셈 개정에 있어 최신 기술 및 장비 요소를 반영하도록 중점을 두었으며, 지적측량 작업을 수행함에 있어 작업량계수는 기존 제시되었던 계수 위주로 실제 현장여건과 비교하여 개선안을 제시하고, 지적측량 특성에 따른 소축척 지도는 제시하지 아니하였다. 또한, 최신기술인 무인 비행장치의 경우 장비 특성에 따른 대축척에 관련된 내용이 주로 서술되었다. 본 연구는 수치지도 제작 내 세부적인 축척별 작업량계수를 보간법으로 도출하는 것에 그 차별성이 있다.

1) 김화경, “공간데이터 마이닝을 활용한 소축척 지도 일반화 기법에 관한 연구”, 석사학위논문, 숭실대학교 대학원, 2023, p.11.

2) 민관식, “지도제작 표준품셈 현행화 방안 연구”, 『한국지적학회지』, 제36권 1호, 2020, p.1.

3) 국토교통부, 『2024 건설공사 표준품셈』, 2024, p.455.

4) 이성화, “지적측량 표준품셈 체감 및 가산계수의 개선에 관한 연구”, 『한국지적학회지』, 제26권 2호, 2010, p.129.

5) 이석배, “무인비행장치측량 표준품셈의 개선방안에 관한 연구”, 『한국지적학회지』, 제37권 1호, 2021, p.79.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 수치지도 제작 관련 규정 체계 및 절차

수치지형도 제작 관련 규정 체계의 경우 국토교통부령 제00209호의 「수치지도 작성 작업규칙」, 국토지리정보원고시 제2022-3600호의 「수치지형도 작성 작업 및 성과에 관한 규정」, 그리고 건설공사 표준품셈 내 9-6-4 수치지도 작성부문이 있다.

〈표 1〉 수치지형도 작성 작업 관련 규정 체계 비교

규정	내용
관련 법·규정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수치지형도 작성 작업 및 성과에 관한 규정</li> <li>• 수치지도 작성 작업규칙</li> </ul>
건설공사 표준품셈	9-6-4 수치지도 작성 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 수치도화</li> <li>2. 수동입력</li> <li>3. 자동입력</li> <li>4. 정위치편집</li> <li>5. 도면제작 편집</li> <li>6. 구조화 편집</li> </ol>

수치지형도 제작 절차는 ① 수치도화 ② 수동입력 ③ 자동입력 ④ 정위치편집 ⑤ 도면제작편집 ⑥ 구조화 편집으로 구성되어 있다. 수치도화란, 항공사진 또는 위성사진을 수치도화기로 지형지물을 수치형식으로 측정하여 이를 컴퓨터에 수록하는 작업이다. 수동입력이란, 이미 제작된 지도 또

는 측량도면을 수동독취기(디지털라이저)에 의해 수치데이터로 입력하는 작업이다.

자동입력이란, 이미 제작된 지도 또는 측량도면을 자동 독취기(스캐너)에 의해 입력된 레스터 파일을 잡음 제거 및 좌표변환하는 작업을 의미한다. 정위치편집이란, 현지조사 및 보완 측량에서 얻어진 성과 및 자료를 이용하여 수치도화 파일 또는 기존도면 입력파일을 수정보완하는 작업이다. 도면제작 편집은 지도형식 도면으로 출력하기 위하여 정위치편집 파일을 도식규칙 및 수치지도 작성 작업규칙에 의하여 편집하는 작업이다. 마지막 구조화 편집은 정위치 편집된 파일을 이용하여 데이터 간의 상호상관관계를 유지하기 위하여 공간 및 속성데이터를 편집하는 작업이다.

### 2.2 건설공사 표준품셈

건설공사 표준품셈은 정부 등 공공기관에서 시행하는 건설공사의 적정한 예정가격을 산정하기 위한 일반적인 기준을 제공하는데 그 목적이 있다.<sup>6)</sup> 현재 한국건설기술연구원에서 제·개정 및 보급 등의 업무를 관장하고 있다. 국가, 지방자치단체, 공기업·준정부기관, 기타공공기관 및 위 기관의 감독과 승인을 요하는 기관에서는 표준품셈을 건설공사 예정가격 산정의 기초로 활용하는 등 그 적용범위가 있으며, 표준품셈 마련으로 적정한 대가를 지급받게 되면 공사서비스의 질 향상, 고급 인력 확충 등 긍정적인 효과가 나타날 것으로 보고되었다.<sup>7)</sup> 현재 측량부문 품셈 심의에 필요한 근거자료를 첨부하여 매년 말까지 한국건설기술연구원에 표준품셈의 제·개정 및 관리에 대한 심의요청이 가능하며, 이에 따라 심의 실시 및 추진계획 확정과 품셈의 제·개정을 실시한다.



(그림 1) 수치지도 제작과정

6) 국토교통부, 「2024 건설공사 표준품셈」, 2024, p.455.

7) 한국건설산업연구원, 「건설공사 공사비 산정 방식의 합리적 개선 방안」, 2010, p.47.

## 2.3 측량분야 대가산정

현재 우리나라는 측량분야의 대가산정을 위하여 「측량대가의 기준(국토지리정보원 고시 제 2012-1668호)」과 「건설공사 표준품셈(한국건설기술연구원)」을 활용하여 대가를 산정하고 있다.<sup>8)</sup> 측량대가의 기준은 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제55조 및 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제48조의 규정에 의하여 측량에 대한 대가의 적절한 산정기준을 정함을 목적으로 한다.<sup>9)</sup>

측량대가의 기준 구성은 크게 업무에 직접 소요되는 직접비와 측량업을 영위하기 위한 간접소요비용으로 나누어져 있다. 직접비의 직접인건비, 직접경비, 재료비, 그리고 간접비의 제경비, 기술료를 합한 측량용역의 원가계산을 하여 예정가격을 산정한다.

## 2.4 보간법

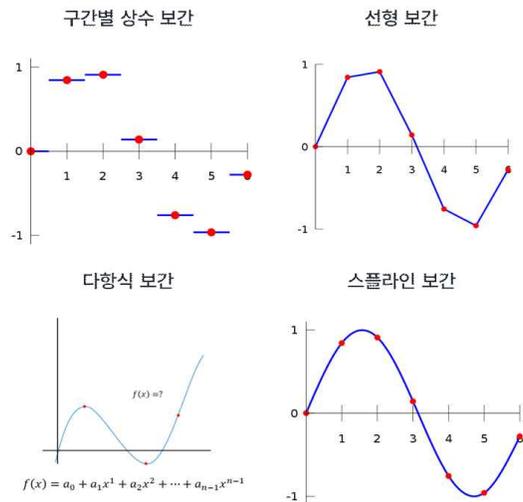
보간법(Interpolation)은 일반적으로 두 자료의 사이에서 새로운 변수의 사이 값에 해당하는 자료 값을 계산하는 과정이다.<sup>10)</sup> 구간별 상수 보간(Piecewise constant interpolation)은 가장 간단한 보간법이며, 주어진 데이터가 있을 경우 원하는 데이터를 구할 시 주어진 점의 가장 근접한 데이터를 활용한다. 계산 효율은 매우 높지만, 데이터 간 불연속점 존재로 미분값을 도출할 수 없다.

선형 보간(Linear interpolation)은 기존 및 원하는 데이터를 1차함수화하여 그 사이의 값을 유추하는 방법이다. 구간별 상수 보간과 달리 데이터 간 불연속점이 존재하지 않으나, 1계 미분값에서 불연속이 발생하여 2계 미분값을 처리하는 물리량에 부적합하다.

다항식 보간(Polynomial interpolation)이란, 선형 보간보다 데이터 사이의 세밀한 부분도 제작 가능한 보간법이다. N개의 데이터가 있다면, (N-1)개의 차수까지 다항식으로 함수식 제작이 가능하다. 계산비용이 매우 크며, 차수가 적을수록 데이터 경향성이 직관적이나, 차수가 높을수록 자유도가 높아 노이즈가 발생한다.

스플라인 보간(Spline Interpolation)은 보간법에서 가장 많이 사용되며, 계산의 정확도 대비 계산비용이 효율적이다. 고차 다항식 보간법과는 달리 과적합(Overfitting) 방지가 가능하다. 또한, 다양한 종류의 데이터 패턴에 적용될 수 있다.

다항식 보간법의 경우 상대적으로 간단하고, 큰 데이터 세트에 대해서도 적용가능으로 데이터 점들 사이의 변동이 크지 않고, 형태의 관계 예측에 있어 차수 결정에 따라 결과차가 크다. 스플라인 보간법의 경우 연속적이고, 부드러운 변화를 예측하여 예측치가 심하게 오르내리는 런지(Runge)현상을 방지한다.



[그림 2] 보간법 방식별 예시

8) 이종민, “측량대가의 기준과 건설공사 표준품셈의 측량비용 산출 구성 분석 및 현실화 방안”, 석사학위논문, 서울 시립대학교 도시과학대학원, 2015, p.24.

9) 국토지리정보원, 「측량대가의 기준」, 2020, p.1.

10) 김건우, “이차원 결정에서 스플라인 보간법 이용사례”, 「産研論叢」, 제34권 1호, 2009, p.1.

### 3. 보간법 기반 수치지도 작업량계수 산정

데이터가 존재하여야 하나, 구조화 편집의 경우 작업량계수가 1개만 제시되었음을 확인하였다.

#### 3.1 제작절차 별 작업량 계수 현황

수치도화의 경우 축척별 작업량이 아닌 사진축척별 작업량이 기준이 되었으며, 축척 ① 1:3,000 ② 1:5,000 ③ 1:10,000 ④ 1:20,000 ⑤ 1:37,500 5가지 작업량계수가 제시되었다. 수동입력의 경우 축척 ① 1:500 ② 1:1,200 ③ 1:5,000 3가지의 작업량계수가 제시되었다. 자동입력 벡터편집의 경우 ① 1:1,000 ② 1:5,000 ③ 1:25,000 ④ 1:50,000 4가지의 작업량계수가 제시되었다. 정위치편집의 경우 ① 1:500 ② 1:1,000 ③ 1:2,500 ④ 1:5,000 ⑤ 1:25,000 5가지의 작업량 계수가 제시되었다. 도면제작 편집 1:1 편집의 경우 ① 1:500 ② 1:1,000 ③ 1:5,000 ④ 1:25,000 4가지의 작업량계수가 제시되었다. 마지막 구조화 편집은 ① 1:1,000 1가지의 작업량계수가 제시되었다.

축척 (cm)	수치도화	벡터편집	정위치편집	도면제작	구조화
1: 500	×	×	0.0048	0.0056	×
1: 1,000	×	0.0084	0.0065	0.0191	0.016
1: 2,500	×	×	0.0365	×	×
1: 3,000	0.0018	×	×	×	×
1: 5,000	0.0055	0.056	0.076	0.0998	×
1: 10,000	0.0165	×	×	×	×
1: 20,000	0.0482	×	×	×	×
1: 25,000	×	1.12	0.755	0.886	×
1: 37,500	0.3287	2.27	×	×	×
1: 250,000	×	×	×	×	×
1: 1,000,000	×	×	×	×	×

(그림 3) 수치지도 제작절차 별 작업량 계수 현황

수치지도 제작절차 별 작업량 계수 현황을 조사한 결과, 1:250,000 또는 1:1,000,000 등의 소축척 지도에 대해서는 작업량계수가 제시되지 아니하였으며, 대축척 지도에 편중되어 작업량계수가 제시된 것으로 확인되었다. 또한, 제시된 작업량계수는 수가 적어 입력데이터로 설정 시 최소 두 개의

#### 3.2 부재지표 신설을 위한 최적 보간법 선정

건설공사 표준품셈 내 수치지도 제작절차 별 작업량계수가 적용되는 부문을 조사하였다. 작업량계수를 적용하며, 제시되지 아니한 축척에 관하여 보간법을 사용하도록 명시되었음을 확인하였으나, 입력데이터가 적은 경우 보간법을 사용할 때는 4가지 주요 문제점이 발생할 수 있다. ① 실제값을 반영하지 못하는 정확도 부족(Underfitted) ② 고차 다항식을 사용할 때 주어진 입력데이터에는 적합하나 사이의 값들에 대하여 오차가 발생하는 과

<표 2> 표준품셈 내 작업량 계수 예시(9-6-4 수치지도 작성 1. 수치도화)

[주] ① 수치도화라 함은 항공사진 또는 위성사진을 수치도화기로 지형지물을 수치형식으로 측정하여 이를 컴퓨터에 수록하는 작업을 말한다.

② 본 품에 기재되어 있지 않은 사진축척에 대하여는 보간법으로 계산하여 적용할 수 있다.

사진축척	1:3,000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500
1시간당 작업량	0.0018	0.0055	0.0165	0.0482	0.3287

③ 지형 및 도화작업의 종류에 따라 다음의 계수를 곱하여 계산한다.

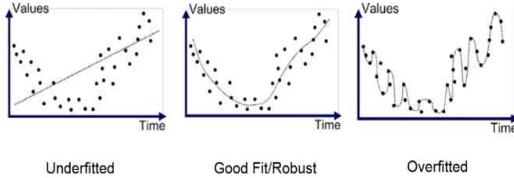
㉞ 지형구분에 따른 증감계수

구분	밀집시가지	시가지	교외지	농경지	구릉지	산지
증감계수	1.68	1.00	0.78	0.65	0.65	0.65

㉞ 시설물 종류별 증감계수

구분	상수도	하수도	가스	전력	통신	난방	송유관
증감계수	1.68	1.00	0.78	0.65	0.65	0.65	1.0

적합현상(Overfitted) ③ 보간된 구간 이외의 구간을 예측하는 외삽(Extrapolation)의 어려움 ④ 데이터 현상의 대표성 부족. 이러한 보간법의 문제점을 최소화하기 위하여 고차 보간법 대신 저차 보간법을 사용하여 과적합의 위험을 줄이는 정규화(Regularization)를 적용해야 한다.



(그림 4) 보간법 적용시 결과 예시

작은 입력데이터의 보간을 수행 시 ① 데이터 증강 ② 모델 복잡성 조절 ③ 교차 검증 등의 3가지 방법으로 정확도 부족과 과적합 현상을 방지한다. 본 연구의 입력데이터는 범적으로 명시되어 있어 그 데이터를 임의로 증강시킬수 없어 고차방정식에서 저차방정식으로 모델 복잡성을 조절하고, 다항방정식과 스플라인 보간의 교차 검증으로 더욱 정확한 축척별 작업량 계수를 산정하고자 한다. 이를 위해 입력데이터가 1개인 구조화 편집을 제외하고, 나머지 제작절차별 작업량계수 산정에 있어 데이터의 연속성이 고려되는 다항방정식과 스플라인 보간법을 적용하고자 한다.

먼저, 다항방정식의 경우 N개의 점이 주어졌을 때 우리는 (N-1)차 다항식으로 주어진 점들을 모

$$y = a_{n-1}x^{(n-1)} + a_{n-2}x^{(n-2)} + \dots + a_1x + a_0$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(n-1)} & x_1^{(n-2)} & \dots & x_1 & 1 \\ x_2^{(n-1)} & x_2^{(n-2)} & \dots & x_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{n-1}^{(n-1)} & x_{n-1}^{(n-2)} & \dots & x_{n-1} & 1 \\ x_n^{(n-1)} & x_n^{(n-2)} & \dots & x_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{n-1} \\ a_{n-2} \\ \vdots \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{n-1} \\ y_n \end{bmatrix}$$

(그림 5) 다항방정식 보간공식

두 지나는 연립방정식의 계수들을 결정해야 한다. 만약, 도출 고차방정식이 과적합을 일으킬 경우 차수를 한 단계 내려 이를 방지한다.

스플라인 보간은 공식은 다음과 같다. 스플라인은 데이터의 연속성을 고려하여 주어진 데이터 포인트들을 부드럽게 연결하는 함수의 집합으로 다양한 차수의 곡선을 생성할 수 있는 유연성을 가진다. 또한, 주어진 정보를 최대한 활용하여 보간된 값을 추정하기 때문에 입력데이터가 적은 상태를 보완할 수 있다.

$$X_{k-1}f''_{k-1} + Z_{k-1,k}f''_k + X_kf''_{k+1} = G_{k-1,k}$$

$$\begin{pmatrix} Z_{0,1} & X_1 & 0 & \dots & 0 \\ X_1 & Z_{1,2} & X_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & X_{N-1} & Z_{N-1,N} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f''_1 \\ f''_2 \\ \vdots \\ f''_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{1,2} \\ G_{2,3} \\ \vdots \\ G_{N-1,N} \end{pmatrix}$$

(그림 6) 스플라인 보간공식

스플라인 보간공식은 나뉘어진 구간의 끝점에서 해당 구간의 데이터 포인트값을 일치시키고, 인접한 구간에서 1차 미분값과 2차 미분값이 모두 연속적으로 적용되게 함으로써 최적의 곡선을 찾는다.

## 4. 실험 및 분석

### 4.1 실험 설계

① 수치도화 ② 수동입력 ③ 자동입력 ④ 정위 치편집 4가지 수치지도 제작 절차에 있어 제시되지 않은 축척별 작업량계수를 보간법으로 산정한다. 보간법은 스플라인과 고차다항식을 적용한다.

전체 축척은 ① 1:500 ② 1:1,000 ③ 1:2,500 ④ 1:3,000 ⑤ 1:5,000 ⑥ 1:10,000 ⑦ 1:20,000 ⑧ 1:37,500 ⑨ 1: 250,000 ⑩ 1:1,000,000 10개 기준으

로 제시되지 않은 작업량계수를 산정한다. 각 보간법으로 도출된 작업량계수를 비교하여 차이가 어느 정도로 큰지 확인한다. 다만, 그래프는 음수 또는 0이 나올 수 없고, 우상향을 그리는 그래프임으로 다항방정식을 적용 시에는 계수에 음수를 배제하도록 한다.

#### 4.2 보간법 기반 작업량 계수 결과분석

먼저, 축척이 1:250,000 / 1:1,000,000 등의 소축척 지도로 변화하면서 기하급수적으로 작업량계수가 상승함을 확인하였다. 그러나 실제 비용산출시 작업량 = 구축대상 면적/(축척계수×8시간)×(지형비율×지형계수)×작업률×수정률에 해당하여 지세도와 전도 같은 경우 실제 면적도 상당히 커지는 것을 감안한다면, 이러한 작업량계수 상승률은 타당하다.

스플라인 보간법 기반 작업량계수와 다항방정식 보간법 기반 작업량계수 결과를 비교하여 상대적 오차를 구하고자 한다. 먼저, 수치도화 작업량계수의 평균오차는 0.0014, 벡터편집 작업량계수의 평균오차는 0.1067, 정위치편집 작업량계수의 평균오차는 0.0039, 도면제작 작업량계수의 평균오차는 0.0006으로 나타났다. 이는 타 계수 대비 벡터편집의 작업량계수가 유의미한 상승률 즉, 데이터 대표성을 가지고 있지 않아 이러한 오차가 나는 것으로 분석되었다. 이를 상세히 설명하자면 4가지 원인으로 ① 추세 부재 ② 입력데이터의 부족 ③ 데이터 간격 ④ 보간방법의 선택 등이 있다.

먼저, 추세 부재의 경우 입력데이터 간에 명확한 상승률이나 패턴이 없다면, 보간법은 이러한 비결정성을 반영하여 서로 다른 결과를 생성할 수 있다. 일반적인 선형보간의 경우 인접한 포인트를 직선으로 연결하지만, 다항식 보간이나 스플라인 보간의 경우 복잡한 곡선경로를 생성하기 때문이다.

입력데이터의 부족은 보간 모델이 충분한 정보 없이 값을 예측하는 것을 의미한다. 이러한 경우 고차 다항식 보간법은 과적합으로 이어지며, 예측

오차가 커지는 것을 방지하는 스플라인 보간법과 차이가 발생한다.

다음으로 보간법 선택 최적화를 위하여 다음의 방법으로 정리할 수 있었다. 먼저, 스플라인 보간법과 다항식 보간법 간의 평균오차를 비교한 결과, 대부분의 항목에서 미세한 차이를 보였으며, 이는 보간 방법이 작업량계수 예측에 비슷한 정확도를 제공할 수 있음을 시사한다. 그러나 본 실험은 작업량계수는 0 또는 음수가 아님을 토대로 실험설계를 진행하였으며, 다항방정식 적용에 있어 계수에 음수를 배제하였으며, 이는 데이터가 균일한 상승률 보이는 우상향 그래프 형태임을 사전에 알고 있어 적용이 가능하였다. 만약, 일정하지 않은 상승률과 데이터간 복잡성이 더욱 심하다면, 스플라인 보간법을 적용해야 할 것으로 판단된다.

〈표 3〉 보간법 적용 결과 축척별 오차 비교

축척	수치도화	벡터편집	정위치편집	도면제작
1:1K	0.0012	0.0084	0.0038	0.0005
1:3K	0.0018	0.0240	0.007	0.0005
1:5K	0.0022	0.0684	0.0063	0.0004
1:10K	0.0036	0.2343	0.0045	0.0004
1:20K	0.0014	0.2757	0.0013	0.0003
1:25K	0.0004	0.1731	0.0003	0.0003
1:250K	0.001	0.0088	0.0024	0.0014
1:1000K	0.0004	0.0009	0.0015	0.0021
평균오차	0.0014	0.1067	0.0039	0.0006

〈표 4〉 스플라인 보간법 기반 작업량 계수 산정

① 수치도화 작업 시 사진축척 별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

사진축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0020	0.0010	0.0014	0.0018	0.0055	0.0165	0.0482	0.3287	184.4771	13026.342

② 벡터편집 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

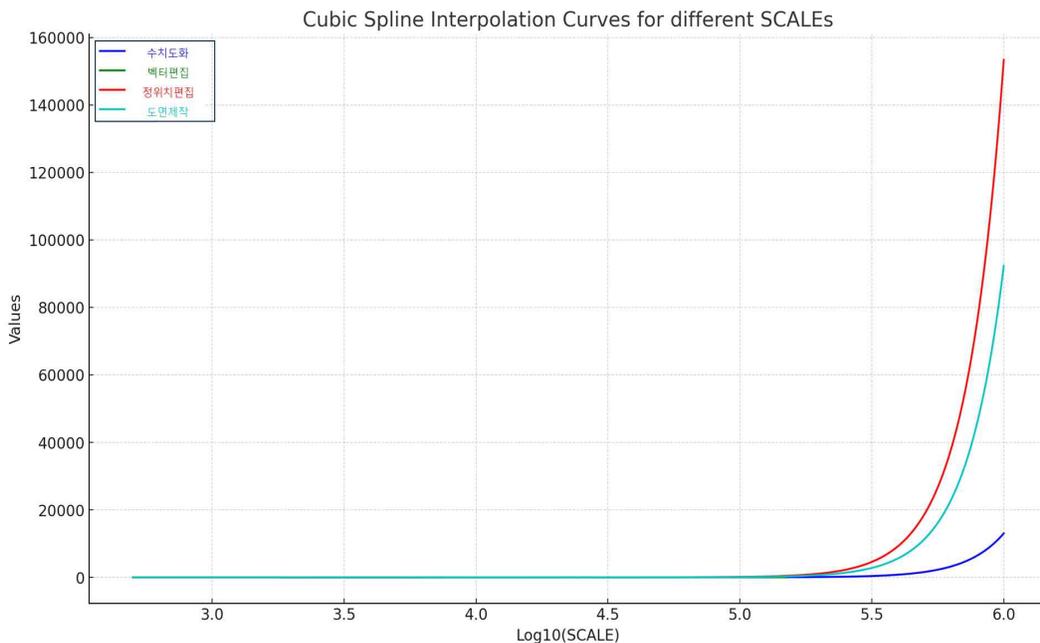
축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0071	0.0084	0.0186	0.0240	0.0560	0.2027	0.7455	1.1200	2.2700	30.1354

③ 정위치편집 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0048	0.0065	0.0365	0.0471	0.0760	0.0966	0.3179	3.7483	2203.360	153346.575

④ 도면제작 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0056	0.0191	0.0543	0.0646	0.0998	0.2728	0.4950	3.1018	1350.077	92346.734



〈표 5〉 다항방정식 보간법 기반 작업량 계수 산정

① 수치도화 작업 시 사진축척 별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

사진축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0008	0.0010	0.0014	0.0018	0.0077	0.0201	0.0496	0.3267	184.4771	13026.2585

② 벡터편집 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

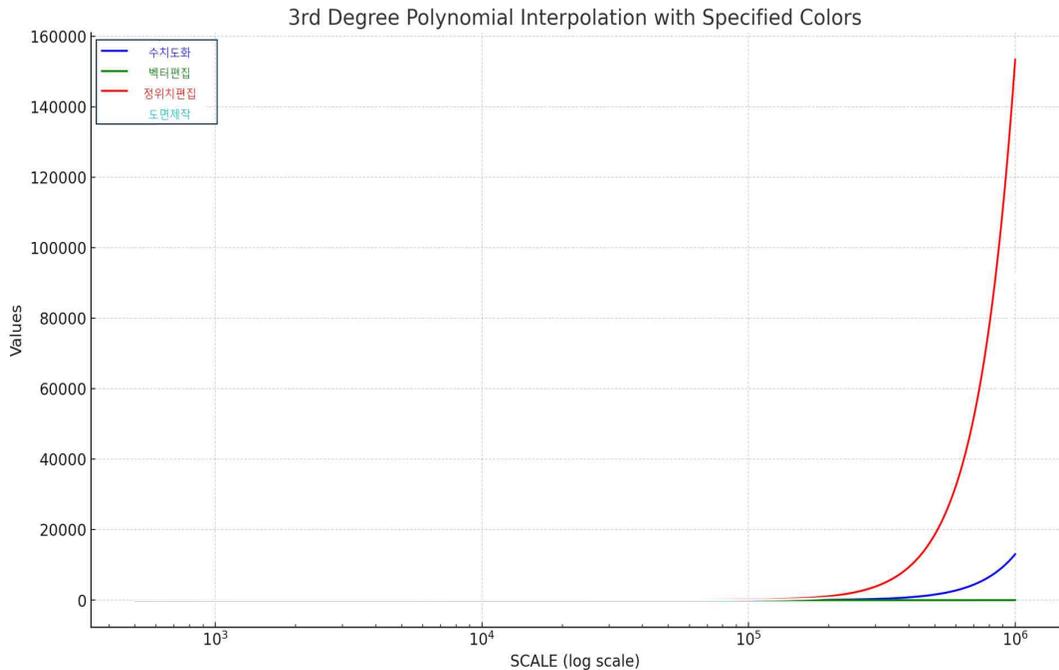
축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0142	0.0168	0.0372	0.0480	0.1244	0.4370	1.0212	1.9152	2.2788	30.1758

③ 정위치편집 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0048	0.0027	0.0437	0.0541	0.0823	0.1011	0.3191	3.7446	2203.3621	155346.6559

④ 도면제작 작업 시 축척별 1시간당 작업량계수는 다음과 같다.

축척	1:500	1:1,000	1:2500	1:3000	1:5,000	1:10,000	1:20,000	1:37,500	1:250,000	1:1,000,000
1시간당 작업량	0.0051	0.0186	0.0539	0.0642	0.0994	0.1724	0.4947	3.1016	1350.0780	92346.7287



## 5. 결 론

## 〈참고문헌〉

본 연구에서는 수치지도 제작 관련 비용산출에 필수인 작업량계수 산정에 있어 스플라인과 다항방정식 보간법을 적용하여 그 결과를 비교하였다.

① 1:500 ② 1:1,000 ③ 1:2,500 ④ 1:3,000 ⑤ 1:5,000 ⑥ 1:10,000 ⑦ 1:20,000 ⑧ 1:37,500 ⑨ 1:250,000 ⑩ 1:1,000,000 10개 기준으로 제시되었던 작업량계수를 입력데이터로 활용하여 제시되지 않은 축척 및 소축척 지도 대상 작업량계수를 산정하였다.

작업량계수 산정 시 소축척지도에 해당하는 1:250,000 및 1:1,000,000 축척에서 대폭 상승하였으나, 이는 실제 비용산출 시 구축 대상 면적을 고려하였을 때 타당한 것으로 확인되었다.

스플라인과 다항방정식 보간 결과의 평균오차는 수치도화 작업량계수 0.0014, 벡터편집 작업량계수 0.1067, 정위치편집 작업량계수 0.0039, 도면제작 작업량계수 0.0006으로 총 평균오차는 0.02815로 나타났다.

이는 보간을 적용하기 이전에 작업량계수의 특징으로 고려하여 음수 배제, 우상향 특성을 고려하였기 때문에 두 보간법 간의 차이가 미미한 것으로 확인하였다.

이 연구의 결과는 수치지도 제작 비용산출의 정확성을 향상시키기 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 다양한 보간 방법의 적용 가능성을 탐색함으로써 비슷한 연구에서 사용할 수 있는 방법론적인 기준을 제시할 것으로 기대된다.

1. 국토교통부, 「2024 건설공사 표준품셈」, 2024.
2. 국토지리정보원, 「공공측량 작업규정」, 2023.
3. \_\_\_\_\_, 「측량대가의 기준」, 2020.
4. 김건우, “이차원 결정에서 스플라인 보간법 (Spline interpolation) 이용 사례”, 「産研論叢」, 제34권 1호, 2009.
5. 김화경, “공간데이터 마이닝을 활용한 소축척 지도 일반화 기법에 관한 연구”, 석사학위논문, 숭실대학교 대학원, 2023.
6. 민관식, “지도제작 표준품셈 현행화 방안 연구”, 「한국지적학회지」, 제36권 1호, 2020.
7. 이석배, “무인비행장치측량 표준품셈의 개선방안에 관한 연구”, 「한국지적학회지」, 제37권 1호, 2021.
8. 이성화, “지적측량 표준품셈 체감 및 가산계수의 개선에 관한 연구”, 「한국지적학회지」, 제26권 2호, 2010.
9. 이종민, “측량대가의 기준과 건설공사 표준품셈의 측량비용 산출 구성 분석 및 현실화 방안”, 석사학위논문, 서울시립대학교 도시과학대학원, 2015.
10. 한국건설산업연구원, 「건설공사 공사비 산정 방식의 합리적 개선방안」, 2010.

(접수일 2024.03.10, 심사일 2024.03.12, 심사완료일 2024.03.22.)