

측량 및 매핑 방법의 비용 대 효과 분석 The Benefit-Cost Evaluation of the Surveying and Mapping Methods

박 홍 기*
Park, Hong-Gi

요 旨

기술적인 프로젝트를 수행하는 기관들은 전문가들의 도움을 받는 것이 보편화되어가고 있다. 프로젝트를 사전 검토하는 전문가들은 정보화 기술과 측량 및 매핑의 변화된 기술과 함께 경제적인 방법에 대한 분야에 대한 전문적인 지식이 있어야 한다. 토탈스테이션, GPS, 정사사진, 수치지도 및 위성 리모트센싱과 같은 새로운 측량 및 매핑 방법은 과거의 측량 개념을 송두리째 바꾸어버렸다. 또한 매핑에 대한 기술은 지난 50년 동안 기계식에서 해석적 그리고 수치적으로 크게 변화되었다. 이제 측량 및 매핑 방법들의 적절한 선택은 특정한 기술의 사용보다는 비용과 효과 측면에서의 결정사항이 되고 있다. 예를 들어 GPS 측량기는 종래의 측량 기기보다 더 비싸지만 비용효율적인 측면에서 장점을 제공하고 있다. 본 연구에서는 측량 및 매핑 프로젝트에서의 비용인자와 효과인자를 독립적으로 평가하였고, 비용/효과 비(B/C비)를 평가모델에 사용하여 각 측량 방법의 비용 효과를 비교하였다. 측량 및 매핑 방법들의 비용 대 효과 모델은 전체 프로젝트에서 경제적인 결과를 얻을 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The Organizations working with technological projects will be more and more common to connect consultants. Those who shall carry out the pre-analysis of the projects ought to have a professional knowledge to the area about economical methods with information technology and changed technology of surveying and mapping. New surveying and mapping methods, such as TotalStation, GPS, orthophoto, digital map, and satellite remote sensing, have totally changed the old concept of surveying. Also the technology for the new mapping has greatly changed from analog to analytical to digital during the past 50 years. Now, the proper choice of surveying and mapping methods becomes a decision on cost and efficiency rather than the use of a particular technology. As an example, GPS equipment dose cost considerably more than traditional surveying equipment, but the advantages it provides make it very cost-effective. In this study, the cost and benefit factors of the surveying and mapping projects are evaluated independently and benefit/cost ratio(B/C ratio) is used in benefit-cost evaluation of the different surveying methods. The benefit-cost model of surveying and mapping methods will produce economical result in the whole projects.

1. 서 론

오늘날 토탈스테이션, GPS, 정사사진, 수치지도 및 위성 리모트센싱과 같은 새로운 측량 및 매핑 방법은 과거의 측량 개념을 송두리째 바꾸어버렸다. 매핑에 대한 기술은 지난 50년 동안 기계식에서 해석적 그리고 수치적으로 크게 변화되었다.¹⁾

측량 및 매핑시스템은 측지, 지도제작, 지적 및 매핑시스템 등 여러 다른 시스템의 조합으로 구성된다.

측량 및 매핑 시스템의 최적화는 다음과 같은 방법으로 고려할 수 있다.

첫째, 비용 최소화 : 이것은 비용 대 효과의 비율을 분석함으로써 이를 수 있다. 그러나 이들 시스템의 결과물로부터 경제적인 이익이 직접 나타나지 않는 경우가 있기 때문에 비용 대 효과 분석이 항상 쉬운 것은 아니다.

둘째, 정확도 최대화 또는 오차 최소화 : 과거에는 최적화의 개념을 정밀도, 정확도 및 신뢰도를 증가하는 것으로 보아왔으며, 금액이 정해지면 기술이 제한적이었으므로 다른 대안을 생각할 수가 없었다.

*경원대학교 토목환경공학과 부교수

셋째, 결과물 사용자들의 통합 또는 최대화 : 측량 및 매핑시스템의 결과물은 그 자체가 완성품이 아니라 중간 단계의 결과물이다. 측량 및 매핑시스템의 결과물은 지형공간에 대한 정보이다. 이것은 주로 국방, 지구물리, 공학, 기타 분야에서 주로 이용된다. 측량 및 매핑시스템의 비용은 사용자의 증가와 중복을 배제시킨 시스템의 통합을 통해 줄일 수 있다.

미국 위스콘신주의 145개 측량회사를 대상으로 2000년 3월에 조사한 설문결과를 살펴보면 GPS측량을 하는 이유는 시간과 비용 절감 때문이라는 응답이 73%이었으며, 나머지 23%는 결과의 정확도에 만족하기 때문이라고 응답하였다. 그리고 그 활용분야는 경계측량, 지형측량, 측지측량, 사진기준점측량, 시공측량, GIS 순이었다.²⁾

수치표고모형(Digital Elevation Model; DEM)은 정사사진제작을 위해서 뿐만 아니라 3차원 지형분석을 위해 오늘날 선진국에서는 기본자료로서 제공되고 있으며, 우리나라도 국가DEM자료를 구축하기 위해 계획하고 있다. DEM 구축을 위한 새로운 기술로서 항공레이저측량(Airborne Laser Topographic Mapping; ALTM 또는 LIDAR)이 소개되었다. 독일 측량회사의 결과에 따르면 항공레이저측량은 사진측량방법에 소요되는 비용의 25%에서 33%의 비용으로 구축이 가능하였다고 발표된 바도 있다.³⁾

또한 독일에서 실시한 수치표고모형 구축을 위한 다양한 방법에 대한 정확도와 비용의 비교결과는 표 1과 같았다.¹⁾

넓은 지역에 대한 최초의 지형측량인 경우 지상측량방식보다 항공사진측량이 경제적이란 것은 기지의 사실이다. 미국 캘리포니아 주는 남은 쓰레기 매립 가능용량을 결정하기 위해 실시한 연구에서 10에이커(약 40,000 m²)보다 작은 면적인 경우에 지상측량을 추천하고 있다.⁴⁾

표 1. 다양한 DEM 구축 방법의 정확도 및 비용 비교

방법	정확도	km ² 당 비용
대측척 항공사진	±0.2 m	1,000 DM
항공 laser scanning	±0.2 m	500 DM
소측척 항공사진	±1 m	500 DM
항공 interferometric radar	±1 m	100 DM
SPOT 위성영상	±10 m	10 DM
위성 radar interferometry	±20 m	5 DM

요즈음은 GPS를 부착한 측량용사진기를 이용하여 경제성을 보다 더 높일 수 있게 되었다. 또한 기준점 설치나 측량과 같은 지상작업은 오늘날 GPS측량으로 대체되고 있다. 그러나 그 지형자료의 일부지역을 수정하거나 오래된 자료를 갱신하는 경우 항공사진이나 고해상 위성사진이 꼭 효율적이라고는 말할 수 없다. 예를 들어 경계측량의 경우 여전히 지상측량을 이용할 수밖에 없기 때문이다.

기준점측량의 경우 종래의 트랜싯과 레벨을 이용하던 방식을 벗어나 GPS와 TotalStation을 병용한 측량을 활용하여 비용효율(cost-effective)을 높이고 있다.

본 연구는 측량 및 매핑 프로젝트에서 활용 목적에 따른 측량방법의 선택을 비용-효과 측면에서 살펴보는 방법을 제시하는데 목적이 있다. 측량 및 매핑 방법에 따른 경제성을 비교하기 위해 비용 대 효과 분석 모델을 도입하였으며, 장기간 동안의 경제성을 분석하는 GIS 프로젝트와는 달리 단위 측량용역에서의 비용인자와 효과인자를 독립적으로 평가하는 방식으로서의 비용/효과 비(B/C비)를 평가모델에 사용하였다.

본 연구에서는 대표적인 측량 및 매핑 프로젝트인 기준점측량, 지형측량 및 수치표고모형 구축 분야에서의 측량방법에 따른 경제성을 분석하였다. 또한 GIS 활용 측면이 아닌 측량 및 매핑 용역의 관점에서 각 분야에서 대표적인 측량방법을 선정하여 비교 분석하였다.

평가인자들의 경중률과 인자들의 평가수치는 관련 전문가들의 자문을 얻어 그 타당성을 확인하였고 그들의 평균값을 적용하였다.

2. 비용 대 효과 분석 모델

한 개의 프로젝트에 대한 비용 대 효과 분석을 위한 B/C비(Benefit-Cost Ratio)는 다음 식으로 계산되어진다.⁵⁾

$$\frac{B}{C} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+d)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+d)^t} \quad (1)$$

여기에서 B_t와 C_t는 기간 t에 발생한 이익과 비용, d는 감가상각비, n은 프로젝트 기간이다.

그러나 측량 및 매핑 프로젝트에 대한 것이 아니고 측량방법론에 대한 비용 대 효과의 비교 분석을 하기 위해서는 비용과 효과에 대해 각각 독립적으로 분석한 후 B/

C비를 계산하는 방법으로 단순화시킬 수 있다.

2.1 비용 분석

측량 및 매핑시스템의 어떤 작업을 수행하는데 m개의 다른 방법이 사용된다고 가정하자. 비용 평가 인자들의 수는 각 방법에 따라 결정된다. 그 결과 정규화 계수($0 < c_{ij} < 1$, $i=1, 2, \dots, m$, $j=1, 2, \dots, n$)을 갖는 ($m \times n$) 행렬 C가 만들어진다. 여기에서 c_{ij} 는 i번째 방법에 대한 j번째 비용 평가 인자이다. 따라서 비용 평가 인자 행렬 C는 다음과 같이 표현되어진다.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

또는

$$C_j = \begin{bmatrix} c_{1j} \\ c_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ c_{mj} \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기에서 $j = 1, 2, \dots, n$.

$$R_i = [c_{i1} \ c_{i2} \ \dots \ c_{in}] \quad (4)$$

여기에서 $i = 1, 2, \dots, m$.

column 행렬 c_j 의 요소값들은 n개 비용 인자 척도, 비용 인자 수 j를 갖는 m개 다른 방법에서의 비용을 나타낸다. 마찬가지로 row 행렬 R_i 의 요소값들은 특정한 한 개 방법 i에 대한 n개 비용 인자들을 나타낸다.

n개 비용 평가 인자들 각각은 적절한 경중률 w_j ($j = 1, 2, \dots, n$)의 영향을 받으며, 비용 인자들의 평가에서 그 중요성에 따라 0에서 1까지 할당받는다. 비용 인자의 평가에서 영향이 없는 인자들은 0값의 경중률을 할당받고, 영향이 가장 많은 인자들은 1의 값을 할당받는다. 중요도가 같은 인자들은 같은 경중률을 할당받는다. 이렇게 다른 경중률 값을 경중률 행렬 벡터 W_c 를 나타내며,

다음과 같이 표현할 수 있다.

$$W_c = \begin{bmatrix} w_{c1} \\ w_{c2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{cn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

각 방법에 대한 전체 비용 함수 q_{ci} 는 경중률이 부가된 비용 평가 인자들의 합으로 얻어질 수 있다.

$$q_{ci} = \sum_{j=1}^n w_{cj} c_{ij} \quad (6)$$

여기에서 $i=1, 2, \dots, m$.

또는 행렬 형태로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_c = C \times W_c = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & c_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{c1} \\ w_{c2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{cn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

최적의 방법에 대한 선택 기준은 비용 평가 순위에서 최소가 되는 것을 선택하는 것이다.

2.2 효과 분석

비용 분석과 같은 방법으로 측량 및 매핑시스템의 각 방법에 따른 효과를 분석하는데 다음과 같은 과정을 밟는다. 이 때 비용 평가 인자 행렬은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

여기에서 b_{ij} 는 i번째 방법에 대한 j번째 효과 평가 인자이다.

n개 효과 평가 인자들에 대한 경중률 행렬 W_b 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$W_b = \begin{bmatrix} w_{b1} \\ w_{b2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{bn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

각 방법에 대한 전체 효과 함수 q_{bi} 는 경중물이 부가된 효과 평가 인자들의 합으로 얻어질 수 있다.

$$q_{bi} = \sum_{j=1}^n w_{bj} b_{ij} \quad (10)$$

여기에서 $i=1, 2, \dots, m$.

또는 행렬 형태로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_b = B \times W_b = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{b1} \\ w_{b2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{bn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

최적의 방법에 대한 선택 기준은 효과 평가 순위에서 최대가 되는 것을 선택하는 것이다.

2.3 효과/비용 비(B/C비)

측량 및 매핑 프로젝트에서의 비용 대 효과 분석은 전체 비용과 전체 효과를 비교함으로써 수행할 수 있다. 따라서 다음과 같은 B/C비로서 비교평가가 가능하다.

$$\frac{\text{효과}}{\text{비용}} = \frac{Q_b}{Q_c} \geq 1.0 \quad (12)$$

최적 방법에 대한 선택기준은 B/C비를 기초로 할 수 있다. B/C비가 큰 값일수록 최소 비용으로 최대 효과를 얻을 수 있는 최적의 방법이 되는 것이다.

3. 평가 인자 결정

비용과 효과의 평가 인자들은 외국의 자료⁹⁾를 바탕으로 선정하였으나 그 의미와 순위는 수정하여 사용하였다.

3.1 비용 평가 인자의 결정

측량비용을 평가하기 위해 고려되어야 할 인자들은 수

행할 측량방법 및 지도제작의 종류와 정확도, 지형특성 등에 따라서 구분할 수 있으며, 그 항목도 다양하다. 본 연구에서 모든 인자들을 고려한다는 것은 불가능하며, 프로젝트가 수행되는 지역이나 기관 또는 위치에 따라 상황에 맞게 고려되어야 할 것이다. 주된 비용 인자로서 고려할 수 있는 것들은 다음과 같다.

1) 기기비 : 측량기기의 구입비 또는 임대비는 대부분의 경우 주된 인자로 고려된다. 측량기기가 고가일수록 비용 평가 인자의 수치도 높아진다.

2) 작업비 : 측량 및 지도제작 방법에 따라 구분이 되며, 작업방법이 복잡할수록 측량 및 지도제작 비용은 증가한다. 또한 작업방법에 따라 숙련된 기술자의 투입 정도가 결정된다.

3) 시간소요 : 제시된 요구정확도 이내로 측량 및 매핑 프로젝트를 완료하기 위하여 소요되는 작업시간은 측량 방법에 의해 결정되므로 작업방법에 따라 시간의 소요가 다르게 제시된다. 즉 작업에 드는 시간소요는 비용 소비로 볼 수 있다.

4) 교육훈련비 : 기술을 요구하고 작업이 복잡한 측량 방법은 숙련된 기술자를 필요로 한다. 숙련된 기술자를 양성하기 위해서는 투자비용이 요구된다.

5) 유지관리비 : 저렴한 기기보다 가격이 비싼 기기는 일반적으로 유지관리하는데도 비용이 많이 들게된다. 예를 들어 측량기기에 대한 유지보수가 우리나라에서 불가능하여 제작국가에 보내야하는 경우에는 이 인자는 전체 비용에 많은 영향을 줄 수 있다.

6) 보조장비비 : 측량 및 지도제작에 있어서 측량방법에 따라 측량 보조장비를 필요로 하는 경우가 있다.

7) 기기 고장 : 측량 및 매핑 프로젝트를 수행하는 도중 발생하는 기기의 고장은 측량작업을 중단하게 하며 전체 작업기간을 연장하게 된다. 복잡한 기기일수록 고장이 발생할 확률도 크다. 작업도중에 고장난 기기를 수리하기 위해 소요되는 비용은 유지관리비로 포함될 수도 있으나 이로 인한 작업지체는 비용 평가 인자로 고려되어야 한다.

3.2 효과 평가 인자의 결정

측량 및 매핑 프로젝트의 효과 분석은 그 결과가 직접 반영되는 것이 아니므로 용이한 작업이 아니다. 대부분의 경우 측량의 효과들은 간접적으로 나타나므로 이들을 평가하기 위해서는 전문지식과 풍부한 경험이 있

어야 한다.

간접적인 효과 평가 인자들로 다음과 같은 것들을 고려할 수 있다.

1) 정확도 : 측량 및 매핑 프로젝트에는 요구정확도가 제시되어 있다. 이 요구정확도에는 만족시켰다고 해도 측량방법에 따라 정확도 차이는 존재한다. 또한 부분적인 정확도와 프로젝트 전체의 평균적인 정확도가 상이한 경우도 발생한다. 아울러 이 결과를 이용하여 다른 측량을 하게 되는 장기 프로젝트인 경우에는 이 인자의 효과는 매우 영향력이 크다고 할 수 있다.

2) 3차원 좌표 : 오늘날 정보화사회에서는 평면좌표와 표고를 분리하여 측량하지 않고 3차원좌표를 동시에 측량하는 것이 효과적이다. 이는 정확도, 유연성 및 데이터 운용과도 연관이 있으나, 한 점에 대해 3차원좌표를 직접 얻을 수 있는 방법인가를 구분하기 위해 효과 평가 인자로 구분하였다.

3) 유연성 : 측량 결과의 변환 용이성은 결과물에 대한 유연성의 주된 효과 인자로 고려될 수 있다.

4) 데이터 운용 : 사용자들의 데이터 운용측면을 고려하면 쉽게 저장되고 가공이 용이한 것이 효과적인 것이다.

5) 다중 사용자 : 특별한 사용자만을 위해 결과물을 측량한다면 비용은 상승하게 된다. 그 반면에 불특정 다수의 사용자들이 사용할 수 있는 기준에 맞도록 결과물을 만들어 낸다면 비용을 분담할 수 있어 경제적인 것이다. 즉 많은 사람들이 사용할 수 있는 데이터를 제작하느냐를 판단하는 인자이다.

6) 확실성 : 특정 방법의 결과물은 다른 방법보다 더 확실한 경우가 있다. 본 연구에서 확실성이란 기술적인 작업을 위한 판단기준 뿐만 아니라 법적인 문서로서 사용될 수 있는 결과물을 의미한다. 즉 전체의 데이터에 대한 신뢰성과도 연관된다.

3.3 경중률 부여 방법

비용 및 효과의 평가에서 평가인자로 제시된 모든 인자들은 각각의 의미를 갖고 있는 항목들이므로, 측량 및 매핑 프로젝트의 비용을 분석하는 동안 평가 인자의 수치를 적절하게 부여하는 것도 중요하지만 그 인자들의 중요도 즉 경중률 수치를 적절하게 할당하여야 한다.

경중률은 다음과 같은 4가지 방법으로 가중치를 부여할 수 있다.⁷⁾

1) 인자항목 반영

평가항목 계수화에서 인자들의 중요도를 동일하게 평가하는 방법으로, 모든 인자들의 경중률 수치를 1로 한다.

2) 비례순위 반영

인자들간의 중요도를 반영하기 위해 아래 순위의 인자는 위 순위 인자의 90% 중요도를 갖는 것으로 가정하여 최우선 순위를 1로 하고 차례로 90%의 가중치를 부여한다. 최저 순위의 인자가 갖는 1번 순위 인자에 대한 중요도를 계산하여 보면 7개의 인자인 경우 53.1%, 6개 인자인 경우 59.0%의 가중치를 부여받는 것이 된다.

3) 차등순위 반영

상위 순위의 중요도를 반영하기 위해 최저 순위를 1로 하고 위 순위로 갈수록 1씩 더해준다. 최저 순위의 인자가 갖는 1번 순위 인자에 대한 중요도를 계산하여 보면 7개의 인자인 경우 14.3%, 6개 인자인 경우 16.7%의 가중치를 부여받는 것이 된다.

4) 인정수치 반영

평가자가 자신의 주관적인 경험과 객관적인 자료를 바탕으로 인자들간의 중요도를 인위적으로 결정한 값으로, 아래 순위는 위 순위의 가중치를 초과하여 부여할 수 없다. 만약 가중치 순위가 달라지는 경우 비례순위나 차등순위와 순서를 바꾸어야 한다.

4. 실 험

본 연구에서는 기준점측량, 지형측량 및 DEM(수치표고모형)구축을 위한 측량 방법들의 비용과 효과를 평가하였다.

비용 평가 인자는 0에서 1.0까지 소수점 첫째자리까지의 수치로 할당하며, 비용이 많이 들수록 큰 수치를 부여하였다. 효과 평가 인자는 0에서 1.0까지 소수점 첫째 자리까지의 수치로 할당하며, 효과가 클수록 큰 수치를 부여하였다. 경중률은 0에서 1.0까지 소수점 첫째자리까지의 수치로 할당하며, 평가에 영향력이 클수록 큰 수치를 부여하였다.

4.1 비용과 효과의 평가 인자별 비교

비용과 효과의 평가 인자별 수치부여 방법은 일차적으로 외국의 발표자료를 바탕으로 수치화한 후, 측량 및 매핑 전문가들의 설문응답 결과를 평균하여 사용하였다.

1) 기준점측량

기준점측량을 위한 GPS측량, 해석 항공사진측량, 종래의 트랜싯과 레벨에 의한 지상측량 및 현대의 TS (TotalStation)측량 등 4가지 방법을 예로서 분석하였다(표

표 2. 기준점측량 방법들의 비용 평가 인자

비용 인자	GPS측량	항공사진측량	종래의 지상측량	TS측량
1 기기비	0.8	0.9	0.5	0.6
2 작업비	0.4	0.6	0.9	0.7
3 시간 소요	0.3	0.6	1.0	0.8
4 교육훈련비	0.3	0.8	0.6	0.5
5 유지관리비	0.4	0.5	0.5	0.4
6 보조장비비	0.2	0.8	0.5	0.4
7 기기고장	0.8	0.8	0.4	0.4

표 3. 기준점측량 방법들의 효과 평가 인자

효과 인자	GPS측량	항공사진측량	종래의 지상측량	TS측량
1 정확도	1.0	0.7	0.8	0.9
2 3차원 좌표	1.0	0.8	0.5	0.8
3 유연성	1.0	0.6	0.5	0.9
4 데이터 운용	0.8	0.6	0.4	0.6
5 다중 사용자	0.8	0.6	0.4	0.6
6 확실성	0.8	0.4	0.5	0.6

표 4. 지형측량 방법들의 비용 평가 인자

비용 인자	평판측량	GPS+TS측량	항공사진측량
1 기기비	0.1	0.8	0.8
2 작업비	0.9	0.6	0.4
3 시간 소요	1.0	0.6	0.2
4 교육훈련비	0.4	0.4	0.8
5 유지관리비	0.2	0.5	0.6
6 보조장비비	0.2	0.4	0.8
7 기기고장	0.1	0.4	0.6

표 5. 지형측량 방법들의 효과 평가 인자

효과 인자	평판측량	GPS+TS측량	항공사진측량
1 정확도	0.2	1.0	0.8
2 3차원 좌표	0.2	0.9	0.8
3 유연성	0.1	0.9	0.6
4 데이터 운용	0.1	0.8	0.6
5 다중 사용자	0.1	0.8	0.8
6 확실성	0.8	1.0	0.8

2, 3 참조).

2) 지형측량

공공측량에서의 지형측량을 위한 측량방법으로 평판측량, GPS와 TotalStation을 병용한 측량, 해석 항공사진측량 등 3가지 방법에 대한 비용과 효과를 평가하였다(표 4, 5 참조).

3) DEM구축

공공측량용 DEM구축을 위한 측량방법으로 GPS측량, 해석 항공사진측량, 종래의 지상측량, 및 ALTM(항공레이저측량) 등 4가지 방법에 대한 비용과 효과를 평가하였다. 소축적용 DEM구축에 사용하는 리모트센싱은 제외하였다(표 6, 7 참조).

표 6. DEM 구축 방법들의 비용 평가 인자

비용 인자	GPS측량	항공사진측량	종래의 지상측량	ALTM
1 기기비	0.7	0.9	0.5	1.0
2 작업비	0.8	0.6	1.0	0.4
3 시간 소요	0.9	0.6	1.0	0.4
4 교육훈련비	0.3	0.6	0.3	0.6
5 유지관리비	0.4	0.5	0.4	0.5
6 보조장비비	0.2	0.9	0.6	0.7
7 기기고장	0.4	0.6	0.4	0.6

표 7. DEM 구축 방법들의 효과 평가 인자

효과 인자	GPS측량	항공사진측량	종래의 지상측량	ALTM
1 정확도	1.0	0.8	0.6	0.7
2 3차원 좌표	1.0	1.0	0.6	1.0
3 유연성	0.6	0.8	0.4	0.8
4 데이터 운용	0.6	1.0	0.4	0.9
5 다중 사용자	0.6	0.8	0.4	0.8
6 확실성	0.8	0.6	0.6	0.6

표 8. 비용 평가 인자들의 경중를 부여

비용 인자	인자항목 반영계수	비례순위 반영계수	차등순위 반영계수	인정수치 반영계수
1 기기비	1	1	7	1.0
2 작업비	1	0.9	6	1.0
3 시간 소요	1	0.81	5	1.0
4 훈련교육비	1	0.729	4	0.8
5 유지관리비	1	0.656	3	0.6
6 보조장비비	1	0.590	2	0.5
7 기기고장	1	0.531	1	0.5

표 9. 효과 평가 인자들의 경중률 부여

효과 인자	인자항목 반영계수	비례순위 반영계수	차등순위 반영계수	인정수치 반영계수
1 정확도	1	1	6	1.0
2 3D 좌표	1	0.9	5	1.0
3 유연성	1	0.81	4	0.8
4 데이터운용	1	0.729	3	0.8
5 다중사용자	1	0.656	2	0.7
6 확실성	1	0.590	1	0.6

표 10. 기준점측량 방법과 경중률 부여방법에 따른 B/C비

경중률	GPS측량	사진측량	지상측량	TS측량
인자항목 반영	1.69 5.40/3.20	0.74 3.70/5.00	0.70 3.10/4.40	1.19 4.40/3.70
비례순위 반영	1.77 4.29/2.43	0.80 2.97/3.73	0.74 2.50/3.39	1.20 3.53/2.95
차등순위 반영	1.51 19.8/13.1	0.70 14.0/20.0	0.611 1.8/19.2	0.99 16.6/16.8
인정수치 반영	1.81 4.48/2.48	0.81 3.12/3.84	0.72 2.60/3.63	1.17 3.68/3.14

*위 표에서 사진측량은 해석항공사진측량을, 지상측량은 종래의 지상측량(트랜시과 레벨 측량)을 의미함

4.2 비용과 효과 인자간의 경중률 부여

경중률 부여 방법 중 인정수치 반영계수는 측량 및 매핑 전문가들에게 의견을 들어 평균한 값이다. 본 연구에서 부여한 비용과 효과인자간의 경쟁률은 표 8 및 표 9 와 같다.

4.3 측량 및 매핑 방법별 B/C 비의 비교분석

본 연구에서 설문응답된 수치를 바탕으로 측량 및 매핑 방법별 B/C비를 계산하면 다음과 같다. 표 10에서 표 12까지의 수치 중 위에 기록한 것은 B/C비, 아래 왼쪽은 효과의 합, 아래 오른쪽은 비용의 합을 의미한다.

1) 기준점측량

기준점측량에서의 측량방법별 B/C비는 표 10과 같았다.

기준점측량에서의 비용효과는 GPS측량, 토털스테이션 측량, 해석 항공사진측량 그리고 종래의 지상측량 순으로 나타났다. GPS측량은 비교적 비싼 기기를 사용함에도 불구하고 짧은 작업 시간에 따른 비용절감과 모든 효과인자 특히 정확도, 3차원좌표 및 유연성 등에서 효율적이라고 응답한 결과이다.

2) 지형측량

지형측량에서의 측량방법별 B/C비는 표 11과 같았다.

표 11. 지형측량 방법과 경중률 부여방법에 따른 B/C비

경중률	평판측량	GPS+TS측량	항공사진측량
인자항목 반영	0.52 1.50/2.90	1.46 5.40/3.70	1.05 4.40/4.20
비례순위 반영	0.46 1.07/2.31	1.47 4.24/2.89	1.11 3.44/3.09
차등순위 반영	0.28 3.90/13.8	1.16 19.1/16.5	0.95 15.4/16.2
인정수치 반영	0.43 1.11/2.59	1.46 4.42/3.02	1.16 3.60/3.10

표 12. DEM구축 방법과 경중률 부여방법에 따른 B/C비

경중률	GPS측량	사진측량	지상측량	ALTM
인자항목 반영	1.24 4.60/3.70	1.06 5.00/4.70	0.71 3.00/4.20	1.14 4.80/4.20
비례순위 반영	1.25 3.69/2.96	1.12 3.96/3.54	0.73 2.37/3.26	1.19 3.78/3.18
차등순위 반영	0.99 17.2/17.4	0.95 18.2/19.2	0.58 10.8/18.5	1.00 17.3/17.3
인정수치 반영	1.21 3.86/3.18	1.15 4.16/3.63	0.71 2.48/3.48	1.23 3.98/3.23

*위 표에서 사진측량은 해석항공사진측량을, 지상측량은 종래의 지상측량(트랜시과 레벨 측량)을 의미함.

우리가 일반적으로 생각하는 항공사진측량의 경제성과 본 설문문의 결과는 다른 양상을 보이고 있다. 인자들간의 중복된 영향과 이를 적절한 경중률 부여로 최소화시켜야 하는 것에 잘못이 있었다고 판단할 수도 있겠으나, 연구자의 생각으로는 세분화된 인자로서 비용과 효과를 비교 하도록 한 본 설문에서는 두 가지의 문제점이 있었다고 판단된다. 그 하나는 특정 프로젝트를 수행할 경우에서 측량기기의 가격에 대한 문제이다. 특정프로젝트를 수행하기 위해 측량기기를 새로 구입하는 경우는 근거가 명확하지만 그렇지 않은 경우는 임대비로 계산하는 것이 타당할 것이다. 또 다른 하나는 측량전문가들이 알고 있는 항공사진측량의 문제점을 GPS와 토털스테이션 측량과 비교하면서 너무 부각함으로써 항공사진측량의 효과를 작게 부여한 것으로 판단된다.

3) DEM 구축

DEM 구축에서의 측량방법별 B/C비는 표 12와 같았다.

GPS측량과 항공레이저측량(ALTM)을 비교하면 경중률 부여 방법에 따라 경제성의 순위가 달라짐을 알 수 있다. 인자들간의 경중률에 대한 사전 비교연구가 필요함을 알 수 있었다.

대규모 지역의 수치표고모형 구축에 적용되는 항공사진측량과 항공레이저측량을 비교하면, 항공레이저측량이 항공사진측량에 비해 비용효과가 더 큰 것으로 전문가들은 추정하였다.

5. 결 론

본 연구는 측량 및 매핑 프로젝트에서 측량방법에 따른 비용 대 효과를 분석하기 위한 연구로서, 제한된 측량전문가의 설문응답을 바탕으로 분석하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론과 향후 활용가능성에 대해 기술하면 다음과 같다.

1. 측량방법에 따른 비용 대 효과를 분석하기 위한 모델을 제시하였다.
2. 비용인자와 효과인자를 세분화하였으며, 이들 간의 경중를 부여 방법을 제시하였다.

3. 기준점측량, 지형측량 및 수치표고모형 구축에서의 측량방법에 따른 비용효과를 비교분석한 결과, GPS와 항공레이저측량의 효율성이 높은 것으로 비교평가되었다.

본 연구는 이론적인 방법의 접근 가능성을 분석한 것으로서, 측량방법에 따른 비용 대 효과를 비전문가들에게 제시하기 위해서는 다음과 같은 추후 연구가 필요하다고 판단된다. 측량업계에서는 측량방법에 따른 비용인자와 효과인자들의 선정 및 각 인자들 간의 경중률에 대한 연구가 필요하며, 측량산업계에서는 측량전문가의 판단과 비전문가의 느낌은 다를 수 있으므로 보다 많은 설

문조사를 통한 연구가 필요하다. 이 때의 연구에는 본 연구에서 제외한 측량분야(예를 들면 정사사진, 시설물측량 등)와 측량방법들(예를 들면 수치사진측량, GPS-Van, 현장측량시스템 등)도 포함시켜야 할 것이다.

참고문헌

1. Konecny, Gottfried, "Geodata and Information Systems - a German Perspective", United Nations Cartographic Conference for Asia and the Pacific, Malaysia, 2000.
2. Carlson, Thomas P., The Impact of Global Positioning System(GPS) in Land Surveying and the Related Competencies needed by Land Surveying Graduates in the State of Wisconsin, University of Wisconsin-Stout, 2000.
3. Reiche, A., Schümeier, P., Washausen, M., "Der Einsatz des Laserscannerverfahrens beim Aufbau des ATKIS-DGM 5", Nachrichten der Niedersächsische Vermessungs und Katasterverwaltung 47(2), 68-87.
4. LEA Advisory, Methodology for Determining Remaining Landfill Capacity, LEA Advisory #45, 1997.
5. Sassone, Peter G. and Schaffer, William A., Cost-Benefit Analysis, Academic Press, 1978, pp. 19-21.
6. Acharya, Bishwa N., Optimizing Surveying and Mapping Systems, Ph.D. Dissertation, Purdue University, 1990, pp. 212-222.
7. 농어촌진흥공사, 농어촌 종합개발 지형정보시스템 구축 기본계획서(부록) - GIS시스템 선정 보고서 -, 농림수산부 농어촌진흥공사, 1991, pp. 12-13.