

연구논문

항공 LiDAR 측량에 의한 수치지도 제작의 경제성 분석 Analysis of Economical Efficiency of Digital Map in Production Cost by Aerial LiDAR Surveying

강준목* · 윤희천** · 이진덕*** · 박준규****

Kang, Joon Mook · Yoon, Hee Cheon · Lee, Jin Duk · Park, Joon Kyu

要 旨

최근 여러 측면에서의 효용성 및 다양한 분야에서의 활용 가능성이 높게 평가되고 있는 LiDAR 시스템을 이용하여 취득한 3차원의 지형공간정보는 수치지도 제작, 3차원 건물 및 도시모델링, 통신환경 분석 등 많은 분야에서 응용되고 있다. 이에 본 연구에서는 최신의 항공 LiDAR 측량 기술을 이용하여 기존 항공사진 측량 기술에 의한 수치지도 제작 기법을 대체할 수 있는 여러 가지 요소 중 가장 기초적인 경제적 비용 부분을 분석하였다. 이는 향후 수치지도의 수정·갱신 및 제작을 위한 항공 LiDAR 측량의 적용성을 판단하는 중요한 기초 자료가 될 것이며, 나아가 국가의 예산절감 효과를 거두는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : LiDAR, 수치지도, 경제성, 품질

Abstract

Recently, three-dimensional (3D) GI (Geospatial Information) using LiDAR system has been used various fields such as the production of digital map, the modeling of 3D building and urban area, and analysis of communication network and environmental effect. In this study, the production cost of digital map by aerial LiDAR surveying were compared with the cost by aerial photograph surveying for analysis of economical efficiency. It is expected that the results of this study will be used base data for production, update, revision of digital map and curtail effect of national budget.

Keywords : LiDAR, Digital map, Economical efficiency, Standard payment

1. 서 론

전통적인 항공사진으로부터 지도를 제작하는 수단은 초기 기계식 도화기에서 수치지도 제작이 가능한 해석식 도화기로 발전하였으며, 최근에는 수치영상을 이용하여 수치지도를 제작하는 일종의 컴퓨터시스템인 수치 도화기로 발전하고 있다(유복모 등, 2003). 하지만 아직까지는 해석식 도화기가 주류를 이루고 있으며, 수치 도화기의 활용은 위성영상을 이용한 지도제작 측면에서 활발한 연구가 진행되고 있는 상황이다. 한편, 기계식 및 해석식 도화기들은 장비가 매우 정밀하고 민감하며 가격이 매우 고가이기 숙련된 전문도화사에 의해 도화작업이 이루어

지고 있다. 수치 도화기의 경우도 전문가용은 워크스테이션을 기반으로 고가의 하드웨어 및 소프트웨어를 필요로 한다(박병욱 등, 2005).

최근 지형공간정보 관련 산업이 국가의 중요한 인프라로 자리 잡으면서 최신의 지형공간정보를 신속하면서도 경제적으로 취득해야 하는 명제를 안고 있다. 이에 선진 외국에서는 최신의 지형공간정보를 취득하기 위한 다양한 기술들에 대하여 활발히 연구하고 있으며, 특히 신기술의 적용에 있어서는 기존 방법의 문제점을 보완하고 나아가 저렴한 비용으로 단기간에 사용자의 요구사항을 만족시킬 수 있도록 하기 위해 노력하고 있다.

여러 측면에서의 효용성 및 다양한 분야에서의 활용

2007년 2월 9일 접수, 2007년 3월 16일 채택

* 정희원, 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 교수 (jmkang@cnu.ac.kr)
** 정희원, 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 조교수 (hcyoon@cnu.ac.kr)
*** 정희원, 금오공과대학교 토목환경공학부 교수 (jdlee@kumoh.ac.kr)
**** 교신저자, 정희원, 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (surveysp@cnu.ac.kr)

가능성이 높게 평가되고 있는 LiDAR 시스템을 이용하여 취득한 3차원의 지형공간정보는 수치지도 제작, 3차원 건물 및 도시모델링, 통신환경 분석 등 많은 분야에서 응용되고 있다(Alharthy & Bethel, 2004 ; Vosselman & Dijkaman, 2001).

현재 지상 LiDAR 측량과 항공 LiDAR 측량은 경제성, 신속성, 정확성 및 효율성 면에서 많은 장점을 가지고 있기 때문에 이들을 이용한 지형공간정보의 취득에 많은 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다. LiDAR 시스템은 Digital Terrain Model(DTM)과 Digital Surface Model(DSM)을 자동으로 생성할 수 있는 새로운 기술로서, 기존의 항공사진측량을 이용하여 DTM 및 DSM을 취득하는 방법보다 빠르며, 지상측량에서 얻을 수 있는 고밀도 DTM 및 DSM의 생성을 가능하게 한다.

이에 본 연구에서는 최신의 항공 LiDAR 측량 기술을 이용하여 기존 항공사진 측량 기술에 의한 수치지도 제작 기법을 대체할 수 있는 여러 가지 요소 중 가장 기초적인 경제적 비용 부분을 품셈의 적용을 통하여 분석하였다. 이는 향후 수치지도의 수정·갱신 및 제작을 위한 항공 LiDAR 측량의 활용성을 판단하는 중요한 기초 자료가 될 것이며, 나아가 국가의 예산절감 효과를 거두는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 처리 방법에 따른 경제성 분석

본 연구에서는 LiDAR 시스템, 수치도화기, 해석도화기 방법에 따른 경제성 분석을 수행하였으며, 이를 위해 100km²과 1,000km² 면적에 해당하는 수치표고자료 구축에 대한 경제성 검토를 실시하였다. 본 연구에서는 각 기준 면적에 해당하는 5m DEM 구축 방법들에 따른 기존 품셈 체계의 적용을 통해 총비용을 산출하였다. 이를 토대로 LiDAR 시스템, 수치사진측량 시스템에 의한 방법 및 해석도화기에 의한 방법에 대한 각각의 소요 비용을 계산하여 분석을 수행하였다.

2.1 LiDAR 시스템을 이용한 처리

LiDAR 시스템을 이용하여 처리한 수치표고자료의 간격은 5m, 작업량은 100km²를 1작업단위로 한다. 본 작업을 수행하기 위한 기계비 및 재료비는 별도 정산한다. 그리고 LiDAR 측량장비의 상각비 및 유지관리비 계산식을 정의한다. LiDAR 측량장비의 상각비는 장비취득가격의 10%를 잔존가치로 하며, 상각년수는 5년, 총 가동시간은 3,000시간으로 한다. LiDAR 측량장비의 유지관리비 계산식은 식 (1)과 같다.

$$\text{가동일당 유지관리비} = \frac{(\text{취득가격})}{278} \times 0.05 \quad (1)$$

컴퓨터와 S/W의 상각비 및 유지관리비는 건설공사표준품셈 “21~24 수치지도 작성”의 “2. 수동 입력”을 적용한다. 다음으로 레이저 측량장비의 일평균 가동시간은 기상장애와 위성의 배치상태에 따른 위치정확도 저하율을 고려하여 2.5시간을 시준으로 할 수 있다. 본 품의 외업에 동원되는 기술인원에 대한 여비는 측량용역대기 기준에 따라 별도 계산한다. LiDAR 측량장비 및 승무원, 제 3자의 보험료는 별도 계산한다.

표 1. LiDAR 시스템에 의한 처리 (단위: 100km²)

항목	작업일수(일)	투입인원(1일당)						투입인원(합계)						비고			
		특급기술자	고급기술자	중급기술자	중급기능사	조종사	항법사	정비사	특급기술자	고급기술자	중급기술자	중급기능사	조종사		항법사	정비사	
작업준비	3	0.2	0.4					0.6	1.2								
레이저지형자료취득	(20)	(1)				(1)	(1)	(1)	(20)				(20)	(20)	(20)		() 내는 외업을 표시함
원시지형자료처리	3	1	1.5	1.5	1.5			3	4.5	4.5	4.5						
수치표고자료제작	30	1	1.5	1.5	1.5			30	4.5	4.5	4.5						
정리 및 점검	3	0.2	0.4		0.2			0.6	1.2		0.6						
합 계								(20)	34.2	51.9	49.5	50.1	(20)	(20)	(20)		

2.2 수치사진측량장비를 이용한 처리

수치사진측량장비는 항공사진 및 위성영상데이터를 이용하여 지형·지물을 수치형식으로 측정하고 처리 및 저장하는 장비를 말한다. 수치표고자료의 간격은 5m, 작업 지역면적은 축척 1:5,000 1도엽(6.1km²)을 1작업단위로 한다. 본 작업을 수행하기 위한 기계비 및 재료비는 별도 계산한다.

수치사진측량장비의 상각비는 장비취득가격의 10%를 잔존가치로 하며, 상각년수는 5년, 년 가동일수는 278일로 한다. 그리고 수치사진측량장비의 유지관리비 계산식은 다음과 같다.

$$\text{가동일당 유지관리비} = \frac{(\text{취득가격})}{278} \times 0.1 \quad (2)$$

데이터 처리 작업을 위한 컴퓨터와 S/W의 상각비 및 유지관리비는 건설공사표준품셈 “21~24 수치지도 작성”의 “2. 수동 입력”을 적용한다.

표 2. 수치사진측량장비에 의한 처리 (단위: 6.1km²)

항 목	작업 일수 (일)	투입인원(1일당)			투입인원(합계)			비 고
		고급 기술자	중급 기술자	중급 기능사 (도화)	고급 기술자	중급 기술자	중급 기능사 (도화)	
작업계획 및 준비	1	0.3			0.3			
표 정	2		0.25	0.5		0.5	1.0	
수치표고 자료제작	3		0.25	0.6		0.75	1.8	
품질관리	1		0.5			0.5		
정리 및 점검	1	0.2			0.2			

2.3 해석도화기를 이용한 처리

해석도화기를 이용하여 처리한 수치표고자료의 간격은 5m, 작업지역면적은 축척 1:5,000 1도엽(6.1km²)을 1작업 단위로 한다. 본 작업을 수행하기 위한 기계비 및 재료비는 별도 계산한다. 그리고 데이터 취득을 위한 해석도화기의 상각비 및 가동일당 정비비는 “21-22 세부도화”의 “2.축척별 작업량”을 적용한다. 다음으로는 데이터 처리 작업을 위한 컴퓨터와 S/W의 상각비 및 유지관리비는 건설공사표준품셈 “21~24 수치지도 작성”의 “2.수동 입력”을 적용한다.

표 3. 해석도화기에 의한 처리 (단위: 6.1km²)

항 목	작업 일수 (일)	투입인원(1일당)		투입인원(합계)		비 고
		고급 기술자	중급 기능사 (도화)	고급 기술자	중급 기능사 (도화)	
작업계획 및 준비	1	1.0		1.0		
표 정	1		0.2		0.2	
수치표고 자료추출	40		1.0		40	
품질관리	1	2.4		2.4		
정리 및 점검	1	1.0		1.0		
합 계	44			4.4	40.2	

2.4 처리 방법에 따른 경제성 비교

본 연구에서는 수치표고자료의 구축을 위해 동일한 면적 100km²과 1,000km²에 대하여 처리 방법에 따른 경제성 분석을 실시하였으며 각 처리 시스템별 품셈에 의한 소요비용을 산정하여 표 4와 표 5에 제시하였다.

표 4. 100km², 5m DEM 구축 (단위: 천원)

품 명	LiDAR	수치 도화기	해석 도화기	비 고
1.직접인건비	30,289	6,991	69,765	
직접 경비	1.1재료비	1,442	100	100
	1.2기계경비	27,761	2,496	42,394
	1.3보험료	1,202	-	-
2.제경비	33,318	7,690	76,741	인건비의 110%
3.기술료	19,082	4,404	43,952	(인건비+제경비)의 30%
합 계	113,095	21,683	232,953	

주. 1) 해석/수치 도화기로 DEM 제작시에는 항공사진 촬영 및 기준점 측량 비용 제외
2) 수치도화기는 자동 생성 방법임

표 5. 1000km², 5m DEM 구축 (단위: 천원)

품 명	LiDAR	수치 도화기	해석 도화기	비 고
1.직접인건비	112,070	67,449	673,029	
직접 경비	1.1재료비	2,884	500	500
	1.2기계경비	102,634	23,526	409,229
	1.3보험료	4,447	-	-
2.제경비	123,277	74,193	740,332	인건비의 110%
3.기술료	70,604	42,429	424,008	(인건비+제경비)의 30%
합 계	415,917	208,162	2,247,099	

주. 1) 해석/수치 도화기로 DEM 제작시에는 항공사진 촬영 및 기준점 측량 비용 제외
2) 수치도화기는 자동 생성 방법임

이로부터 자동 생성 처리를 이용한 수치도화기의 경우를 제외한 LiDAR 시스템 방법과 해석도화기 방법에 대한 수치표고자료 구축 비용을 비교하여 표 6에 제시하였다. 또한 면적별 소요비용을 백분율로 표시하면 그림 1과 같다.

표 6. LiDAR 시스템과 해석도화기 비교

방법	면적 100km ²	면적 1,000km ²
LiDAR	1억 1천	4억 1천
해석도화	2억 3천	22억

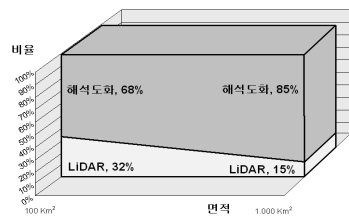


그림 1. 면적별 소요 비용 비교 결과

3. 수치지도 레이어별 경제성 분석

본 연구에서는 항공 LiDAR 측량을 이용한 수치지도 DB 레이어의 수정·갱신 비용에 대한 경제성을 분석하였으며, 현행 항공사진측량방법과 작업방법별로 소요되는 비용을 비교·검토하는 방법으로 수행하였다. 이에 본 연구에서는 다양한 NGIS DB 중에서 수치지도의 도로, 건물, 하천, 등고선 레이어를 기준으로 선정하였으며, 수정·갱신 시 소요되는 비용을 품셈의 적용을 통하여 산출하고 이를 바탕으로 항공사진측량 방법과 LiDAR 측량 방법을 비교하였다.

이를 위해 우선 건설공사표준품셈을 적용하여 항공사진측량방법을 이용하였을 경우의 면적 100km²에 대한 축척 1:1,000 및 1:5,000 수치지도 제작 비용을 산출하고 이 결과를 항공 LiDAR 측량방법을 이용하였을 경우와 비교 분석하였다.

3.1 LiDAR에 의한 수치지도 수정·갱신 비용

축척 1:1,000 수치지도 제작 기준에 의한 비용 산정을 위해 건설공사표준품셈을 적용하여 항공사진측량에 의하여 축척 1:1,000 수치지도 100km²에 대한 표준 작업공정으로 제작하였을 때의 비용은 다음의 표 7과 같다.

표 7. 1:1,000 수치지도 제작 비용 (단위: 100km², 원)

공 종	규격	수량	단위	계
1.항공사진촬영	1:5,000	1	식	32,965,594
2.평면기준점측량		77	점	47,769,260
3.표고기준점측량		186.12	km	37,984,114
4.사진기준점측량		352	모델	50,503,200
5.수치도화	1:1,000	100	km ²	360,134,500
6.지리조사용도면출력	1:1,000	100	km ²	3,725,500
7.지리조사	1:1,000	100	km ²	239,665,800
8.정위치편집	1:1,000	100	km ²	233,975,200
9.도면제작편집	1:1,200	100	km ²	130,929,300
10.최종도면출력	1:1,200	100	km ²	8,243,000
합 계				1,145,895,468

이때 표 7에서 제시된 금액은 100km²기준으로 산출한 금액이므로 1km²으로 환산하면 약 1,100만 원 정도 소요되는 것으로 판단할 수 있다.

따라서 본 연구에서 비교하고자 하는 건물, 하천, 도로, 등고선 레이어가 약 60% 정도 차지하기 때문에 각 공정별로 적용하여 소요비용을 재 산출 하면 표 8과 같고, 1km²로 환산할 경우 전체 비용이 약 755만원정도임을 알 수 있다.

표 8. 1:1,000 주요 레이어 제작 비용 (단위: 100km², 원)

공 종	규격	수량	단위	계
1.항공사진촬영	1:5,000	1	식	32,965,594
2.평면기준점측량		77	점	47,769,260
3.표고기준점측량		186.12	km	37,984,114
4.사진기준점측량		352	모델	50,503,200
5.수치도화	1:1,000	100	km ²	216,080,700
6.지리조사용도면출력	1:1,000	100	km ²	2,235,300
7.지리조사	1:1,000	100	km ²	143,799,480
8.정위치편집	1:1,000	100	km ²	140,385,120
9.도면제작편집	1:1,200	100	km ²	78,557,580
10.최종도면출력	1:1,200	100	km ²	4,945,800
합 계				755,226,148

여기서 적용된 60%의 평균적인 수치는 시가지, 교외지, 농경지, 구릉지, 산악지 등 지형별로 차이가 있으나 일반적인 한국 지형으로 설계를 할 때, 경험적으로 사용하는 평균적인 수치이며, 본 연구에서는 실제 대형 항측회사 4곳에 대한 설문조사를 실시하여 약 60%의 경험치를 확인할 수 있었으며 그 결과를 표 9에 제시하였다.

표 9. 수치지도 레이어별 면적 (기준: 1도엽)

업체명/면적 (%)	A사		B사		C사		D사		평균
	경험치	평균	경험치	평균	경험치	평균	경험치	평균	
건물	14-16	15	8-12	10	13-15	14	12-17	15	13.5
도로	14-16	15	20-30	25	10-14	12	8-13	10	15.5
하천	2-4	3	4-6	5	7-9	8	4-8	6	5.5
등고선	25-35	30	15-30	20	35-40	27	28-32	30	26.75
소 계		63		60		61		61	61.25
지류군	30-40	35	30-40	35	30-40	35	29-34	31	
기타 구조물군	1-3	2	3-7	5	3-5	4	6-10	8	
소 계		37		40		39		39	
합 계		100		100		100		100	

또한 건설표준품셈을 적용하여 항공사진측량에 의하여 비교 대상 레이어로 선정한 건물, 도로, 하천, 등고선은 축척 1:5,000 수치지형도를 100km²에 대하여 표준 작업공정으로 제작하였을 때의 레이어별로 포함하는 면적을 기준으로 소요비용을 산출하면 표 10과 같다.

상기의 표에서 제시된 금액은 면적 100km² 기준으로 산출한 금액이므로 1km²으로 환산하면 약 550만원 정도 소요되는 것으로 산출되었다.

따라서 본 연구에서 비교하고자 하는 건물, 하천, 도로,

표 10. 1:5,000 수치지도 제작 비용 (단위: 100km², 원)

공 종	규격	수량	단위	계
1.항공사진촬영	1:20,000	1	식	13,007,110
2.평면기준점측량		22	점	14,353,721
3.표고기준점측량		65.91	km	13,451,176
4.사진기준점측량		22	모델	3,156,450
5.수지도화	1:5,000	100	km ²	41,341,500
6.지리조사용도면출력	1:5,000	100	km ²	3,725,500
7.지리조사	1:5,000	100	km ²	399,442,800
8.정위치편집	1:5,000	100	km ²	20,609,400
9.도면제작편집	1:5,000	100	km ²	31,520,200
10.최종도면출력	1:5,000	100	km ²	8,243,000
합 계				548,850,857

등고선 레이어가 약 60% 정도 차지한다는 경험적인 수치를 고려하였을 경우, 공정별로 적용하여 소요비용을 재 산출하면 약 350만원이 소요되는 것으로 분석되었으며 그 결과를 표 11에 나타냈다.

표 11. 1:5,000 주요 레이어 제작 비용 (단위: 100km², 원)

공 종	규격	수량	단위	계
1.항공사진촬영	1:20,000	1	식	13,007,110
2.평면기준점측량		22	점	14,353,721
3.표고기준점측량		65.91	km	13,451,176
4.사진기준점측량		22	모델	3,156,450
5.수지도화	1:5,000	60	km ²	24,804,900
6.지리조사용도면출력	1:5,000	60	km ²	2,235,300
7.지리조사	1:5,000	60	km ²	239,665,680
8.정위치편집	1:5,000	60	km ²	12,365,640
9.도면제작편집	1:5,000	60	km ²	18,912,120
10.최종도면출력	1:5,000	60	km ²	4,945,800
합 계				346,897,897

현행 건설공사표준품셈에서는 LiDAR를 이용하여 레이어를 추출하고 이에 대한 갱신을 수행하는데 적용되는 비용 항목이 없으므로 본 연구에서는 수치지도의 건물, 도로, 하천, 등고선 등의 주요 레이어 갱신 비용에 대한 경제성 비교를 위해 기존 항공레이저측량 공정에 의한 수치표고자료(DEM; Digital Elevation Model)구축 품셈과 수치지도 제작 공정 품셈을 사용하여 비용 산출 및 분석에 사용하였다. 이는 실제적으로 현장에서 항공 LiDAR 측량에 의한 자료처리 기법은 기존의 수치지도 제작 품셈에 의

하여 이루어지고 있기 때문이다. 그림 2는 LiDAR를 이용한 수치지도 레이어 수정·갱신에 대한 작업 과정을 보여주고 있다.

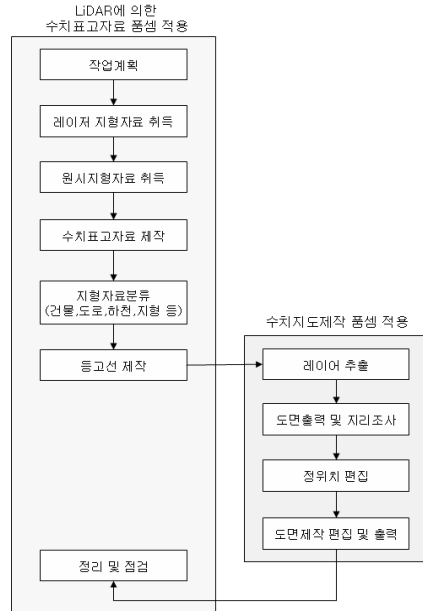


그림 2. LiDAR 이용 수치지도 레이어 작업과정

그림 2와 같이 LiDAR를 이용한 수치지도 건물, 도로, 하천, 등고선 레이어의 생성은 앞에서 말한 현행 품셈 두 가지를 사용 목적에 맞도록 항목별 적용을 통해 공정별 비용을 산출하였다.

이를 위해 항공 LiDAR 측량에 의한 수치표고자료 품셈을 적용하여 작업계획, 레이저 지형자료 취득, 원시지형자료 취득, 수치표고자료 제작, 지형자료 분류, 등고선 제작 및 점검부분에 대한 작업을 수행하였고, 항공사진에 의한 수치지도 제작 품셈을 적용하여 획득한 자료에 대해 수동 입력, 도면출력, 지리조사, 정위치 편집, 도면 제작 편집 및 출력 등의 작업을 수행하였다.

표 12는 항공 LiDAR를 이용하여 축척 1:1,000 수치지도의 주요 레이어 제작에 소요되는 비용을 100km²를 기준으로 산출한 것이며, 이 금액을 1km²으로 환산하면 약 500만원 정도 소요되는 것을 알 수 있다. 또한 표 13은 항공 LiDAR를 이용하여 축척 1:5,000 수치지도의 도로, 건물, 하천, 등고선을 제작하는 비용을 산출한 것이며 축척 1:5,000 수치지도 주요 레이어를 제작하는데 km²당 단가를 계산하면 약 320만 원 정도 소요되는 것으로 분석되었다.

표 12. LiDAR 이용 1:1,000 수치지도 주요 레이어 제작비용 (단위: 원)

공 종		규격	수량	단위	계
수치 표고 자료 제작 품셈	1.작업준비		100	km ²	504,100
	2.레이저 지형자료 취득		100	km ²	36,485,600
	3.원시 지형자료 처리		100	km ²	2,015,500
	4.수차표고자료 제작		100	km ²	21,355,700
	5.정리 및 점검		100	km ²	620,400
수치 지도 자료 제작 품셈	6.수동입력	1:1,000	60	km ²	76,292,419
	7.지리조사용 도면출력	1:1,000	60	km ²	2,235,300
	8.지리조사	1:1,000	60	km ²	143,799,480
	9.정위치편집	1:1,000	60	km ²	140,385,120
	10.도면제작편집	1:1,000	60	km ²	78,557,580
	11.최종도면출력	1:1,000	60	km ²	4,945,800
소 계					507,196,999

표 13. LiDAR 이용 1:5,000 수치지도 주요 레이어 제작비용(단위: 원)

공 종		규격	수량	단위	계
수치 표고 자료 제작 품셈	1.작업준비		100	km ²	252,050
	2.레이저 지형자료 취득		100	km ²	18,242,800
	3.원시 지형자료 처리		100	km ²	1,007,750
	4.수차표고자료제작		100	km ²	10,677,850
	5.정리 및 점검		100	km ²	310,200
수치 지도 자료 제작 품셈	6.수동입력	1:5,000	60	km ²	9,838,615
	7.지리조사용 도면출력	1:5,000	60	km ²	2,235,300
	8.지리조사	1:5,000	60	km ²	239,665,680
	9.정위치편집	1:5,000	60	km ²	12,365,640
	10.도면제작편집	1:5,000	60	km ²	18,912,120
	11.최종도면출력	1:5,000	60	km ²	4,945,800
소 계					318,453,805

3.2 LiDAR에 의한 수치지도 제작의 경제성

항공사진측량과 항공 LiDAR 측량에 의해 산출된 수치지도 1km²의 제작 비용에 대한 비교 결과, 각각 축척 1:1,000에서는 755만과 507만원, 축척 1:5,000에서는 307만과 318만원이었으며, 이때 제경비와 기술료 등의 금액은 제외하였다. 표 14는 항공사진측량과 항공 LiDAR 측량에 의한 수치지도 제작단가에 대한 비교 결과이다.

표 14. 항공사진측량과 LiDAR의 제작단가 비교 (단위: 원)

	1:1,000		1:5,000	
	항공사진 측 량	LiDAR	항공사진 측 량	LiDAR
100km ² 제작단가	7.55억	5.07억	3.47억	3.18억
1km ² 당 제작단가	755만	507만	347만	318만

따라서 본 연구에서는 단위면적당 제작단가를 바탕으로 경험치에 의한 레이어별 면적에 의거하여 레이어별 제작단가를 산출하였다. 여기에 주요 레이어에 대한 현장 경험치인 60%를 적용하고 아래의 식 (3)을 사용하여 각각의 레이어에 대한 제작 단가를 비교하였다.

$$\text{공정별 소요금액} \times \frac{\text{레이어별 면적}(\%)}{60\%} = \text{레이어별 제작단가} \quad (3)$$

이때 공정별 소요 금액은 단위면적당 각각의 방법, 즉 항공사진과 LiDAR에 의한 방법의 제작 단가를 적용하며 레이어별 면적은 표 9에 제시된 수치를 적용한다. 60%는 수치지도 상에서 주요 레이어(건물, 도로, 하천, 지형)가 차지하는 면적의 백분율을 의미한다.

본 연구에서 각각의 레이어에 수치를 적용하여 계산한 결과는 표 15와 같으며 단위면적에 대하여 레이어의 제작 단가를 산출하였다.

표 15. 레이어별 제작 단가 비교 (기준면적: 100km²)

	1:1,000		1:5,000	
	항공사진 측 량	LiDAR	항공사진 측 량	LiDAR
건물	1.69억	1.13억	0.79억	0.72억
도로	1.94억	1.29억	0.90억	0.83억
하천	0.69억	0.46억	0.32억	0.29억
등고선	3.34억	2.23억	1.56억	1.43억

이로부터 레이어별 제작 단가를 비교한 결과, 축척 1:1,000에서는 항공사진측량에 의한 방법보다 LiDAR에 의한 방법이 최대 1.11억, 축척 1:5,000에서는 최대 0.13억의 경제성을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

항공 LiDAR 측량에 의한 수치지도 제작을 효율적으로 하기 위한 경제성 분석에 관한 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DEM 구축비용 단순비교에서 해석도화기와 LiDAR 측량으로 100km² 면적에 5m DEM에 대하여 소요비용은 각각 233백만원과 113백만원으로 LiDAR 측량이 해석도화기 보다 50%이상 절감되었다.

2. LiDAR 측량이 항공사진측량의 공정으로 주요 레이어에 대한 신규제작 및 수정·갱신에 대한 경제성을 비교

한 결과 100km²에 대하여 측척 1:1,000과 1:5,000에서 항공사진측량에 비하여 각각 2억 5500만원과 3000만원의 비용절감 효과를 얻을 수 있었다.

3. LiDAR 측량의 표준화된 측량방법과 자료처리의 공정이 없으며, 현장에서는 이를 이용한 품셈도 완전하게 갖추어진 상태가 아니므로 LiDAR 측량을 현장에 적용하기 위한 제도적 기준 마련이 시급하다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 : R01-2006-000-11331-0) 지원으로 수행된 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토지리정보원, 2006, *다차원공간정보구축에 관한 연구*(제3편 제도개선 및 중장기 사업계획 수립).
2. 박병욱, 서상일, 2005, "PC 기반 수치사진측량시스템의 활용방안에 관한 연구 - 수치지도, DEM, 정사영상 제작을 중심으로-", *한국측량학회지*, 제 23권 3호, pp. 303-312.
3. 위광재, 2004, "항공레이저측량 설계 및 경제성 분석", *한진정보통신 신기술세미나 자료집*.
4. 유복모, 토니첵크, 2003, *현대 디지털 사진 측량학*, 피어슨 에듀케이션 코리아, pp. 4-7.
5. 유환희, 김성삼, 정동기, 홍재민, 2005, "LiDAR 자료를 이용한 DTM 생성 정확도 평가", *한국측량학회지*, 제 23권 제 3호, pp. 261-272.
6. 최윤수, 한상득, 위광재, 2002, "도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가", *한국측량학회지*, 제 20권 제2호, pp. 23-32.
7. 한국건설기술연구원, 2006, *건설공사표준품셈*, 한국건설기술연구원 건설코스트연구센터, pp. 507-681.
8. Alharthy, A. and Bethel, J., 2004, "Detailed Building Reconstruction from Airborne Laser Data Using a Moving Surface Method", *20th ISPRS Congress, July, 2004, Istanbul, Turkey*, unpaginated CD-ROM.
9. Vosselman, G. and Dijkman, S., 2001, "3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Ground Plan", *International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 34, Part 3/W4, pp. 37-44.