

차량용 지리조사 시스템의 효율성 분석

Efficiency Analysis of Mobile Geographic Survey System

서상일¹⁾ · 이병길²⁾ · 김종인³⁾
Seo, Sang-Il · Lee, Byoungkil · Kim, Jong In

Abstract

A geographic survey, which requires much of working hours in the digital mapping process, is consisted with the complementary survey and the attribute survey of topography and topographic features, and depended on the field survey. In previous research, using the location-based image had been recommended for diminishing the workload of field survey and post processing. For this research, we have developed the hardware and software for gathering and processing the location-based images with referencing results from the previous research. Those Geographic surveys were performed using developed system on 1/5,000 map sheets for Si and Gun area, respectively. The results have been evaluated as the mobile geographic survey system were able to replace the large part of field survey, and also the working hours were decreased by 37.5% at Si area. However, the complementary survey was needed for the attributes of topography and topographic features that were occluded by the parked vehicles or located in the areas without entry of vehicles.

Keywords : Geographic Survey, Field Survey, Mobile Geographic Survey System, Location-based Image

초 록

수치지형도 제작 공정에서 많은 시간이 요구되는 지리조사는 지형·지물에 대한 보완측량 및 속성조사 등으로 구성되어 있으며, 현장조사에 의존하고 있다. 선행 연구에서 현장조사와 후처리에 필요한 업무량을 감소시키기 위한 연구로 위치기반 영상을 사용하는 방안이 제시되었다. 본 연구에서는 선행연구의 결과를 참고하여 위치기반 영상을 획득하고 처리하기 위한 하드웨어와 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 시스템을 이용하여 군지역과 시지역의 1/5,000 도엽에 대한 지리조사를 수행하여 그 성과를 평가하였다. 실험결과 차량용 지리조사 시스템을 이용하여 현장조사를 대부분 대체할 수 있으며, 시지역에서는 작업시간이 37.5% 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 차량의 진입이 안 되는 지역에 위치하거나 주차된 차량에 의해 가려진 지형·지물의 속성은 보완조사가 필요하였다.

핵심어 : 지리조사, 현장조사, 차량용 지리조사 시스템, 위치기반 영상

1. 연구의 배경과 목적

수치지형도 제작과 관련된 기술은 디지털 항공사진 카메라의 도입과 함께 수치화되어 항공사진을 이용한 도화와 편집

등의 공정에서 전산파일과 전산기기를 이용하고 있다(Hwang *et al.*, 2010). 수치지형도 제작의 공정에서 전산화의 장점을 극대화하기 위한 많은 연구가 수행되었으나 지리조사와 관련된 연구는 비교적 제한적으로 수행되었다.

Received 2014. 10. 05, Revised 2014. 10. 10, Accepted 2014. 10. 15

1) Member, Dept. of Civil Engineering, Kyonggi University (E-mail:ssi760@kgu.ac.kr)

2) Corresponding Author, Member, Dept. of Civil Engineering, Kyonggi University (E-mail:basil@kgu.ac.kr)

3) Member, Research Institute of Shinhan Aerial Survey, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University (E-mail:kj65@naver.com)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지리조사는 측량 및 GIS용어사전(NGII, 2014)에 “정위치 편집을 하기 위하여 항공사진을 기초로 도면상에 나타내어야 할 지형·지물과 이에 관련되는 사항을 현장에서 직접 조사하는 것을 말한다.”라고 정의되어 있다. 즉 지리조사는 수치지형도 작성 작업규정에 정의된 정위치편집, 구조화편집 및 주기작성 등 수치지도 작성의 많은 부분에 영향을 주는 중요한 공정의 하나이다.

지리조사와 관련된 대표적인 연구로는 Choi *et al.*(2009)의 연구와 Lee *et al.*(2012)의 연구가 있다. 이러한 연구에서 연구자들은 종이지도 제작에 사용된 규정을 수정하여 사용하고 있는 지리조사 관련 기준과 지리조사 자료의 표준을 수치지도에 적합하게 수정할 수 있는 방안을 제시하였다. 지리조사 공정의 전산화를 통한 효율성 향상을 위한 연구로는 위성측위장치가 결합된 Tablet PC나 노트북과 같은 이동성 있는 장비에 도화원도를 탑재하여 지리조사를 수행하고 구조화 편집을 동시에 수행하기 위한 현장측량시스템에 대한 연구(Jeon *et al.*, 2005)가 수행되었다. 이 연구에서 수치지도2.0 제작에 현장측량시스템을 도입할 경우 전체 비용의 약 4.89%가 절감된다고 하였다.

한편 수치지도 구축 및 지리정보 구축에 자동화된 지상측량 장비인 MMS(Mobile Mapping System)를 활용하기 위한 다양한 연구가 수행되었다. 대표적인 연구로 도로 데이터 수집에 MMS 적용 타당성을 평가한 연구(Karimi *et al.*, 2000), 저가의 MMS 장비를 개발하기 위한 연구(Silva *et al.*, 2003), 도로시설물 유지관리를 위한 연구(Kim *et al.*, 2006; Kim and Sung, 2008), 국가지리정보를 구축하기 위한 연구(Yi *et al.*, 2009), 방대한 용량의 영상 데이터를 관리하기 위한 연구(Woo *et al.*, 2009) 등이 있다. 이러한 연구를 통해 지상에서의 조사와 측량을 자동화시키고 효율을 향상시킬 수 있음 제시하고 있다.

이에 따라 Hwang *et al.*(2010)은 저가의 MMS를 도입하여 지리조사 분야의 효율성을 향상시키기 위한 연구로 위치기반 영상자료를 활용하여 실내에서 지리조사와 정위치 편집 공정을 동시에 수행하는 방안을 제시하였으며, 지리조사가 필요한 조사대상의 많은 부분을 영상을 기반으로 조사가 가능하다고 하였다. 이 연구는 조사 가능 지형·지물이 제시되고 실제 실험을 통해 조사의 정확도가 분석되었으나 작업에 소요되는 시간과 같은 효율성에 대한 분석이 수행되지 않은 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 저가의 차량용 모바일 장비를 지리조사에 활용할 때, 지리조사 공정의 효율화에 실질적인 도움이 될 수 있는 지를 검증하고자 하였다. 이를 위해 군지역과

도시지역에 대해 1/5,000 도엽을 각각 하나씩 선택하여 기존 현장조사 방법과 차량용 지리조사 장비를 이용한 방법을 적용하고 그 소요시간과 지리조사 적용 가능성을 평가하였다.

2. 지리조사 작업공정의 개선

수치지도 제작의 공정에서 지리조사의 대상 및 범위, 조사기준, 그리고 작업방법 등에 대한 사항은 수치지형도 작성 작업규정에 정의되어 있으며, 실제 작업과 관련한 세부사항은 공공측량의작업규정운영세칙 제54조에 정의되어 있다(NGII, 2009). 지리조사에서는 주로 도화 과정에서 누락된 지형·지물에 대한 보완측량과 속성 조사, 그리고 지형보완측량이 이루어진다. 지리조사에서 수행되는 작업 중 가장 큰 비중을 차지하는 내용은 지형·지물의 속성에 대한 조사이다(Hwang *et al.*, 2010). 속성조사는 도화원도를 가지고 현장에 나가 도보로 지형·지물에 대한 속성을 조사하여 도면에 기록하는 공정으로, 기술적인 난이도는 높지 않지만 많은 시간과 인력이 소요되어 지리조사 작업 물량의 대부분을 차지하게 된다.

수치지도 제작 공정 중 지리조사와 그 후속 공정은 예찰, 조사도면 구성, 지리조사, 정위치편집, 구조화 편집의 순서로 이루어진다. 현행 지리조사에서는 현장조사팀이 도화원도에 조사 내용을 기재하여 편집팀에게 전달하면, 편집팀이 조사된 내용을 바탕으로 정위치편집과 구조화편집을 수행한다. 이러한 공정의 분리는 분업화에 따른 장점이 있을 수도 있지만 정보 전달 과정에서의 오류와 누락 등의 문제가 발생하게 되기 때문에 가능한 조사자와 편집자를 일치시킬 수 있는 방법의 사용을 통해 정보 누락을 방지해야 한다. 지리조사 공정의 조사자와 편집자를 일치시키기 위한 방안으로 Cheon *et al.*(2005)은 휴대용 노트북과 위성측량시스템을 결합한 현장측량시스템을 이용하는 방안을 제시하였고, Hwang *et al.*(2010)은 차량에서 획득한 위치기반의 영상자료를 이용하는 방안을 제시하였다.

전자의 방법은 조사자와 편집자가 일치되는 장점은 있으나 현장에서 편집작업까지 수행해야 하기 때문에 도보이동에 의한 작업에서는 장비의 이동성, 기상의 영향 등으로 효율성의 문제가 발생할 수 있다. 후자의 방법은 차량에서 영상을 획득한 후 내업에 의해 편집자가 획득된 영상을 확인하여 속성을 입력함으로써 정보의 누락, 오기입 등의 문제를 최소화할 수 있으나, 차량의 진입이 어려운 지역과 영상으로 확인이 안 되는 정보에 대한 조사에 한계가 있다. 본 연구에서는 지리조사에 있어 가장 큰 어려움은 현장 작업에 인원과 시간이 많이 소

요되는 점이기에 전자보다는 후자가 지리조사의 작업공정 개선에 더욱 적합한 방안이라고 판단하였다.

Hwang *et al.*(2010)의 선행연구에서는 위치기반 영상자료를 위치정보, 방향정보, 그리고 시각정보를 가진 것을 3급, 3급의 정보에 상대적인 외부표정요소를 가진 것을 2급, 그리고 시각정보와 절대적인 외부표정요소를 가진 것을 1급으로 구분하고, 3급의 위치기반 영상자료로도 지형·지물의 속성조사가 가능하다고 하였다. 본 연구에서는 이러한 선행연구의 성과를 바탕으로 지리조사 중 지형·지물의 속성조사 기능을 지원할 수 있도록 3급의 영상정보 획득이 가능한 장비와 이를 활용하기 위한 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 지리조사 시스템을 활용하여 기존의 공정과 개선된 공정(Fig. 1)으로 지리조사를 실시하여, 두 방법 간의 효율성의 차이를 비교·분석하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험 장비

1급의 위치기반 영상정보 획득을 위해서는 고가의 위성측위장비와 관성항법장비가 필요하지만 3급 수준의 위치기반 영상정보 획득에는 비교적 저가의 장비라도 적절히 통합되면 기대하는 성능을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 촬영되는 영상을 저장·관리하고, 위성측위장비에서 획득된 촬영시점의 좌표를 촬영된 영상과 동기화하여 기록하고 출력이 가능하도록 하드웨어와 소프트웨어를 통합하여 구현하였다. 각 모듈별 기능적 요구사항은 Table 1과 같다.

본 연구에 사용된 하드웨어는 지리조사의 지형·지물 속성조사 절차를 개선하기 위한 목적으로 구성되었다. 하드웨어의 주요 구성은 영상취득을 위한 사진촬영 장치와 위치정보 취득을 위한 GPS 수신기, 취득된 자료를 기록하고 저장하는 제어 및 전송장치, 기록장치, 전원공급 장치 및 이동체 등으로 구성되었다(Fig. 2).

카메라는 네트워크를 통해 소프트웨어적으로 제어가 가능한 IP 카메라(Table 2)를 사용하였다. IP카메라는 하나의 POE(Power over Ethernet)에 다수의 카메라를 연결하여 동시에 촬영 및 저장이 가능하며, 각종 필요 기능을 능동적으로 개발하여 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 총 12개의 IP카메라를 조합하여 360°촬영이 가능하도록 설계했으며, 상단 중단 하단의 3방향을 기준으로 중단 카메라를 90°로 중단은 40° 하단은 120°를 기본설정각으로 배치하여 차량에 탑재하였다(Fig. 3). 사용된 카메라는 FOV(Field of View)가 큰 장비로 30m 거리에서 3cm 정도의 공간해상도로 영상 취득이 가능하였다.

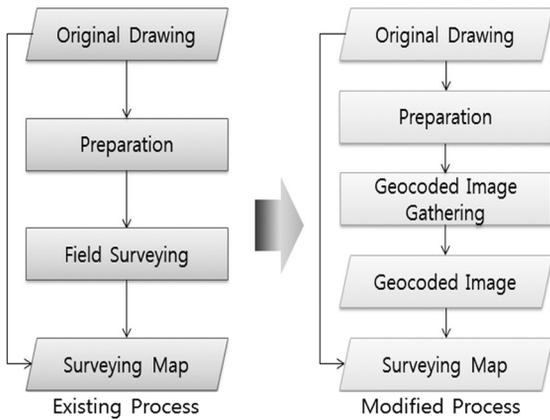


Fig. 1. Comparison between existing and modified geographic survey processes

Table 1. Requirements of each module

Module	Requirements
Location-based Interlocking Module	<ul style="list-style-type: none"> ■ Recording images from IP Cameras ■ Saving locations from GPS ■ Sequential numbering to images at shooting time ■ Saving location and serial number at shooting time ■ Routing via map data ■ Managing IP Camera(setting up network, devices etc.)
Data Processing Module	<ul style="list-style-type: none"> ■ Checking location informations and images ■ Managing images interlocked with GPS of a section GPS
Image Processing Module	<ul style="list-style-type: none"> ■ Generating location-based images from recorded images
Map Displaying Module	<ul style="list-style-type: none"> ■ Overlaying GPS information and image on map ■ Overlaying trajectory on map ■ Saving overlaying data

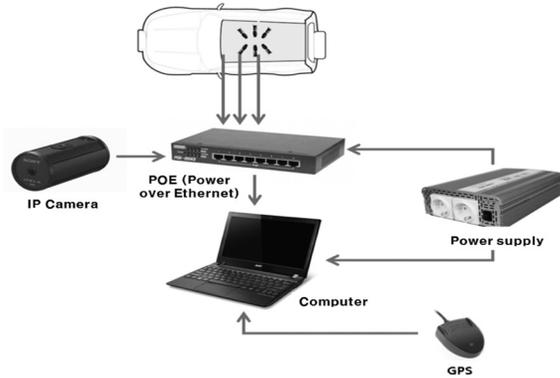


Fig. 2. System configuration

Table 2. Specifications of IP camera

Category	Specification
Resolution	2096×1561pixel
Focal Length	3.3mm
Horizontal View Angle	88°
Vertical View Angle	65°
Minimum Object Distance	0.5m
LAN(PoE)	10BASE-T/100BASE-TX, auto negotiation RJ-45
Monitor Out	NTSC/PAL
Power Consumption	2.4W
Operating Temperature	0℃ ~ 50℃
Dimensions(diameter×length)	44mm×93mm
Mass	100g



Fig. 3. Alignments of 12 IP cameras

3.2 실험 결과

본 연구에서 데이터취득은 군지역과 시지역에서 각각 1/5,000 1개 도엽의 대상지역에 대해 기존 방식의 지리조사와 차량용 지리조사 시스템을 이용한 방법의 두가지 방법을 적용하여 이루어졌다. 군지역은 논, 밭, 공터와 창고 부지 등으로 이루어진 가건물 지역 이외에 군단위 시가지지역이 모두 존재한다. 군지역에서 획득된 영상과 영상획득을 위해 이동한 차량의 경로는 Fig. 4 그리고 Fig. 5와 같다. Fig. 4와 Fig. 5는 본 연구에 사용된 영상처리 모듈의 화면으로 좌측에는 도화원도에 차량의 이동경로가 중첩되어 표시되어 있고, 우상단에는 IP 카메라를 통해 촬영된 12개의 영상이 표시되고, 우하단에는 그 중 하나의 영상이 확대되어 표시되어 있다.



Fig. 4. Built-up area in Gun⁴⁾ area



Fig. 5. Gun area with rice paddy, field, and bare land



Fig. 6. Si⁵⁾ area with park, high rise building and apartment

4) Gun is an administrative district for rural area with small town in Korea

5) Si is an administrative district for civic area in Korea

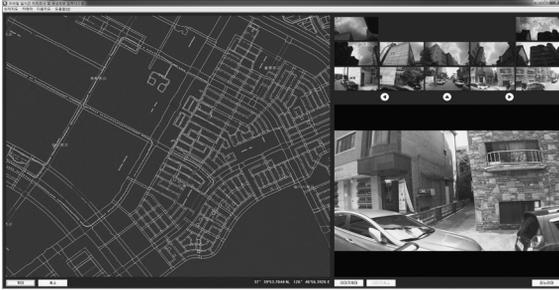


Fig. 7. Si area with detached house and multiplex house

도시지역은 Fig. 6, Fig. 7과 같이 고층 빌딩 밀집 지역 및 녹지, 공원 지역 및 아파트단지과 주택단지 지역이 혼재하고 있다.

실험적용을 통해 획득된 속성정보는 총 33종 중 군지역에서 17종, 도시지역에서 14종이 조사되었다. 기존의 현장조사 방식에 의한 조사 내용과 차량용 지리조사 시스템을 이용한 방식에 의한 조사 내용은 Table 3와 같다.

현장조사와 차량조사의 결과만을 비교하면 현장조사가 차량을 이용한 지리조사에 비해 더 많은 사항에 대한 조사가 가

Table 3. Comparison between field surveying and mobile surveying for geographic survey

Subjects	Gun Area (Map Number Seoul37608025)			Si Area (Map Number Seoul37608031)		
	Original Drawing	Field Surveying	Mobile Surveying	Original Drawing	Field Surveying	Mobile Surveying
Road Centerline	669	667	659	565	565	567
Sidewalk (Footpath and Bicycle Path)	78	78	78	569	568	565
Safety Zone (School Zone, School, Daycare Center)				11	11	11
Pedestrian Overpass				14	14	14
Bridge	27	27	27	14	14	14
Crossroad (Junction, Exit Ramp)	2	2	2	23	23	23
Overpass and Underground Road Way				1	1	1
Railroad Centerline	3	3	3			
Building	1017	1019	1005	2586	2589	2569
Bank	70	70	68	17	17	16
Cultural Asset (Pagoda, Pavilion, Temple, etc.)	1	1	1			
Memorial Stone	2	2	2			
Amusement Park	1	1	1			
Gas Station	4	4	4			
Parking Lot				7	7	7
Rest Area	1	1	1			
Median Strip	2	2	2	47	47	47
River Centerline	92	92	90	62	62	61
Fill-up and Cutting Ground	8	8	8	6	6	6
Retaining Wall	46	46	43	40	40	39
Other Boundary (Wasteland, Entrance of Basement Parking, etc.)	27	25	25	311	314	312
Total	2050	2048	2019	4273	4278	4252

Table 4. Working hours of mobile surveying for geographic survey

Working Hour (Hour)					
Gun Area (Map Number Seoul37608025)			Si Area (Map Number Seoul37608031)		
Field Surveying	Mobile Surveying		Field Surveying	Mobile Surveying	
	Vehicle Log	Post Processing		Vehicle Log	Post Processing
14	7	6	24	8	7
	13			15	

능하였다. 대부분의 항목에서 원도 및 현지조사의 성과와 동일한 조사결과를 얻을 수 있었으나 도시지역에서는 주차된 차량 등의 영향으로 영상이 누락된 보도와 차량의 진입이 불가능하여 영상이 누락된 건물 등에서 조사되지 않은 항목이 발생하였다.

지리조사의 효율성을 평가하기 위해 조사에 소요된 시간을 비교하면 Table 4와 같다. Table 4에서 군지역의 현지조사시간은 14시간에서 13시간으로 약 7%의 소폭 감소만 보인 반면, 도시지역의 현지조사시간은 24시간에서 15시간으로 37.5%에 해당하는 상당한 량의 시간 감소 효과를 기대할 수 있음을 보였다.

3.3 분석 및 평가

본 연구에서 현장조사에 의한 지리조사는 시간이 많이 소요되었지만 조사대상이 밀집되지 않은 경우에 현장 작업시간이 더 많이 소요되는 경향이 나타났으며, 이러한 문제는 숙련자보다는 초보자에게서 더욱 크게 나타날 수 있다. 반면에 건축물을 직접 확인하면서 바로 조사 결과를 기입하고 문제점이 있는 경우 즉시 추가 조사가 가능한 장점이 있다. 이러한 장점은 특히 상점의 폐업 후 간판만 남은 경우, 간판이 없는 상점의 경우, 옥상의 난간을 하나의 층처럼 장식해 놓은 경우 등과 같이 현지에서가 아니면 확인이 곤란한 속성정보의 경우에 특히 두드러지게 나타난다.

한편 차량용 지리조사 시스템을 이용하는 경우에는 차량을 이용한 정보 취득 이후 주차된 차량에 의해서, 또는 차량이 진입할 수 없어서 확인하지 못한 지형·지물의 속성에 대해 추가적인 확인이 필요하였다. 이러한 단점을 개선하기 위해 차량 운행 2~3시간 간격으로 수집된 영상정보를 확인하여 방해물이 있는 지역의 경우 재촬영을 하였다. 이러한 재촬영까지 포함하여도 8시간 정도의 차량 운행으로 1/5,000 한 도엽에 대한 현장 정보의 획득이 가능하였기 때문에 기존의 현장조사에 비해 효율성의 향상을 기대할 수 있었다. 이 방법은 또한 획득된 영상을 사무실에서 처리하여 조사정보를 획득하

므로 안정적인 작업시간과 기상에 의한 영향을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 현재 국토지리정보원의 작업규칙에 따라 전자 기록 외에 제출해야하는 도화원장작업까지 수행하는 것으로 작업을 수행하고 두 방식을 비교하였다. 따라서 차량용 지리조사 시스템을 이용할 경우 데이터 취득 후 후처리 작업에 약간의 추가 시간이 더 소요되었다. 하지만 향후 국토지리정보원의 작업규칙이 전자 기록의 제출로 모두 대체될 경우 차량용 지리조사 시스템의 효율은 더욱 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구에서는 지리조사를 위한 기존의 현지조사를 대체하기 위한 방안으로 차량용 지리조사 시스템을 개발하고 이를 군지역과 시지역에 각각 적용하여 조사 가능항목, 조사의 정확성과 함께 효율성을 평가하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 차량용 지리조사 시스템으로 하드웨어와 관련 소프트웨어를 개발하여 3급의 위치기반영상을 획득하고 지리조사에 필요한 지형·지물의 속성정보를 효율적으로 획득할 수 있었다.

둘째, 획득된 속성정보는 대부분의 항목에서 현장조사와 유사한 성과를 보였으나 주차차량 및 차량진입이 곤란한 지역에 대한 조사 성과에 누락이 나타났다. 이는 기존 연구에서 확인된 바와 같이 차량용 지리조사 시스템에서 획득한 영상을 이용하여 기존의 인력에 의한 현장조사를 상당부분 대체할 수 있으나, 현장조사를 완전히 대체할 수는 없고 보완 조사가 필요함 의미한다.

셋째, 군지역보다 조사 대상이 많은 시지역에서 더 많은 효율성의 향상을 보임을 확인할 수 있었다. 군지역에서는 약 7%의 시간 절감이 나타난 반면, 시지역에서는 37.5%의 상당한

시간 절감이 나타났다.

본 연구를 기반으로 하여 향후 차량용 장비에 의한 영상 획득 시 영상자료로부터 특정한 지형·지물의 속성을 자동으로 획득할 수 있는 자동화 시스템이 개발되면 지리조사의 효율성을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 업종공통 기술개발사업(S2133649)에 의하여 지원되었음.

References

- Choi, S. K., Lee, S. K., Jo, U. H., and Park S. J. (2009), A thesis of field survey standard for quality improvement of digital map, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 17, No. 3, pp. 57-64. (in Korean with English abstract)
- Hwang, J. S., Yoon, H. S., Jung, T. J., Park, J. K., and Kim, C. W. (2010), Improving field investigation process of digital mapping with location-based data, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 28, No. 6, pp. 613-620. (in Korean with English abstract)
- Jeon, B. N., Choi, Y. S., and Lee, I. P. (2005), Improving digital map production using a field survey system – focusing on geographic survey and structural editing processes, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 13, No. 2, pp. 71-77. (in Korean with English abstract)
- Karimi, H., Khattak, A., and Hummer, J. (2000), Evaluation of mobile mapping systems for roadway data collection, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 14, No. 3, pp. 168-173.
- Kim, G. H., Sohn, H. G., and Song, Y. S. (2006), Road infrastructure data acquisition using a vehicle-based mobile mapping system, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 21, pp. 346-356.
- Kim, M. G. and Sung, J. G. (2008), Application of mobile mapping system for effective road facility maintenance and management, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, No. 2, pp. 153-164. (in Korean with English abstract)
- Lee, H. J., Ru, J. H., and Lee, H. H. (2012), Standardization and application of geographic survey datas in national digital map, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 20, No. 3, pp. 29-40. (in Korean with English abstract)
- NGII (2009), *Details of Specifications on the Public Surveying*, National Geographic Information Institute, Suwon, Korea.
- NGII (2014), Dictionary on survey and GIS terminology, *National Geographic Information Institute*, Suwon, Korea, <http://www.ngii.go.kr/kor/board/view.do?rbsIdx=105&key=%EC%A7%80%EB%A6%AC%EC%A1%B0%EC%82%AC&keyField=search1&idx=2215> (last date accessed: 20 Sep. 2014).
- Silva, J., Camargo, P., and Gallis, R. (2003), Development of a low-cost mobile mapping system: a south American experience, *Photogrammetric Record*, Vol. 18, Issue 101, pp. 5-26.
- Woo, H. S., Kwon, K. S., and Ahn, K. S (2009), Study on massive mobile mapping data management systems using Exif tags and data synchronization, *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol. 17, No. 1, pp. 67-77. (in Korean with English abstract)
- Yi, G. J., Jeong, T. J., Lee, J. S., Gang, I. G., and Kim, C. W. (2009), A study on the methods for applying land based mobile mapping system to the process of building national geographic information, *Proceedings of Korean Society of Civil Engineering 2009 Annual Convention*, Korean Society of Civil Engineering, 21-23 Oct., Hoengseong, Gangwon-do, pp. 1007-1010. (in Korean)