Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography
Vol. 37, No. 4, 211-218, 2019
https://doi.org/10.7848/ksgpc.2019.37.4.211

ISSN 1598-4850(Print)
ISSN 2288-260X(Online)
Original article

특징점 추출기법을 이용한 접근불능지역의 위성영상 GCP 칩 자동추출

GCP Chip Automatic Extraction of Satellite Imagery Using Interest Point in North Korea

이계동[1] · 윤종성[2]
Lee, Kye Dong · Yoon, Jong Seong

Abstract

The Ministry of Land, Infrastructure and Transport is planning to launch CAS-500 (Compact Advanced Satellite 500) 1 and 2 in 2019 and 2020. Satellite image information collected through CAS-500 can be used in various fields such as global environmental monitoring, topographic map production, analysis for disaster prevention. In order to utilize in various fields like this, it is important to get the location accuracy of the satellite image. In order to establish the precise geometry of the satellite image, it is necessary to establish a precise sensor model using the GCP (Ground Control Point). In order to utilize various fields, step - by - step automation for orthoimage construction is required. To do this, a database of satellite image GCP chip should be structured systematically. Therefore, in this study, we will analyze various techniques for automatic GCP extraction for precise geometry of satellite images.

Keywords : CAS-500, Ground Control Point Chip, Interest Point Extraction, Satellite Imagery Georeferencing

초 록

국토교통부에서는 2019년과 2020년에 차세대 중형위성 1호 및 2호 기를 발사하여, 지구환경 모니터링 및 접근불능지역에 대한 수치지도 제작에 활용하고자 하고 있다. 차세대 중형 위성을 통해 수집된 위성영상정보는 지구환경 모니터링, 지형도 제작, 재난재해 예방을 위한 분석 등 다양한 분야에 활용이 가능하다. 이와 같이 다양한 분야에 활용하기 위해서는 위성영상의 위치정확도 확보가 중요하며, 위성영상의 정밀기하수립을 위해 지표상의 정확한 지상기준점(GCP: Ground Control Point)을 사용하여 정밀 센서 모델을 수립하는 과정이 필요하다. 또한, 다양한 분야의 활용을 위해 정사영상 구축을 위한 단계별 자동화가 필요하며, 이를 위해 위성영상 GCP 칩의 DB (Data Base)가 체계적으로 구축되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 위성영상의 정밀기하수립을 위하여 GCP를 자동 추출하는 다양한 기법들을 분석하여 최적의 방법을 도출하고자 한다.

핵심어 : 국토위성, 지상기준점 칩, 특징점 추출, 위성영상 기하보정

Received 2019. 07. 12, Revised 2019. 07. 26, Accepted 2019. 08. 27
1) Corresponding Author, Member, Panasia (E-mail: kedo114@naver.com)
2) Member, Panasia (E-mail: jsyoon@panasia.co.kr)

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.

1. 서 론

우리나라의 위성제작 기술이 발전함에 따라 국토교통부에서는 지구환경 모니터링을 위해 국토 관측전용 위성 개발 계획을 수립하여, 2019년과 2020년에 차세대 중형 위성 1호 및 2호 기를 발사할 예정에 있다.

국토위성이 발사될 경우 접근불능지역에 대한 경제, 군사적 목적 등에 따라 해당 지역에 대한 영상 수요는 증가할 것이며, 이에 대한 기하학적으로 보정된 정사영상의 적시 공급이 필요할 것이다. 또한, 위성영상을 이용한 정사영상 제작시 영상의 기하왜곡을 감소시키고 정확도를 높이기 위해서는 정사보정이 필요하다. 대부분의 경우 위성영상의 정확도를 확보하기 위해서 위성영상에 기준점을 이용하여 Affine 기반의 Refine RPC (Rational Polynomial Coefficient)를 적용하여 정사영상을 제작하고 있다. 이를 위해서는 위성영상 내에 특정 지점에 대한 정확한 지상좌표를 알고 있어야 하며(Moon, 2014), 지상좌표를 수집하기 위해 현장측량을 수행한다면 많은 비용이 발생할 것이다(Yoon *et al.*,2002). 특히 접근불능지역에서의 현장측량은 불가능하므로 기 제작된 정사영상이나 수치지도를 이용하여 GCP (Ground Control Point)를 확보하는 것이 필요하다. 이 경우 수만 개의 GCP를 육안 선점할 경우 많은 시간이 소요되며, 지형변화에 대한 GCP를 빠르게 갱신하기 위해서는 자동화된 선점기법이 필요하다(Hwang *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 1998; Lim *et al.*, 2004). 또한, 국토위성의 영상이 지속적으로 수신이 된다면 국토지리정보원만의 다량의 GCP가 필요한 실정이다.

특징점 추출에 관한 연구는 국내·외에서 꾸준히 진행하고 있으며, Sohn *et al.* (2004)은 영상정합을 위한 특징점 추출 연산자들의 정확도 평가를 통해 DEM (Digital Elevation Model) 생성에 적합한 특징점 추출 연산자에 대한 평가를 수행하였으며, Yeom *et al.* (2013)은 영상정합을 위한 SIFT (Scale Invariant Feature Transform) 기법의 매칭 포인트 추출에 있어 도심 지역의 그림자가 영상 정합에 미치는 영향을 고려하여 그림자 영역을 제거함으로써 매칭점의 정확도가 높아지는 것을 확인하였다.

Kim (2013)은 고해상도 위성영상용 자동 기준점 생성 소프트웨어를 개발함으로써 GCP 칩을 생성하여 고해상도 위성영상에 자동 매칭하는 연구를 진행하였다. Lee and Hong (2018)은 위성영상의 모델링을 위해 웹 기반으로 머신러닝을 위한 데이터 전처리 자동화 시스템에 대한 연구를 진행하였다. Kang *et al.* (2013)은 다수의 저해상도 영상들의 정합을 통해 위성영상의 해상도를 향상시키기 위해 SR (Super Resolution) 알고리즘을 적용하였다. Krystian *et al.* (2001)은 영상의 스케일에 영향을 받지 않고 특징점을 추출할 수 있는 SFIT 기법을 연구하여 동일한 특징점을 찾을 수 있는 방법을 구체화 하였다.

국토지리정보원의 경우 2018년에 국토위성 활용을 위한 기초연구에서 위성영상 GCP 칩 구축의 필요성을 제시하였으며, 한국항공우주연구원의 경우 GCP 칩 수동 제작 용역사업을 통해 DB (Data Base)화를 추진하고 있다. 그러나 기존의 연구에서는 대체로 영상 매칭을 위해 특징점 추출을 사용하였거나 연산자의 검증에 관한 연구가 많이 이루어졌으며, 다량의 GCP를 선점하기 위하여 특징점 추출 방법을 적용하지는 않았다.

본 연구에서는 기존에 육안 관측으로 GCP를 선점하던 방식의 단점을 극복하기 위하여 GCP로 사용가능한 특징점들을 자동으로 추출하여 GCP로 사용가능성 여부를 판단하고자 한다. 또한, GCP를 자동으로 선점하기 위해 특징점 추출에 널리 알려진 특징점 추출 방법 즉, 코너점 추출에 강점을 가지고 있는 Harris corner, 빠르게 특징점을 추출하는 SURF (Speeded Up Robust Features), Harris corner의 단점을 보완한 SIFT 등 3개의 특징점 추출 기법을 분석하여 최적의 기법을 도출 하고자 한다. 추출된 특징점은 GCP 칩 자동 생성 소프트웨어를 개발하여 GCP 칩을 제작하고, 자동 추출된 특정점 좌표로부터 DEM 및 EGM2008 (Earth Gravitational Model 2008)을 이용하여 정표고, 지오이드고, 타원체고를 산출하여 GCP 칩 DB를 제작 하고자 한다.

2. 연구방법 및 특징점 추출기법

일반적으로 특징점 추출은 원하는 물체를 찾거나, 물체를 추적하기 위해 물체 인식이 필요할 때, 영상과 영상을 정합할 때 등의 경우에 많이 사용된다. 영상 정합을 위해서는 2장 이상의 사진으로부터 동일한 지점을 얼마나 정확하게 찾아내느냐에 따라 정합 결과의 품질이 달라진다. 국내외 연구들은 대체로 영상 정합을 위한 특징점 추출에 관련된 연구들이 대부분이다. 그러나 본 연구에서는 일반적인 영상 정합을 위해 특징점을 찾아내는 것이 아닌, 특징점 추출 기법을 이용해서 지상기준점으로 활용할 수 있는 특징점만을 추출하여 사용하는 것에 목적을 두고 있다. 특징점은 물체의 형태, 크기나 위치가 변해도 쉽게 식별이 가능해야 하며, 카메라의 시점과 조명이 변하더라도 쉽게 찾아낼 수 있어야 한다.

현재 위성영상의 기하보정을 위한 GCP는 대체로 육안에 의해 수동으로 취득 및 활용하고 있다. 이를 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하며, 이러한 한계를 극복하기 위해서 자동

으로 GCP를 추출하고 영상 칩 DB를 구축하여 위성영상의 기하보정에 사용하고자 한다.

본 연구의 대상지역은 접근불능지역 전역을 대상으로 하고 있으나, 현재 국토지리정보원에서 2014년부터 '접근불능지역 1/5,000 공간정보 구축 사업'의 일환으로 도심지역에 대해 공간정보데이터를 구축하기 위한 기준점이 존재하므로, 기존 GCP 구축지역 이외의 접근불능지역의 산악지와 농경지에 대해 GCP를 자동 추출하고 GCP 칩 제작 및 DB 구축을 하고자 한다.

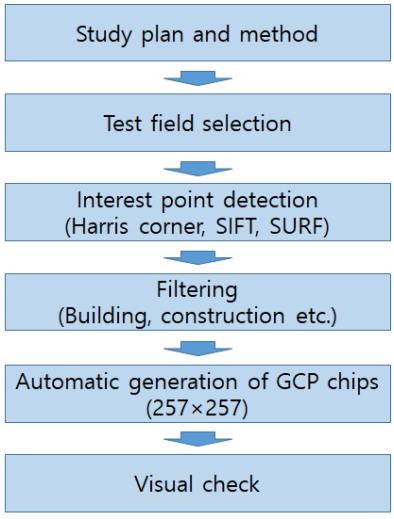

Fig. 1. Work flow

본 연구의 흐름은 Fig. 1과 같으며, 대상지역의 영상은 국토지리정보원의 접근불능 사업에 활용된 KOMPSAT-2 (Korea Multi-Purpose Satellite-2)위성 영상으로 제작된 공간해상도 1m의 정사영상이다. 기준 영상으로부터 Harris corner, SIFT, SURF 등의 특징점 추출기법들을 이용하여 도로의 교차지점이나 코너와 같은 특징점들을 추출하였다. 추출된 특징점들은 지상기준점으로 활용해야하므로 기복 변위가 없는 평지의 점들만을 남기기 위해 건물과 인공구조물 등과 같은 곳에 선점된 특징점들을 역 가우시안 방법을 적용하여 불필요한 점들을 필터링하였다. 이후 평지에 남은 특징점들 중 밝기값에 대한 강도가 최대인 임계값을 찾도록 반복 계산하여 하나의 점만을 추출하였다. 또한, 생성된 GCP 칩은 마지막으로 육안검수를 거쳐 DB를 구축하는 흐름으로 연구를 진행하였다.

2.1 Harris corner

Harris corner는 1988년 발표된 영상에서 코너점과 특징점을 찾는 가장 대표적인 방법으로 작은 window를 조금씩 이동(shift) 시켰을 때 모든 방향에 대해 영상변화가 큰 경우인 코너점을 추출하는 방법이다. 영상의 평행이동과 회전변화에 변함이 없고 affine 변화와 조명(illumination) 변화에도 강점을 가지고 있다. 그러나 영상의 크기(scale) 변화에는 영향을 받는다.

Fig. 2는 Harris corner에 의한 특징점 추출 방법에 대한 설명으로 'flat'은 평탄한 영역에서 window의 움직임으로, window가 움직여도 픽셀 값은 항상 일정하게 된다. 'edge'는 경계선에 위치하는 경우로, 좌우로 움직일 때에는 값의 변화가 있지만 상하로 움직이는 경우에는 값의 변화가 없다. 'corner'는 window가 상하좌우로 움직여도 값의 변화가 있다 (Lee *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2009).

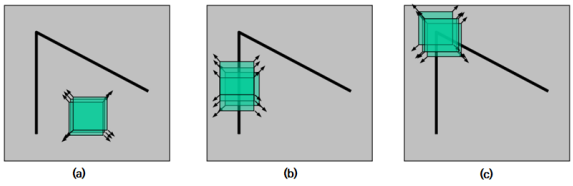

Fig. 2. Extraction method using Harris corner: (a) Flat, (b) Edge, (c)Corner

2.2 SURF

SURF 알고리즘에 의한 특징점 추출 방법은 다중 스케일 공간 정리(multi scale space theory)를 기반으로 하며, 특징 기술자는 성능과 정확성에서 우수한 헤시안 행렬(hessian matrix)을 기반을 검출된다. 또한, Laplacian의 부호를 이용하여 매칭 속도를 향상시켜 특징점들을 고속으로 검출하며, Fig. 3과 같이 영상의 크기를 줄이는 대신 필터의 크기를 키움으로써 고속화를 실행한다(Lee *et al.*, 2013).

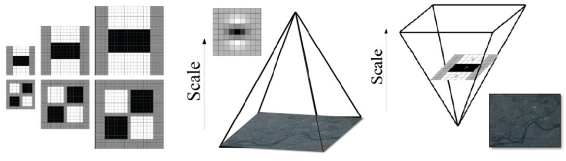

Fig. 3. Extraction method using SURF

2.3 SIFT-DoG

SIFT 알고리즘은 2004년에 David lowe에 의해 처음 제안되었으며, 영상의 회전, 스케일 변화, 유사성을 가진 변형(affine deformation), 관점 변화(viewpoint change), 잡음(noise), 조명 변화(illumination change)에 매우 강점을 가진 특징점 추

출 알고리즘이다. SIFT는 크게 4단계를 거쳐 수행되며, 이는 첫 번째로, 스케일 공간 극값 검출(scale space extrema detection), 두 번째로, 주요 점 지역화(key point localization), 세 번째로, 방향성 배치(orientation assignment), 네 번째로, 기술 내용 생성(description generation)이다.

SIFT는 Harris corner 방법과 달리 Laplacian 함수값을 사용하며, 스케일 변화의 민감한 문제를 해결하기 위해 DoG (Difference of Gaussian)를 기반으로 이미지 내에서 스케일 축으로도 코너성이 극대인 점을 찾는다. 즉, 이미지 피라미드를 구축한 후에 여러 스케일에 걸쳐서 특징점을 찾는다(Lee *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2006).

3. 접근불능지역 지상기준점 추출 및 결과분석

3.1 특징점 추출 기법별 지상기준점 자동추출

접근불능지역은 많은 부분이 산악지와 농경지로 이루어져 있다. 차세대 중형위성인 국토위성이 발사되고 한반도 촬영 영상이 수집되면 다량의 지상기준점이 필요하게 된다. 따라서 본 연구에서는 위성정사영상을 이용하여 접근불능지역 특히 산악지와 농경지에 대한 지상기준점을 확보하고자 특징점 추출 기법에 따라 지상기준점을 자동 추출하고 각각의 경우에 대하여 분석을 수행하였다.

특징점 추출의 전반적인 흐름은 Fig. 4와 같으며, KOMPSAT-2 위성영상으로 구축된 RGB (Red, Green, Blue) 정사영상을 전정색 영상으로 변환하여 1/25,000 인덱스를 5×5 격자로 등분한 영상(약 2km×3km)을 기본 영상으로 사용하였다. 기본 영상은 Harris corner, SIFT, SURF 등의 특징점 추출 기법을 적용하여 GCP로 사용할 코너점들을 자동으로 추출하였다. 본 연구에서는 각각의 기법에 의해 특징점을 추출한 결과 산악지의 경우 격자당 최대 약 10,000점 이상의 점들이 추출이 되었으며, 농경지의 경우 최대 약 3,000점 정도까지 특징점들이 추출되었다. 따라서 단순히 프로세스 상에서의 산악지와 농경지의 구분은 5,000점을 기준으로 하여 양질의 GCP를 추출하고자 하였다.

1차 추출된 특징점들은 산악지의 경우 가우시안 필터를 적용하여 도로의 코너점을 추출하였고, 농경지의 경우 밝기값이 큰 빌딩이나 주택을 필터링하기 위해 가우시안 필터를 역으로 적용하여 도로의 코너점들을 추출하였다. 가우시안 필터 적용 이후 나머지 코너점들의 강도 임계값이 큰 점을 최종 추출하도록 구현하였다. 본 연구에서는 특징점 추출을 위해 MATLAB을 사용하였으며, Harris corner, SIFT, SURF 기법에 의한 특징점 추출결과는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7과 같다.

Harris corner 추출기법으로 자동추출한 점들의 분포 특성을 보면, 산악지와 농경지 모두 초기 추출값들이 도로를 따라 양호하게 코너점들이 추출된 것을 확인하였다. SIFT 추출기법의 분포특성은 산악지와 농경지 모두 도로를 따라 추출된 것은 Harris corner와 유사하였으나, 산악지와 농경지 내의 다른 특징점들도 다수 같이 추출되었다. SURF 추출기법의 경우 앞의 두 기법보다 특징점 추출 개수가 매우 적게 추출되었지만, Harris corner와 유사하게 농경지와 산악지 모두 도로를 따라 특징점들이 추출되었다. 그러나 도로의 코너점 보다는 대체로 도로부근의 밝기값의 차이가 발생한 위치로 추출되었다.

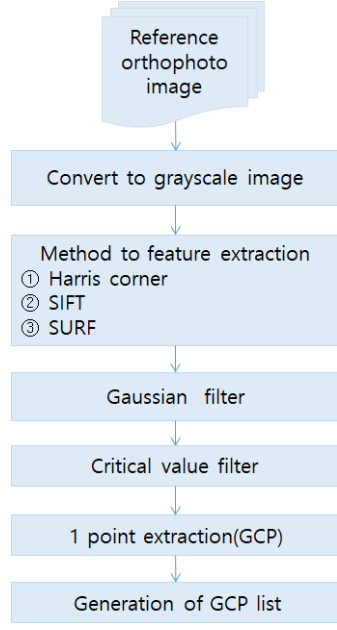

Fig. 4. Flow of interest point extraction

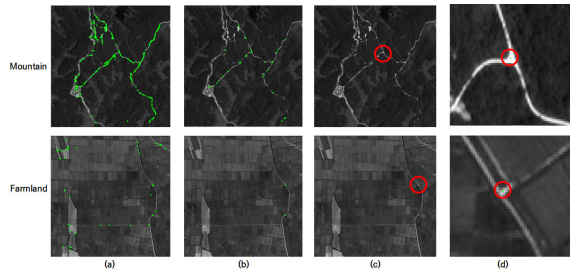

Fig. 5. Interest point extraction using Harris corner: (a) Interest point extraction, (b) Filtering(building and etc.), (c) GCP extraction, (d) Zoom in point

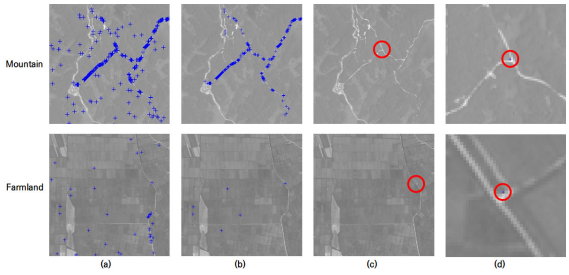

Fig. 6. Interest point extraction using SIFT: (a) Interest point extraction, (b) Filtering(building and etc.), (c) GCP extraction, (d) Zoom in point

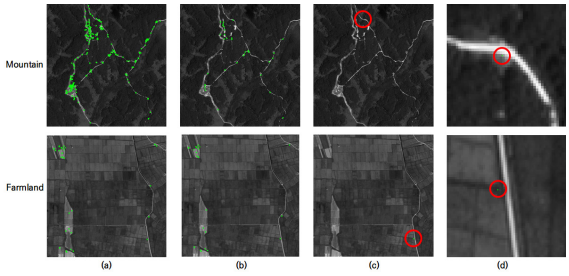

Fig. 7. Interest point extraction using SURF: (a) Interest point extraction, (b) Filtering(building and etc.), (c) GCP extraction, (d) Zoom in point

3.2 육안검수

기존의 위성영상 기하보정을 위한 GCP 추출은 대부분 육안 관측에 의한 수동 추출을 수행하고 있다. 일반적으로 육안 관측에 의해 수동으로 GCP를 추출하는 경우 건물의 옥상, 음영지역, 하천 자연수로, 적설지역, 적운지역 등의 조건을 피하여 도로의 교차점이나 평지에서 위치가 변하지 않는 특정 지점을 선정하여 GCP로 이용한다. 하지만 접근불능지역 전체에 대한 GCP 칩을 구축하는 본 과제에서는 수동 추출에 많은 시간이 소요되며, GCP의 균등분포에 의한 특징점 자동 추출이 절실히 필요한 상황이다. 따라서 자동 추출에 의해 해당 기법별로 취득한 각 100개의 GCP 칩에 대하여 육안검수를 실시하여 Fig. 8과 같이 자동 추출이 양호한 도로 교차점과, 자동 추출이 불량한 건물, 바위, 나무, 그림자 등의 대상물로 분류 하였다.

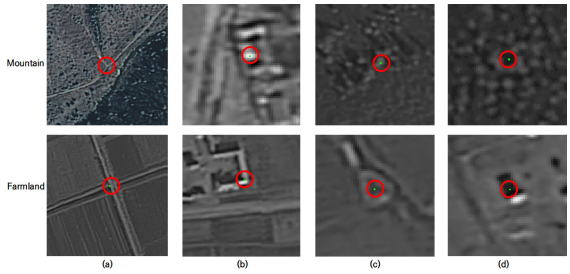

Fig. 8. Sample of visual inspection: (a) Road, (b) Construction, (c) Rock / tree, (d) Shadow

육안검수에 의해 대상물별로 분류한 결과 Harris corner 기법의 경우 산악지에서는 자동 추출 점의 70개가 임도의 코너점으로 추출되었으며, 농경지에서는 76개가 농로의 코너점으로 추출 되었다. SURF 기법의 경우 산악지의 경우에는 15개가 임도의 코너점으로 추출되었으며, 농경지에서는 70개가 농로의 코너점으로 추출되었다. 마지막으로 SIFT 기법의 경우 산악지에서는 8개가 임도의 코너점으로 추출되었으며, 농경지에서는 50개가 농로의 코너점으로 추출 되었다. 자동 추출된 GCP에 대한 특징점 추출 기법별 세부 육안검수 분류는 Table 1과 같다.

Table 1. Attribution of GCP chip DB

Site	No.	Interest point extraction techniques	Chip total	Road	Construction	Rock / river / tree	Shadow	Etc.
Mountain	1	Harris corner	100	70	5	11	9	5
	2	SURF	100	15	10	62	8	5
	3	SIFT	100	8	10	60	12	10
Farmland	1	Harris corner	100	76	10	5	5	4
	2	SURF	100	60	18	10	5	7
	3	SIFT	100	50	15	10	15	10

3.3 GCP 칩 자동 생성 소프트웨어 개발

자동 추출된 GCP들을 일괄적으로 관리하고 적용하기 위하여, 앞서 도로의 특징점 추출율이 가장 높았던 Harris corner에 의해 선점된 점들의 리스트와 해당 좌표값과 일치하는 DEM의 높이값을 추출할 수 있도록 소프트웨어를 구현하였다. 본 연구에서 사용한 DEM은 국토지리정보원의 2014년 DEM 자료를 사용하였다. 위성정사영상과 DEM의 좌표는 TM (Transverse Mercator)좌표에서 UTM-K (Universal Transverse Mercator - K)좌표로 변환하였으며, 지오이드 모델은 EGM2008을 사용하였다. GCP 칩이 위성영상 기하보정을 위해 제작하는 것이므로, 정표고와 지오이드고를 이용하여 타원체고를 산정하도록 구현하였다. GCP 칩의 크기는 국토지리정보원 선행연구에서 제시한 지상거리 257m×257m에 해당하는 픽셀수로 정하여 규격화된 칩이 산출되도록 하였다. Fig. 9는 GCP 칩 생성에 대한 전반적인 설명을 표현한 것이며, 소프트웨어 구성 화면은 Fig. 10과 같다. 또한, GCP 칩과 함께 생성되는 GCP 칩의 DB 정의 내용은 Table 2와 같다.

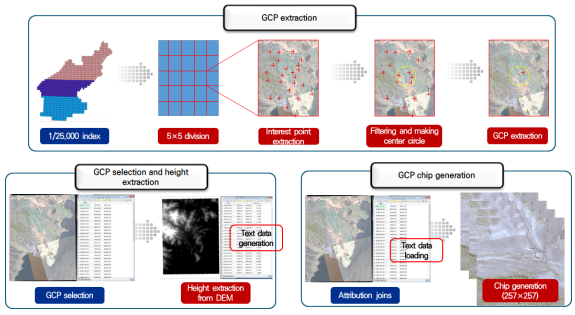

Fig. 9. Flow of GCP chip generation

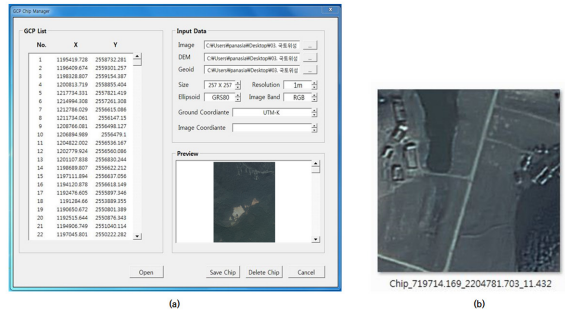

Fig. 10. GCP chip generation software: (a) Composition window (b) GCP chip sample

3.4 실험 결과

육안검수 결과 Harris corner 기법의 경우 산악지에서는 자동 추출 점의 70%가 도로나 임도의 코너점으로 추출되었으며, 농경지에서는 76%가 GCP로 사용하기에 양호한 코너점으로 추출 되었다. SURF 기법의 경우 산악지의 경우에는 도로 추출율이 15%로 낮게 나와 활용성이 어려울 것으로 판단되고, 농경지에서는 70%가 코너점으로 추출되어 GCP로 활용이 가능함을 알 수 있었다. 그러나 접근불능지역의 지역적 특색으로 길이 거의 없는 산악지에서는 특징점이 없으므로 바위도 GCP로 활용할 수 있기 때문에 이 부분은 좀 더 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, SIFT 기법의 경우도 산악지와 농경지에서 SURF 기법과 유사한 패턴을 보였으나, 노이즈가 상대적으로 많이 추출 되어 GCP로의 활용이 어려울 것으로 판단된다. 각각의 특징점 추출 기법별 육안 분석 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. Attribution of GCP chip DB

List	Attribution	Remark
Image coordinate	x, y	resolution 1m
Ground coordinate	x, y	UTM-K
Ellipsoid	GRS80	
Geoid height	z1	EGM2008
Height	z2	DEM(in 2014)
Ellipsoid height	z3	height + geoid
Image band	RGB	KOMPSAT-2
Resolution	1m	KOMPSAT-2
File name of GCP chip	chip_0000.000_0000.000_000.000.tif	inclusion of x, y, z2
GCP chip size	257×257	resolution 1m

Table 3. Usability analysis by extraction techniques

Site	No.	Interest point extraction techniques	Chip total	Usability analysis		Available ratio
				Available	Unavailable	
Farmland	1	Harris corner	100	70	30	70%
	2	SURF	100	15	85	15%
	3	SIFT	100	8	92	8%
Mountain	1	Harris corner	100	76	24	76%
	2	SURF	100	60	40	60%
	3	SIFT	100	50	50	50%

4. 결 론

본 연구는 위성영상의 정밀기하수립을 위하여 GCP를 자동으로 선점할 수 있는 기법들을 분석하여 GCP 칩을 자동으로 추출함으로써, 대규모의 지역에 다량의 GCP를 자동으로 취득하기 위한 연구를 진행한 것으로, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 일반적으로 이미지 매칭에서 사용하는 특징점 추출기법인 Harris corner, SURT, SIFT 기법을 GCP 제작을 위한 특징점 자동추출에 적용한 결과 Harri corner 기법으로 산악지와 농경지 모두에서 GCP 칩을 제작하여 위성영상의 정밀보정을 위해 활용이 가능함을 알 수 있었다.

2. 추출된 특징점과 DEM을 결합하여 GCP 칩을 자동으로 생성할 수 있는 프로그램을 개발함으로써, 기존에 GCP를 취득하기 위하여 육안으로 관측하여 추출하는 방법의 시간적인 한계를 극복할 수 있었다.

본 연구에서는 접근불능지역에 대한 GCP 자동추출 및 자동 칩 생성에 대한 연구를 진행하였으나, 아무 특징점이 없는 나무들로만 이루어져 있는 산악지에서는 미흡한 점이 발생하여 이 부분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 위성정보 활용센터 설립운영 사업(과제명:국토위성정보 수집 및 활용기술개발)의 연구비지원(18SIUE-B148326-01)에 의해 수행되었습니다.

References

Han, D.Y., Kim, D.S., Lee, J.B., Oh, J.H., and Kim, Y.I. (2006), Automatic image-to-image registration of middle and low-resolution satellite images using scale-invariant feature transform technique, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 24, No. 5, pp.409-416. (in Korean with English abstract)

Hwang, T.H., Yun, Y.B., Yoon, G.W., and Park, J.H. (2003), an Automatic method of geometric correction for landsat image using GCP chip data base, *Proceedings of ACRS 2003 ISRS of the Korean Society of Remote Sensing*, 3-7 November, Busan, Korea, pp.549-551. (in English with English abstract)

Kang, J.Y., Kim, I.C., Kim, J.H., and Park, J.W. (2013), Enhancement of spatial resolution to local area for high resolution satellite imagery, *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 50, No. 4, pp.897-903. (in Korean with English abstract)

Kim, H.C. (2008), *a Study on Development of MATLAB Based Image Processing and Ferrule Endface Precision Analysis*, Master's thesis, National University of Hansei, Gunpo, Korea, 57p. (in Korean with Korean abstract)

Kim, T.J. (2013), *Development of Automated Control Point Creation Software for High Resolution Satellite Image*, R&D Projects for Small and Medium Enterprise, Report, KISTI, 3dlabs, Incheon, 48p. (in Korean with Korean abstract)

Krystian, M. and Cordelia, S. (2001), Indexing based on scale invariant interest points, *International Conference on*

Computer Vision(ICCV '01), IEEE Computer society, 7-14 July, Vancouver, Canada, pp.525-531. (in English with English abstract)

Lee, G.W. and Hong, Y.J. (2018), Design and implementation of web-based automatic preprocessing system of remote sensing imagery for machine learning modeling, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 26, No. 1, pp.61-67. (in Korean with English abstract)

Lee, S.E., Ko, K.S., and Park, J.W. (2018), Automated algorithm for super resolution (SR) using satellite images, *Journal of the Institute of internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 18, No. 2, pp.209-216. (in Korean with English abstract)

Lee, Y.H., Park, J.H., and Kim, Y.S. (2013), Comparative analysis of the performance of SIFT and SURF, *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 12, No. 3, pp.59-64. (in Korean with English abstract)

Lee, Y.I., Kim, J.C., Lee, Y.R., and Sin, S.W. (2009), Improving the accuracy of image matching using various outlier removal algorithms, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 27, No. 1, pp.23-31. (in Korean with English abstract)

Lee, Y.R., Shin, D.S., and Lee, H.Y. (1998), Construction, search of ground control point database and its application for satellite image correction, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 1, No. 1, pp.8-17. (in Korean with English abstract)

Lim, Y.J., Kim, M.G, Kim, T.J., and Cho, S.I. (2004), Automatic generation of GCP chips from high resolution images using SUSAN algorithms, *Proceedings of ACRS 2004 of the Korean Society of Remote Sensing Conference*, 1 October, Seoul, Korea, pp.220-223. (in English with English abstract)

Malik, J., Dahiya, R., and Sainarayanan, G. (2011), Harris operator corner detection using sliding window method, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 22, No. 1, pp.28-37. (in English with English abstract)

Moon, J.Y. (2014), GCP Chip DB *Establishment for Orthometric Correction of Satellite Image & Accuracy Evaluation*, Master's thesis, National University of Chungnam, Daejeon, Korea, 64p. (in Korean with English abstract)

Lee, H.J. (2018), *CAS 500-1/2 Image Acquisition and Utilization Technology Development*, Report 11-1613436-000154-01, NGII, pp.222-265. (in Korean with Korean abstract)

Sohn, H.G., Kim, E.M., Song, Y.S., and Park, J.H. (2004), Accuracy analysis of interest point operator for image matching, *Proceedings of Korean Society of Civil Engineers*, 10 October, Pyeongchang, Korea, pp.4403-4406. (in Korean with Korean abstract)

Yeom, J.H., Han Y.K., and Kim Y.I. (2013), Analysis of shadow effect on high resolution satellite image matching in urban area, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 21, No. 2, pp.93-98. (in Korean with English abstract)

Yoon, G.W., Yoon, Y.B., and Park, J.H. (2002), Generation of GCP chip in landsat-7 ETM+, *Proceedings of the KSRS Conference*, 1 October, Sokcho, Korea, pp.29-33. (in English with English abstract)