

CORONA 영상을 이용한 한반도 지역 모자이크 영상 제작 Creating Mosaic Image of the Korean Peninsula from CORONA Imagery

송영선*

Song, Yeong Sun

要 旨

우리나라는 1960년대부터 급속한 도시화가 이루어졌으나, 현재까지 활용되어온 위성영상들은 1970년대 이후에 얻어진 영상들이기 때문에 과거 1960년대 한반도 지역의 지형정보를 제공해 줄 수 있는 자료가 거의 없다. 최근에 일반인에게 공개된 CORONA 영상은 과거 1960년대의 한반도 지형정보를 고해상도 및 광역적 범위로 제공할 수 있는 영상으로써, 도시, 산림, 환경 등 여러 분야의 변화탐지 자료로 활용성이 크다. 본 연구에서는 1960년대의 CORONA 영상을 이용한 과거 한반도 지역 모자이크 영상의 제작을 목적으로 하였으며, 이를 위하여 기하보정 방법으로 1차, 2차, 3차 다항식과 변형된 공선조건식에 대한 정확도를 평가하였다. 정확도를 평가한 결과 엄밀식의 정확도가 가장 높았으나 지상 기준점 취득의 문제로 인해 20개의 기준점을 사용한 2차 다항식으로 기하보정을 수행한 후 한반도 모자이크 영상을 제작하는 것이 효율적이라는 결론을 얻었다. 이를 바탕으로 1960년대 한반도 지역을 모두 포함하는 CORONA 모자이크 영상을 생성하였으며, 생성된 모자이크 영상은 도시계획이나 변화탐지와 같은 다양한 분야에 활용이 가능할 것으로 예상된다.

핵심용어 : CORONA 영상, 기하보정, 한반도 지역, 영상 모자이크

Abstract

The urbanization of Korea has been rapidly progressed since 1960, but satellite imagery have provided the information only after 1975. Recently released CORONA imagery is one of the few source of satellite image which can provide 1960's topographic information of the Korean Peninsular. It can be applied to change detection in various fields such as urban, forest, and environmental planning. In this research mosaic image of past Korean Peninsular using CORONA imagery in the 1960s were generated. A polynomial equation and a modified collinearity equation were applied for geo-referencing and a comparative analysis was conducted. In this research the 2nd polynomial equations were used for geo-referencing of CORONA imagery. After carrying out geo-referencing, mosaic image was generated using Erdas Imagine. It is assumed that this result image is very useful for various fields such as generation of thematic maps, urban planning, and change detection.

Keywords : CORONA, Geo-referencing, Korean Peninsular, Image mosaic

1. 서 론

원격탐측을 활용한 도시변화 탐지에 대한 관심이 높아지면서 국내외적으로 각종 영상자료의 모자이크에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 외국의 경우 Landsat TM 자료를 이용하여 미국 서부지역에 해당하는 2개의 영상을 모자이크 하였으며(Zobrist 등, 1983), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 위성으로부터 취득된 영상자료를 이용하여 사우디아라비아 전역을 대상으로 영상 모자이크를 수행하였다(Cheney, 1989). 또한, CORONA와 같은 시기에 수행된 프로그램

중의 하나인 ARGON 영상을 이용하여 변화 탐지를 위한 Greenland 지역의 모자이크 영상을 제작한 바 있다(Zhou 등, 2002). 국내에서는 항공사진을 이용하여 서울지역에 대한 모자이크를 수행한 바 있고, 안기원 등(1998)은 Landsat TM과 SPOT XS를 자동정합 기법으로 디지털 모자이크 영상을 생성하였다. 또한 CORONA 영상 기하보정을 수행한 후 모자이크를 수행하여 수도권 변화탐지에 대한 연구를 수행한 바 있다(손홍규 등, 2002a).

우리나라의 본격적인 도시성장은 1960년대 이후로 급속하게 이루어졌다. 그러나 현재까지 우리나라에서 수행한 대부분의 연구는 1980년 이후의 Landsat, SPOT,

2005년 12월 8일 접수, 2005년 12월 20일 채택

* 정희원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사 후 과정 (point196@yonsei.ac.kr)

항공사진 등의 영상을 이용하여 이루어졌다. 1980대 이전의 과거 영상의 경우, 해외에서는 1995년에 공개된 DSI (Declassified Satellite Imagery) 영상을 이용한 모자이크에 관한 연구가 이미 수행된 바 있으나, 우리나라의 경우 CORONA 영상을 이용한 서울 일부 지역에 대한 연구만이 수행되었다. 따라서 본 연구에서는 1960년대의 과거 영상을 이용한 한반도 전체에 대한 모자이크 영상제작을 수행함으로써, 1980년대 이후의 한반도 자료가 아닌 그 이전의 자료를 구축하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서 활용하고자하는 영상인 CORONA는 1995년 미국이 필름을 일반에게 공개한 DSI중의 하나로써, 한반도는 과거 미국의 주요 관심지역 중에 하나였기 때문에 대략 7000매 정도의 CORONA 영상을 촬영하였다 (Slama, 1980). 따라서 한반도 전체의 1960년대 영상을 제공하면서 저렴한 가격에 구입이 가능한 CORONA 영상의 장점을 이용하여, 1960년대 한반도 모자이크 영상을 제작하였다. 이를 위하여 적절한 작업량과 정확도를 비교하기 위하여 대전지역에 대하여 기하보정 방법을 비교하였고 적절한 기준점 수를 결정하였다. 이 실험을 통해 얻어진 방법으로 한반도지역 전체 영상에 대한 모자이크를 수행하였다. 이는 위성영상을 이용하여 과거 한반도의 지형을 복원하는 의미를 가질 뿐만 아니라 2m에 이르는 고해상도로 변화탐지 분야와 과거의 토지피복, 시설물 등의 모니터링에 활용성이 클 것이라고 예상된다.

2. 한반도 모자이크 영상 제작 방법

모자이크 영상을 제작하기 위한 단계는 크게 기하보정 단계와 모자이크 영상 제작 단계로 나눌 수 있다. 그림 1에 나타난 과정과 같이 모자이크 영상을 제작하기 위해서는 먼저 기하보정이 수립되어야 하는데 이를 위해 필름 스캐닝 등의 준비 단계를 거쳐 기준 영상이 될 수 있는 수치지도나 기하 보정된 영상으로부터 지상기준점을 취득하였다. 기하보정에 사용되는 모형식은 크게 간략

모형식과 엄밀 모형식으로 구분할 수 있다. 간략 모형식으로는 다항식방법이 주로 사용되고, 엄밀 모형식으로는 공선조건식을 예로 들 수 있으며, CORONA 영상과 같이 파노라마 형식의 영상에는 변형된 공선 조건식을 사용해야 한다. 적절한 모형식을 선택하여 기하보정을 수행한 영상 결과물을 이용하여 먼저 스트립별로 모자이크를 수행하고 스트립간의 모자이크를 수행하였다.

여러 가지 기하보정 방법 중 비용적·시간적 측면에서 적절한 CORONA 영상의 기하보정의 방법의 선정을 위해서 대전지역을 대상지역으로 선정한 후 수치지도 등을 이용하여 기준점을 취득하고 각각의 방법에 대한 정확도 비교를 수행하였다. 가장 효율적인 기하보정 방법과 기준점의 개수를 대상지역 평가로 결정한 후 전체 지역에 동일한 기하보정 방법과 기준점 개수를 적용하였으며, 이에 대한 과정은 그림 2에 나타난 바와 같다.

기하보정 된 영상을 이용하여 각각의 스트립별로 모자이크를 수행한 후, 스트립간의 모자이크를 수행하였으며, 그림 3에 보는 바와 같이 모자이크 수행과정에서 방사학적으로 단절효과를 줄이기 위해 방사왜곡보정 과정을 추가적으로 수행하였다.

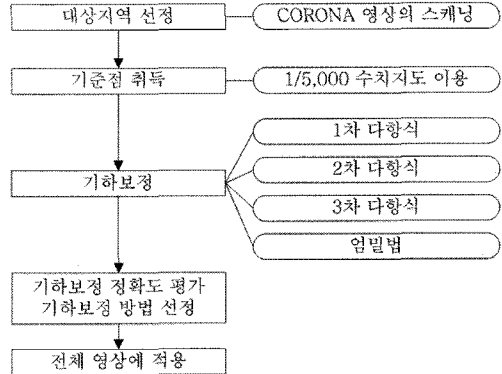


그림 2. 기하보정 정확도 분석 수행과정

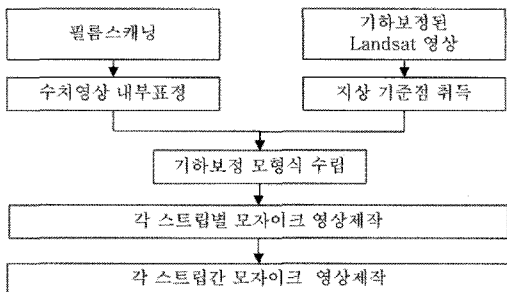


그림 1. 전체 자료처리 과정

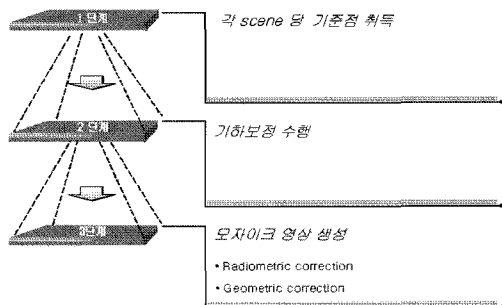


그림 3. 모자이크 수행과정

3. 한반도지역 모자이크 영상 생성

3.1 연구 대상 지역

본 연구에서 사용된 CORONA 필름의 수는 표 1에서 보는 바와 같이 남·북한 전체를 포함하는 총 105장이다. 각 스트립에 대해 편의상 스트립 번호를 지정하였으며, 필름의 형태는 그림 4에서 보여주고 있다.

각 영상의 촬영범위는 USGS에서 제공하는 영상 위치 정보에 따른 범위로 확인이 가능하지만, 그림 5와 같이 실제 촬영범위와는 많은 차이를 보이고 있다. 따라서 USGS에서 CORONA 영상의 구입 시 표현되는 범위만으로 구매해서는 안 되며 웹상에서 제공되는 개략 영상(overview image)을 통해 확인하는 과정이 필요하다.

연구 지역은 남·북한 각각 54장, 51장의 CORONA 필름을 사용한 한반도 전체이며, 모자이크 영상제작에 사용된 CORONA 영상은 30 μ m로 스캐닝 된 영상으로 약 10 m 정도의 지상해상도를 가진다. 기준점 취득을 남·북한 지역을 모두 포함하는 수치지도를 모두 구하는 것이 사실상 불가능 하므로 Landsat 영상을 기준영상(reference image)으로 사용하였다. 단, 기하보정 방법에 따른 정확도를 평가하는데 사용된 영상은 대전지역의 영상으로 8 μ m로 스캐닝된 약 3m의 지상해상도를 갖는 영상을 사용하였고, 기준점은 1:5000 수치지도로부터 취득하였다.

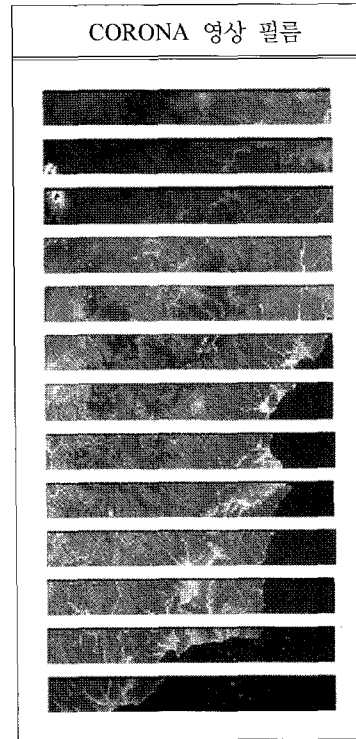


그림 4. 스트립별 영상의 예(3번 스트립, 함경, 1964년)

3.2 자료처리 및 결과

(1) 기하보정 정확도 평가

본 연구에서는 간략법의 한 가지 방법인 다항식법과 엄밀법인 변형된 공선조건식(손홍규 등, 2002b)을 적용하여 그 결과를 비교·분석하여 가장 적절한 기하보정 방법을 결정하고자 하였다. 정확도 분석을 위해 사용된 영상은 그림 6과 같으며 표시된 부분이 대전지역을 나타낸다.

CORONA 영상의 경우 파노라마 방식의 촬영으로 인해 중심부에서 가장자리 부분으로 갈수록 영상의 왜곡

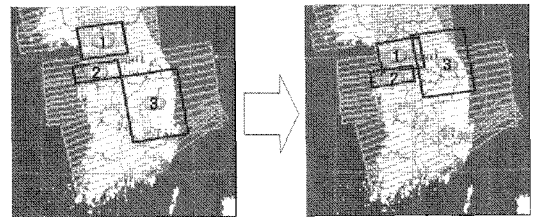


그림 5. USGS에서 제공하는 촬영범위(왼쪽)와 실제 범위(오른쪽)

표 1. 사용된 영상의 사진기별 분류

사진기	남·북한	지역	필름 수	Mission No.	스트립 No.	촬영 일시		
						년도	월	일
KH-4	남한	경남	3	9048	⑨	1962	11	24
KH-4A	남한	제주	2	1015-1	⑩	1964	12	20
		전라	12	1026-2	⑧	1965	11	6
	북한	함경	13	1011-1	③	1964	10	5
		북한	34	1017-2	①, ②	1965	3	4, 5
		황해도	4	1045-2	④	1968	2	3
KH-4B	남한	서울강원	14	1101-2	⑤	1967	9	25
		충청	11	1105-2	⑥	1968	11	12
		강원·경상	12	1108-1	⑦	1969	12	18

이 심하므로 중심부분의 2개의 영상과 가장자리의 2개의 영상의 왜곡정도에도 차이가 발생한다(Slama, 1980). 대전지역을 나타내는 그림 6의 184번과 120번 영상은 각각 가장자리와 가운데 부분에 위치하므로 이 두 영상을 이용하여 위치에 따른 왜곡차이에 대한 정확도를 평가하였다.

두 영상 각각에 대해 20점의 기준점 및 20점의 검사점을 취득하였다. 계산된 각 방법에 따른 평균제곱근오차(RMSE: Root Mean Square Error)는 표 2와 같다. 184번 영상에 대해 각각 1차, 2차, 3차 다항식을 적용하여 기하보정을 수행한 결과 영상은 그림 7과 같다.

표 2에서 보는 바와 같이 엄밀법이 가장 정확한 결과를 나타내었으며, 2차 다항식과 3차 다항식의 경우 결과의 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 184번 영상과 120번 영상의 결과를 비교해 보면 같은 방법에 대해서도 120번 영상의 결과가 더 정확하게 나타났다. 이는 그림 6에서 보는 바와 같이 두 영상의 위치차이에서 발생한 것으로 판노라

마 사진기의 특성상 가장자리의 왜곡이 중심부분의 왜곡보다 크기 때문에 나타나는 현상으로 판단되었다.

엄밀법의 경우 가장 정확한 결과를 나타내지만 지상 기준점의 X, Y, Z값을 모두 취득해야 하며, 1960년 한반도 전체에 대한 많은 수의 3차원 지상기준점을 수치지도로부터 취득하는 것은 비용과 시간 면에서 매우 어려운 작업이다(손흥규 등, 2002a). 본 연구의 최종 목적은 한반도 전체의 모자이크 영상을 제작하기 위함이며 따라서 현실적인 여건을 고려하였을 때 상당한 비용과 시간이 소요되는 엄밀법 보다는 다항식모형이 더 적절하다고 판단되었다. 다항식모형의 경우는 2차 다항식과 3차 다항식의 결과가 비슷하였는데 좀 더 정확한 결과를 위하여 대전지역 이외의 다른 지역에 대해 동일한 연구를 수행하였다.

30 μ m로 스캐닝 된 다른 영상 중 184번 영상과 같이 바깥쪽에 위치한 9개의 영상과 120번 영상과 같이 안쪽에 위치한 영상 9개에 대해서 각각 2차와 3차 다항식을 적용

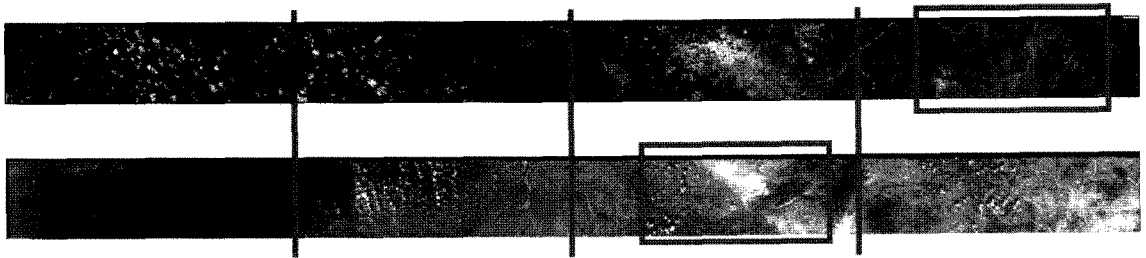
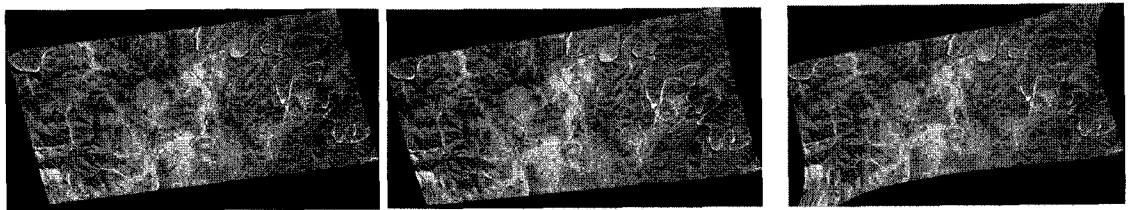


그림 6. 184번 영상(위), 120번 영상(아래)



(a) 1차 다항식 기하보정 영상

(b) 2차 다항식 기하보정 영상

(c) 3차 다항식 기하보정 영상

그림 7. 각 다항식을 적용하여 기하보정 된 184번 영상

표 2. 120번 영상과 184번 영상의 평균제곱근오차(단위: 영상소)

경우	120번 영상		184번 영상	
	열 방향	행 방향	열 방향	행 방향
1차 다항식	33.3	15.6	96.6	47.9
2차 다항식	10.9	6.1	71.8	17.8
3차 다항식	7.9	6.5	72.8	64.4
엄밀식	3.9	5.1	5.0	5.9

하였고, 그 결과는 표 3과 같다. 영상 번호는 필름 번호에 따른 번호이다. 수행 결과 3차 다항식에서는 148-106-4, 148-107-4, 148-104-3번 영상과 같이 큰 오차가 발생하는 경우가 많았고, 2차 다항식이 좀 더 안정적이므로 최종적으로 2차 다항식을 선택하였다.

그림 8은 전체 영상에 적용하고자 하는 2차 다항식의 영상 184번에 대한 오차를 나타낸 것이다. 즉, 영상이 필름의 중심부분에 위치하는지 가장자리에 위치하는지에 따라 오차가 어느 정도 차이 나는지를 평가하기 위한 것이며, 화살표의 크기는 육안으로 쉽게 구분하기 위해 실제 크기를 50배 확대한 것이다.

가장 적절한 기하보정 방법을 결정한 후 각각의 CORONA 영상마다 취득해야 할 기준점의 수를 결정하여 한반도 모자이크 영상 제작 시 최적의 작업을 수행하고자 하였다. 총 420(필름 105장×4등분)장의 영상에 대해 2차 다항식을 적용할 때 각 영상마다 취득할 적절한 기준점의 수를 결정하기 위하여 기준점의 수를 다양하게 조정하여 그 결과를 비교하였으며 표 4에서 보는 바와 같다.

사용한 기준점은 앞의 과정에서 취득한 40점을 사용하였고, 2차 다항식의 경우 필요한 최소 기준점의 수는 6개

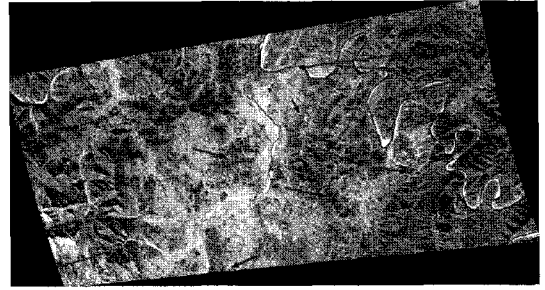


그림 8. 184번 영상의 오차벡터

이므로 지상기준점의 수를 10개, 15개, 20개로 조정하여 기하보정을 수행하였다. CORONA 영상의 경우 해상도가 높고 경사사진이기 때문에 2차원 기준점만을 이용하여 모델식의 매개변수를 결정하고 검사점을 이용하여 정확도를 평가하는 경우에 있어서 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 기복변위라고 할 수 있다(Pala, 1995). 표 4에서의 결과를 분석하면 검사점의 평균제곱근오차는 기준점 수에 따른 영향보다는 기준점과 검사점이 존재하는 곳의 기복변위의 정도와 분포에 의한 영향이 큰

표 3. 2차, 3차 다항식의 평균제곱근오차(단위: 영상소)

구분	영상번호	2차 다항식		3차 다항식	
		열 방향	행 방향	열 방향	행 방향
바깥쪽 영상	215-106-1	5.6	7.3	15.5	9.9
	215-107-1	9.6	5.9	13.1	5.4
	215-108-1	13.1	8.6	19.8	15.1
	215-109-1	13.7	8.5	19.3	12
	215-110-1	10.5	5.3	11.8	5.6
	148-103-4	8	5.9	9.7	7.8
	148-105-4	4.7	4.7	6.9	5
	148-106-4	14.3	10.3	85.2	9.7
	148-107-4	9.5	6.1	38.2	10.6
안쪽 영상	215-107-2	12.7	9.2	11.8	63.9
	215-109-2	11.4	9.8	9.8	11.9
	215-110-2	10.6	9	8.9	11.5
	148-103-3	9.4	14.9	15.6	35.9
	148-104-3	17	87.1	21.2	119
	148-105-3	14.2	9.8	10.2	11
	148-106-3	11.3	16.5	9.7	21
	148-107-3	10.4	7.9	13.4	8.9
	148-108-3	9.5	10.2	4.1	7.5
평균		10.9	13.2	18.0	20.7

표 4. 기준점 수에 따른 평균제곱근오차(단위: 영상소)

기준점 수	184번 영상		120번 영상	
	평균제곱근오차(x)	평균제곱근오차(y)	평균제곱근오차(x)	평균제곱근오차(y)
10 개	63.1	39.3	11.4	6.4
15 개	67.0	30.5	12.7	7.3
20 개	71.8	17.8	10.9	6.1

것을 알 수 있었다. 최종적으로 한반도 지역 전체의 모자이크 영상 생성을 위해서 기하 보정식으로 2차 다항식을 사용하고, 최대한 전 지역에 골고루 분포하도록 하기 위해서 기준점의 수는 20개로 결정하였다.

(2) 영상 모자이크

10개의 스트립으로 구성되어 있는 총 420(105×4)장의 영상에 대해 영상 기하보정을 수행한 후, 모자이크 영상을 제작하였다. 북한(1965년, ①, ②), 함경(1964년, ③), 황해도(1968년, ④), 서울·강원일부(1967년, ⑤), 충청(1968년, ⑥), 강원·경상(1969년, ⑦) 전라(1965년, ⑧), 경남(1962년, ⑨), 제주(1964년, ⑩)의 10개의 스트립에 대해 모자이크를 수행하였다. 동일 스트립내의 영상들은 같은 시간대, 같은 사진기로 촬영된 영상이기 때문에 방사학적 차이가 없으므로 방사학적 보정을 수행하지 않고, 기하 보정된 영상들 간의 좌표의 차이가 크지 않으므로 기하학적인 보정으로 페더링(feathering)을 적용하여 스트립 내의 영상들 간에는 경계부분이 없도록 처리하였다. 각 스트립별 모자이크 영상은 다음 그림 9에서 보는 바와 같다.

각 스트립에 대한 모자이크 영상 제작이 끝난 후 서로 다른 스트립간의 모자이크를 수행하였다. 본 연구에서는 한반도 모자이크 영상 제작을 위해 사용된 CORONA 영상은 스트립 간 중복되는 면적이 적고, 다항식 기하보정으로 인해 영상에 기하학적인 오차가 어느 정도 포함되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 히스토그램 매칭을 통해 방사보정을 수행할 경우 정확도가 떨어지며 기존 영상을 무엇으로 선택하느냐에 따라 결과에 많은 차이가 발생할

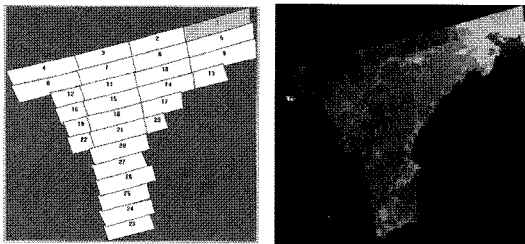


그림 9. 스트립별 모자이크 영상의 예(3번 스트립, 함경, 1964년)

수 있다. 또한, 한 스트립 내에서 방사학적 경계선을 없애기 위해 수행했던 페더링을 서로 다른 스트립의 영상에 적용할 경우 좌표값의 차이로 인해 방사학적 경계선이 줄어들더라도 중복되는 부분에서 뚜렷하게 흐려지는 현상이 발생하여 영상이 제공할 수 있는 정보의 질이 심각하게 저하되는 현상이 나타났다(O'Neill, 1988). 따라서 같은 스트립 내에서만 페더링을 수행하고 다른 스트립 간에는 방사학적 경계가 존재하더라도 방사보정은 수행되지 않았다. 그림 10의 한반도 모자이크 제작 결과물에서 보는 바와 같이 모자이크 제작 시 영상사이에 방사학적인 차이가 다소 발생하였으며 이는 시기와 계절의 영향, 필름 상태에 따른 차이 때문인 것으로 분석되었다.

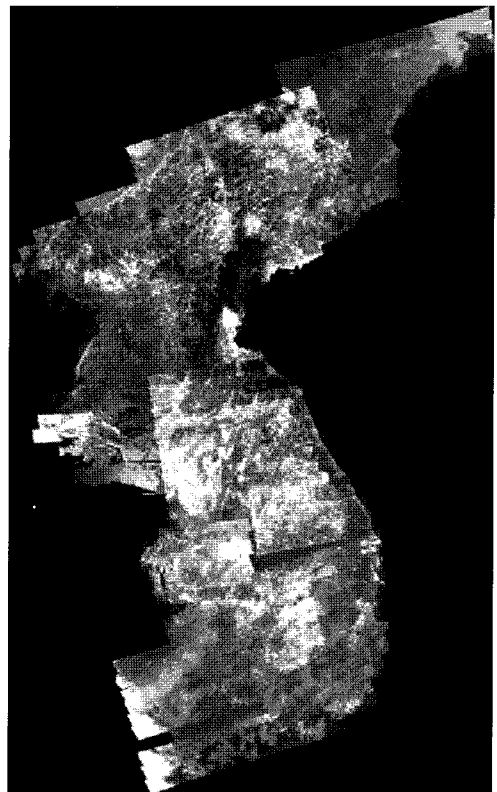


그림 10. 한반도 모자이크 영상 결과물

4. 결 론

본 연구에서는 1960년대 촬영된 CORONA 위성영상을 이용하여 한반도 전체 지역에 대한 모자이크 영상을 생성하였다. 지금으로부터 약 40년 전에 취득된 파노라마 형태의 위성영상을 이용하여 모자이크 영상을 생성할 때 발생하는 문제점들을 제시하였고, 또한 비용적 측면과 시간적 측면이 고려된 기하보정 방법과 방사보정 방법을 적용함으로써 열 방향으로 약 11영상소, 행 방향으로 약 13영상소의 오차를 가지는 한반도 전체 지역의 모자이크 영상의 효율적 생성이 가능하였다.

본 연구를 통해 제작된 1960년대의 한반도 모자이크 영상은 전정색 영상으로 1960년대와 1970년대 우리나라의 도시변화에 대한 자료의 구축이 가능할 것으로 사료되며, GIS 분석이나 도시계획을 수행하는데 있어 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 손홍규, 김기홍, 김기태, 2002a, "냉전시대 미 첩보위성영상을 이용한 서울시 변화 탐지", 대한토목학회 논문집, 22, pp. 757-765.
2. 손홍규, 유복모, 김기홍, 최중현, 2002b, CORONA KH-4 영상을 이용한 3차원 지형정보 취득, 한국지형공간정보 학회 학술발표회.
3. 안기원, 이효성, 서두천, 신석호, 1998, "Landsat TM과 SPOT XS 데이터를 이용한 디지털 모자이크", 상지대 논문집 37, pp. 173-178.
4. Cheney, R., B. Douglas, L. Miller, R. Agreen, and N. Doyle, 1989, The Noaa Geosat Program : Monitoring Tropical Sea Level with Satellite Altimetry, Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 2, pp. 1053
5. O' Neill, M. A., and I. J. Dowman, 1988, The Generation of Epipolar Synthetic Stereo Mates for SPOT Images Using a DEM, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Japan, Vol. 27, No. 3, pp. 587-598
6. Pala, V., X. Pons, 1995, Incorporation of Relief in Polynomial Based Geometric Corrections, Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 61, No. 7, pp. 935-944
7. Slama, C. C.(E.d), 1980, Panoramic cameras, In Manual of Photogrammetry(fourth edition), American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, pp. 196-207.
8. Zhou, G., K. Jezek, W. Wright, J. Rand, and J. Granger, 2002, Orthorectification of 1960s Satellite Photographs Covering Greenland, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 6, pp. 1247-1259.
9. Zobrist, A. L., N. A. Bryant, and R. G. Mcleod, 1983, Technology for Large Digital Mosaic of Landsat Data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, No. 9, pp. 1325-1335.