

수치정사영상 제작 및 개선에 관한 연구 The Study on the Digital Orthophoto Generation and Improvement of it's Quality

김감래* · 전호원**

Kim, Kam-Laer · Chun, Ho-Woun

요 旨

수치표고모델(DEM)은 정사영상 제작을 위한 중요한 기초 자료이며, 품질은 대상 점 또는 선형요소의 기하학적 정확도에 의존하게 된다. 따라서 본 연구에서는 격자의 간격과 스캐닝 해상도를 달리하며 상관매칭에 의해 수치표고모델 생성을 시도하였다. 실험결과 추출점의 격자간격이 작을수록 표준편차가 가장 작게 나타났으며 스캐닝의 해상도는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한 수치표고모델에 대한 편이량 분석결과 소축척에 비해 대축척의 항공사진에서 편이가 크게 발생되었으며 이는 폐쇄영역이 가장 큰 영향 요소임을 알 수 있었다. 이러한 폐쇄영역을 줄이기 위하여 다축척 영상의 이용과 중 중복도를 증가시키며 실험한 결과 한 쌍의 입체영상보다 다중영상을 이용한 경우 음영 및 폐쇄영역의 크기를 대폭 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Digital elevation models(DEMs) represent an important data base for orthophoto generation . The quality of a DEM depends on the geometrical accuracy of the original point or line data. This study analyzes the effects of grid space and scanning resolution in DEM creation with image matching method. The less standard deviation of DEM error was introduced when we adopted small grid space, but no effects in scanning resolution. Based on the bias error analysis of the DEM, we found that the error of a large scale of aerial photograph was bigger than that of a small scale case, and that such error mainly came from the closed area in large scale photographs. In order to reduce the closed area, the experiment has been conducted using multi scale and different overlap of aerial photo images. The result shows that the size of closed area and the shaded area has been dramatically decreased due to the adoption of multi scale aerial images instead of a couple of stereo images.

1. 서 론

일반적인 지형도는 그 지역의 형상에 대한 현장감이나 입체감을 느끼기란 매우 어렵기 때문에 이를 보완하기 위한 수단으로 정사사진이 이용된다. 최근 들어 컴퓨터의 발달로 인하여 벡터 형태의 수치자료에 대한 요구가 급속도로 증가하고 있으며 정사사진과 수치정사영상의 필요성이 급속도로 확대되고 있다. 일반적으로 사진은 카메라 렌즈의 중심으로 투영되어 얻어지기 때문에 지형의 기록에 따른 변위가 포함되어 있으며, 또한 촬영 당시

카메라 자세에 의한 왜곡이 존재한다. 이러한 변위를 제거하기 위하여 미분편위수정 과정을 거쳐 정사영상을 제작하게 된다.

특히 수치적 방법에 의해 정사영상을 제작할 경우 사용성의 확대와 더불어 벡터 데이터와의 통합사용에 따라 높은 경제성을 확보할 수 있다. 그러나 항공사진측량을 목적으로 이미 촬영되어 보관중인 필름이나, 지도제작을 목적으로 촬영된 항공사진을 이용하여 수치영상데이터를 얻는 기술 및 이러한 영상을 바탕으로 수치영상을 제작하는 기술에 대한 이론적 연구와 실험 결과의 제시는 대량생산체계에 앞서 반드시 선행되어야 할 과제이다. 또한 항공사진의 수치 정사화에 대한 문제점, 항공사진의 최적화 등에 대한 실험연구가 실시되어 수치정사영상 제

*명지대학교 교수

**서울산업대학교

작에 대한 효율적인 방안이 연구되어야 한다.

이러한 연구를 위하여 구릉지와 시가지가 적절히 혼합된 지역을 실험 대상지역으로 선정, 축척별로 구분하여 3개의 실험대상을 이용하였으며 수치정사영상의 생성에 필요한 고도 자료는 영상접합기법에 의한 추출 방법을 사용하였고 추출된 수치정사영상 문제점을 도출하여 2단 촬영과 중복도 증가에 따른 실험을 실시하여 항공사진을 이용한 수치정사영상의 특징에 대하여 분석을 실시하였다.

2. 수치정사 영상

2.1 정사 영상의 구분 및 특성

항공사진은 영상 전체에 대하여 축척이 다르기 때문에 편위 제거 과정을 거치지 않는다면 특정 지물에 대하여 거리나 각도를 측정하는 것, 또는 정확한 위치를 추출하는 것에 사용되는 것이 불가능하므로 위치 또는 좌표보정과 정사보정을 했는지에 따라 세 가지로 분류할 수 있으며, 그 관계는 표 1과 같다.

항공사진상에 나타나는 편위를 제거함으로써, 사진상에 나타나는 상이 일반지도에서 보는 것처럼 사진상의 모든 점에서 축척이 일정하도록 만든 사진을 정사사진이라 한다. 최근 들어 수치사진측량 기술의 실용화에 따라 적절한 소프트웨어와 데이터만 준비되어 있다면, 개인용 컴퓨터에서도 수치정사영상을 제작할 수 있게 되었다. 컴퓨터를 이용한 수치 미분편위 수정에 의해 제작된 수치정사영상은 수치영상자료의 형태로 영상처리를 함으로서 사람에게 의해 수행되었던 기존의 판독 과정보다 더욱 쉽고 빠르게 많은 정보를 수집할 수 있다는 장점이 있다. 또한 수치정사사진은 기존의 지형도상에서는 표현되지 않는 미세한 부분들에 대한 정보를 표현하는 방법이 다양하며, 선이나 기호로 된 세밀한 주석대신, 사진영상에 의해 자연적인 세부 설명을 표시할 수 있으며, 또한 적절한 지상기준점이 이용될 경우 보통의 지형도 제작비용에 비해 저렴한 물론 일반적인 종이 지도와 같은 수준

표 1. 보정 유무에 따른 정사 사진 영상의 종류

형태	보정 방법	기준점 사용 여부	정사화 여부
무보정 영상	×	×	×
일부 보정 영상	○	×	×
완전 보정 영상	○	○	○

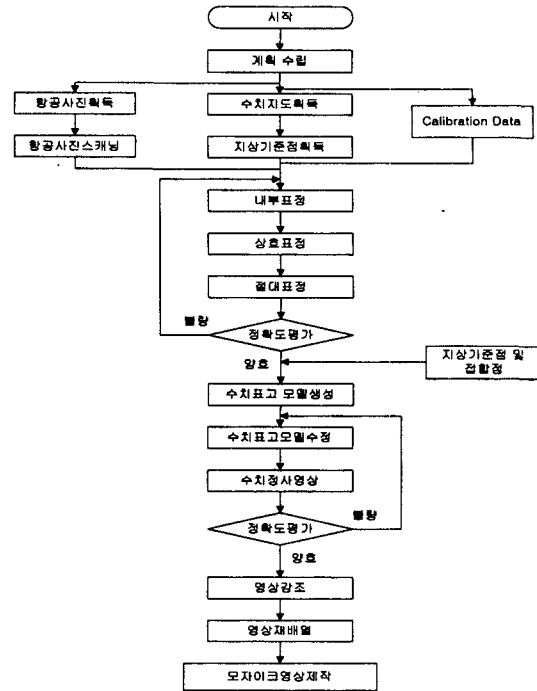


그림 1. 수치 정사 영상 제작 과정

의 정확도를 가진 지도를 신속하게 제작할 수 있다.

2.2 수치정사영상 제작 절차

수치정사영상을 만들기 위해 필요한 자료원으로 항공사진, 지상기준점, 카메라 정보, 스캐너, 수치표고모델이 필요하며 수치정사영상을 제작하는 일반적인 과정과 수치정사영상 제작과 관련된 일반적 처리 절차는 그림 1과 같다.

2.3 수치정사영상 제작의 기술적 문제점

수치정사영상 제작 과정에 있어서 여러 가지 기술적인 문제가 존재하는데 그 대표적인 것으로 도심 지역의 수치정사영상 제작이다. 이 때 정확한 수치정사영상을 만들기 위해서는 지상의 표고는 물론 모든 지물(건물, 나무 등)의 지상 높이를 알아야 한다. 그렇지 않으면, 이들의 위치는 수치정사영상 상에서 올바른 위치에 나타나지 않게 되고 특히 고층 건물이 많은 지역에 있어서 건물이 정확히 정사화 되기 위해서는 그 건물의 정확한 높이를 알아야 한다. 따라서 도심 지역의 수치정사영상 제작은 건물의 높이를 정확하고 경제적으로 추출하는 방법과 이러한 고도 정보가 손실되지 않고 수치지형 모델로 재구

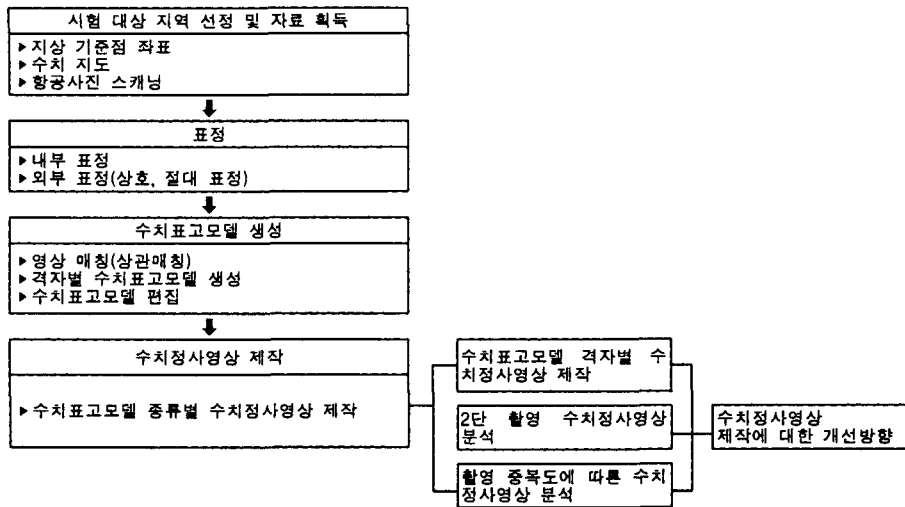


그림 2. 실험 절차 및 분석

표 2. 실험 지역 및 항공사진의 구성

구분	사진 축척	사진 매수	중중복도	사용 목적	지형	지상기준점
I	1/5,000	2	60%	수치표고모델 생성 수치정사영상 제작 수치정사영상 개선	평지, 구릉지, 도심	현지측량
II	1/20,000	2	60%	평지, 구릉지, 도심	현지측량	
III	1/5,000	5	85%	수치정사영상 개선	도심 고층아파트(신도시)	1/5,000수치지도

축 되기 위해서는 지형의 특성과 사진의 축척 및 다양한 실험 연구가 필요하다. 또한 영상 모자이크 제작 과정에서는 공간적 연속성 또는 경계 접합에 대한 문제가 해결되어야 하며, 도로와 같이 연속성이 있는 지형 및 지물은 이음매가 없는 형태의 영상으로 나타나야 한다. 또한 방사적 일치성과 같이 서로 다른 사진은 조도 조건이 변화함으로써 사진 인화나 영상의 스캐닝 과정에서 일정한 조건을 얻기 어렵기 때문에 색조와 휘도가 달라질 수 있는데 이는 모자이크 과정에서 보정하여야 한다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험 절차 및 방법

본 연구에서는 수치표고모델의 격자 간격이 정사영상 제작 결과에 미치는 영향을 분석하고 축척이 다른 두 사진을 이용하여 2단 촬영 및 촬영중복도에 따른 정사사진의 제작 결과를 비교하여 개선 방향을 도출하기 위해 그림 2과 같은 실험 절차를 이용하였다.

3.2 실험 대상 지역 및 자료 획득

본문 대상 지역은 평지, 구릉지가 혼합된 도심지를 중심으로 경북 구미 지역과 도심 지역으로 고층 건물이 밀집된 군포시 산본 지역을 실험 대상으로 선정하였으며, 각 실험 지역별 항공사진의 구성은 표 2와 같다.

3.3 수치표고모델 생성

수치정사영상을 제작하기 위해서는 영상의 해상도와 지상 거리와의 관계, 최종적으로 모자이크 될 영상의 정확도, 기억용량의 적절성 등에 대해 적절한 판단이 선행되어야 한다. 특히, 지역의 특성은 중요한 판단 요소가 되며, 수치표고모델의 격자 간격은 구릉지나 산지의 경우에 비하여 도심지에서 비교적 조밀해야 하며 수치정사영상을 제작하기 위해서는 원 영상이 갖고 있는 해상도와 동일한 크기를 갖는 격자를 이용할 수 있다. 그러나 영상의 해상도와 동일한 격자를 갖는 수치표고모델을 구축하기에는 현실적으로 불가능하다. 또한 정확도 판단 기준 측면에서도 영상의 잡음 영역을 피하기 위해서는 5화

표 3. 영상 정합을 위한 기준 조건 설정 값

단계조건	1	2	3	4	5	6	7	8
기준 영역(화소)	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15
검색 영역(화소)	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15	15×15
상관 계수 한계 값	0.5	0.5	0.5	0.45	0.45	0.40	0.40	0.45
돌출각 한계(도)	20	20	20	15	15	15	15	3
경사 한계(도)	60	60	60	60	60	60	55	55
보간 간격(화소)	4	4	4	2	2	2	1	1
영상 축소비(배)	32	16	16	8	8	4	2	1

표 4. 실험 지역별 수치 정사 영상 제작을 위한 자료 특성

실험지역구분	I	II	III
표정 오차	Vx=±0.010m Vy=±0.005m Vz=±0.000m	Vx=±0.057m Vy=±0.130m Vz=±0.041m	Vx=±0.144m Vy=±0.080m Vz=±0.184m
수치표고모델 격자	1m×1m	1m×1m	1m×1m
대상 면적	600m×600m	600m×600m	150m×150m

소에서 10화소 가량의 격자에 대한 수치표고모델 사용이 적합한 것으로 알려져 있다. 따라서 이 연구에서는 표 3 과 같은 기준값을 설정하여 수치영상 상관기법에 의해 수치표고모델을 제작하였으며 사용된 장비는 미국 LH시 스템사에서 개발하여 공급하고 있는 DPW770을 이용하였다.

수치영상 상관기법은 입체수치영상의 계조 값 분포를 비교하여 좌우 영상의 공액점을 탐색하고, 시차를 이용하여 고도값을 추출하는 방법으로 기준 영역의 크기에 의해 영상정합의 정확도 및 속도가 좌우된다. 이 연구에서는 대상 지역에 대한 epipolar 기하 상태의 영상을 이용하여 영상정합을 실시함으로써 고도값을 추출하였고 여러 차례의 실험 결과를 토대로 가장 효율적이라고 판단되는 8단계의 탐색을 실시하였으며 각각의 영상 정합 파라미터는 표 3과 같다.

3.4 수치정사영상 제작

실험 지역에 대한 각각의 축척별 항공사진에 대해 외부 표정 요소와 부등각 사상 변환의 매개변수 및 수치표고모델을 이용하여 영상 재배열과 수치 미분 편위 수정을 실시하여 수치정사영상 제작하였으며 이 때 사용된 자료의 특성은 표 4와 같다.

3.4.1 실험 지역 I, II 수치정사영상 제작



그림 3. 실험 지역 I 수치정사영상 일부 확대도

수치정사영상 크기는 항공사진의 스캐닝 해상도와 동일한 화소로 설정하여 영상의 질적 수준 하락을 방지하도록 하였으며 실험 지역 I의 1/5,000 항공사진을 이용한 일부 고층 건물이 포함된 지역의 수치정사영상의 확대도는 그림 3과 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 건물이 왜곡되어 나타났으며 이는 영상상관매칭으로부터 제작된 수치표고모델의 부정확 때문이다.

3.4.2 수치표고모델 수정 후 수치정사영상 제작

실험 지역 I의 건물 왜곡이 보정된 수치정사영상을 제작하기 위해서는 정확한 수치표고모델을 생성해야 한다. 이러한 수정을 위해 먼저 입체모델 상에서 수치표고모델의 결과로 나타나는 등고선을 디스플레이 한 상태에서 고층건물이 밀집된 지역에 대해서는 수치표고모델을 건물의 바닥면으로 부터 수정하는 과정을 거쳤다. 이 과정 후에 각 건물의 모서리 점을 중심으로 해석도화 기법을 사용하여 건물의 고도 데이터를 추가로 획득하였으며, 폐쇄된 도형 요소로 구분하여 저장하였다. 이러한 과정을 DPW770장비 상에서 수행되었으며, 수정된 건물과 다각 요소는 수치표고모델로 구축하지 않고 별개의 도형 요소로 구분하여 수치정사영상 제작에 활용하였다. 실험 지역 I에 사용될 수치표고모델은 1/5,000 사진으로부터 영상정합 기법을 통해 생성한 수치표고모델을 수정하고 1/5,000 상에서 해석도화 기법으로 특징을 추출한 것을 사용하여 제작한 결과한 결과 일부 확대도는 그림 4와 같다. 그러나 일반적인 항공사진측량 목적으로 약 60%의 중복도로 촬영된 사진에서는 건물의 고도에 따라 좌·우 사진 모두에서 보이지 않는 폐쇄 영역이 발생됨을 알 수 있었다.

실험 지역 II에 대해 실험 지역I과 동일한 방법으로 정사영상을 제작한 결과 일부 확대도는 그림 5와 같다.



그림 4. 수치표고모델 수정 후 실험지역 I에 대한 수치정사영상 확대도

그림에서 볼 수 있듯이 두 축척에서 이러한 폐쇄영역은 대축척 일수록 크게 나타남을 알 수 있다.

3.4.3 2단촬영 사진을 이용한 수치정사영상 제작

폐쇄영역의 단점을 보완하기 위해 1/5,000과 1/20,000 사진을 혼합 사용하는 실험을 실시하였으며, 1/5,000 수치정사영상에 우선권을 부여하고 1/20,000에서 폐쇄영역

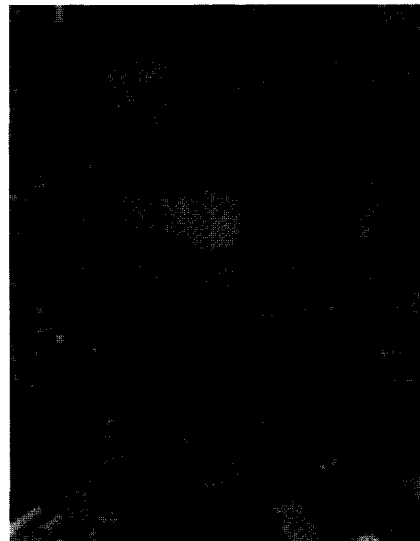


그림 5. 수치표고모델 수정 후 실험지역 I에 대한 수치정사영상 확대도



그림 6. 2단 촬영 사진을 이용한 실험지역 I에 대한 수치 정사 영상 확대도

표 5. 실험 대상별 폐쇄 영역의 크기 변화

구분	사진 매수	영역의 화소수	비율(%)
실험 지역 I	2	16,689	6.7
실험 지역 II	2	5,659	2.2
실험 지역 I+	2	4,085	1.6
실험 지역 II			

의 영상을 혼합하는 과정을 거쳤다. 제작된 결과 수치정사영상의 일부 확대도는 그림 6과 같으며 폐쇄 영역이 대폭 감소하고 있음을 알 수 있다.

실험 지역 중 영상의 크기가 440×570화소인 지역을 기준으로 폐쇄영역 변화 추이를 분석한 결과 2단 촬영시 폐쇄영역은 1/5,000 사진을 단독 사용하였을 경우보다 5.1% 이상 줄일 수 있는 것으로 나타났으며 폐쇄영역의 크기를 계산한 결과 표 5와 같다.

3.4.4 실험 지역 III의 수치정사영상 제작

고층건물로 인한 폐쇄영역의 공백을 최소화하기 위해 촬영 중복도를 달리하며 얻어진 항공사진 영상과 수치지도에서 추출된 지상기준점을 이용하여 수치표고모델을 제작하였으며 지상을 기준으로 85% 중복도 영상을 이용하여 수치표고모델을 재편집하고, 건물에 대해 수치도화를 수행함으로써 건물의 3차원 고도 자료로 획득하였고 1/1,000 도화 축척 허용오차 이내의 정확도를 갖도록 재편집하였다. 이렇게 수정 편집된 수치표고모델로 중복도별 영상 조합으로 수치정사영상을 제작 중복도에 따른 변화의 추이를 분석하기 위하여 제작된 수치정사영상 중 344,531화소로 구성된 표본 영역의 폐쇄영역을 대상으로 계산한 결과는 표 6과 같으며 수치정사영상의 일부 확대도는 그림 7부터 그림 11까지와 같다.

3.5 분석

수치표고모델을 상관정합 기법으로 생성하고 항공사진의 촬영 시간에 따른 저고도 태양각으로 음영 발생과 높은 건물의 경우 건물 자체보다도 크기가 더 큰 그림자 영역의 발생으로 영상정합의 최종 결과에 많은 과대오차가 포함되므로 과대오차 발생 영역에 대해서 수치표고모델의 편집 및 수정 작업이 필요한 것으로 나타났다.

이러한 과대오차의 제거 이외에 폐쇄영역의 단점을 보완하기 위해 1/5,000과 1/20,000 사진을 혼합 사용하는 실험 결과 1/5,000 수준의 도화 축척에 대한 정확도를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 1/20,000에서 2.2%, 1/

표 6. 중복도별 폐쇄영역의 크기의 변화

중복도(%)	사진매수	폐쇄 영역의 화소수	비율(%)
40	2	33,627	9.7
55	2	30,035	8.7
70	2	30,255	8.8
85	2	60,199	17.5
전체 조합	5	18,419	5.3

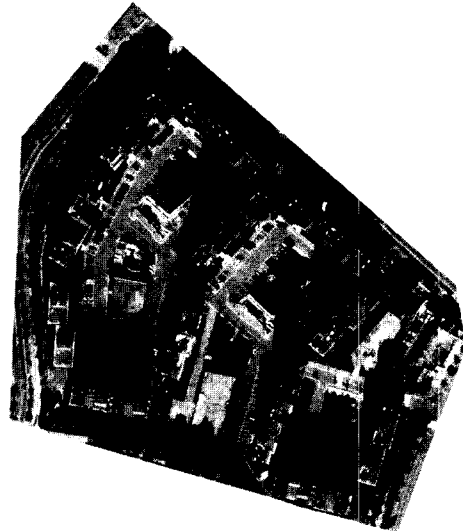


그림 7. 촬영 중복도 40%의 수치 정상 영상 제작 결과

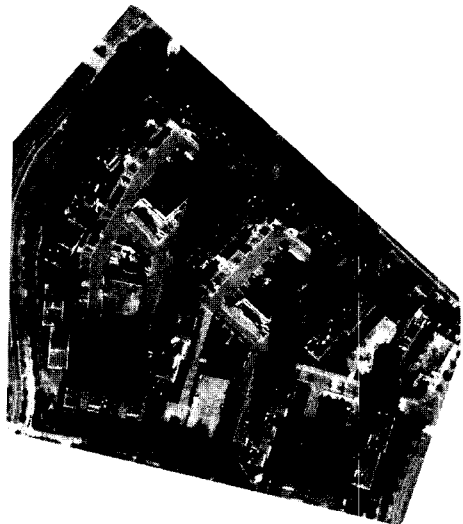


그림 8. 촬영 중복도 55%의 수치 정사 영상 제작 결과



그림 9. 촬영 중복도 70%의 수치 정사 영상 제작 결과



그림 11. 4종류의 모자이크 결과

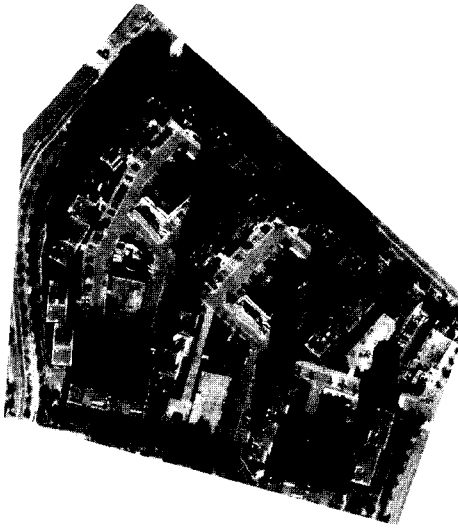


그림 10. 촬영 중복도 85%의 수치 정사 영상 제작 결과

5,000에서 6.7%이었던 폐쇄영역이 두 영상을 조합하여 정사화 하였을 때 1.6%로 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 두 축척이 다른 영상을 조합할 경우 일반적인 지도 제작에서 사용되는 최종 도화 성과와 같이 단순 확대 비율을 적용하기에는 무리가 많으며, 대축척에 우선을 두고 수치정사영상을 제작하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

고층건물로 인한 폐쇄영역의 공백을 최소화하기 위해 촬영 중복도를 달리하여 얻어진 항공사진영상과 수치 도화 성과를 이용해서 제작된 수치표고모델을 과대오차 발생영역에 대하여 편집 및 수정작업을 통하여 수치정사영상을 제작하였다. 촬영 중복도 40%, 55%, 70%, 85% 각각에서의 수치정사영상 제작 결과 폐쇄영역은 9.7%, 8.7%, 8.8%, 17.5%로 나타났으며, 표준 중복도 60% 전후에서 그 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 85% 중복도를 갖는 전체 사진을 이용할 경우 폐쇄영역은 5.3%로 감소하는 것으로 나타났다. 실험 대상 영역이 사진의 중심부가 아닌 점을 감안할 때 횡 중복도를 기존의 30%보다 증가시킬 경우 폐쇄영역의 감소 효과는 클 것으로 예측된다. 다만 중복도가 과다하게 부여될 경우, 수치정사영상의 육안 판단에 의한 질적 효과는 음영으로 인해 상당 부분 감소하는 것으로 나타났다. 이는 모자이크의 개념과 영상의 색상과 색조의 보강 등에 대한 기법이 지속적으로 연구될 경우 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 연구는 대축척 항공사진을 이용한 수치정사영상을 제작하였고, 2단촬영 항공사진을 이용한 수치정사영상 제작과 폐쇄영역의 감소비 중복도에 따른 수치정사영상의 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 도심 지역에 대한 수치표고모델의 가장 큰 오차 원

인은 태양각으로 인한 음영과 고층 건물로 인한 폐쇄영역이 가장 큰 영향 요소로 작용함을 알 수 있었다.

2. 축척이 다른 두 영상을 이용하여 수치정사영상을 제작한 결과 두 영상의 폐쇄영역을 대폭 감소시킬 수 있었다.

3. 고층건물로 인한 폐쇄영역을 줄이기 위해 종중복도를 증가하며 수치정사영상을 제작한 결과 60% 전후에서 폐쇄영역의 비가 증가하는 것으로 나타났으나 모자이크한 결과 5.3% 이내로 줄일 수 있었다.

이상과 같은 연구 결과 음영과 폐쇄영역의 제거를 위해서 복합 항공사진 영상의 3차원 표정과 영상의 색상과 색조에 대한 보강 방법이 지속적으로 연구될 경우 정확하면서도 시각적으로 우수한 수치 정사 영상의 제작이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부 국립지리원, “항공 사진 측량 작업 내규”
2. 유복모, “지형공간정보론”, 동명사(1994), pp. 1-33, 333-358.
3. Amhar F., Ecker R., “An Integrated Solution for The Problem of 3D Man-made Objects in Digital

- Orthophotos”, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI/B4, 1996, 84-89.
4. Baltsavias, E. P., “Digital Ortho Images - a Powerful Tool for The Extraction of Spatialand Geo-Information”, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol 51, 1996, 63-77.
5. Derenyi, E, E., “Digital Photogrammetry; Current Status And Future Prospects”, Geomatica, 49, 1995, 425-431.
6. Ducher, G., “Test on Orthophoto and Stereo-Orthophoto Accuracy”, OEEPE Official Publication No. 25, 1991, 227.
7. Emmanuel Baltsavias, Christoph Kaser, “DTM and Orthoimage Generation-A Thorough Analysis and Comparison of four Digital Photogrammetric Systems”, ISPRS Vol 32, part 4, 1998, 49-51.
8. Fahmi Amhar, Josef Jansa, Christine Ries, “The Generation of True Orthophotos using a 3D Building Model in Conjunction with a Conventional DTM,” ISPRS Vol. 32, part 4, 1998, 19-21.
9. Shenk, T., “Concepts in Digital Photogrammetry”, Korean Society for Geo-Spatial Information Systems, 1996, 1-12.