

항공사진촬영을 위한 국내 기상자료 분석 Wether Conditions for Aerial Photography

조우석¹⁾ · 이성훈²⁾ · 최승식³⁾ · 황현덕³⁾ · 이하준⁴⁾

Cho, Woosug · Lee, Sung-Hoon · Choi, Seung-Sik · Hwang, Hyun-Duk · Lee, Ha-Joon

¹⁾ 인하대학교 공과대학 토목공학과 부교수(wcho@inha.ac.kr)

²⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 박사과정(g2011525@inhavision.inha.ac.kr)

³⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사(g2021289@inhavision.inha.ac.kr)

⁴⁾ 건설교통부 국토지리정보원 측지과(leebug@moct.go.kr)

Abstract

The quality of aerial photograph is closely connected with the change of wether conditions like as cloud cover, visibility, drifted snow and so on. To solve some problems caused by wether condition, the related organizations in advanced nations have presented some standards of wether condition for aerial photography. In domestic case, the NGI has presented some standards based on the internal specification of aerial photography and the table of monthly weather condition, but it is not enough to make the quantitative and objective standards on aerial photography specification. In this paper, we proposed a method which can reflect domestic weather condition and make accurate estimation of the average number of clear days in one year for aerial photography.

1. 서 론

항공사진의 촬영시 기상조건의 변화는 획득된 영상자료의 품질에 밀접한 영향을 미치게 된다. 특히, 구름에 의한 차폐나 시정의 악화, 적설로 인한 지형지물의 인식불능, 풍속의 증가로 인한 비행조건의 악화 등은 항공사진촬영을 위한 심각한 장애요소로 등장하기 때문에 이에 대한 고려가 반드시 필요하다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 선진 외국의 경우 항공사진의 촬영을 위해 요구되는 기상조건에 대한 객관적 기준을 제시하고 있다. 국내의 경우에도 국토지리정보원에서 제정한 “항공사진측량 작업내규”에서 기상상태와 태양고도 등에 대한 내용을 규정하고 있으나 정량화된 기준을 제시하고 있지는 못하고 있으며, 항공사진의 촬영계획 수립이나 품셈계산 등에 필요한 연간 쾌청일수의 산정을 건설표준품셈의 월별천후표를 토대로 수행하고 있는 실정이다. 그러나, 건설표준품셈에서 제시하고 있는 월별천후표의 경우 항공사진의 촬영에 필요한 실제적인 환경조건에 대한 고려가 상당히 미비한 것으로 나타나 이에 대한 보완이 요구된다(조우석, 2002, 2003).

본 연구에서는 국외 관련 기관에서 제시하고 있는 항공사진촬영을 위한 비행조건에 대한 규정을 토대로 국내 현황을 보다 정확히 반영할 수 있는 연간 쾌청일수의 계산방법을 제시하고 이를 통해 국내 항공사진 촬영을 위한 객관적인 기상조건의 기준을 도출하고자 한다.

2. 기상자료 분석방법

2.1 항공사진촬영을 위한 기상조건

항공사진촬영의 수행가능 여부를 결정하기 위해서는 촬영대상지역의 기상상태나 태양고도 등과 같은 외부적 환경이 가장 큰 요인으로 작용한다. 국외 주요 항공사진촬영 관련 기관들의 경우 이와 같은 환경요인

에 대한 객관적인 기준을 정하고 있으며, 국내의 경우에도 국토지리정보원에서 제정한 “항공사진측량 작업 내규”와 항공회사의 내부규정 등에서 그 기준을 제시하고 있다(조우석, 2002).

표 1. 국내의 관련기관의 항공사진촬영을 위한 비행조건 기준

항목	국내 작업규정	국외 작업규정
기상상태	· 시정이 양호하고 구름 및 구름의 그림자가 사진에 나타나지 않도록 맑은 날씨에 수행. · 운량 10%이하인 경우 촬영.	· 운량 5%이하, 시정 16km이상, 풍속 32km/h 이하일 경우에만 촬영. · 돌풍은 풍속의 40%를 초과할 수 없음.
태양고도	· 태양고도는 산지에서 30°, 평지에서 25°이상이 되어야 함.	· 태양고도가 지역에 따라 15°~30° 이상이 되어야 함. · 지역태양시로 오전 10시~오후 2시 사이에 촬영을 수행해야 함.
기타	· 해당사항 없음.	· 안개, 눈, 먼지, 연기, 낙엽 등의 환경적인 영향이 없는 시기에 촬영.

2.2 건설표준품셈 월별 천후표의 분석방법

현재 국내에서 항공사진촬영을 위한 쾌청일수 계산은 건설표준품셈에서 규정하고 있는 월별 천후표에 의해 이루어지고 있으며, 이 표에서는 1985년부터 1994년까지 10년간의 기상자료 중 매일 3시, 9시, 15시, 21시의 4회 동안 관측된 자료를 통계적으로 분석하여 전체 구름의 양이 1.0 이하인 일수를 쾌청일수로 정의하여 국내의 연간 쾌청일수를 평균 52.3일로 분석하고 있다(건설교통부, 2000). 그러나, 이와 같은 분석결과는 항공사진의 촬영에 운량이 가장 중요한 영향을 미치기는 하지만 전체 기상관측자료 중 극히 일부에 해당하는 자료만을 이용하였고, 실제 항공사진촬영이 이루어지지 않는 밤 시간대의 관측자료까지 포함하여 분석을 수행하였다는 점에서 국내의 기상현황을 정확히 반영한다고 하기 어렵다. 또한, 현재 국내외에서 항공사진 촬영을 위한 비행조건의 기준으로 제시하고 있는 여러 가지 기상요소들에 대해 고려하지 않고 오직 운량만을 이용하였다는 것도 분석결과의 신뢰성을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있으며, 운량 자체도 전운량 자료를 사용함으로써 실제로 항공사진의 촬영에 영향을 미치지 않는 고층의 구름까지도 결과에 포함되었다는 점에서 그 정확도에 어느 정도 오차가 포함되어 있는 것으로 판단된다.

2.3 본 연구의 분석방법

본 연구에서는 건설표준품셈에서 제시하고 있는 기존 분석방법의 단점을 보완하고 국내 기상현황의 정확한 파악을 통해 항공사진의 촬영에 필요한 연간 쾌청일수를 도출해 내기 위하여 항공사진의 촬영에 직접적인 영향을 미치는 중하층운량뿐만 아니라 국내외 항공사진촬영 관련 규정들에서 언급하고 있는 풍속, 시정, 적설량 등의 자료를 함께 이용하여 분석을 수행하였으며, 자료의 관측시간 역시 촬영을 위해 요구되는 최소 태양고도를 기준으로 결정하여 보다 현실적인 결과를 도출할 수 있는 방법을 제시하였다. 그 단계적인 과정은 그림 1에 나타난 바와 같다.

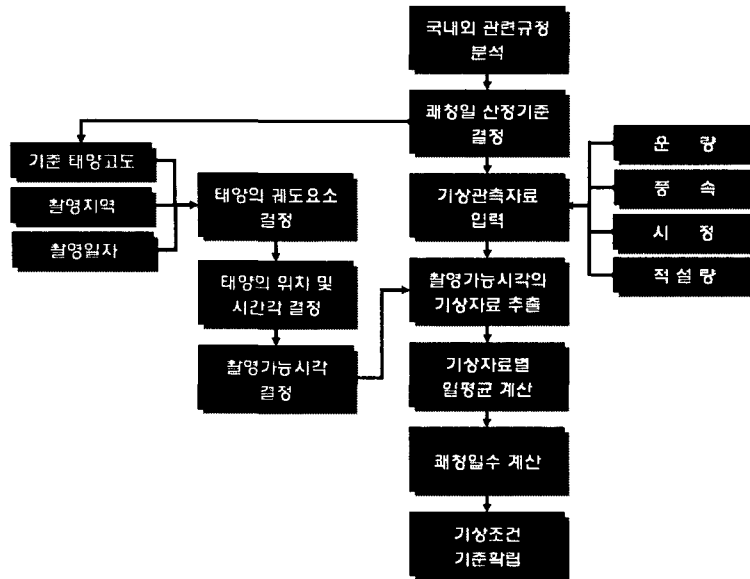


그림 1. 기상자료 분석방법

2.3.1 기상분석을 위한 관측자료

본 연구에서는 국내외 관련 규정에서 기준으로 제시하고 있는 풍속, 운량, 시정, 풍속, 적설량 등의 자료를 모두 이용하여 분석을 수행하였다. 특히, 운량의 경우 항공사진촬영에 직접적으로 영향을 미치는 해발 7km 이하의 중하층 운량만을 고려함으로써 분석결과의 정확도 향상을 기하였다. 현재 국내의 경우 전국 40개 관측소에서 매 시간 또는 3시간 간격으로 기상요소를 측정하고 있으며, 본 연구에서는 1997년 6월 1일부터 2002년 5월 31일까지 최근 5년간 관측된 자료 중 풍속, 시정, 전운량, 중하층운량, 최심신적설, 최심적설들의 통계처리를 통해 일평균 및 월평균 값을 계산하고 각각의 촬영조건을 만족하는 항공사진촬영 가능일수를 산출하였다.

2.3.2 항공사진 촬영가능시각의 결정

항공사진에 나타나는 그림자의 영향을 최소화하고 영상의 획득에 충분한 광량을 확보하기 위해서는 항공사진촬영이 이루어지는 시간에 대한 고려가 필요하다(ICAS, 1981). 이와 같은 항공사진 촬영가능시각(Photo Day)은 촬영지역의 태양고도와 밀접하게 연결되어 있으며, 국내외 관련기관에서는 표 1과 같이 정량적인 기준을 제시하고 있다. 국내의 지역적 특성과 계절에 따른 태양고도의 변화 등을 고려했을 때, 항공사진촬영을 위한 가장 적절한 태양고도는 산지의 경우 30° 이상, 평지의 경우 25° 이상이며, 특별한 지시사항이 없을 경우 항공사진 촬영 시 반드시 이 규정을 만족해야만 한다(건설교통부, 1988).

본 연구에서는 태양의 궤도요소로부터 항공사진촬영지역의 시간에 따른 태양의 수평위치를 계산하였으며(Bate, 1971; Smith, 1985), 이를 통해 태양고도가 기준치 이상의 값을 갖는 지역시간대를 결정하였다.

2.3.3 연간 쾌청일수 계산

항공사진촬영을 위해 필요한 쾌청일수를 계산하기 위해 항공사진 촬영가능시간대에 관측된 각각의 기상자료들의 일평균을 계산하였으며, 이들 중 표 1에 나타나있는 중하층운량, 시정, 풍속, 적설량 등의 기준을 모두 만족하는 날만을 추출하여 연도에 따라 통계처리함으로써 평균적인 연간 쾌청일수를 산정하였다.

3. 기상자료 분석결과

3.1 기상요소별 영향분석

3.1.1 운량에 의한 영향

항공사진 촬영을 위한 연간 쾌청일수의 산정시 구름에 의해 나타나는 영향을 분석하기 위해 다른 기상 요소에 의해 나타나는 영향을 무시하고 오직 구름의 종류와 운량의 변화에 따른 쾌청일수의 변화를 계산하였다. 구름의 종류에 따른 연평균 쾌청일수의 변화는 표 2에서와 같이 전운량과 중하층운량만을 이용하여 분석을 수행하는 경우 동일하게 1/10 이하라는 조건을 적용하더라도 연간 약 39일 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 계절별로 보면 6월부터 9월까지 전운량에 대한 월별 쾌청일수가 평균 1.4일 이하, 중하층운량에 대한 쾌청일수가 평균 3.3일 이하로 나타나 여름의 경우 장마 등의 계절적 특성으로 인하여 다른 계절에 비해 구름에 의한 영향을 상대적으로 많이 받고 있음을 알 수 있다.

표 2. 구름의 종류에 따른 월별 평균쾌청일수

분석조건	월별 쾌청일수 (일)												
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
전운량 1/10이하	6.4	5.7	4.8	4.0	4.2	1.9	0.5	0.8	2.6	4.5	6.0	7.8	49.2
중하층운량 1/10이하	9.1	9.8	10.3	9.6	8.8	5.4	1.5	1.8	4.5	7.3	8.9	11.3	88.2

구름의 양에 의해 나타나는 쾌청일수의 변화는 표 3에 나타낸 바와 같다. 동일한 조건에서 중하층운량의 크기를 순차적으로 변화시키면서 전체 쾌청일수의 변화를 분석한 결과 관측지점에 따라 어느 정도의 편차는 보이고 있지만 전반적으로 운량이 1/10 증가함에 따라 연간 평균쾌청일수가 거의 약 40일 정도씩 증가하는 현상을 나타낸다.

표 3. 중하층운량의 변화에 따른 월별 평균쾌청일수

분석조건	월별 쾌청일수 (일)												
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
중하층운량 0/10이하	5.5	5.9	6.2	5.9	5.2	2.7	0.3	0.3	1.8	3.5	5.2	6.7	49.1
중하층운량 1/10이하	9.1	9.8	10.3	9.6	8.8	5.4	1.5	1.8	4.5	7.3	8.9	11.3	88.2
중하층운량 2/10이하	12.3	13.3	14.4	13.0	12.0	8.1	3.9	4.8	7.8	11.4	12.6	15.1	128.6
중하층운량 3/10이하	15.2	16.3	17.7	16.0	15.2	11.3	7.2	8.7	11.3	15.4	16.2	18.3	168.7
중하층운량 4/10이하	18.0	19.0	20.5	18.6	18.1	14.7	11.6	13.2	14.9	18.9	19.4	21.1	208.1
중하층운량 5/10이하	21.1	21.6	23.6	21.4	21.4	18.9	17.1	18.3	18.6	22.7	22.3	23.7	250.8

3.1.2 풍속에 의한 영향

풍속에 의한 영향을 파악하기 위하여 국내의 규정에서 제시하고 있는 태양고도 30° 이하, 운량 1/10 이하, 시정 16km 이상, 적설량 0 등의 조건을 적용한 상태에서 풍속만을 단계적으로 변화시켰을 때 월별 평균쾌청일수의 변화를 계산하였다. 그 결과 풍속이 증가함에 따라 연간 쾌청일수가 점차 감소하는 경향을 보이고 있으며, 25km/h 이상의 풍속 조건에서는 쾌청일수 산정에 있어 풍속이 커다란 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 특히 6월부터 9월 사이의 여름철의 경우 풍속 15km/h 이상의 조건에서는 실제적으로 쾌청일수에 별다른 변화가 없는 것으로 나타난다. 이와 같은 결과를 통해 항공사진의 촬영을 위한 기상조건에서 풍속은 운량에 비해 상대적으로 적은 영향을 나타낸다고 할 수 있다. 외국 관련 규정의 경우에는 항공기의 안전운항을 위해서 풍속 32km/h 이하인 기상상태에서만 운항할 것을 요구하고 있으며, 국내의 경우에도 명시적인 규정은 없으나 국내 항공사가 보유하고 있는 항공기의 성능과 조종사의 경험에 따라 실제적으로 풍속 20km/h 이상의 기상조건에서는 항공사진촬영 비행을 수행하지 않고 있다(국토지리정보원, 2003). 따라서, 이와 같은 기준을 토대로 판단했을 때 특별한 경우가 아니라면 국내의 묵시적인 기준을 그대로 적용한다고 할지라도 항공사진촬영을 위한 쾌청일수 산정에 미치는 풍속의 영향은 그다지 크지 않은 것으로 판단된다.

3.1.3 시정에 의한 영향

국내외 규정에서 제시하고 있는 태양고도 30° 이하, 운량 1/10 이하, 풍속 32km/h 이하, 적설량 0 등의 조건을 적용한 상태에서 시정에 대한 제약조건을 변화시키는 경우 그에 따른 월별 평균 쾌청일수의 차이를 계산한 결과 시정이 증가함에 따라 쾌청일수가 급격히 감소하는 양상을 보이고 있으며, 따라서 항공사진 촬영조건에 대한 기준수립시 이에 대한 신중한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

3.1.4 적설에 의한 영향

적설에 의해 나타나는 영향을 분석하기 위하여 국내외 규정에서 제시하고 있는 운량, 풍속, 시정, 태양고도 등의 기준을 그대로 적용한 후 적설을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우의 쾌청일수 차이를 비교하였다. 비교 결과 적설량을 고려하는 경우 전국적으로 평균 약 3.5일 정도 쾌청일수가 감소하는 것으로 분석되었지만, 실제로는 제주, 서귀포의 경우 차이가 전혀 발생하지 않았고 상대적으로 눈이 많이 오는 대관령의 경우에는 연간 23.4일의 차이를 나타내는 등 지역적인 편차가 매우 심한 것으로 나타나고 있다. 적설의 경우 겨울철인 11월말부터 2월초까지의 약 3달 정도에 집중된다는 점을 고려했을 때 대관령 지역에 나타나는 23.4일의 차이는 매우 큰 값이라고 할 수 있으며, 이와 같은 결과를 통해 항공사진의 촬영이 가능한 쾌청일수의 산정에 있어서 운량과 시정이 가장 큰 요인으로 작용하고 있지만, 지역적으로는 적설량이 매우 중요한 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다.

3.1.5 태양고도에 의한 영향

국내외 규정에서 제시하고 있는 운량, 풍속, 시정, 적설 등의 기준에 태양고도에 의한 영향을 추가하여 분석을 수행한 결과, 태양고도를 고려하는 경우 항공사진 촬영가능시간대에 관측된 기상자료만을 이용하게 되므로 보다 현실적인 분석이 가능하며 전체적으로 평균 쾌청일수가 증가하는 경향을 보인다. 특히, 국내외 규정에서 기준으로 명시하고 있는 태양고도 30°의 경우 태양고도를 고려하지 않는 경우와 비교해 연간 약 13.7일 정도의 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다. 연간 쾌청일수는 태양고도 20° 정도에서 최대치를 나타내며, 태양고도가 이 보다 더 증가하면 오히려 감소하는 경향을 나타낸다. 태양고도가 40°가 되는 경우 동지에 가까운 12월과 1월의 쾌청일수가 0으로 나타나므로 국내 기상현상에 대한 분석에서는 그 이상의 고도에 대한 고려는 필요없는 것으로 판단된다.

3.2 연간 쾌청일수 분석결과

표 1과 국내 항공회사들의 내부규정에 의하면 항공사진의 촬영을 위해서는 태양고도 30° 이상(산지의 경우 25° 이상), 운량 10% 이하, 시정 5km 이상, 풍속 20km/h 이하, 적설량 0 등의 조건을 만족하여야 한다고 규정하고 있으며, 반면 국외의 경우에는 국가에 따라 약간의 차이를 나타내지만 태양고도 30°, 운량 5% 이하, 시정 16km 이상, 풍속 32km/h 이하, 적설량 0 등의 조건을 만족하여야 한다는 기준을 제시하고 있다(조우석, 2002).

본 연구에서는 이와 같이 국내외의 관련 규정에서 제시하고 있는 항공사진 촬영조건을 그대로 적용하여 항공사진촬영 가능일수를 계산하였으며, 그 결과 국내에서 사용하고 있는 기준을 그대로 적용한 경우 연간 약 100.0일, 비교적 국내에 비해 엄격한 기준을 제시하고 있는 국외의 규정을 그대로 적용한 경우에는 연간 약 67.0일의 쾌청일수가 계산되었다. 이와 같은 결과의 차이는 분석에 사용된 기상관측자료 중 운량의 경우 1/10 단위의 관측이 이루어지므로 국내외 기준의 차이가 사실 상 없고, 풍속의 경우 20km/h 이상에서는 쾌청일수의 변화에 그다지 큰 영향을 미치지 않는다는 점을 고려했을 때 결국 국내외 규정에서 기준으로 제시하고 있는 기상조건 중 시정의 차이에 의해 나타나는 것으로 판단할 수 있다.

본 연구의 분석결과는 건설표준품셈의 월별천후표에서 제시하고 있는 연간 52.3일의 쾌청일수와 비교했을 때 국내 기준을 적용한 경우 약 2배 정도의 차이를 나타내고 있고, 국외 기준을 적용한 경우에도 연간 약 14.7일 정도의 차이를 나타내고 있음을 보여준다. 이와 같은 결과는 결국 기존의 쾌청일수 분석방법이 항공사진촬영을 위한 국내의 실제적인 기상상태를 정확하게 반영하지 못하고 있음을 의미한다.

3.3 항공사진촬영을 위한 비행조건

국내의 기준을 각각 적용하여 항공사진촬영을 위한 국내의 쾌청일수를 분석한 결과 지금까지 사용되던 월별천후표의 내용과 큰 차이를 나타내고 있으며, 국내에 비해 보다 엄격한 기준을 제시하고 있는 국외의 규정을 그대로 적용한 경우에도 충분히 타당한 결과가 도출되었다. 그러나, 산악지역이 전체 국토의 70% 이상을 차지하는 반도국가로서의 불안정한 기상상태와 세계 유일의 분단국가로서 여러 가지 보안 등의 문제가 중요하게 다루어지고 있는 국내의 현실을 고려했을 때, 이와 같은 기준에 국내의 특성에 적합한 요소를 추가해주어야만 국내 항공사진촬영을 위한 기상조건의 기준을 확립할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 국내 전 지역에 걸쳐 광범위하게 분포되어 있는 비행금지지역이나 보안지역 등은 경우에 따라 일정한 시기에만 항공사진촬영을 위한 비행이 허용되므로 기상상태가 양호하더라도 실제적으로는 촬영이 불가능한 상황이 발생할 소지가 많으며, 이와 같은 비행금지지역의 존재는 결과적으로 항공사진의 촬영에 소요되는 전체적인 작업기간의 연장을 가져올 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 항공사진의 촬영을 위한 쾌청일수의 결정에는 이에 대한 고려가 반드시 필요할 것으로 판단되며, 전체적인 작업의 원활한 진행을 위해서는 국외 규정과 국내 규정을 적절히 혼합한 형태의 비행조건 기준수립이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내외 관련 기관에서 규정하고 있는 항공사진촬영을 위한 비행조건에 대한 기준을 토대로 지금까지 국내 쾌청일수 산정에 적용되던 건설표준품셈 월별천후표의 문제점을 분석하고 국내 기상현황을 보다 정확히 반영할 수 있는 연간 쾌청일수의 계산방법을 제시하였다. 그 결과 국내의 기준을 적용하는 경우 연간 100.0일, 국외의 기준을 적용하는 경우 연간 67.0일의 쾌청일수가 계산되었으며, 이것은 기존의 방법에서 제시하고 있는 52.3일의 평균 쾌청일수와 비교했을 경우 각각 47.7일과 14.7일의 차이를 나타내는 것으로 분석되었다. 이와 같은 차이는 항공사진촬영을 위한 다양한 비행조건 기준의 추가에 기인한 것으로 판단되며, 특히 국내 기준과 국외 기준의 적용시 발생하는 차이는 시정의 영향에 의한 것으로 결론지을 수 있다. 항공사진촬영을 위한 쾌청일수 산정에 미치는 각 기상요소별 영향은 운량이 가장 중요한 부분을 차지하는 것으로 분석되었고, 지역적으로는 적설에 의한 영향이 상당히 큰 부분을 차지하는 것으로 나타났다.

본 연구결과 항공사진촬영을 위한 기상조건의 기준으로 태양고도 30°, 운량 5% 이하, 시정 16km 이상, 풍속 32km/h 이하, 적설량 0 등의 기준을 명시하고 있는 국외 규정의 국내 적용이 상당부분 가능할 것으로 나타나고 있다. 그러나, 국내의 지형적, 제도적 특성을 고려했을 때 실무에의 직접적인 적용이나 법제화 등에는 여러 가지 어려움이 있을 것으로 판단되며, 이에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

감사의 글

이 연구는 2002년도 건설교통부 국토지리정보원 연구용역의 일부로서 연구비 지원을 감사드리며, 논문의 내용은 국토지리정보원의 정책이나 견해와는 상관없음을 밝혀두는 바입니다.

참고문헌

- 건설교통부 (2000), 건설표준품셈, pp. 733-735.
국토지리정보원 (1988), 항공사진측량작업내규, 국토지리정보원내규 제51호, 국토지리정보원, pp. 495-499.
조우석 (2002), 항공사진품질향상방안에 관한 연구(I), 연구보고서, 국토지리정보원, pp. 55-192.
조우석 (2003), 항공사진품질향상방안에 관한 연구(II), 연구보고서, 국토지리정보원, pp. 5-40.
Bate, R. R. (1971), Fundamentals of astrodynamics, Dover Publications, New York, USA, pp. 227-275.
ICAS (1981), Manual of procedures, ICAS, Canada, pp. 37-66.
Smith, P. D. (1985), Astronomy with your personal computer, Cambridge University Press, London, Great Britain, pp. 13-136.