

그레디언트 히스토그램을 이용한 정합 창틀 크기의 자동적인 결정

Automatic determination of matching window size using histogram of gradient

문창기*, 예철수

Chang-Gi Moon*, Chul-Soo Ye

극동대학교 컴퓨터정보표준학부

199902017@infomail.kdu.ac.kr*, csye@kdu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 1m 공간해상도를 가지는 도시 지역의 위성영상에서 스테레오 정합의 성능을 향상시키기 위해 그레디언트(gradient)의 히스토그램을 이용하여 스테레오 정합 창틀의 크기를 자동적으로 결정하는 방법을 제안한다. 영상의 각 화소에 대해 한 화소 거리의 대각 방향에 놓여진 4개 화소들의 수직 및 수평 방향에 존재하는 화소간의 밝기값 차로 정의되는 그레디언트를 계산하여 평탄화 지수 영상(Flatness Index Image)을 생성한다. 평탄화 지수 영상에서 에지 등과 같이 주변 화소의 밝기값과 차이가 큰 화소는 상대적으로 높은 평탄화 지수를, 비에지 화소의 경우에는 낮은 평탄화 지수를 가지게 된다. 에지와 비에지를 판정하는 평탄화 임계값을 결정하기 위해 평탄화 지수 영상의 히스토그램 분포를 이용한다. 결정된 평탄화 임계값보다 작은 평탄화 지수를 가지는 정합 창틀 내의 화소들이 일정 비율보다 크면 비에지 화소로 판정하고 정합 창틀을 한 단계 더 크게 설정하는 방법으로 정합 창틀의 크기를 각 화소마다 가변적으로 변화시킨다. 제안한 방법을 IKONOS 스테레오 위성영상에 적용하여 고정 크기의 정합 창틀에 비해 정합 성능이 향상되는 것을 보였다.

1. 개요

최근 인공위성 및 우주 환경 이용 영역에 대한 관심이 국제적으로 증대함에 따라 원격탐사기술 또한 급격하게 발달하고 있다. 2006년 7월에 발사된 다목적 실용위성2호기(KOMPSAT-2)가 1m 급의 고해상도 위성영상을 제공함에 따라 이를 이용한 도시 지역의 3차원 모델 구축이 매우 중요한 연구 분야로 자리 잡을 것으

로 예상된다.

그동안 1m 급의 고해상도 위성영상에서 도시 지역의 DEM(Digital Elevation Model) 추출을 위해 스테레오 정합과 관련된 연구가 수행 되었으며 밀집한 건물들 사이의 고도 불연속 문제를 해결하고자 하는 연구가 수행되었다[1].

본 논문에서는 1m 급의 고해상도 위성

영상에서 스테레오 정합의 성능을 향상시키기 위해 그래디언트의 히스토그램을 분석하여 스테레오 정합 창들의 크기를 자동적으로 결정하는 방법을 제안한다.

2. 스테레오 정합 창들 크기의 자동 결정

스테레오 정합 시 유사도 판별에 사용되는 특징 요소를 밝기값 이외에 다수의 특징 요소를 사용할 경우에 단일 특징을 사용할 때보다 정합 성능이 향상되는 연구가 보고되었다[2][3]. 다차원의 특징을 이용한 스테레오 정합의 경우 기존 연구에서는 정합 창들의 크기를 일정한 크기로 고정하고 정합을 수행하였으나 본 논문에서는 다차원특징 정합의 정합 창들을 가변적으로 적용하는 방법을 제안한다.

영역 기반 스테레오 정합에서는 정합 창들의 크기가 작아지면 정합의 정확도는 향상되지만 잡음의 영향을 많이 받게 된다. 반대로 정합 창들의 크기가 커지면 정합의 정확도는 저하되지만 잡음의 영향을 적게 받게 된다. 따라서 정합 창들의 크기는 영역 기반 스테레오 정합의 성능을 결정짓는 중요한 요인이 된다.

본 논문에서 제안하는 방법은 스테레오 정합 시 정합 창들 내부 화소의 밝기값의 국부적인 변화를 고려하여 에지와 같은 고도 불연속 화소가 많이 포함된 경우 non-homogeneous 영역으로 간주하여 정합 창들의 크기를 작게 하고 반대로 고도 불연속 화소가 적게 포함된 경우에는 homogeneous 영역으로 간주하여 정합 창들의 크기를 증가시키는 정합을 수행하여 정합 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.

2.1 평탄화 지수 영상 생성

기준 영상 내 화소들의 공간적인 밝기 변화를 나타내는 평탄화 지수 영상을 생성하기 위해 기준 영상의 중심 화소로부터 각각 한 화소 거리의 대각 방향에 놓여진 4개 화소들에 대해 각 화소의 수직 및 수평 방향의 그래디언트를 식 (1)과 같이 정의하여 계산한다.

$$F(x, y) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^4 (G_i)^2}}{4}$$

$F = \text{Flatness Index}$

$$\begin{aligned} G_1 &= f(x-1, y-1) - f(x+1, y-1) \\ G_2 &= f(x+1, y-1) - f(x+1, y+1) \\ G_3 &= f(x+1, y+1) - f(x-1, y+1) \\ G_4 &= f(x-1, y+1) - f(x-1, y-1) \end{aligned} \quad (1)$$

그림 1과 같이 생성된 평탄화 지수 영상의 히스토그램 분포에서 평탄화 임계값 (F_T)을 설정한다. 평탄화 임계값보다 큰 화소는 에지 근처에 위치할 가능성이 높고 반대로 평탄화 임계값보다 작은 화소는 밝기변화가 일정한 화소일 가능성이 높게 된다.

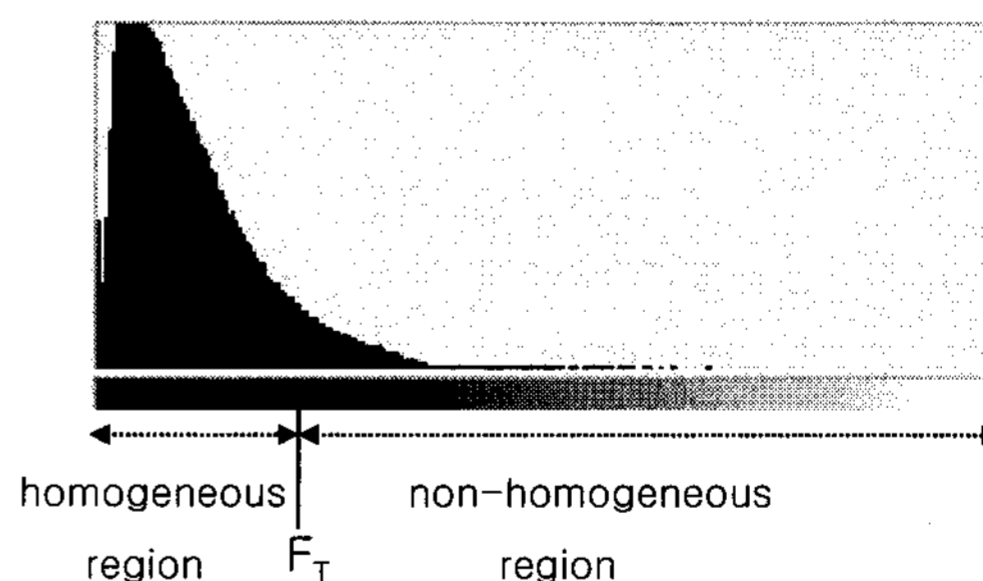


그림 1. 그래디언트 히스토그램 분석

2.2 정합 창들 크기의 자동적인 결정

그림 2와 같이 정합 창들의 크기를 자

동으로 결정하기 위하여 초기 정합 창틀의 크기를 3×3으로 고정 시킨 후 식 (2)로 정의되는 θ 값을 계산한다.

$$\theta = \frac{n}{N} \quad (2)$$

여기서 θ 값은 정합 창틀 내 총 화소들의 수(N)를 정합 창틀 내 총 화소들 중에서 평탄화 임계값(F_T)보다 작은 화소들의 수(n)로 나눈 값으로 정의된다. 이때 θ 값이 정합 창틀 크기 결정 임계값(W_T) 이하일 경우 해당 화소는 non-homogeneous 영역에 속하는 것으로 간주하여 정합 창틀의 크기를 작게 고정 시킨 후 정합을 수행한다(①→②→③과정). 반면 θ 값이 W_T 보다 클 경우 해당 화소는 homogeneous 영역에 속하는 것으로 간주하여 정합 창틀의 크기를 확대 시킨 후 ②에서 ⑤까지의 과정을 반복하면서 정합을 수행한다.

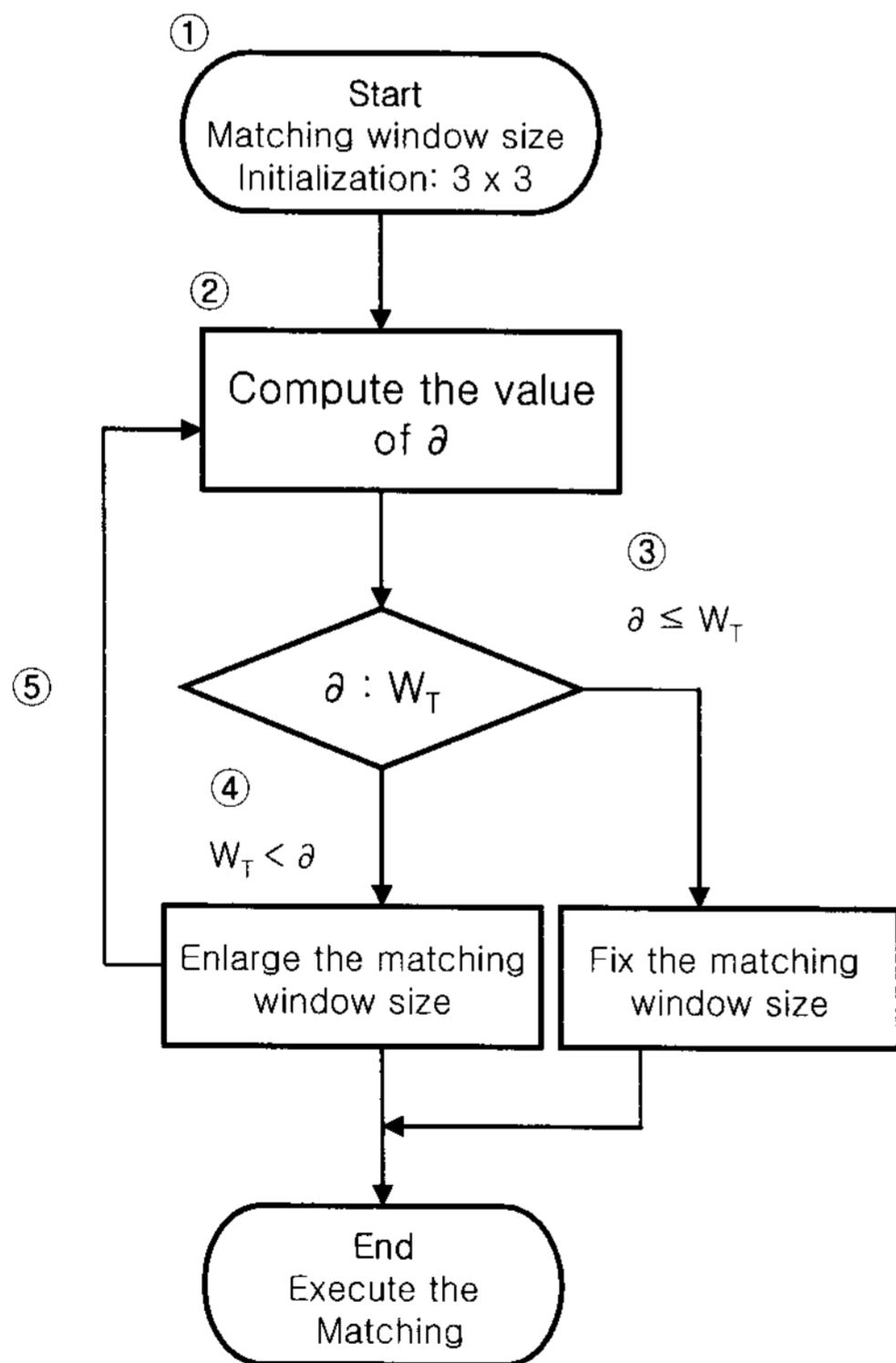


그림 2. 정합 창틀의 크기 결정 과정

3. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 1m의 공간해상도를 가지는 대전지역 IKONOS 스테레오 위성 영상으로서 다양한 도시 지역 건물이 존재한다(그림 3). 그림 4는 식 (1)을 통해 얻어진 평탄화 지수 영상으로 평탄화 지수가 크면 밝은 색으로 작으면 어두운 색으로 나타낸다.

본 논문에서는 정사각형 정합 창틀에 밝기값만을 사용하여 정합한 경우(실험1, IM), 가변 정합 창틀에 밝기값을 사용한 경우(실험2, IAM), 정합 창틀의 크기를 각각 3×3에서 7×7까지 고정시키고 밝기값과 그래디언트를 사용하여 정합한 경우(실험3, IGM), 가변 정합 창틀에 밝기값과 그래디언트를 사용하여 정합한 경우(실험4, IGAM)로 구분하여 실험을 하였다. 각 실험 결과에 대한 정량적인 분석을 위해서 IKONOS 스테레오 위성 영상에서 수작업을 이용하여 총 100개의 GCP(Ground Control Points)를 추출하고 각 실험 결과에서 얻어진 정합 쌍과 비교하여 RMSE 값을 계산하였다.

표 1. 정합 방법에 따른 RMSE 값 비교 (M_S :정합 창틀 크기, M_T : 정합 임계값)

	M_S	M_T	F_T	W_T	RMSE
IM	5×5	20	-	-	1.99
IAM	-	20	40	0.4	1.40
	3×3	60	-	-	1.69
IGM	5×5	40	-	-	1.58
	7×7	40	-	-	1.42
IGAM	-	40	40	0.4	1.23

표 1은 각 실험 결과에 대한 RMSE 값을 비교한 결과이다. 밝기값을 이용하여 가변 정합 창틀을 이용한 경우(IAM)가 고

정 크기의 정합 창틀내의 밝기값만을 이용한 방법(IM)보다 작은 RMSE 값을 얻었다. 밝기값과 그래디언트를 동시에 정합에 이용한 경우(IGAM)에도 고정된 정합 창틀(3×3, 5×5, 7×7)을 이용한 방법(IGM)보다 작은 RMSE 값을 얻었다. 그림 5는 가변 정합 창틀 및 밝기값과 그래디언트를 이용한 정합 결과(IGAM)로 얻어진 변이지도이다.



그림 3. IKONOS 스테레오 위성 영상

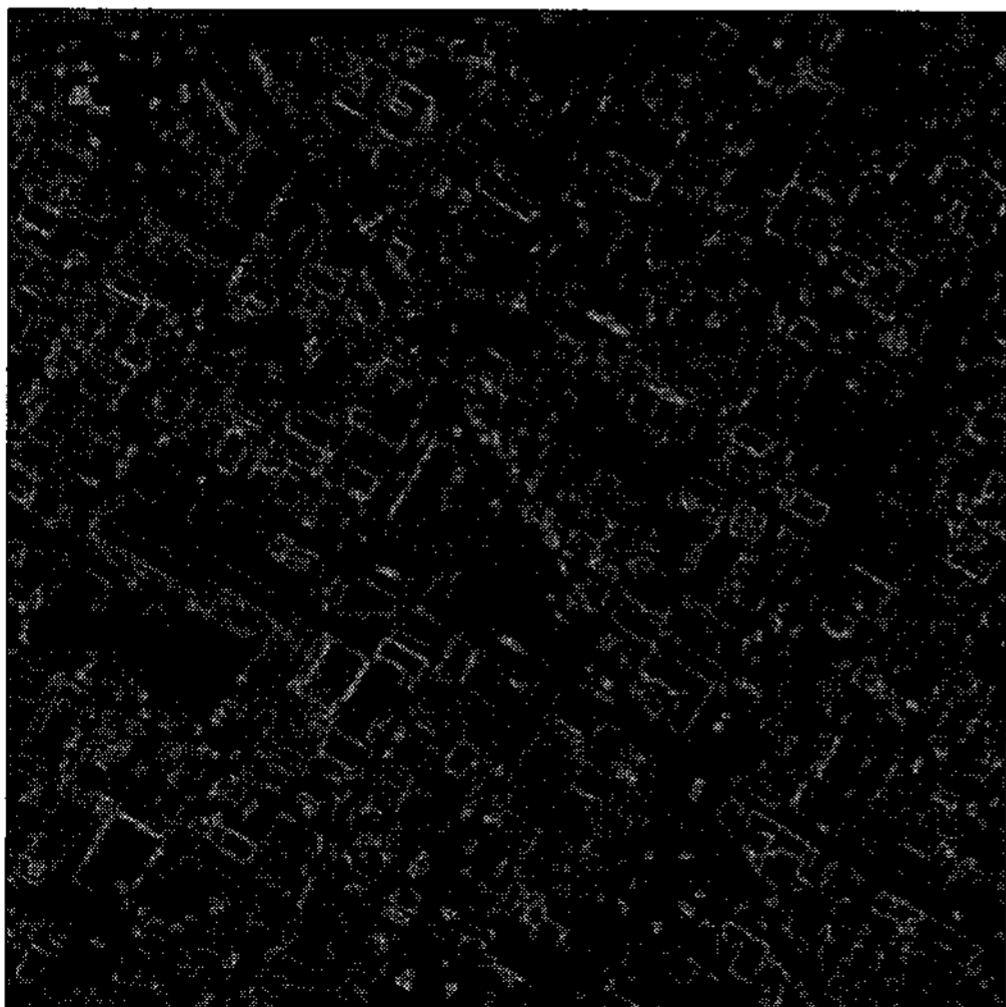


그림 4. 평탄화 지수 영상

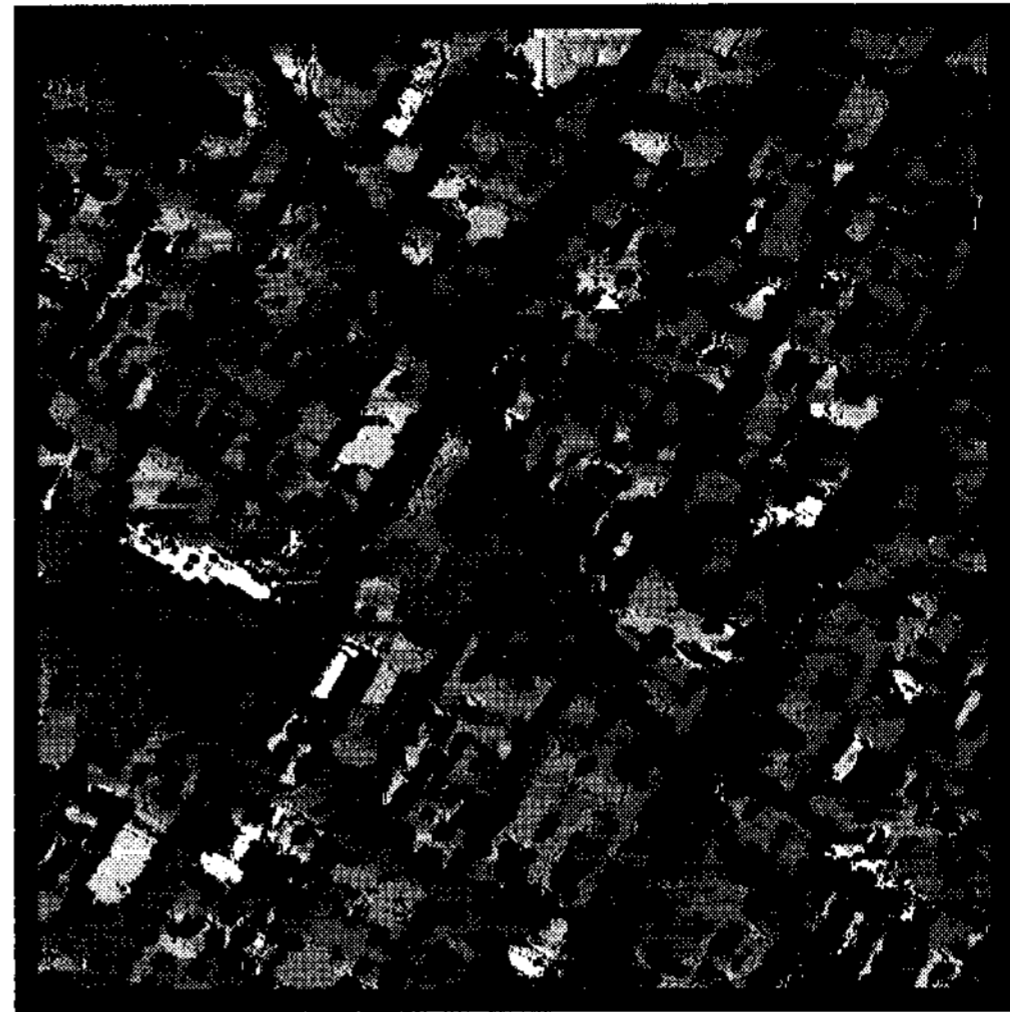


그림 5. 가변 정합 창틀 및 밝기값과 그래디언트를 이용한 변이지도

그림 6은 IGAM 방법에서 평탄화 임계값(F_T)의 변화에 따른 RMSE 값의 변화를 보여준다. X축의 숫자는 평탄화 임계값(F_T)을 의미하며 괄호안의 백분율은 히스토그램의 percentage를 의미한다. $F_T=40$ 에서 RMSE 값이 최소가 되며 $F_T < 40$ 또는 $F_T > 40$ 인 경우에는 RMSE 값이 증가한다. 평탄화 임계값(F_T)을 설정하기 위해 본 실험에서는 히스토그램의 상위 80%에 해당하는 값으로 평탄화 임계값($F_T=40$)을 설정하였다.

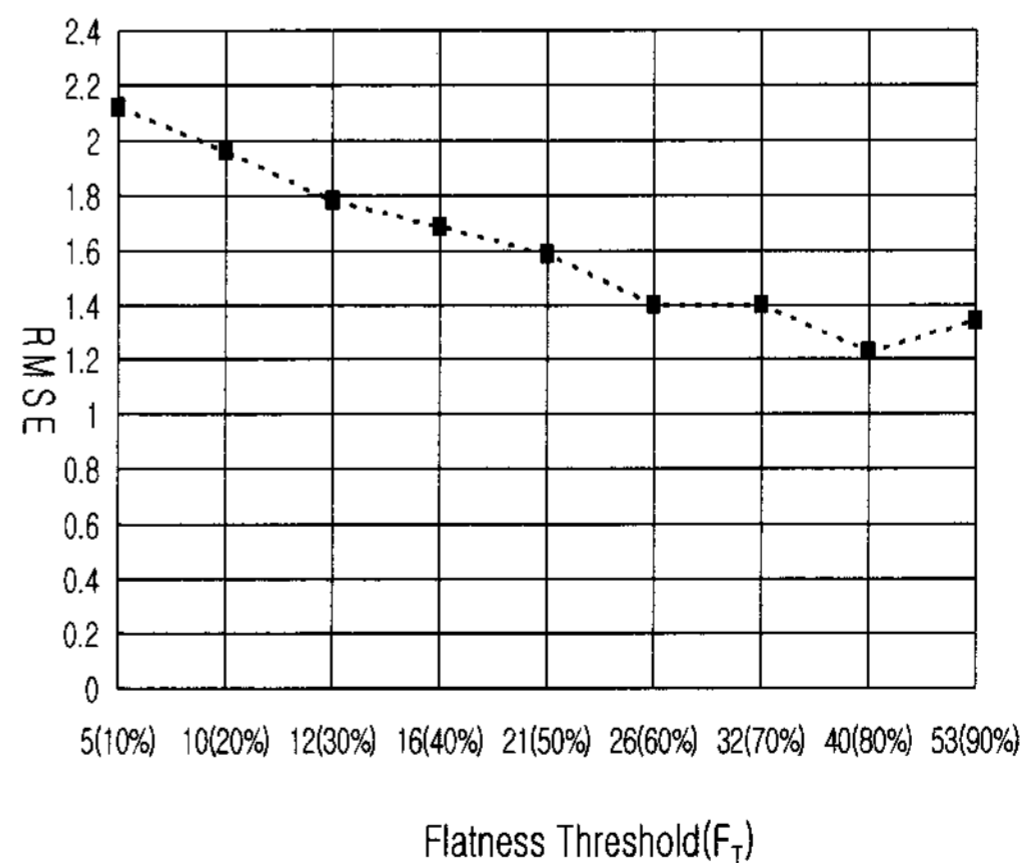


그림 6. 평탄화 임계값에 따른 RMSE 변화

4. 결론

본 논문에서는 1m 공간해상도를 가지는 도시 지역의 위성영상에서 스테레오 정합의 성능을 향상시키기 위해 그래디언트의 히스토그램을 이용하여 정합 창들의 크기를 가변시키는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 정합 창들 내 화소들의 고도 불연속 여부를 고려하여 정합 창들의 크기를 변화시킴으로써 고정된 정합 창들을 이용하는 스테레오 정합 방법보다 우수한 정합 성능을 얻을 수 있었다.

추후 연구 과제로는 스테레오 정합에 사용되는 특징 성분을 밝기값과 그래디언트 이외에 다양한 특징으로 확장하여 적용시키는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 예철수, 문창기, 전종현, 2007. 방향성 특징벡터를 이용한 스테레오 정합 기법, 제어자동화시스템공학논문지, 13(1): 52-57.
- [2] Jawahar, C.V. and Narayanan, P.J., 2002. Generalised correlation for multi-feature correspondence, Pattern Recognition Letter, 35: 1303-1313.
- [3] Jawahar, C.V. and Narayanan, P.J., 2002. An adaptive multifeature correspondence algorithm for stereo using dynamic programming, Pattern Recognition Letter, 23: 549-556.