



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월05일  
(11) 등록번호 10-1425159  
(24) 등록일자 2014년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 1/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0062234  
(22) 출원일자 2013년05월31일  
심사청구일자 2013년05월31일  
(56) 선행기술조사문헌  
US6952499 B1  
JP2010237865 A  
KR101281873 B1

(73) 특허권자  
한국지질자원연구원  
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
(72) 발명자  
김광은  
대전 유성구 엑스포로 448, 307동 1702호 (전민동, 엑스포아파트)  
(74) 대리인  
김정수

전체 청구항 수 : 총 6 항

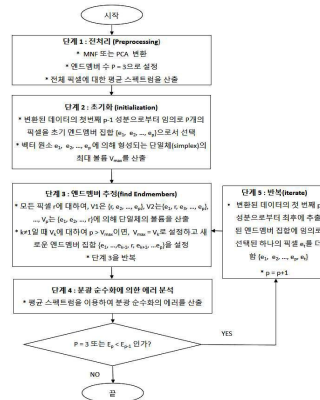
심사관 : 김희주

(54) 발명의 명칭 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법

(57) 요약

본 발명은 초분광 영상(hyperspectral image)의 분석방법에 관한 것으로, 더 상세하게는, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화(spectral unmixing)를 위한 알고리즘에 요구되는 최적의 엔드멤버(endmembers)의 수를 고속으로 추정할 수 있도록 하기 위한 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수의 고속 추정방법에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 처리 과정이 복잡하여 시스템 복잡화 및 처리시간 지연 등을 야기하는 문제가 있었던 종래의 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법들의 문제점을 해결하여, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화를 위한 최적의 엔드멤버의 수를 고속으로 추정할 수 있는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법이 제공된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2012-006

부처명 지식경제부

연구사업명 주요사업-기관고유업무형-기본

연구과제명 심부 금속광체 정밀 물리탐사 및 채광기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2012.01.01 ~ 2014.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

이미지 데이터의 크기(dimension)에 따라 처리 시간이 증가하지 않도록 구성되어 연산 처리시간의 지연을 방지할 수 있도록 구성되는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법에 있어서,

상기 초분광 영상에 상기 최적 엔드멤버를 추정하기 위한 전처리를 수행하는 전처리 단계;

상기 전처리 단계에서 처리된 상기 초분광 영상의 데이터에 대한 초기화를 수행하는 초기화 단계;

상기 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수를 결정하기 위해 상기 초기화 단계의 처리를 모든 픽셀에 대하여 반복하는 엔드멤버 추정단계;

상기 전처리 단계에서 구해진 상기 초분광 영상의 평균 스펙트럼을 이용하여 분광 순수화에 의한 에러를 산출하고 이전의 에러와 비교하는 에러분석단계; 및

상기 에러분석단계의 비교 결과에 따라 처리를 완료하거나 또는 상기 엔드멤버 추정단계로 돌아가는 처리를 반복하는 반복단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 전처리 단계는,

추출하고자 하는 엔드멤버의 초기 개수  $p$ 를 3으로 설정하는 단계;

상기 초분광 영상에 PCA(Principal component analysis) 변환 또는 MNF(Maximum/Minimum Noise Filtering) 변환을 수행하여  $p-1$ 차원으로 압축하는 단계; 및

상기 초분광 영상의 전체 픽셀에 대한 평균 스펙트럼(average spectrum)을 산출하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,

상기 초기화 단계는,

상기 전처리 단계에서 압축된 상기 초분광 영상의 데이터로부터 임의로 선정된  $p$ 개의 화소를 포함하는 초기 엔드멤버 집합(endmember set)을 선택하는 단계; 및

상기 초기 엔드멤버 집합의 원소로 형성되는 단일체(simplex)에 대한 최대 볼륨(Volume)을 산출하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법.

**청구항 4**

제 3항에 있어서,

상기 엔드멤버 추정단계는,

상기 초분광 영상의 모든 화소에 대하여 엔드멤버 집합의 원소를 차례로 대치해 가면서 단일체의 볼륨을 계산하는 단계; 및

계산된 상기 단일체의 볼륨이 이전의 볼륨보다 증가하면 해당 화소의 분광 특성값으로 해당 엔드멤버 원소를 대치하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고

속 추정방법.

**청구항 5**

제 4항에 있어서,

상기 에러분석단계는,

상기 전처리 단계에서 구해진 상기 평균 스펙트럼을 이용하여 분광 순수화에 의한 에러를 산출하는 단계; 및  
 산출된 상기 에러가 이전의 에러보다 작으면 상기 반복단계로 이행하고, 산출된 상기 에러가 이전의 에러보다 크면 처리를 중단하고 바로 이전의 엔드멤버의 값을 최적의 엔드멤버 개수로서 결정하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 반복단계는,

상기 에러분석단계에서 산출된 에러가 이전의 에러보다 작은 경우, 최후에 추출된 엔드멤버 집합에 임의로 선택된 하나의 픽셀을 더한 후 상기 엔드멤버 추정단계로 돌아가 해당 처리를 반복하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법.

**청구항 7**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 초분광 영상(hyperspectral image)의 분석방법에 관한 것으로, 더 상세하게는, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화(spectral unmixing)를 위한 알고리즘에 요구되는 최적의 엔드멤버(endmembers)의 수를 고속으로 추정할 수 있도록 하기 위한 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로, 초분광 영상 데이터의 완전한 분광 순수화(spectral unmixing)를 위하여는, 영상 데이터의 각 클래스마다 순수한 스펙트럼, 즉, 이미지 엔드멤버(image endmembers)를 추출하는 것이 매우 중요하다.

[0003] 이를 위해, 종래, 예를 들면, Plaza et al.(2005)(참고문헌 1 참조)에서는, 초기 조건 의존(initial condition dependancy) 문제를 극복하기 위해, Neville et al.(1999)(참고문헌 2 참조)에 제시된 바와 같은 IEA(Iterative Error Analysis)와, Winter et al.(1999)(참고문헌 3 참조)에 제시된 바와 같은 N-FINDER 기법을 함께 이용한 엔드멤버 추출 알고리즘이 제시된 바 있다.

[0004] 또한, Wu et al.(2008)(참고문헌 4 참조)에서는, N-FINDER 알고리즘의 초기 조건 의존 문제를 극복하기 위해 반복적(iterative) N-FINDER 기법이 제안된 바 있다.

[0005] 여기서, 상기한 종래기술들을 포함하여, 종래의 대부분의 엔드멤버 추출 알고리즘들은, 예측 정보(priori information)로서 제공되는 이미지 엔드멤버의 수  $p$ 를 많이 요구하는 문제가 있다.

[0006] 그러나 영상 데이터 내의 엔드멤버의 총 개수를 결정하는 것은 매우 어려우며, 또한, 엔드멤버의 수  $p$ 는 분광 순수화(spectral unmixing)에 있어서 매우 결정적인 역할을 수행한다.

- [0007] 여기서, Kim(2011)(참고문헌 5 참조)에 따르면, 초분광 영상으로부터 완전 자동으로 엔드멤버를 추출하기 위한 알고리즘이 제시된 바 있다.
- [0008] 더 상세하게는, 상기한 반복적(iterative) 알고리즘은, 전체 픽셀에 대하여 선형 분광 순수화(linear spectral unmixing)를 수행하고 각각의 반복에 대하여 에러를 비교하여 엔드멤버의 최적의 개수를 결정하도록 구성된 것이다.
- [0009] 그러나 이러한 강제적 순수화(constrained unmixing)의 반복은 현저한 계산 시간의 증가를 야기한다는 문제가 있다.
- [0010] 또한, 이러한 문제를 해결하기 위해, 종래, Kim(2012)(참고문헌 6 참조)에 따르면, 전체 픽셀을 검색하는 대신에, 각각의 밴드(band)로부터 MNF(Minimum Noise Fraction) 변환 후 엔드멤버 후보 순수 픽셀(endmember candidate pure pixels)로서 최대 및 최소 픽셀을 추출하는 고속 엔드멤버 추출 알고리즘이 제시된 바 있다.
- [0011] 상기한 바와 같이, 종래 초분광 영상의 엔드멤버를 추출하기 위한 여러 가지 방법들이 제시된 바 있으나, 종래의 방법들은, 상기한 바와 같이 반복계산 등에 의해 그 처리 과정이 복잡하여 처리 시간이 오래 걸리는 등 개선의 여지가 있는 것이었다.
- [0012] 따라서 상기한 바와 같은 종래의 초분광 영상의 분석방법들의 문제점을 해결하기 위하여는, 보다 빠른 시간 내에 고속으로 최적의 엔드멤버의 개수를 결정할 수 있도록 구성되는 새로운 엔드멤버 추출 알고리즘을 제시하는 것이 바람직하나, 아직까지 그러한 요구를 모두 만족시키는 장치나 방법은 제공되지 못하고 있는 실정이다.
- [0013] [참고문헌]
- [0014] 1. Plaza, A., Sanchez-Testal J.J., Plaza J., Valencia, D., 2005, An Experimental Evaluation of Endmember Generation Algorithms, Proc. of SPIE 5995.
- [0015] 2. Neville, R., A., Staennz, K., Szeredi, T., Lefebvre, J., Hauff, P., 1999, Automatic Endmember Extraction from Hyperspectral Data for Mineral Exploration, Proc. 21st Can. Symp. Remote Sensing, Ottawa ON, Canada, 21-24.
- [0016] 3. Winter M., E., 1999, N-FINDER: An Algorithm for Fast Autonomous Spectral End-member Determination in Hyperspectral Data, Proc. SPIE, 3753:266-275.
- [0017] 4. Wu C., C., S. Chu, Chang, C.-I., 2008, Sequential N-FINDER Algorithm, Proc, SPIE Conf. Imaging Spectrometry XIII, San Diego, CA.
- [0018] 5. Kim, K., 2011. A Modified Iterative N-FINDER Algorithm for Fully Automatic Extraction of Endmembers from Hyperspectral Imagery, Korean Journal of Remote Sensing, 27(5):565-572.
- [0019] 6. Kim, K., 2012. A Study on Fast Extraction of Endmembers from Hyperspectral Image Data, Korean Journal of Remote Sensing, 28(4):347-355.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0020] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 처리 과정이 복잡하여 시스템 복잡화 및 처리시간 지연 등을 야기하는 문제가 있었던 종래의 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법들의 문제점을 해결하기 위해, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화를 위한 최적의 엔드멤버의 수를 고속으로 추정할 수 있도록 하기 위한 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법을 제공하고자 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0021] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 이미지 데이터의 크기(dimension)에 따라 처리 시

간이 증가하지 않도록 구성되어 연산 처리시간의 지연을 방지할 수 있도록 구성되는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법에 있어서, 상기 초분광 영상에 상기 최적 엔드멤버를 추정하기 위한 전처리를 수행하는 전처리 단계; 상기 전처리 단계에서 처리된 상기 초분광 영상의 데이터에 대한 초기화를 수행하는 초기화 단계; 상기 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수를 결정하기 위해 상기 초기화 단계의 처리를 모든 픽셀에 대하여 반복하는 엔드멤버 추정단계; 상기 전처리 단계에서 구해진 상기 초분광 영상의 평균 스펙트럼을 이용하여 분광 순수화에 의한 에러를 산출하고 이전의 에러와 비교하는 에러분석단계; 및 상기 에러분석단계의 비교 결과에 따라 처리를 완료하거나 또는 상기 엔드멤버 추정단계로 돌아가는 처리를 반복하는 반복단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법이 제공된다.

[0022] 여기서, 상기 전처리 단계는, 추출하고자 하는 엔드멤버의 초기 개수  $p$ 를 3으로 설정하는 단계; 상기 초분광 영상에 PCA(Principal component analysis) 변환 또는 MNF(Maximum/Minimum Noise Filtering) 변환을 수행하여  $p-1$ 차원으로 압축하는 단계; 및 상기 초분광 영상의 전체 픽셀에 대한 평균 스펙트럼(average spectrum)을 산출하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 초기화 단계는, 상기 전처리 단계에서 압축된 상기 초분광 영상의 데이터로부터 임의로 선정된  $p$ 개의 화소를 포함하는 초기 엔드멤버 집합(endmember set)을 선택하는 단계; 및 상기 초기 엔드멤버 집합의 원소로 형성되는 단일체(simplex)에 대한 최대 볼륨(Volume)을 산출하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 아울러, 상기 엔드멤버 추정단계는, 상기 초분광 영상의 모든 화소에 대하여 엔드멤버 집합의 원소를 차례로 대치해 가면서 단일체의 볼륨을 계산하는 단계; 및 계산된 상기 단일체의 볼륨이 이전의 볼륨보다 증가하면 해당 화소의 분광 특성값으로 해당 엔드멤버 원소를 대치하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0025] 더욱이, 상기 에러분석단계는, 상기 전처리 단계에서 구해진 상기 평균 스펙트럼을 이용하여 분광 순수화에 의한 에러를 산출하는 단계; 및 산출된 상기 에러가 이전의 에러보다 작으면 상기 반복단계로 이행하고, 산출된 상기 에러가 이전의 에러보다 크면 처리를 중단하고 바로 이전의 엔드멤버의 값을 최적의 엔드멤버 개수로서 결정하는 단계를 포함하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 상기 반복단계는, 상기 에러분석단계에서 산출된 에러가 이전의 에러보다 작은 경우, 최후에 추출된 엔드멤버 집합에 임의로 선택된 하나의 픽셀을 더한 후 상기 엔드멤버 추정단계로 돌아가 해당 처리를 반복하는 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 아울러, 본 발명에 따르면, 상기에 기재된 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법을 이용하여 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수를 고속으로 추정함으로써, 이미지 데이터의 크기(dimension)에 따라 처리 시간이 증가하지 않도록 구성되어 연산 처리시간의 지연을 방지할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 하는 초분광 영상 분석시스템이 제공된다.

### 발명의 효과

[0028] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화를 위한 최적의 엔드멤버의 수를 고속으로 추정할 수 있는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법이 제공됨으로써, 처리 과정이 복잡하여 시스템 복잡화 및 처리시간 지연 등을 야기하는 문제가 있었던 종래의 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법들의 문제점을 해결할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 종래의 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘에 따른 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 플로차트이다.

도 2는 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 명반석(alunite), 석고(gypsum), 적철광(hematite), 일라이트(illite), 카올리나이트(kaolinite)의 5가

지 광물에 대한 USGS의 분광 라이브러리의 분광 반사특성을 나타내는 도면이다.

도 4는 도 3에 나타난 5가지 광물에 대한 점유비율을 각각 나타내는 도면이다.

도 5는 도 3에 나타난 5가지 광물에 대한 엔드멤버와 점유비율을 이용하여 생성된 모의 초분광 영상을 3D 큐브(cube) 영상으로 나타낸 도면이다.

도 6은 종래의 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘에 의한 에러 변화를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 고속 추정방법에 의한 에러 변화를 각각 나타내는 도면이다.

도 8은 전체 이미지 데이터의 평균 스펙트럼과 엔드멤버 스펙트럼의 선형 순수화에 의한 스펙트럼을 각각 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.
- [0031] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.
- [0032] 또한, 이하의 본 발명의 실시예에 대한 설명에 있어서, 종래기술의 내용과 동일 또는 유사하거나 당업자의 수준에서 용이하게 이해하고 실시할 수 있다고 판단되는 부분에 대하여는, 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명을 생략하였음에 유념해야 한다.
- [0033] 즉, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 처리 과정이 복잡하여 시스템 복잡화 및 처리시간 지연 등을 야기하는 문제가 있었던 종래의 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법들의 문제점을 해결하기 위해, 초분광 영상의 완전한 분광 순수화를 위한 최적의 엔드멤버의 수를 고속으로 추정할 수 있는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법에 관한 것이다.
- [0034] 계속해서, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.
- [0035] 먼저, 도 1을 참조하면, 도 1은 종래의 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘(참고문헌 5 참조)에 따른 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 플로차트이다.
- [0036] 여기서, 도 1에 나타난 바와 같은 종래의 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘은, 상기한 참고문헌 5 등을 통하여 당업자에게 자명한 사항이므로, 여기서는 그 구체적인 설명은 생략하고 대략적인 내용에 대하여만 설명한다.
- [0037] 즉, 도 1에 나타난 알고리즘은 기존의 N-FINDER 알고리즘을 개량한 것이며, 기존의 N-FINDER 알고리즘에 대하여 간략히 설명하면 다음과 같다.
- [0038] 더 상세하게는, 기존의 N-FINDER 알고리즘은, 먼저, 추출하고자 하는 엔드멤버의 개수  $p$ 를 분석자가 임의로 결정하면, 초분광 영상 자료를 PCA(Principal component analysis) 변환이나 MNF(Maximum/Minimum Noise Filtering) 변환을 통하여  $p-1$ 차원으로 압축한다.
- [0039] 이어서, 압축된 영상에서 임의로 선정된  $p$ 개의 화소를 엔드멤버 집합(endmember set)의 초기값으로 하여  $p-1$ 차원 공간에서의 단일체(simplex)의 부피를 계산한다.
- [0040] 계속해서, 영상의 모든 화소에 대하여 기존의 엔드멤버 집합의 원소를 차례로 대체해 가면서 단일체의 부피를 계산하고 그 부피가 증가하면 해당 화소의 분광 특성값으로 해당 엔드멤버 원소를 대체한다.
- [0041] 이에 비해, 도 1에 나타난 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘은, 단일체를 구성하기 위한 최소 공간인 2차원을 기준으로 하여 초기 엔드멤버의 개수를 3으로 설정하고, 기존의 방법과 동일하게 하여 엔드멤버를 추출하되, 추출된 엔드멤버를 이용하여 곧바로 선형 분광 순수화를 통하여 오차영상(error image)을 구하고 전체 화소를 대상으로 오차의 합을 구한다.
- [0042] 이때, 오차영상은, 분광 순수화를 통하여 구해진 각 엔드멤버별 점유비율에 따라 엔드멤버들을 선형 혼합하여 생성된 영상과 입력 영상간의 오차를 의미한다.
- [0043] 이후, 엔드멤버를 하나씩 증가시키면서 상기한 과정을 반복하고, 오차의 합이 감소하면 반복을 중지하고 바로



이전 단계의 엔드멤버와 점유비율 및 오차영상을 최종 결과로서 출력한다.

- [0044] 즉, 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘은, 도 1에 나타난 바와 같이, 단계 1에서, 최초 초기 엔드멤버의 수를 3으로 설정하여 시작하고, 그 후, 선형 분광 순수화(linear spectral unmixing)를 적용하여 에러 이미지를 생성한다.
- [0045] 이어서, 랜덤으로 선택된 임의의 픽셀을 추출된 엔드멤버에 더하여 엔드멤버의 수를 증가시키고, 에러 이미지의 에러의 총 합(sum)을 이전의 반복 단계의 에러 이미지의 에러의 총 합과 비교한다.
- [0046] 이때, 비교 결과 에러의 합이 감소했다면 증가된 엔드멤버의 수로 다시 반복하여 상기한 처리단계를 수행한다.
- [0047] 또한, 엔드멤버의 수가 n일 때 에러의 합이 증가했을 경우는, 반복 처리를 중단하고 n-1 엔드멤버를 최종 결과로서 추출한다.
- [0048] 여기서, 도 1에 나타난 단계 4에 있어서, 단계 4는 현저한 계산 시간을 요구하고 이미지 데이터의 차원(dimension)의 증가를 더욱 증가시킨다.
- [0049] 이는, 도 1에 나타난 단계 4에서 전체 픽셀에 대하여 선형 분광 순수화 에러의 합을 이용하기 때문이다.
- [0050] 이에, 본 발명자들은, 상기한 종래의 방법과 같이 전체 픽셀에 대하여 선형 분광 순수화 에러의 합을 이용하는 대신에, 평균 픽셀(average pixel)만의 스펙트럼에 대한 선형 분광 순수화의 에러를 이용하는 것에 대한 실현 가능성(feasibility)을 조사하였다.
- [0051] 여기서, 평균 픽셀이란, 전체 픽셀의 평균을 의미하며, 아울러, 이는 이미지 엔드멤버에 대한 하나의 큰 혼합 모델(a big mixed model)로서 취급될 수 있다.
- [0052] 따라서 이러한 같은 개념을 도 1에 나타난 상기한 바와 같은 기존의 알고리즘에 적용하면, 도 1에 나타난 기존 알고리즘의 단계 1 및 단계 4는 이하의 도 2에 나타난 바와 같이 바뀌게 된다.
- [0053] 즉, 도 2를 참조하면, 도 2는 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0054] 더 상세하게는, 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법은, 단계 1과 단계 4에서 전체 픽셀의 선형 분광 순수화 에러의 합을 이용하는 대신 평균 픽셀의 스펙트럼을 이용하는 점에서 상기한 도 1에 나타난 종래의 방법과 다르다.
- [0055] 구체적으로는, 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법은, 먼저, MNF 또는 PCA 변환을 수행하고 엔드멤버의 초기값을 설정하며, 전체 픽셀에 대한 평균 스펙트럼을 산출하는 전처리를 수행하는 전처리 단계(단계 1)와, 상기 단계에서 변환된 데이터로부터 초기 엔드멤버 집합을 선택하고 상기 집합의 원소로 형성되는 단일체(simplex)의 최대 볼륨을 산출하는 초기화 단계(단계 2)와, 모든 픽셀에 대하여 단일체의 볼륨을 산출하고 엔드멤버와 비교하는 과정을 반복하는 엔드멤버 추정단계(단계 3)와, 상기 전처리 단계에서의 평균 스펙트럼을 이용하여 분광 순수화의 에러를 산출하는 에러분석단계(단계 4) 및 상기 에러분석단계에서 산출된 에러가 이전의 에러보다 작으면 최후의 엔드멤버 집합에 임의로 선택된 하나의 픽셀을 더한 후 다시 상기한 엔드멤버 추정단계로 돌아가 해당 처리를 반복하고, 상기 에러분석단계에서 산출된 에러가 이전의 에러보다 크면 처리를 중단하고 바로 이전 반복과정의 엔드멤버의 값을 최적의 엔드멤버 개수로서 결정하는 반복단계(단계 5)를 포함하여 이루어진다.
- [0056] 따라서 상기한 바와 같은 단계들을 포함하여 구성되는 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법에 따르면, 도 2에 나타난 단계 4에서의 스펙트럼 순수화 처리를 위해 전체 이미지의 평균 스펙트럼이 사용되므로, 이미지 데이터의 크기(dimension)에 따라 처리 시간이 증가하지 않게 되어, 연산 처리시간의 측면에서 매우 효율적인 장점이 있다.
- [0057] 다음으로, 도 3 내지 도 8을 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법과 기존의 방법을 각각 시뮬레이션을 통하여 비교실험을 수행한 결과에 대하여 설명한다.
- [0058] 본 발명자들은, 본 발명에 따른 방법과 도 1에 나타난 종래의 방법을 비교하기 위해, 도 3에 나타난 바와 같은 미국 지질 조사국(United States Geological Survey ; USGS)의 분광 라이브러리의 분광 반사특성에 근거하여, 명반석(alunite), 석고(gypsum), 적철광(hematite), 일라이트(illite), 카올리나이트(kaolinite)의 5가지 광물에 대하여 모의 초분광 영상을 생성하고, 각각의 광물에 대하여 100×100 픽셀을 가지는 점유비율 맵(abundance

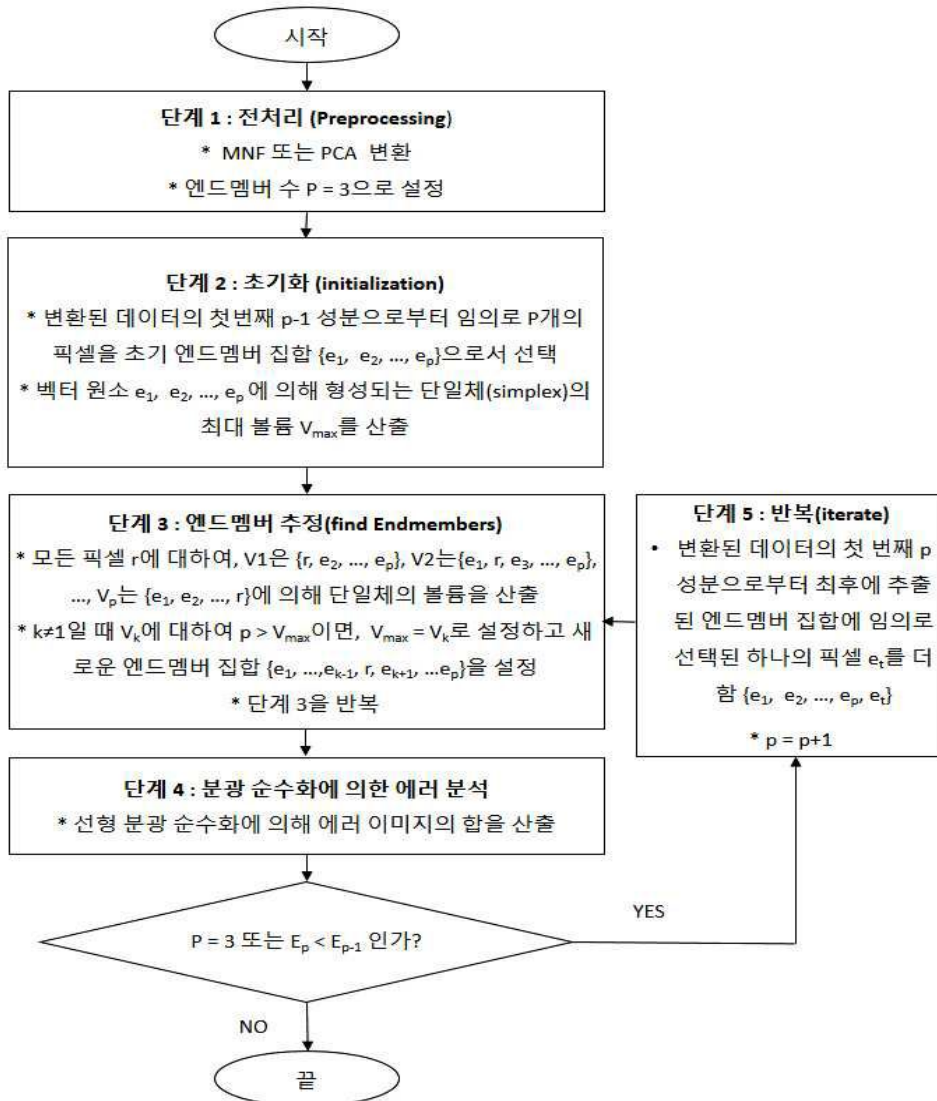


fraction map)을 시뮬레이션하였다.

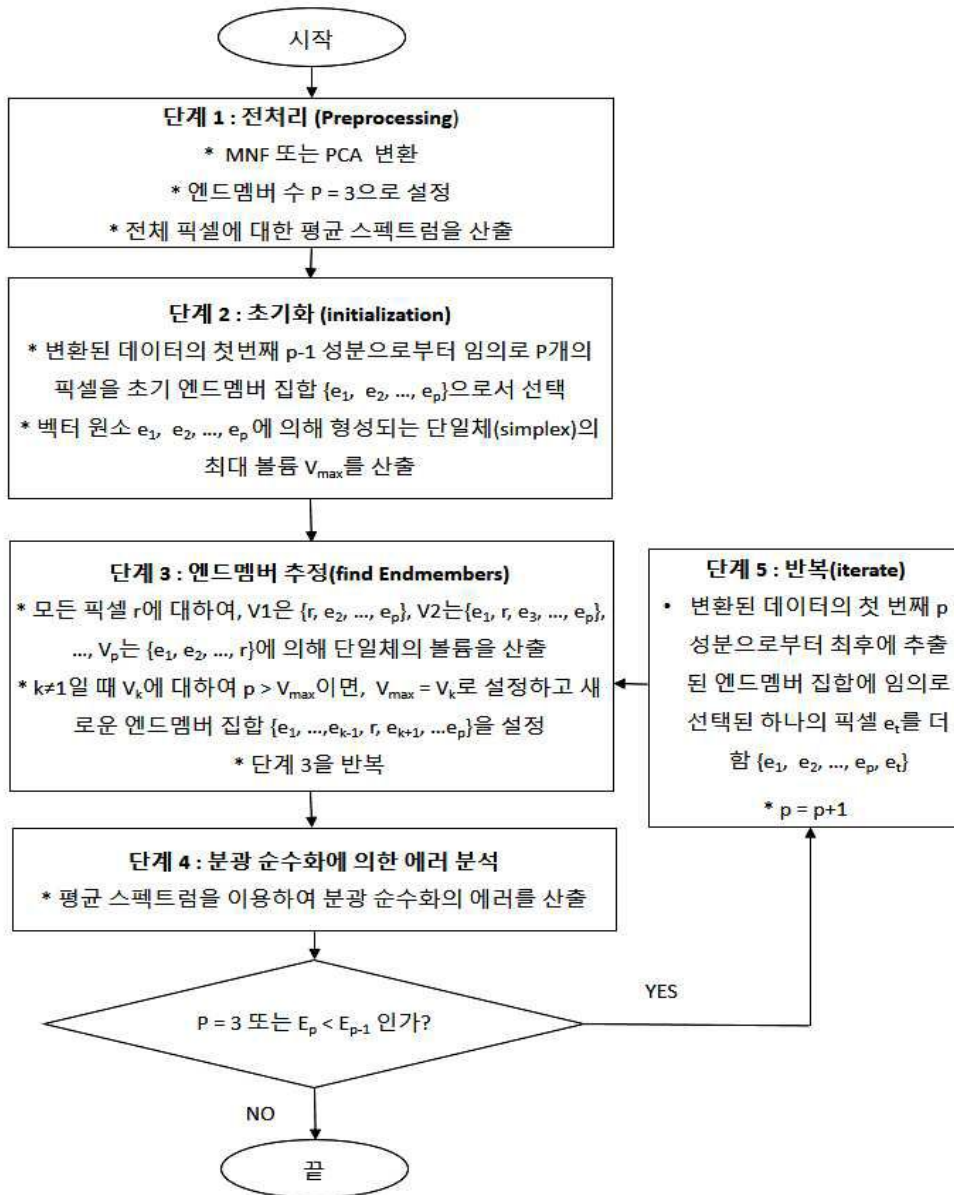
- [0059] 즉, 도 3을 참조하면, 도 3은 명반석(alunite), 석고(gypsum), 적철광(hematite), 일라이트(illite), 카올리나이트(kaolinite)의 5가지 광물에 대한 USGS의 분광 라이브러리의 분광 반사특성을 나타내는 도면이다.
- [0060] 또한, 도 4를 참조하면, 도 4는 상기한 5가지 광물에 대한 점유비율을 각각 나타내는 도면이다.
- [0061] 아울러, 도 5를 참조하면, 도 5는 상기한 5가지 광물에 대한 엔드멤버와 점유비율을 이용하여 생성된 모의 초분광 영상을 3D 큐브(cube) 영상으로 나타낸 도면이다.
- [0062] 여기서, 도 5에 있어서, 도 5a는 인공잡음(noise) 없이 최초 모의 생성된 초분광 영상이고, 도 5b는 20dB의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 가지도록 백색잡음(white noise)을 추가한 최종 모의 초분광 영상이다.
- [0063] 또한, 도 6 및 도 7을 참조하면, 도 6은 종래의 수정된 반복적 N-FINDER 알고리즘에 의한 에러 변화를 나타내는 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 고속 추정방법에 의한 에러 변화를 각각 나타내는 도면이다.
- [0064] 더 상세하게는, 도 6에 나타난 결과는 전체 픽셀에 대한 순수화 에러의 합을 나타내는 것이고, 도 7에 나타난 결과는 평균 스펙트럼의 순수화 에러를 각각 나타내고 있다.
- [0065] 도 6에 나타난 바와 같이, 종래의 방법에서는 엔드멤버의 수가 6일 때 에러가 증가하였고 알고리즘이 반복을 멈추었다.
- [0066] 즉, 이는, 최적의 엔드멤버의 수가 5임을 나타내는 것이다.
- [0067] 반면, 도 7을 참조하면, 엔드멤버의 수가 5 이상 증가하면 에러가 더 이상 증가하지 않으나, 최적의 엔드멤버 수가 5임을 쉽게 알 수 있다.
- [0068] 아울러, 도 8을 참조하면, 도 8은 전체 이미지 데이터의 평균 스펙트럼과 엔드멤버 스펙트럼의 선형 순수화에 의한 스펙트럼을 각각 나타내는 도면이다.
- [0069] 여기서, 도 8에 있어서, 도 8a는 엔드멤버의 수가 3인 경우이고, 도 8b는 엔드멤버의 수가 4인 경우이며, 도 8c는 엔드멤버의 수가 5인 경우를 각각 나타내고 있다.
- [0070] 더 상세하게는, 도 8에 적색 점선으로 나타난 바와 같은 전체 이미지의 평균 스펙트럼은 도 2에 나타난 단계 4에서의 스펙트럼 순수화 처리를 위해 사용된다.
- [0071] 따라서 본 발명에 따른 엔드멤버 개수 고속 추정방법은, 요구되는 처리 시간이 이미지 데이터의 크기(dimension)에 따라 증가하지 않으므로, 연산 처리시간의 측면에서 매우 효율적이다.
- [0072] 또한, 도 8a 내지 도 8c의 청색 실선은, 엔드멤버의 수가 각각 3, 4, 5일 때, 추출된 엔드멤버의 선형 분광 순수화에 의해 생성된 스펙트럼을 각각 나타내고 있으며, 도 8c에 나타난 바와 같이, 엔드멤버의 수가 5인 경우의 스펙트럼이 평균 스펙트럼과 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다.
- [0073] 즉, 이는, 전체 이미지 데이터의 평균 스펙트럼이 이미지 엔드멤버의 하나의 큰 혼합 픽셀(a big mixed pixel)의 스펙트럼으로서 취급될 수 있음을 의미하며, 아울러, 상기한 바와 같은 실험 결과로부터, 본 발명에 따른 엔드멤버 개수 고속 추정방법은, 엔드멤버 개수의 추정에 적합하게 사용될 수 있음을 알 수 있다.
- [0074] 따라서 상기한 바와 같이 하여, 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법을 구현할 수 있다.
- [0075] 또한, 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 초분광 영상의 완전한 분광 순수화를 위한 최적의 엔드멤버의 수를 고속으로 추정할 수 있는 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법을 구현함으로써, 본 발명에 따르면, 처리 과정이 복잡하여 시스템 복잡화 및 처리시간 지연 등을 야기하는 문제가 있었던 종래의 초분광 영상의 엔드멤버 추출방법들의 문제점을 해결할 수 있다.
- [0076] 이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 초분광 영상의 최적 엔드멤버 개수 고속 추정방법의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니며, 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

도면

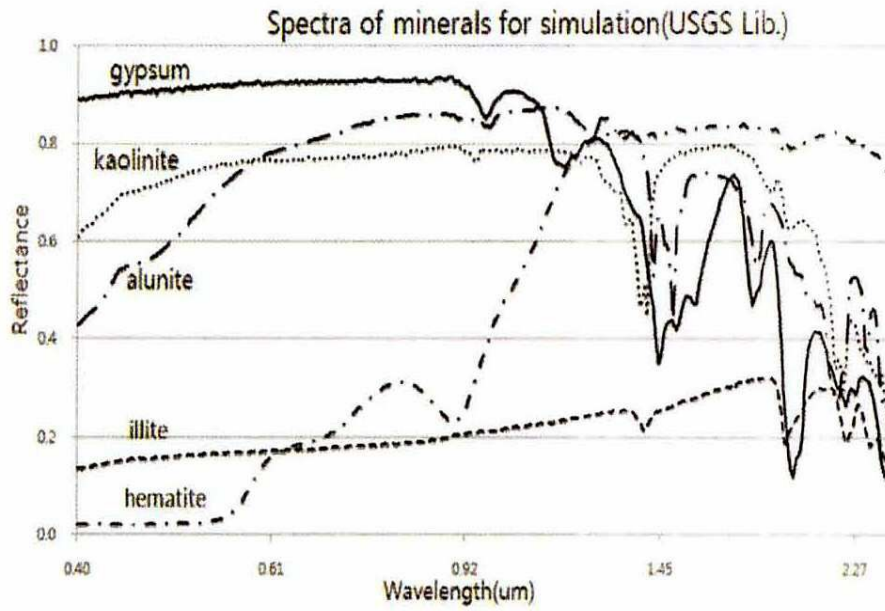
도면1



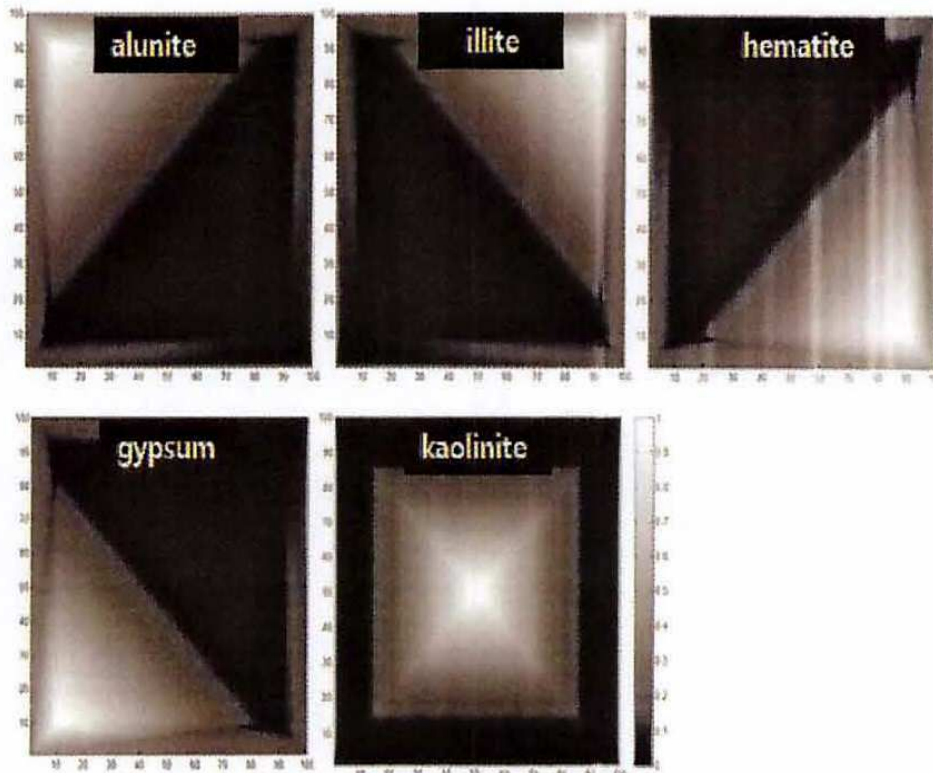
도면2



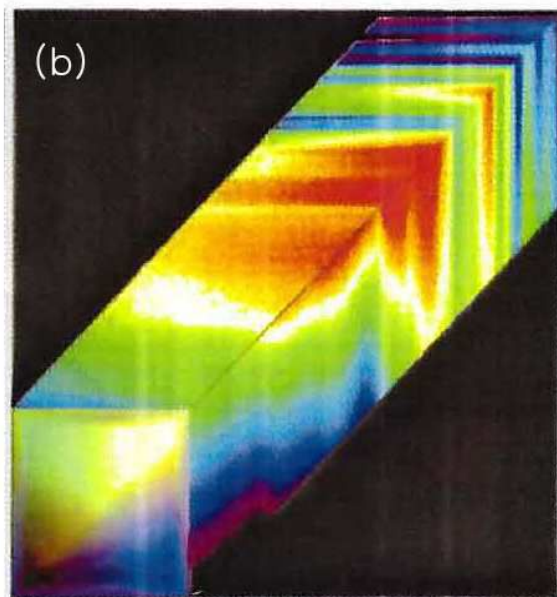
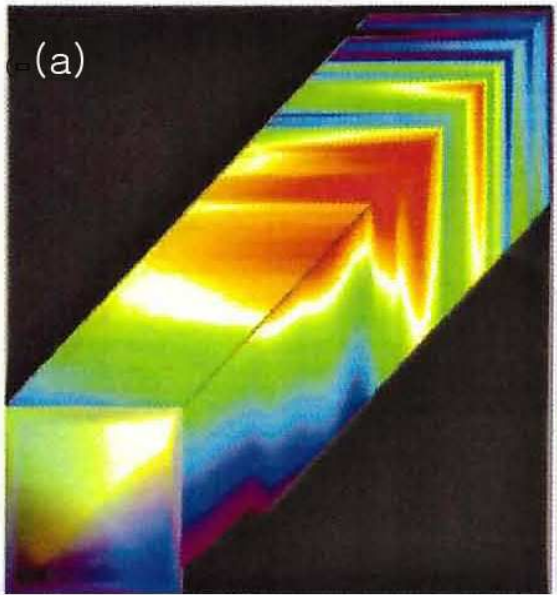
도면3



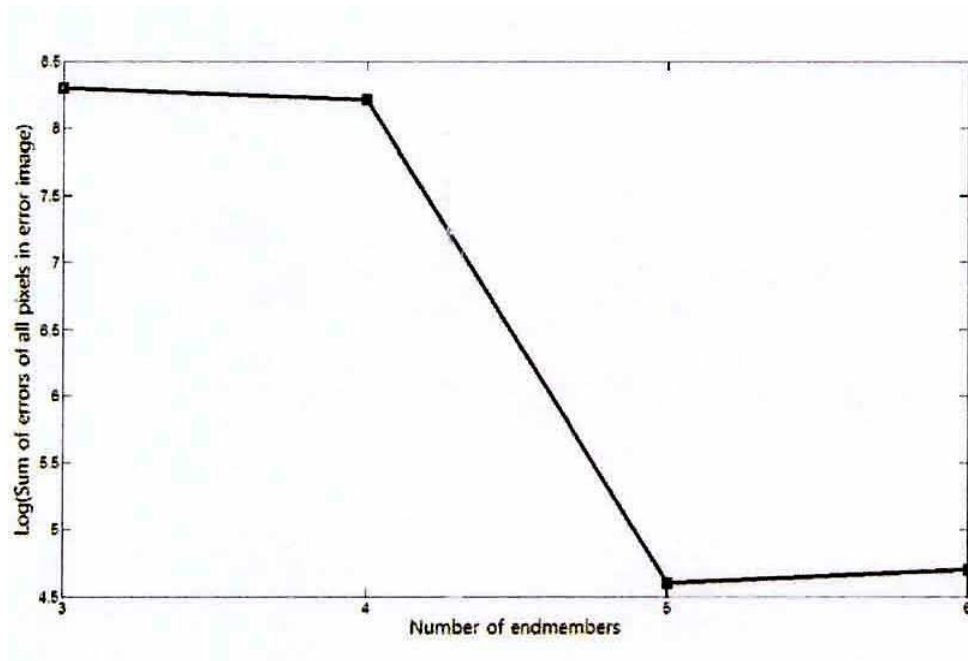
도면4



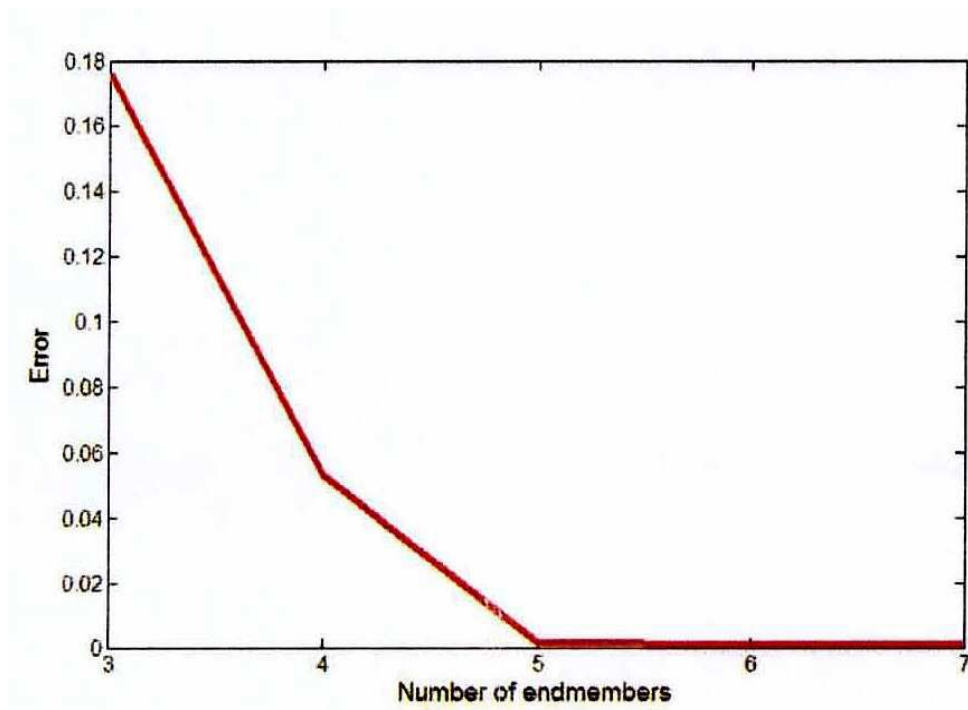
도면5



도면6



도면7





도면8

