

碩士學位論文

위성영상을 이용한 지형지물 추출 및
분리에서의 수학적 모폴로지와
경계치 설정의 적용

Application of Mathematical Morphology
and Thresholding to Feature Extention
and Separation using Satellite Imagery

2005年

漢城大學校 一般大學院

情報시스템工學科

情報시스템專攻

吳 世 景

碩士學位論文

指導教授 李箕遠

위성영상을 이용한 지형지물 추출 및
분리에서의 수학적 모폴로지와
경계치 설정의 적용

Application of Mathematical Morphology
and Thresholding to Feature Extention
and Separation using Satellite Imagery

2004年 12月 日

漢城大學校 一般大學院

情報시스템工學科

情報시스템專攻

吳 世 景

碩士學位論文

指導教授 李箕遠

위성영상을 이용한 지형지물 추출 및
분리에서의 수학적 모폴로지와
경계치 설정의 적용

Application of Mathmatical Morphology
and Thresholding to Feature Extention
and Separation using Satellite Imagery

위 論文을 情報시스템工學 碩士學位論文으로 提出함

2004年 12月 日

漢城大學校 一般大學院

情報시스템工學科

情報시스템專攻

吳 世 景

吳世景의 공학석사학위논문을 인정함

2004年 12月 日

심사위원장 이 봉 규(인)

심사위원 이 기 원(인)

심사위원 김 남 윤(인)

< 제 목 차 례 >

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구 배경 및 목적	1
제 2 절 연구 내용 및 방법	2
제 2 장 모폴로지 연구 고찰	5
제 1 절 이진 모폴로지 처리	5
1. 이진 모폴로지 처리의 개요	5
2. 침식(erosion)과 팽창(dilation)	8
3. 개방(opening)과 폐쇄(closing)	11
제 2 절 명암(grey-scale) 모폴로지 처리	12
1. 명암 모폴로지 처리의 개요	12
2. 침식과 팽창	13
3. 개방과 폐쇄	15
제 3 장 모폴로지 처리 프로그램 구현 및 적용	16
제 1 절 구현 프로그램 검증을 위한 단순 테스트	16

제 2 절 이진 모폴로지 처리 프로그램의 적용	20
제 3 절 명암 모폴로지 처리 프로그램 구현 및 적용	29
제 4 절 명암 모폴로지 처리 영상의 히스토그램을 이용한 경계치 분석 ..	42
제 5 절 이진, 명암 모폴로지 처리와 시브 필터링 적용 및 에지 강화 결과 분석	47
제 4 장 결 론	54
참 고 문 헌	55

<그림 차례>

그림 1. 연구 지역 (A)남양주시, (B)구리시, (C)서울 성북구 일부 지역의 위성영상	3
그림 2. 연구 지역 (A)ISPRS sample1 영상, (B)ISPRS sample 2 영상에의 shape layer 중첩	4
그림 3. 입력 화소 $I(x,y)$ 에서의 이진 모폴로지 처리 결과는 출력 화소 $O(x,y)$ 를 생성	7
그림 4. 네 가지 경우의 hit or miss transform	8
그림 5. 이진 단면도상에서의 이진 침식과 팽창 처리 후 픽셀 수의 변화	11
그림 6. 입력 화소 $I(x,y)$ 에서의 명암 모폴로지 처리 결과는 출력 화소 $O(x,y)$ 를 생성	14
그림 7. 지형지물 추출을 위한 개발 프로그램의 메인 메뉴	16
그림 8. 프로그램의 검증을 위한 단순 테스트 영상	17
그림 9. 원본 영상의 이진 모폴로지 처리 결과 영상	18
그림 10. (A)명암 모폴로지 처리 결과 영상, (B) 결과 영상의 히스토그램	18
그림 11. (A)명암 모폴로지 처리 결과 영상의 히스토그램 분석, (B)히스토그램 분석 결과 영상	19
그림 12. 히스토그램 분석의 결과 영상의 역상 전환	20
그림 13. 입력 영상의 이진 침식 처리 결과 영상	21
그림 14. 이진 모폴로지 처리를 위한 구리시의 입력 영상	21
그림 15. 이진 침식 처리 결과 후의 화소들의 변화	22
그림 16. 입력 영상의 이진 팽창 처리 결과 영상	22
그림 17. 이진 팽창 처리 결과 후의 화소들의 변화	23
그림 18. 외곽선 추출 개념	23
그림 19. 원본 영상의 지형지물의 외곽선을 추출한 결과 영상	24
그림 20. 지형지물 추출 결과 영상의 역상 전환	24
그림 21. 서울 성북구 일부 지역의 IKONOS 영상	25
그림 22. 원본 영상의 지형지물 외곽선 검출 결과 영상	26
그림 23. 지형지물 추출 결과 영상의 역상 전환	26

그림 24. 남양주시 일부 지역의 IKONOS 영상	27
그림 25. 원본 영상의 지형 지물 외곽선 검출 결과 영상	28
그림 26. 지형지물 추출 결과 영상의 역상 전환	28
그림 27. 원본 영상의 명암 침식 처리 영상(A), 명암 팽창 처리 영상(B)	30
그림 28. 명암 모폴로지 처리 결과 추출한 지형지물의 외곽선 영상	30
그림 29. 명암 모폴로지 처리 결과 영상의 이진화 영상	31
그림 30. 모폴로지 처리 결과 영상의 이진화 후 역상 전환	31
그림 31. 서울시 지역의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상	32
그림 32. 남양주시의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상	32
그림 33. 히스토그램에서의 경계치 설정 (100~150)	34
그림 34. 히스토그램에서의 경계치 입력 (100~150)	34
그림 35. 히스토그램에서 설정된 입력범위의 밝기값을 갖는 화소들의 추출	35
그림 36. 경계치를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환	35
그림 37. 히스토그램에서 두개의 경계치 설정 (60~80, 100~150)	36
그림 38. 두 개의 경계치를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환	37
그림 39. 히스토그램에서 설정된 입력범위의 밝기값을 갖는 화소들의 추출	38
그림 40. 히스토그램에서 경계치 설정 (30~100)	38
그림 41. 경계치(30~100)를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환	39
그림 42. 남양주시 영상에 경계치(30~110)를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환	40
그림 43. 히스토그램에서 경계치 설정 (30~110)	40
그림 44. 남양주시 영상의 세 가지 경계치를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환	41
그림 45. 히스토그램에서 경계치 설정 (30~110, 70~75, 95~110)	41
그림 46. 연결되지 않은 외곽선의 연결 방향	42
그림 47. 구리지역 고속도로 위성영상의 시브 필터링 결과 영상의 강화	43
그림 48. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의 시브 필터링 결과 영상의 강화	43
그림 49. ISPRS sample 1 영상의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상	44
그림 50. ISPRS sample 1 영상의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선	

영상의 역상	44
그림 51. ISPRS sample 1 영상의 처리 결과 강화	45
그림 52. ISPRS sample 2 영상의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상	45
그림 53. ISPRS sample 2 영상의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상의 역상	46
그림 54. ISPRS sample 영상의 처리 결과의 강화	46
그림 55. 구지지역 고속도로 위성영상의 이진(A), 명암(B) 모폴로지 처리, 역상전환(C), 지형지물 강화(D) 영상	47
그림 56. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의 이진(A), 명암(B) 모폴로지 처리, 시브 필터링(C) 결과 영상	48
그림 57. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의 시브 필터링 결과 영상의 강화	49
그림 58. 경기도 성남시 위성영상의 이진(A), 명암(B) 모폴로지 처리, 시브 필터링(C) 결과 영상	50
그림 59. ISPRS sample 1 영상의 시브 필터링(A), 역상 전환(B), 외곽선 강화(C) 결과 영상	51
그림 60. ISPRS sample 2 영상의 시브 필터링(A), 역상 전환(B), 외곽선 강화(C) 결과 영상	52
그림 61. ISPRS sample 2 영상의 외곽선 강화 결과 영상과 shape layer의 중첩	53

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

위성영상정보에서 판독되거나 추출되는 지형지물은 자료의 전문가적 입장과 적용 기법에 따라 상이한 결과를 생성하는 경우가 많아 보다 객관적인 기법의 적용이 필요한 상태이며, 환경분석을 위한 적용 가능한 영상 처리 기법 중에서 기본 데이터의 공간적 특성 정보를 유지하면서 동시에 다중 시기 영상 데이터를 다루는 경우 신속한 결과를 생성하는 기법이 바람직하다.

모폴로지 영상처리기법을 이용하여 영상 내 물체의 외곽선을 추출하는 연구는 최근까지 여러 가지 목적을 위하여 이루어져 왔다 (권 준식 등, 2000). 또한 최근 고해상도 영상의 적용이 여러 민간 수요분야에서 일반화 되면서 도시교통 환경 분석을 위한 방법으로 모폴로지 연산을 적용하고자 하는 연구가 시도되고 있다(Donnay *et al.*, 2001).

Dong(1997)과 Costa *et al.*(2001)등은 지형지물 추출 목적으로 모폴로지 연산기법에 대한 수학적 배경을 정리하고 일부 사례를 제시한 바 있으나, 도심 지역의 분석 기법으로 고해상도 영상 정보에 대한 직접적인 예시를 적용한 경우가 현재까지는 그리 많지 않다.

이러한 배경으로 본 연구에서는 고 해상도 영상으로부터 주요 지형지물 정보를 추출하고 분석하기 위하여 이진 모폴로지 처리(Binary morphological processing)와 명암 모폴로지 처리(Gray-scale morphological processing) 연산 알고리즘(강 동중, 하 중은, 2003)을 Visual 환경 하에서 운영 가능한 프로그램으로 수정하여 개발하고 몇몇 종류의 영상으로 적용 예시를 들어 지형지물 정보를 추출하고 분석 하고자 하였다.

제 2 절 연구 내용 및 방법

도시교통 환경분석 과정중 사용자의 주관적인 점을 배제하고 보다 분석적으로 처리하기 위하여 위성영상정보 처리기반의 모폴로지 연산

을 적용하였다. 모폴로지 기법은 위성영상으로부터 미리 기하학적 형태를 알고 있는 지형지물의 정보를 반영하여 영상 내에서 분석하고자 하는 지형지물의 구조의 본질적인 요소를 표현하는데 이용된다.

위성영상으로부터 지형지물을 추출하기 위하여 본 연구에서 시험적으로 구현한 프로그램은 이진 모폴로지 처리(Binary morphological processing)와 명암 모폴로지 처리(Gray-scale morphological processing) 이다. 이진 모폴로지 처리에는 침식과 팽창 그리고 지형지물 외곽선을 추출 하기 위한 boundary 기능을 구현 하였고, 명암 모폴로지 처리또한 침식, 팽창, 그리고 boundary 기능과 지형지물 추출을 위한 분석적인 방법으로 히스토그램(Histogram) 분석을 통한 시브 필터링(Seive filtering) 기능을 구현하였다.

개발 프로그램의 적용 예시를 위하여 도로 지형지물을 포함하고 있는 구리시를 지나는 고속도로 주변 지역의 IKONOS 영상과 주로 건물 지형지물을 포함하고 있는 서울 성북구 지역과 경기도 남양주시 일부 지역의 고 해상도 위성영상인 IKONOS 부분 데이터를 이용하여 수행하였다.

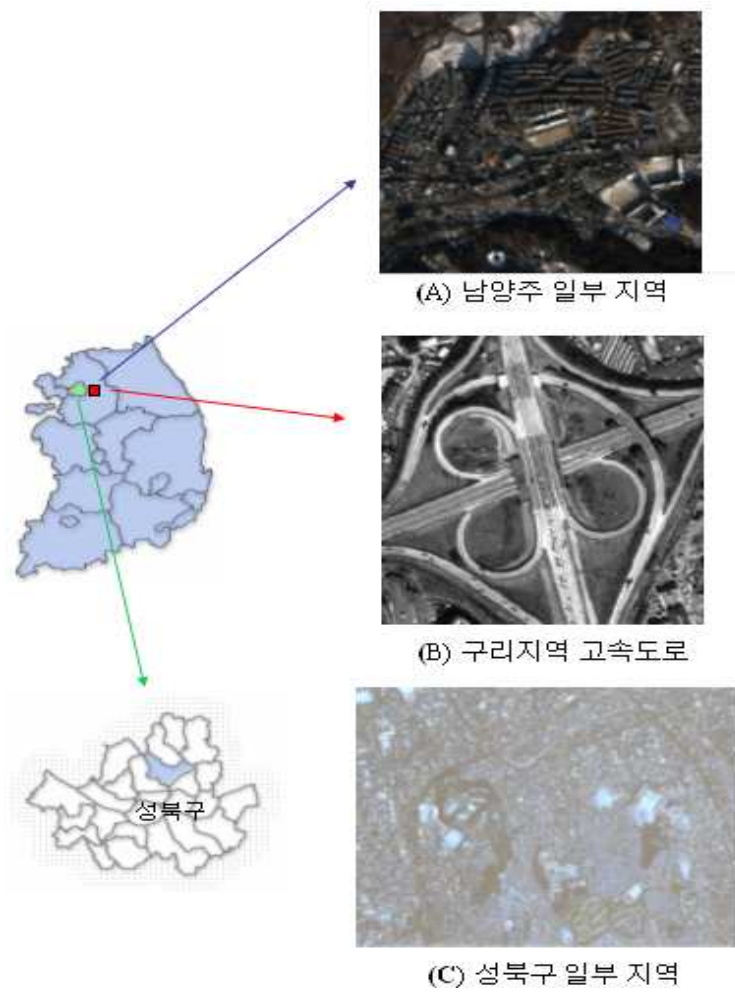


그림 1. 연구 지역 (A)남양주시, (B)구리시, (C)서울 성북구 일부 지역의 위성영상.

(A)



(B)

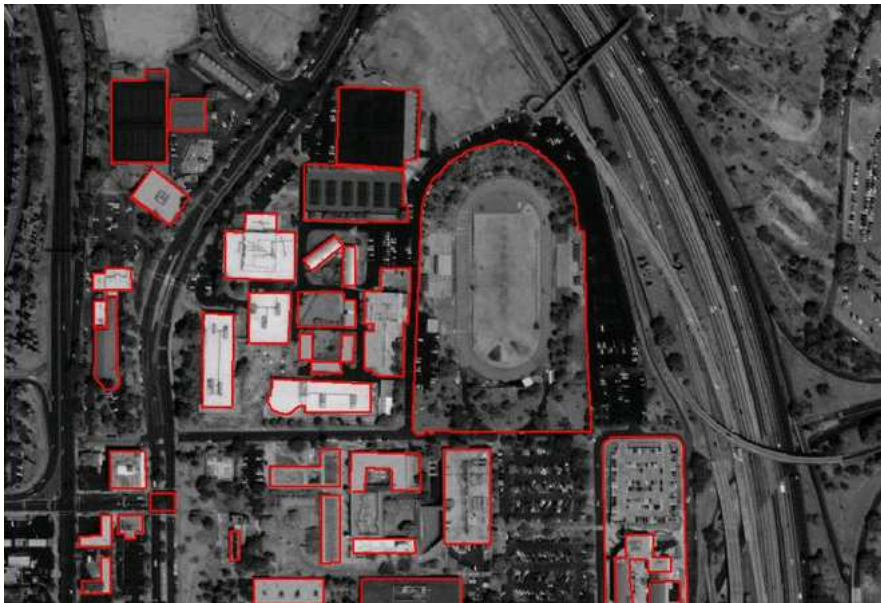


그림 2. 연구 지역 (A)ISPRS sample1 영상, (B)ISPRS sample 2 영상에의
shape layer 중첩.

제 2 장 모폴로지 연구 고찰

제 1 절 이진 모폴로지 처리

1. 이진 모폴로지 처리의 개요

영상의 모폴로지(Morphology)는 영상 내의 물체 구조를 연구하는데 적합하다. 영상의 전처리 과정과 초기 물체 식별 과정과 함께, 형태학적 기법들은 영상 내 물체의 내부 구조를 명확하게 하는 작용을 한다. 이러한 작용들은 물체 경계선들을 보다 단순화하여 기본적인 단일 화소 너비의 외곽선을 생성함으로서 수행된다. 이러한 외곽선은 물체의 가장 본질적인 요소를 표현한다.

이진 모폴로지 처리(Binary morphology process)는 공간적 순환 그룹 처리(spatial filtering)와 유사하다. 공간적 순환 처리는 어떤 화소에 대하여 주변 화소들의 공간 주파수 양태에 기초하여 화소의 새로운 밝기값을 계산하는 것이다. 반면에, 모폴로지 처리는 이론적으로 어떤 특정한 패턴을 찾기 위하여 어떤 형태 구조와 화소의 밝기값을 결합하는 것이다.

공간적 순환 그룹 처리에서는 가중치로 화소값(pixel value)을 곱하고 그 결과를 합산하는 반면에, 모폴로지 처리는 논리합, 논리곱 그리고 부정과 같은 집합 이론 처리를 이용하여 논리적으로 화소들은 결과 화소값과 결합한다. 이는 모폴로지 처리가 커널(kernel)에서 최대값, 최소값을 구하는 필터링과 같이 주변 화소에 영향을 주지 않는 비선형적인 집단화 과정임을 보이는 것이다.

이진 모폴로지 처리의 경우, 입력 영상은 흑색(0) 또는 백색(255)의 둘 중의 하나의 밝기값을 갖는 화소들로 구성되어 있다고 가정하고, 결과 영상 역시 그러한 이진 형태를 갖는다. 이진 모폴로지 처리에서 화소값들은 밝기값 이라기 보다는 논리값으로서 화소들을 표현한다. 즉, 흑색(0)의 밝기값은 'off' 또는 '0' 상태로서, 백색(255)의 밝기값은 'on' 또는 '1' 상태로 간주한다.

이진 모폴로지 처리는 입력 영상을 화소 단위로 이동하면서 결과 영상에 그 결과 화소값을 위치시킨다. 각각의 입력 화소 위치에서, 그 화소와 그 주변의 화소들은 논리적으로 형태학적 마스크(morphological mask)와 비교되어 출력 화소의 논리값을 결정하여 출력 화소의 논리값을 0은 흑색으로, 1은 백색으로

표현한다.

형태소는 공간적 컨벌루션에서의 컨벌루션 마스크와 개념적으로 동일하다. 가중치 대신 논리값의 배열이 쓰일 뿐이다. 이러한 형태소는 일반적으로 3×3 , 5×5 그리고 그 이상의 크기를 갖는 2차원 구조이며, 응용 방식에 따라 달리 선택될 수 있다.

이진 모폴로지 처리 구조는 3×3 형태소인 경우, 다음 과 같이 9개의 논리 값들로 정의 되고 식별된다.

$$\begin{array}{ccc} X_3 & X_2 & X_1 \\ X_4 & X & X_0 \\ X_5 & X_6 & X_7 \end{array}$$

입력 영상의 모든 화소는 이들 8개의 이웃 화소들에 대하여 평가되어 하나의 출력 화소값을 얻어낸다. 만약 9개의 모든 화소값들이 대응되는 마스크 값들과 같은 경우에는 그 결과 화소값은 미리 정하여진 논리값(0 또는 1)으로 결정된다. 하나 또는 그 이상의 입력 화소가 해당 마스크값과 일치하지 않는 경우에는 그 결과 화소값은 반대의 논리 상태로 결정된다. 이러한 과정은 입력 영상의 전체에 걸쳐 각 화소에 대하여 반복적으로 화소 단위로 발생된다. 이진 모폴로지 처리의 간략화된 수식은 그림 3과 같다.

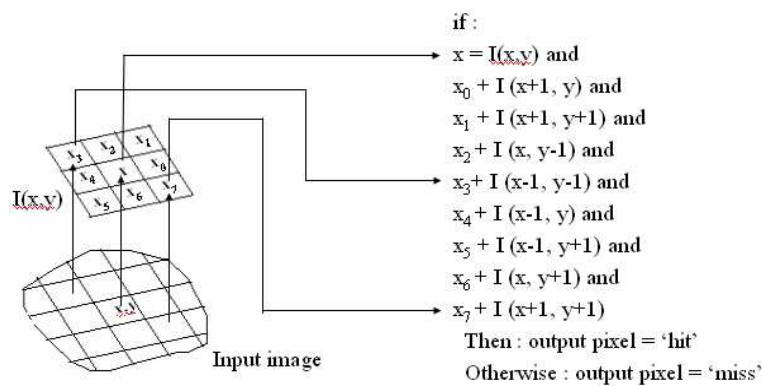


그림 3. 입력 화소 $I(x,y)$ 에서의 이진 모폴로지 처리 결과는 출력 화소 $O(x,y)$ 를 생성.

$$O(x, y) = 0 \text{ or } 1 \text{ (predefined) if } X = I(x, y) \text{ AND}$$

$$X_0 = I(x+1, y) \text{ AND}$$

$$X_1 = I(x+1, y+1) \text{ AND}$$

$$\begin{aligned} X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \\ X+Y &= X \vee Y \end{aligned}$$

$$\text{otherwise } O(x, y) = \text{opposite state}$$

여기서 각 입력과 출력 화소 값은 각각 논리값 0 또는 1이며, 이것은 모든 입력 화소가 이 수식에 의해 처리되어 그에 상응하는 출력 화소값을 산출한다는 것을 의미한다. 이진 모폴로지 처리의 일반화된 구현은 보통 hot or miss transform으로 불리며, 마스크 값이 대응되는 입력 화소값과 일치하면 그에 대한 평가를 'hit', 그 반대의 경우는 'miss'라 한다.

2. 침식(erosion)과 팽창(dilation)

침식 처리는 물체의 크기를 그 배경과 관련하여 일정하게 줄여주는 것이다. 이에 반하여, 팽창 처리는 물체의 크기를 일정하게 확장하는 것이다. 침식과 팽창 처리는 잡음 성분이나 불완전한 에지 등을 제거 하는 것과 같이 작은 영상 물체 특징들을 제거하는데 사용된다.

이진 영상에서 물체는 백색(1) 화소를 가지고, 배경은 흑색(0)을 가진다고 정의하면, 일반화된 침식 마스크는 다음과 같다.

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } O(x,y) &= 1(\text{백색}) \text{ hit의 경우} \\ &= 0(\text{흑색}) \text{ miss의 경우} \end{aligned}$$

이 침식 마스크는 영상의 개개의 화소 밝기와 비교한다. 9개의 모든 화소들이 그들의 마스크값들과 일치되면, hit가 발생하고 그 출력 화소값은 1(백색)로 결정된다. 만약 적어도 하나의 화소라도 그 마스크값과 일치하지 않으면, miss가 발생되어 출력 화소값은 0(흑색)

으로 결정된다.

입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 1 → hit ; $O(x,y) = 1$

입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0 → miss ; $O(x,y) = 0$

입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합 → miss ; $O(x,y) = 0$

입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합 → miss ; $O(x,y) = 0$

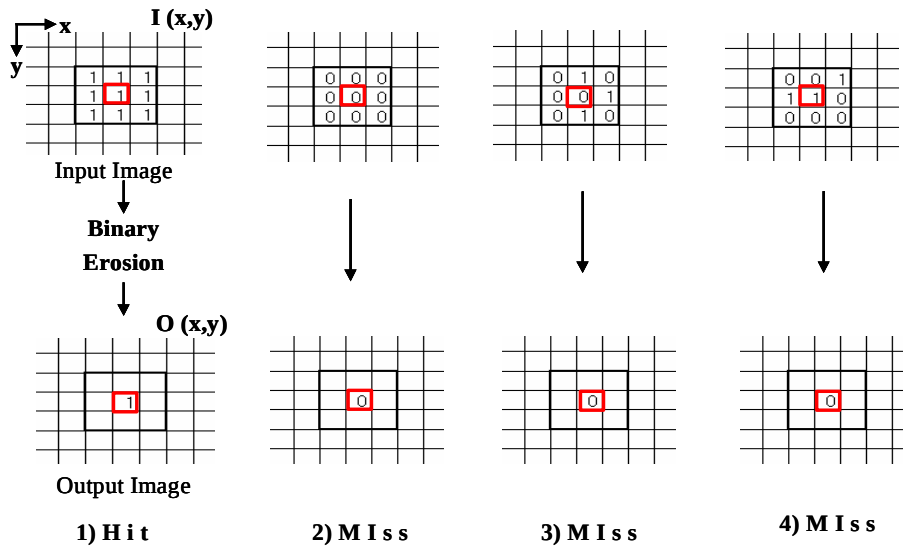


그림 4. 네 가지 경우의 hit or miss transform.

첫 번째 경우, 입력 화소는 1의 값을 가지며, 그 이웃 8개의 화소들 역시 1의 값을 갖는다. 이것은 hit의 경우로서, 출력 화소값은 1이 된다. 두 번째 경우, 입력 화소값은 0이고, 그 이웃 8개의 화소들이 0인 경우, miss가 발생되어 출력값은 0이 된다. 세 번째 경우는 입력 화소값은 0이고 그 이웃 8개의 화소값들이 0과 1의 혼합 형태이다. 이것 역시 miss의 경우이며, 출력 화소값은 0으로 결정된다. 위 세가지의 경우들이 출력 화소값과 입력 화소값이 같은 경우에 반하여 네 번째 경우는 입력 화소값은 1이고, 그 이웃 8개의 화소값들은 0과 1의 혼합 형태이다. 이것 역시 miss의 경우이고, 출력 화소값이 0으로 입력 화소값인 1에서 출력 화소값 0으로 바뀌었다. 이러한 네 가지 경우에 있어서, 입력 화소 그룹 안에서 모든 화소값이 0 또는 1로 같은 경우에 그 출력 화소값은 입력 화소값에서

변화되지 않음을 알 수 있다. 또한 입력 화소값이 0인 경우에도, 그 이웃 화소들의 값과는 상관없이 그 출력값이 변하지 않는다. 그러나 입력 화소값이 1이고, 그 이웃 화소들 중 적어도 하나가 0인 경우에는 그 출력 화소값이 0으로 바뀐다. 백색의 입력 화소가 백색 물체로부터 침식되고, 흑색의 배경 일부가 된다.

어떠한 이진 영상에서 침식 처리를 수행하는 경우, 백색의 물체는 그 크기가 줄어들게 되고, 수가 많지 않은 화소들 즉 작은 특징들은 소멸된다.

팽창 작용의 경우 침식 작용의 반대의 경우이고, 일반화된 팽창 마스크는 다음과 같다.

$$\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } O(x,y) &= 0(\text{흑색}) \text{ hit의 경우} \\ &= 1(\text{백색}) \text{ miss의 경우} \end{aligned}$$

침식 처리와 같이, 팽창 처리 역시 다음과 같은 네 가지의 서로 다른 입력 화소의 경우가 있다.

입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0 → hit ; $O(x,y) = 0$

입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 1 → miss ; $O(x,y) = 1$

입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합 → miss ; $O(x,y) = 1$

입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합 → miss ; $O(x,y) = 1$

침식 작용에서와 같이, 모든 이웃 화소값이 0 또는 1인 경우에는 그 출력 화소값은 입력 화소값과 같다. 입력 화소값이 1이고, 그 이웃 화소값들이 0과 1의 혼합 형태인 경우, 그 출력 화소값은 1이 되어 입력 화소값은 변하지 않는다. 입력 화소값이 0이고 그 이웃 화소값들 중 적어도 하나가 1이면 그 출력 화소값은 입력 화소값 0이 1로 변하게 된다.

팽창 처리를 영상 내에서 수행하면, 백색 물체의 크기는 커지며 매우 작은 특징들도 점차 확장하여 그 형상이 강조된다.

그림 5는 침식과 팽창 처리 후 이진값을 가지는 화소들의 1차원 단면도를 보여 준다.

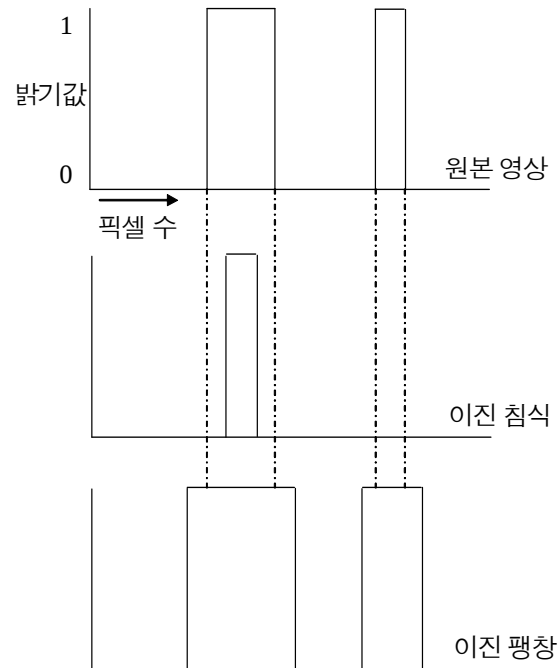


그림 5. 이진 단면도상에서의 이진 침식과 팽창 처리 후 픽셀 수의 변화.

3. 개방(opening)과 폐쇄(closing)

개방과 폐쇄 처리는 기본적인 모폴로지 처리 과정인 침식과 팽창에 뒤이은 이차적인 처리로서, 영상 내 물체의 형상이나 크기를 유지한다.

개방 처리는 팽창 처리에 뒤이은 침식 처리이다. 침식과 같이 그 영향은 작은 잡음들과 같은 단일 화소 물체의 변형들을 제거하는 것이다. 그 결과, 물체의 외곽선은 평활화된다. 개방 처리는 필요한 효과를 얻기위해 여러번 적용 될 수 있어, 영상 내에서 보다 큰 이상 물체들을 제거하게 된다.

폐쇄 처리는 개방 처리의 반대 과정으로서, 침식 처리에 뒤이은 팽창 처리이다. 폐쇄 처리는 단일 화소 단위의 이상 물체들을 채우게 되며 유사한 작은 틈새를 채우게 된다. 폐쇄 처리 역시 개방 처리

와 같이 여러번 적용 될 수 있다.

제 2 절 명암(grey-scale) 모폴로지 처리

1. 명암 모폴로지 처리의 개요

명암 모폴로지 처리(Gray-scale morphology process)는 그 입력 영상과 출력 영상들은 이진(Binary) 형태라기 보다는 입력과 출력 화소값이 0(흑색)에서 255(백색)까지 변화 하는 명암 형태이다.

이진 모폴로지 처리와 같이, 명암 모폴로지 처리 역시 입력 영상을 화소 단위로 이동하면서 출력 영상에 처리 결과값을 위치시킨다. 각각의 입력 화소 위치에서, 입력 화소와 그 이웃 화소들은 형태학적 마스크에 의하여 결합되어 출력 화소의 밝기값을 결정하게 된다.

명암 모폴로지 처리를 위한 마스크(Mask or Kernel)는 일반적으로 3×3 , 5×5 가 있으며, 응용에 따라 보다 큰 크기의 마스크도 있다. 마스크의 9개의 값들은 아래와 같이 이진 모폴로지 처리를 위한 마스크와 같이 재배열 된다.

$$\begin{array}{ccc} X_3 & X_2 & X_1 \\ X_4 & X & X_0 \\ X_5 & X_6 & X_7 \end{array}$$

명암 모폴로지 처리 역시 이진 모폴로지 처리의 경우와 같게 입력 영상 내에서 모든 화소들은 그 이웃 8개의 화소들과 평가되어 그 결과 화소값을 생성한다.

2. 침식과 팽창

명암 모폴로지 처리의 침식(Erosion) 처리의 경우, 마스크값은 -255에서 0의 범위를 가질 수 있으나, 일반적으로 0값을 가져 다음과 같은 마스크 형태를 갖는다.

$$\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

마스크의 중심값과 그 이웃 8개의 화소값은 각각 해당되는 입력 화소와 그 이웃 화소값들과 더해진다. 그 출력 값은 9개의 모든 가수들 중에서 최소값으로 결정된다. 이러한 과정은 입력 영상의 모든 화소들에 대하여 화소 단위로 반복된다. 위와 같은 처리의 수식은 그림 6과 같다.

영상에서 화소 밝기가 일정한 곳에서는 그 출력 화소값은 입력 화소값과 같다. 다른 영역에서는 출력값은 입력 화소와 그 이웃 화소들 중에서 가장 어두운 값을 가지게 되어, 물체의 크기를 축소시킨다. 작은 물체는 결국 제거 된다.

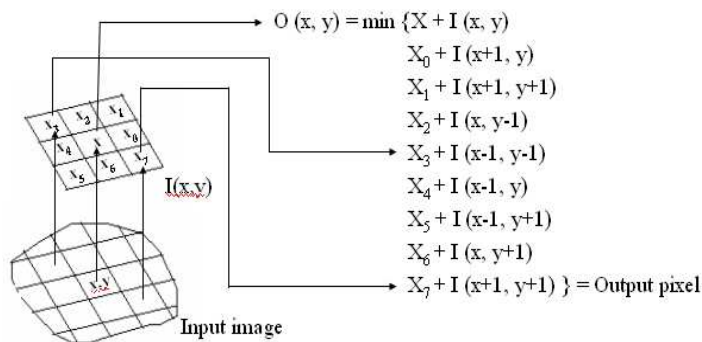


그림 6. 입력 화소 $I(x,y)$ 에서의 명암 모폴로지 처리 결과는 출력 화소 $O(x,y)$ 를 생성.

$$O(x, y) = \min \{X + I(x, y),$$

$$X_0 + I(x+1, y)$$

$$X_1 + I(x+1, y+1)$$

$$X_2 + I(x, y-1)$$

$$X_3 + I(x-1, y-1)$$

$$X_4 + I(x-1, y)$$

$$X_5 + I(x-1, y+1)$$

$$X_6 + I(x, y+1)$$

$$X + I(x, y) = O(x, y)$$

팽창의 경우, 마스크 값은 0에서 255의 범위를 가지나 일반적으로 0값을 가져 다음 과 같이 침식의 경우와 같은 마스크 형태를 갖는다.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

그 출력값은 9개의 모든 가수들 중에서 최대값으로 결정되고, 그러한 과정은 입력 영상의 모든 화소들에 대하여 화소 단위로 반복된다. 위와 같은 처리의 수식은 다음과 같다.

$$O(x, y) = \max \{ \begin{aligned} &X + I(x, y) \\ &X_0 + I(x+1, y) \\ &X_1 + I(x+1, y+1) \\ &X_2 + I(x, y-1) \\ &X_3 + I(x-1, y-1) \\ &X_4 + I(x-1, y) \\ &X_5 + I(x-1, y+1) \\ &X_6 + I(x, y+1) \end{aligned} \}$$

팽창 처리는 영상에서 화소 밝기가 일정한 곳에서는 그 출력 화소값은 입력 화소값과 같다. 다른 영역에서는 출력값은 입력 화소과 그 이웃 화소값들 중에서 가장 밝은 값을 가지게 되어, 물체의 크기를 확대한다.

3. 개방과 폐쇄

명암 모폴로지 처리의 개방과 폐쇄 처리는 이진 모폴로지 처리의 그것과 유사하다. 개방과 폐쇄 처리는 적당한 효과를 얻기까지 여러 번 적용될 수 있고, 물체의 그 크기와 모양이 유지 된다.

침식 처리는 팽창 처리에 뒤이은 침식 처리로서, 보다 큰 비정상적인 물체들을 제거할 수 있다.

팽창 처리는 침식 처리에 뒤이은 팽창 처리로서, 작은 물체를 밝게 하면서 작은 틈새들과 같은 것들을 채우게 된다.

제 3 장 모폴로지 처리 프로그램 구현 및 적용

본 연구에서 모폴로지 처리를 위해 Visual 환경하에 개발된 프로그램의 GUI 및 사용자 인터페이스는 그림 7과 같다.

구현된 프로그램의 메인 메뉴는 B_Morphology, G_Morphology, Conversion, 으로 구성되어 있다. B_Morphology 메뉴의 하위 메뉴로 침식, 팽창, 개방 및 폐쇄를 이용한 Extract boundary를 구현하였고, G_Morphology 메뉴의 하위 메뉴 역시 침식, 팽창, Extract boundary를 구현하였고 추가적으로 히스토그램의 확인 및 편집 기능을 추가 하였다. 또한 각각의 결과 영상의 화소값을 전환 하기 위한 Conversion 기능을 구현하였고, 모폴로지 처리 결과 영상의 지형지물 외곽선 강화를 위해 Edge Enhancement 기능을 구현하였다.

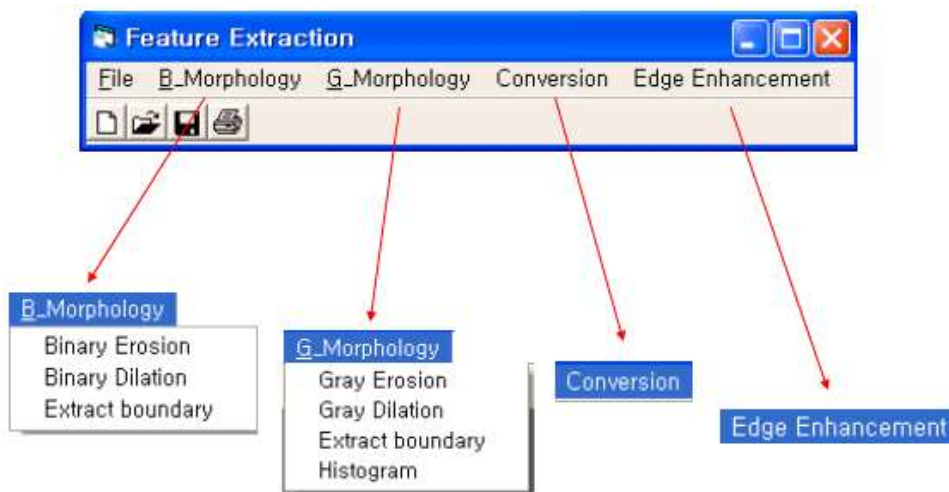


그림 7. 지형지물 추출을 위한 개발 프로그램의 메인 메뉴.

제 1 절 구현 프로그램 검증을 위한 단순 테스트

모폴로지 처리를 위한 프로그램을 검증하기 위하여 그림 8과 같이

도로 및 자동차와 같은 지형지물을 종류별로 화소의 명암 값을 다르게 하여 프로그램에 적용하였다.

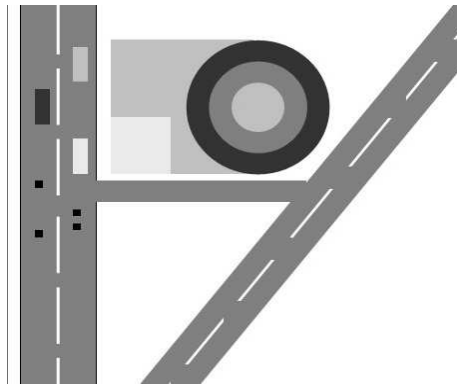


그림 8. 프로그램의 검증을 위한
단순 테스트 영상.

그림 9는 프로그램의 절차에 따라 그림 8의 원본 영상을 호출하여 이진 모폴로지 처리를 통하여 지형 지물의 외곽선을 추출한 결과이다. 원본 영상의 작은 자동차를 나타내는 화소들의 집합은 제거되거나 상대적으로 큰 화소들의 외곽선은 추출된 결과를 볼 수 있다.

그림 10은 원본 영상을 호출 한 후 명암 모폴로지 처리를 통하여 지형지물의 외곽선을 추출한 결과와 그 영상의 히스토그램을 나타내는 것이다.

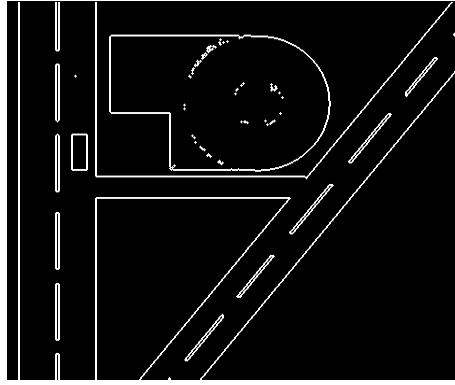


그림 9. 원본 영상의 이진 모폴로지 처리 결과 영상.

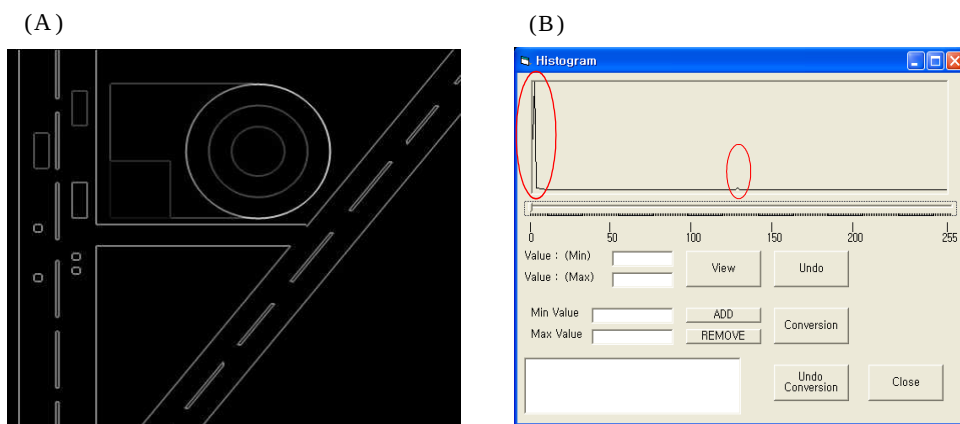


그림 10. (A)명암 모폴로지 처리 결과 영상, (B) 결과 영상의 히스토그램.

명암 모폴로지 처리 결과 영상은 그림 9의 이진 모폴로지 처리 결과 영상에 비하여 작은 지형지물의 외곽선도 추출함을 알 수 있다. 명암 모폴로지 처리 결과 영상의 히스토그램은 그림 10-(A)의 대부분인 검은 주위 부분은 화소의 명암 밝기값의 0에 가깝게 피크 (pick)를 나타내었고, 상대적으로 적은 지형지물의 명암 밝기값은 마크된 부분에서 적은 피크를 나타낸다.

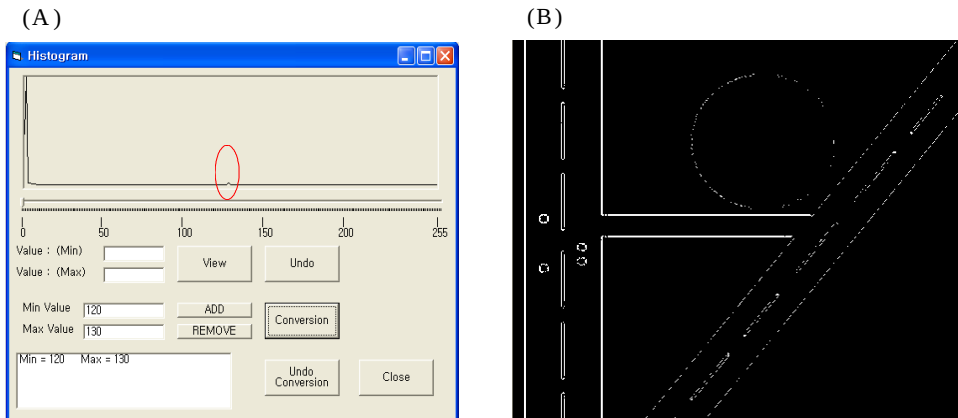


그림 11. (A)명암 모폴로지 처리 결과 영상의 히스토그램 분석,
(B)히스토그램 분석 결과 영상.

명암 모폴로지 처리 결과 영상 내에서 화소의 밝기값들은 다양하게 분포한다. 본 프로그램의 검증 예시를 위한 단순 영상에서는 다양한 분포 즉 여러 개의 히스토그램 상의 피크는 존재하지 않지만 시각적으로 파악 될 수 있는 피크는 존재한다. 이에 그림 11-(A)에 서와 같이 명암 모폴로지 처리 결과 영상의 히스토그램상에서 피크를 나타낸 부분의 영역을 선정하여 그 범위에 속하는 영상 내의 화소값들을 추출하고자 하였다. 그림 11-(B)는 그 결과 영상으로서, 히스토그램 분석상 설정된 화소 밝기값 120~130의 범위에 존재하는 화소들을 추출하고 그 이외의 화소 밝기값의 범위에 속한 화소들은 제거된 것이다.

그림 12는 그림 11-(B)의 영상을 Conversion 기능을 이용하여 역상 전환 하여 추출된 지형지물을 보다 좋게 시각화 한 것이다.

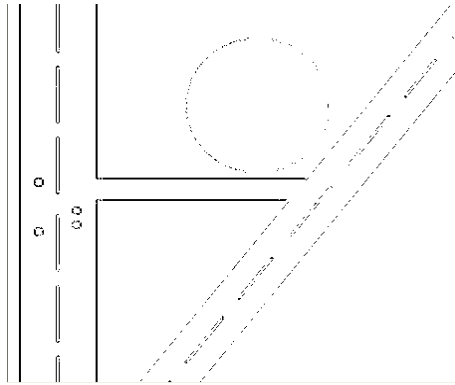


그림 12. 히스토그램 분석의 결과
영상의 역상 전환.

제 2 절 이진 모폴로지 처리 프로그램의 적용

개발 프로그램의 실질적인 적용을 위해 그림 13의 구리시 고속도로 위성영상 정보를 사용하였다. 사용된 영상내에서 주된 지형지물은 고속도로이다. 이진 모폴로지 처리는 기본적으로 이진(Binary) 영상을 처리하기 위한 알고리즘으로서, 입력 영상은 이진 영상이어야만 한다. 개발된 프로그램에서는 내부적으로 입력 영상을 이진화하기 때문에 칼라(Color), 이진(Binary), 명암(Gray-scale)영상 어떠한 종류라도 입력 영상으로 호출 할 수 있다. 이와 같게, 명암 모폴로지 처리에서는 내부적으로 입력 영상을 명암 영상으로 변환한다.

그림 14는 프로그램에서 호출된 구리시 입력영상을 이진 침식(Erosion) 처리 한 결과 이다. 프로그램상 침식 연산의 경우 입력 영상과 설정된 마스크(Mask)에 의해 구현 되며, 마스크의 크기 및 종류에 따라 다양한 용도의 필터 역할을 한다. 마스크를 영상의 모든 화소들을 지나면서 마스크와 비교되어 'hit or miss transformation'이 발생하여, 마스크상에서 1인 영역이 모두 영상 영역 안에 포함되는 경우 그 지점의 픽셀은 0으로 아니면 1으로 지정하게 된다. 결과, 그림 14에서 보는 바와 같이 어떠한 지형지물의 화소 분포 너비가 줄어 든 것을 확인 할 수 있다. 이를 간단한 도식으로 표현 하면 그림 15와 같다.



그림 13. 이진 모폴로지 처리를 위한
구리시의 입력 영상.



그림 14. 입력 영상의 이진 침식 처리
결과 영상.

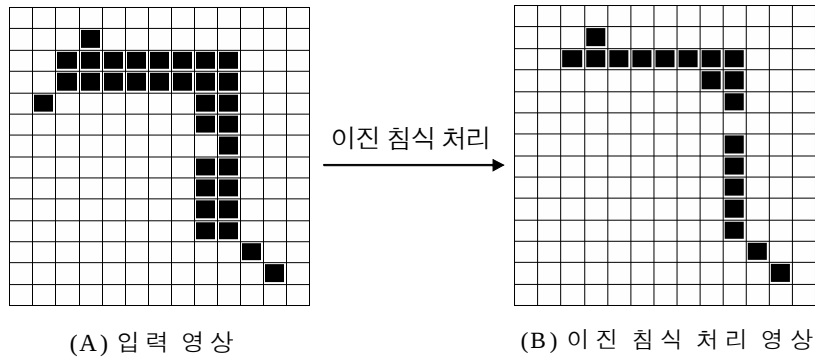


그림 15. 이진 침식 처리 결과 후의 화소들의 변화.

그림 16은 프로그램에서 호출된 구리시의 입력영상을 이진 팽창 (Dilation) 처리 한 결과 이다. 팽창 연산의 경우 마스크상에서 1인 영역이 하나라도 입력 영상에 존재하면, 그 지점의 픽셀을 0으로 지정하고 아니면 1로 지정하여, 지형지물을 구성하는 화소들이 확장한 결과를 나타낸다. 이를 간단한 도식으로 표현 하면 그림 17과 같다.



그림 16. 입력 영상의 이진 팽창 처리 결과 영상.

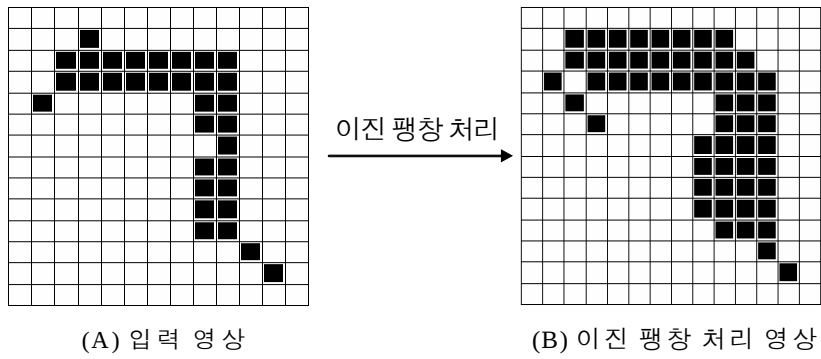


그림 17. 이진 팽창 처리 결과 후의 화소들의 변화.

그림 19는 개방과 폐쇄 개념을 이용하여 원본 영상을 이진 팽창 처리 한 후 이진 침식 처리한 결과를 영상 빼기를 하여 영상 내 지형지물의 외곽선을 추출 한 것이다. 팽창 처리를 한다는 것은 지형지물을 구성하는 화소들의 확장을 의미하고, 침식 처리는 화소들의 축소를 의미한다. 그리하여 일정 부피를 갖는 화소들의 집합은 동일 위치지만, 상대적으로 적은 부피를 갖는 화소들을 제거함으로써, 지형지물의 외곽선을 추출 하는 개념이다. 즉, 지형지물의 내부는 팽창 처리와 침식 처리에 의해 화소들의 변화가 없는 반면에 지형지물의 외곽선을 구성하는 외부는 팽창 또는 침식 처리에 의해 확장하거나 제거 된다. 이를 간단한 도식으로 표시한 것이 그림 18이다.

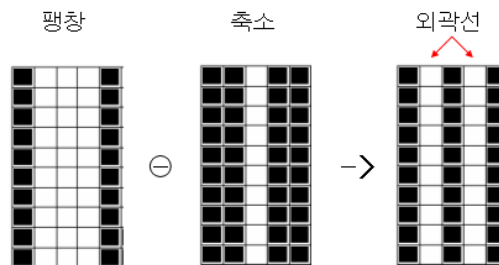


그림 18. 외곽선 추출 개념.

그림 20은 그림 19의 지형지물의 외곽선을 시각적으로 보다 좋게



그림 19. 원본 영상의 지형지물의 외곽선을
추출한 결과 영상.
하기 위해 역상 전환한 결과 영상이다.

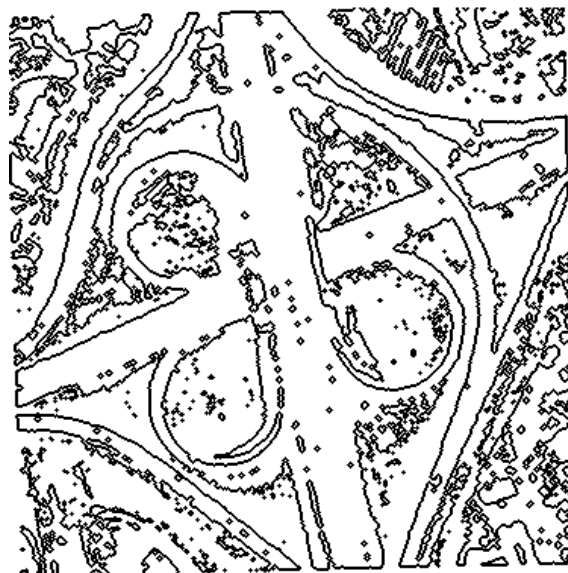


그림 20. 지형지물 추출 결과 영상의
역상 전환.

그림 21은 프로그램에서 입력 영상으로 사용된 서울 성북구 일부 지역 IKONOS 영상이다. 이 영상은 이전 구리시 영상의 도로 지형지물의 단순함 보다 많은 건물 지형지물이 포함되어 있어 본 프로그램의 적용 예시를 들고자 하였다.



그림 21. 서울 성북구 일부 지역의 IKONOS 영상.

그림 22는 그림 21의 원본 영상을 이진 모폴로지 처리를 통하여 지형지물의 외곽선을 추출한 결과 영상으로서, 건물의 대략적인 형태를 구분 할 수 있다. 이진 모폴로지를 통하여 영상 정보의 지형지물 외곽선을 추출 하는 경우에 있어서 대상 지형지물의 크기가 고려되어야 할 것이다. 단독 주택 지형지물에 있어서 많은 잡음들이 형성되고 지형지물 자체의 윤곽이 제대로 추출 되지 못하였다. 그에 반하여 비교적 큰 건물이나 공터 지역의 외곽선은 보다 나은 결과를 산출 하였다. 그림 23은 그림 22의 역상 전환한 결과 영상이다.

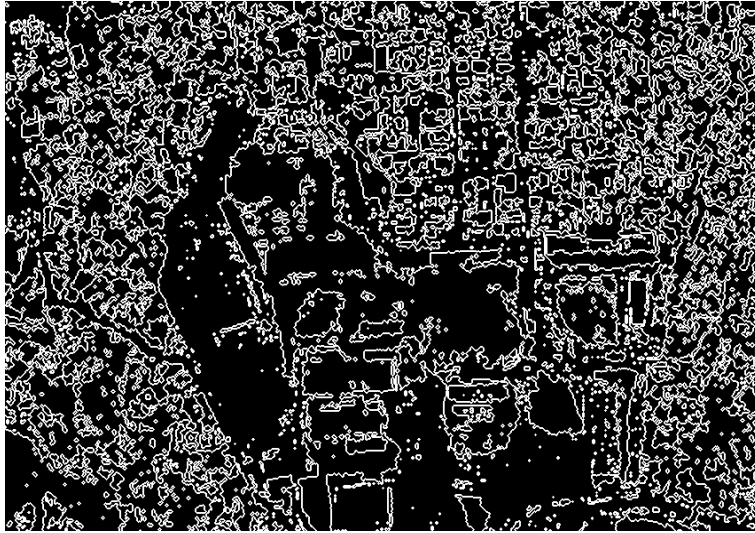


그림 22. 원본 영상의 지형 지물 외곽선 검출 결과 영상.



그림 23. 지형지물 추출 결과 영상의 역상 전환.

그림 24는 이전의 작은 지형지물에 비하여 비교적 큰 아파트 지형 지물을 포함하고 있는 남양주시의 IKONOS 일부 영상이다. 이진 모폴로지 처리를 이용하여 작은 지형지물을 포함하고 있는 영사의 외곽선 추출은 그다지 만족스럽지 않아, 남양주시 일부 지역의 아파트 단지를 포함하고 있는 영상을 실험 분석 하였다.



그림 24. 남양주시 일부 지역의 IKONOS 영상.

그림 25는 이진 방법과 같이 원본 영상을 호출하여 이진 모폴로지 처리를 이용하여 영상 내 지형지물의 외곽선을 추출한 것이다. 결과, 아파트 단지의 전체적인 아파트 지형지물의 형상이 추출 되었음을 알 수 있다. 그러나, 지형지물 하나하나를 분석하고자 할 경우, 이 결과 영상 역시 그다지 만족스럽지 못하다. 보다 나은 시각적 효과를 위해 그림 26과 같이 역상 전환한 영상에서도 그다지 좋은 효과를 얻어내지 못하였다.

이러한 이진 모폴로지 처리 기법의 분석하고자 하는 지형지물의 제약 조건을 극복하고자, 다음 장에서 명암 모폴로지 처리 기법을 각각의 동일 영상을 적용 및 분석 하였다.

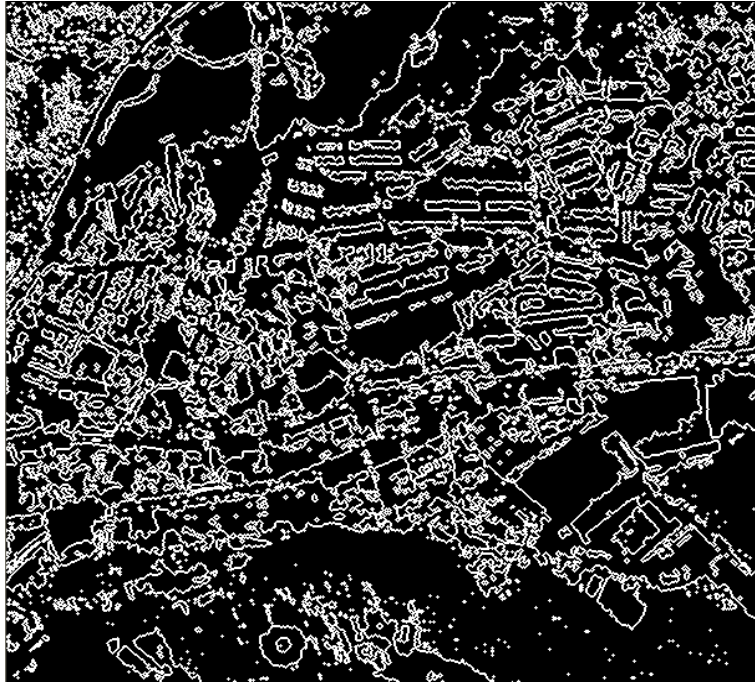


그림 25. 원본 영상의 지형 지물 외곽선 검출 결과 영상.



그림 26. 지형지물 추출 결과 영상의 역상 전환.

제 3 절 명암 모폴로지 처리 프로그램 구현 및 적용

이진 모폴로지 처리 기법상의 제한점을 극복하고자 영상의 단순한 이진화 후 지형지물의 외곽선 추출이 아니라, 영상의 명암 밝기값 자체를 이용한 명암 모폴로지 처리 분석을 하였다.

명암 모폴로지 처리는 기본적으로 명암(Gray-scale) 영상을 처리하기 위한 알고리즘으로서, 입력 영상은 명암 영상이어야만 한다. 명암 모폴로지 처리 역시 이진 모폴로지 처리와 같게 개발된 프로그램에서 내부적으로 입력 영상을 명암화 하기 때문에 칼라(Color), 이진(Binary), 명암(Gray-scale)영상 어떠한 종류라도 입력 영상으로 호출 할 수 있다.

그림 27은 이진 모폴로지 처리에서와 같은 구리시의 위성영상을 입력영상으로 하여 명암 침식한 결과 영상이다. 명암 침식을 통하여 얻어진 영상은 입력 영상의 모든 화소 밝기가 어두어 지는 효과를 나타낸다. 이에 반하여 명암 팽창 처리는 입력 영상의 모든 화소 밝기를 밝게 하는 효과를 가져온다.

명암 영상 내 화소 들의 밝기값은 0~255의 범위를 갖는다. 원본 영상을 명암 팽창 처리를 하면 동일 위치의 화소의 명암 밝기는 보다 큰 값을 갖는다. 또한, 명암 침식 처리는 동일 위치의 화소의 명암 밝기를 보다 작은 값을 갖게 된다. 이에 명암 팽창 처리한 영상에서 명암 침식 처리한 영상의 차를 이용하여 영상 내 지형지물의 외곽선을 검출 하였다 (그림 28).

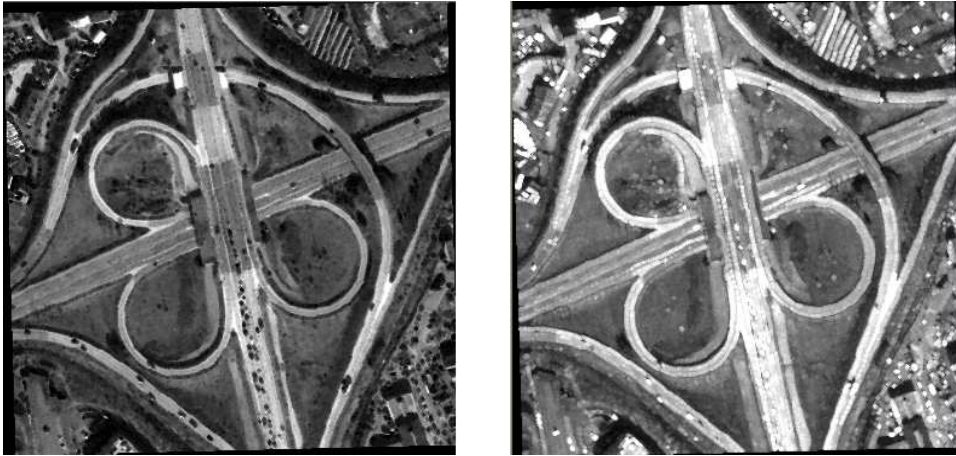


그림 27. 원본 영상의 명암 침식 처리 영상(A), 명암 팽창 처리 영상(B).



그림 28. 명암 모폴로지 처리 결과 추출한 지형지물의 외곽선 영상.

명암 모폴로지 처리 결과로서 나타난 지형지물의 외곽선은 단순한 0 또는 1의 값을 가지지 않는다. 원본 영상의 화소들은 0~255의 밝기값을 갖게 되고 명암 모폴로지 처리 결과의 지형지물 외곽선 역시 0~255의 범위를 갖는다. 이에 시각적으로 보다 나은 결과를 추출하기 위하여

명암 모폴로지 처리로서 추출된 결과 영상은 이진화 하여 단순화 한 것이 그림 29 이고, 이 영상의 역상 전환 한 것이 그림 30 이다.

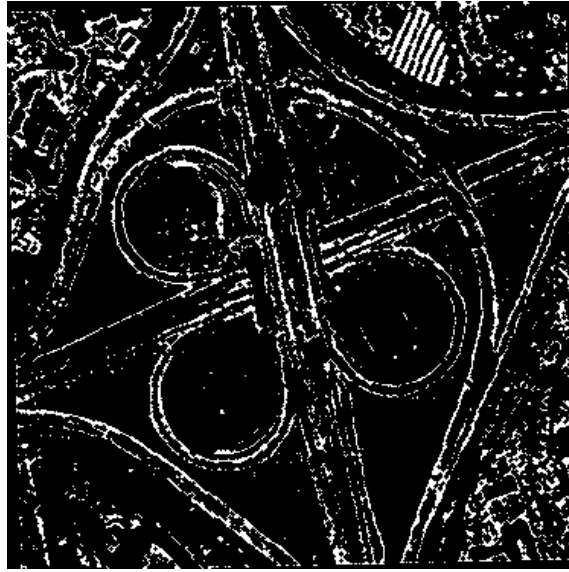


그림 29. 명암 모폴로지 처리 결과
영상의 이진화 영상.

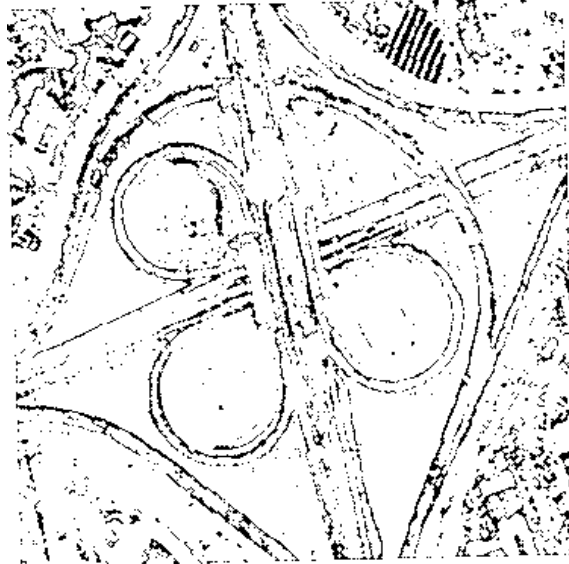


그림 30. 모폴로지 처리 결과 영상의
이진화 후 역산 전환.

그림 31과 그림 32는 각각 서울 성북구 일부 지역의 위성 영상과 남양주시 일부 지역의 위성 영상을 입력 영상으로 하여 명암 모폴로지 처리를 통한 지형지물 외곽선을 추출한 결과 영상이다.



그림 31. 서울시 일부 지역의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상.



그림 32. 남양주시의 명암 모폴로지 처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상.

제 4 절 명암 모폴로지 처리 영상의 히스토그램을 이용한 경계치 분석

입력 영상의 명암 모폴로지 처리 결과로서 얻어진 지형지물의 외곽선 추출 영상은 명확한 배경과 지형지물 간의 경계가 모호하다.

시각적으로 지형지물의 외곽선은 영상 내에서 보다 밝게 나타나지만 내부적으로 일정한 명암 밝기값을 갖는 것이 아니기 때문이다.

이에 명암 모폴로지 처리 결과 영상의 히스토그램을 분석하여, 사용자 입력에 의한 경계치를 설정하여 추출하고자 하는 범위의 지형지물만을 추출 하고자 하였다.

그림 33은 히스토그램에서 명암 밝기값의 경계치를 설정하여 시브 필터링(Seive filtering)하는 첫 단계로서, 영상의 히스토그램을 분석하여 추출 하고자 하는 지형지물의 밝기값을 입력하는 과정이다. 입력 영상은 대부분 0의 밝기 값에 치중 되어 있어 이를 배제 하고, 보다 높은 밝기 값을 갖는 지형지물의 외곽선을 추출하기 위해 예시적으로 100~150의 범위를 설정하였다. 설정한 입력 값은 'Wiew' 버튼을 클릭함으로써, 영상에서 바로 붉은 색의 화소들로 표시되고 'Undo' 버튼을 이용하여 이를 해제 하는 기능을 구현하였다.

그림 34는 사용자의 명암 밝기값의 범위를 선택한 후 'ADD' 버튼을 이용하여 실질적으로 프로그램상에 그 범위 값을 입력하는 과정을 나타낸다.

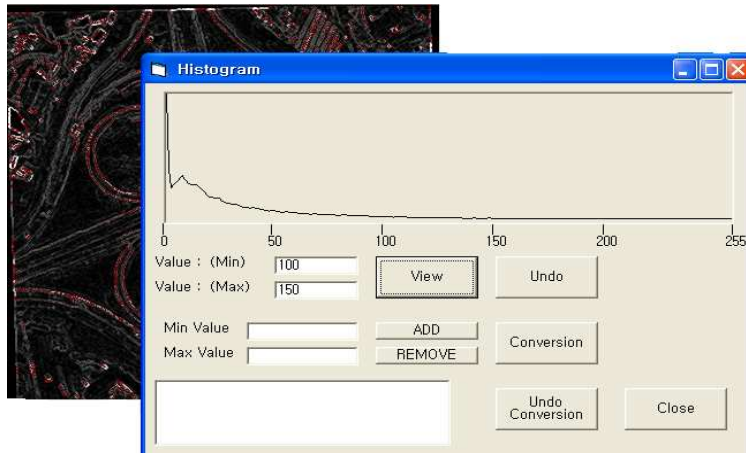


그림 33. 히스토그램에서의 경계치 설정 (100~150).

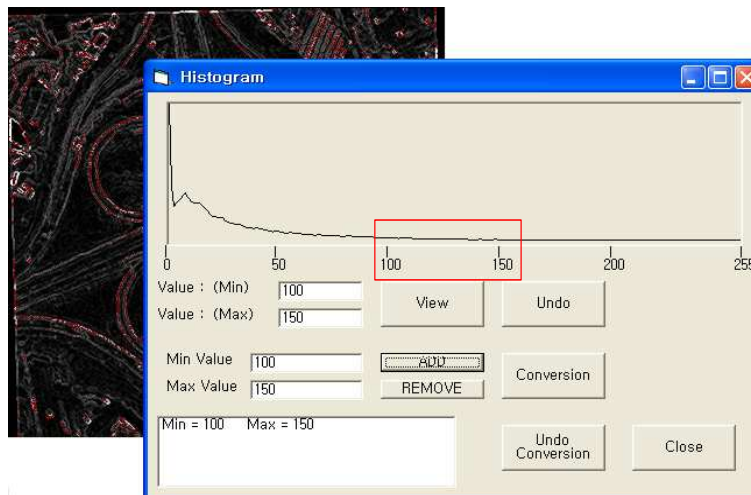


그림 34. 히스토그램에서의 경계치 입력 (100~150).



그림 35. 히스토그램에서 설정된 입력범위의
밝기값을 갖는 화소들의 추출.



그림 36. 경계치를 설정하여 추출한 결과
영상의 역상 전환.

그림 35는 그림 34에서 설정된 100~150의 명암 밝기값을 갖는 화

소들을 추출한 결과 영상이고, 그림 36은 이의 역상 전환한 영상이다. 그림 34의 히스토그램에서 주변 화소인 0값을 갖는 화소들을 배제하고 붉게 표시된 100~150의 범위에서 피크가 존재하여 100~150의 범위를 경계치로 설정하였다.

하나의 경계치를 설정함에 있어서 많은 화소들이 제거됨을 볼 수 있다. 하지만 명암 영상에 있어서 동일 지형지물 일지라도 좁은 일정 범위의 밝기값을 갖지 않기 때문에 경계치 설정에 있어서 히스토그램상 분산되어 있는 피크들을 여러 경계치를 설정하는 시브 필터링을 통하여 보다 효과적인 지형지물의 외곽선을 추출하고자 하였다.

그림 37은 이전의 단일 경계치 설정에 추가하여 히스토그램상에 또다른 피크를 나타내는 60~80 범위의 경계치를 설정하였다.

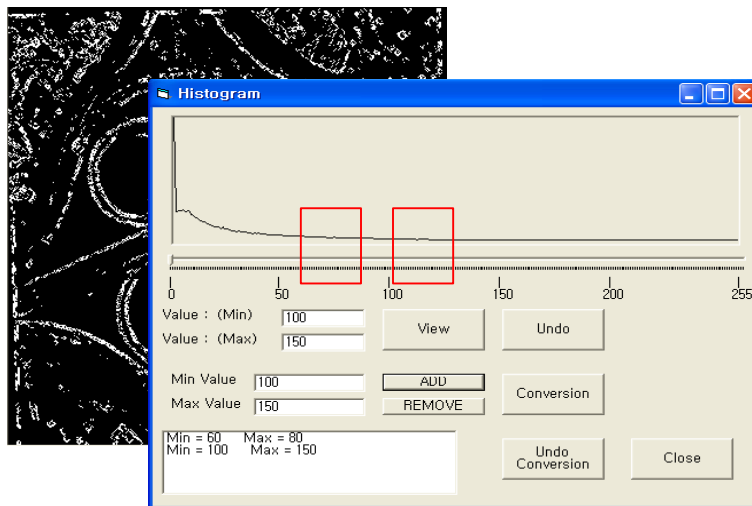


그림 37. 히스토그램에서 두개의 경계치 설정
(60~80, 100~150).

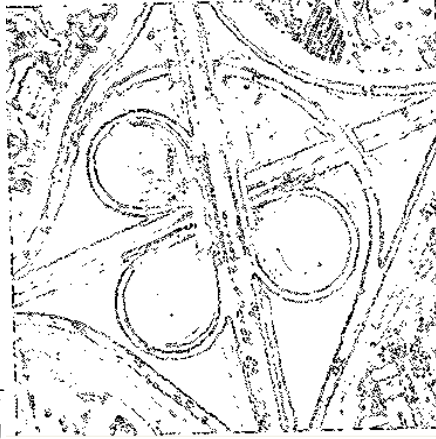


그림 38은 100~150의 경계치를 설정하여 추출한 결과 영상이다. 그림 39는 입력 영상인 서울 성북구 일부 지역의 위성영상을 30~100의 경계치를 설정하여 그 명암 밝기값에 속한 화소들을 추출한 결과 영상이다. 그림 40에서 보는 바와 같이 히스토그램에서 검은 주변 환경의 화소들을 배제 하고 피크를 나타내는 범위 즉, 30~100의 경계치를 설정 하였다.



그림 39. 히스토그램에서 설정된 입력범위의 밝기 값을 갖는 화소들의 추출.

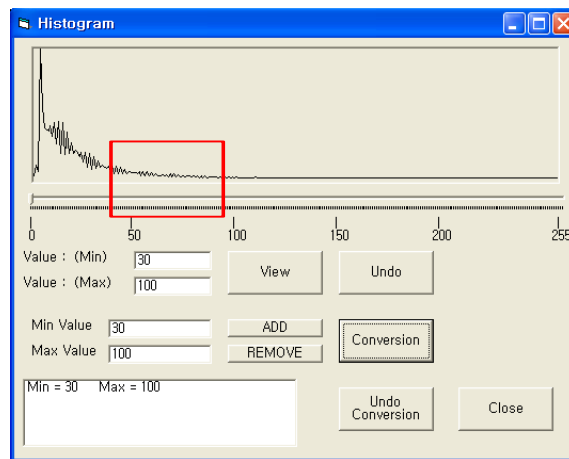


그림 40. 히스토그램에서 경계치 설정 (30~100).

그림 41은 보다 나은 시각화를 위해 30~100의 경계치를 설정하여 지형지물의 외곽선을 추출한 결과 영상의 역상 전환한 영상이다.



그림 41. 경계치(30~100)를 설정하여 추출한
결과 영상의 역상 전환.

그림 42는 경기도 남양주시의 위성영상을 입력영상으로 하고 경계치를 30~110으로 설정하여 그 명암 밝기값에 속한 화소들을 추출한 결과 영상을 역상 전환 한 것이다. 그림 43에서 주변 화소인 0값을 갖는 화소들을 배제하고 피크가 존재하는 30~110의 범위를 경계치로 설정하였다.

또한 동일 영상의 히스토그램 그림 45에서 경계치의 세분화를 위해 피크를 갖는 범위를 30~60, 70~75, 95~110으로 설정하고, 그림 44의 결과 영상을 추출하였다. 이는 불필요한 지형지물 정보를 추출하는 것을 배제하기 위함이다.



그림 42. 남양주시 영상에 경계치(30~110)를 설정하여
추출한 결과 영상의 역상 전환.

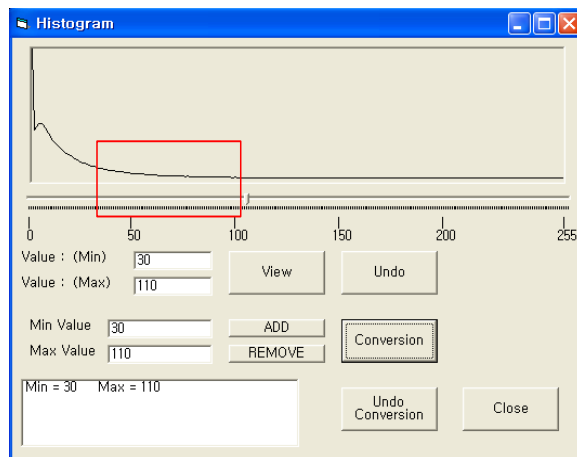


그림 43. 히스토그램에서 경계치 설정
(30~110).



그림 44. 남양주시 영상의 3가지 경계치를 설정하여 추출한 결과 영상의 역상 전환.

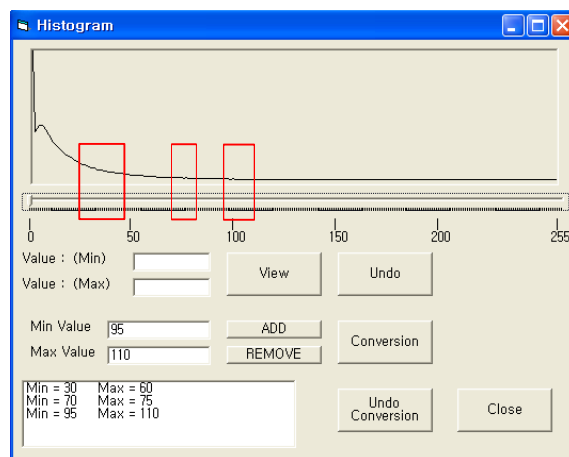


그림 45. 히스토그램에서 경계치 설정 (30~110, 70~75, 95~110).

제 4 절 시브 필터링 결과 영상의 에지 강화 및 적용

시브 필터링(Sieve Filtering)을 통해 얻어진 영상 내에 존재하는 지형지물의 외곽선은 화소 단위 차원에서 이어지지 않은 부분이 존재한다. 이에 특정 크기의 마스크(mask) 단위로 영상 내 픽셀들을 이동하면서 결핍된 화소들을 채워줌으로써, 화소들을 이어주고 결과 지형지물의 외곽선을 보다 뚜렷하게 나타내는 효과를 갖는다.

그림 46은 3×3 크기의 마스크 단위에 존재하는 화소들의 형태 및 방향성을 구분 한 것이다. 왼쪽 상단의 첫 마스크에서 화소들은 북서쪽에서 남동쪽으로의 방향성을 갖고, 오른쪽 하단의 마스크에서는 이와 반대로 북서쪽에서의 방향성을 갖는다. 이에 두개의 마스크가 비스듬하게 접하고 있다면 그 사이에 결핍된 두개의 화소를 채워 줌으로서 영상 내 지형지물의 외곽선을 이어 주게 된다.

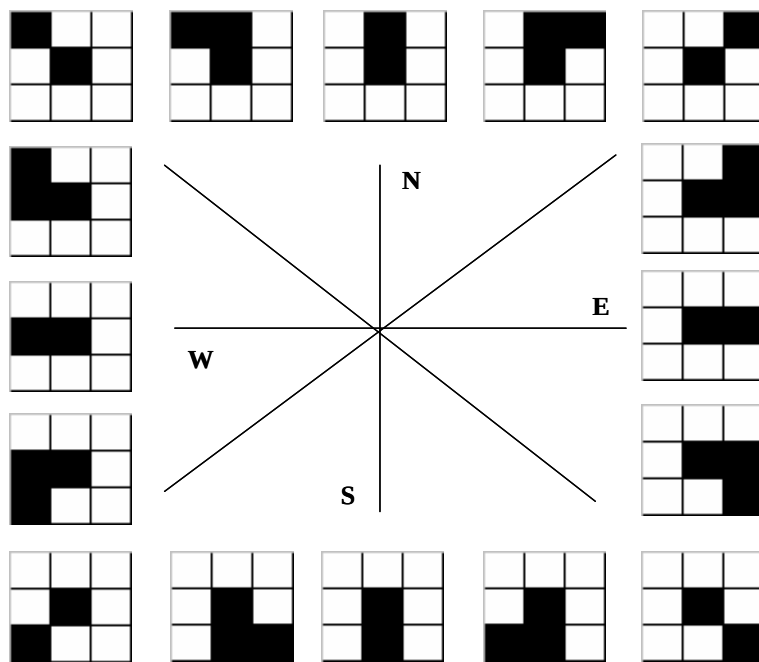


그림 46. 연결되지 않은 외곽선의 연결 방향.

그림 47은 경기도 구리시 일부 지역 영상의 시브 필터링 결과 영상(그림 38)의 내부적으로 연결되지 않은 화소들을 채워 줌으로서 영상을 강화 시킨 것으로서, 지형지물의 외곽선 특히 도로의 외곽선을 뚜렷하게 구분되고, 서울 성북구 일부 지역 영상의 시브 필터링 결과 영상(그림 41)을 강화한 그림 48에서 역시 주요 건물들의 외곽선이 뚜렷해 진 것을 볼 수 있다.

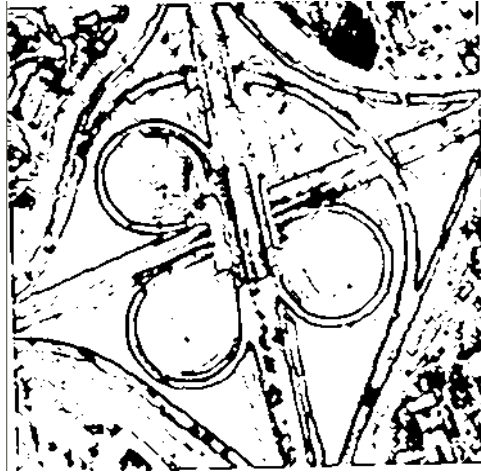


그림 47. 구리지역 고속도로 위성영상의
시브 필터링 결과 영상의 강화.



그림 48. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의
시브 필터링 결과 영상의 강화.

그림 49는 ISPRS sample 영상(그림2-(A))을 강화시키기 위한 단계로서, 경계치를 설정하여 지형지물의 외곽선을 추출한 것이고, 이를 보다 나은 시각화를 위하여 역상 전환한 것이 그림 50이다.

그림 49. ISPRS sample 1 영상의 명암 모폴로지
처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상.

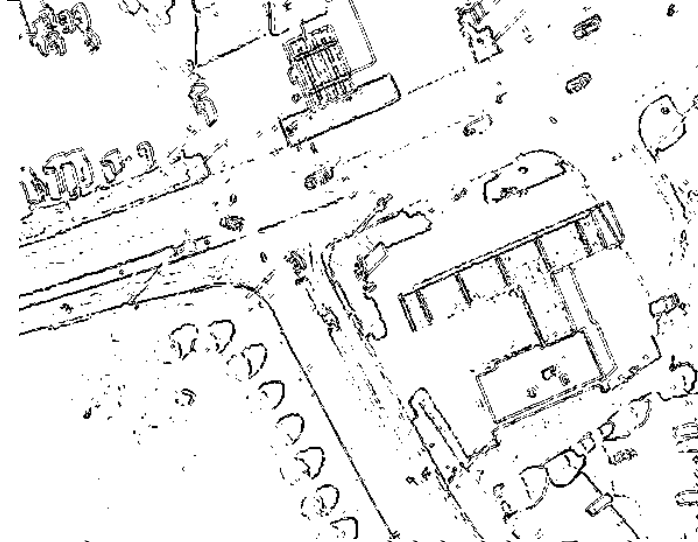
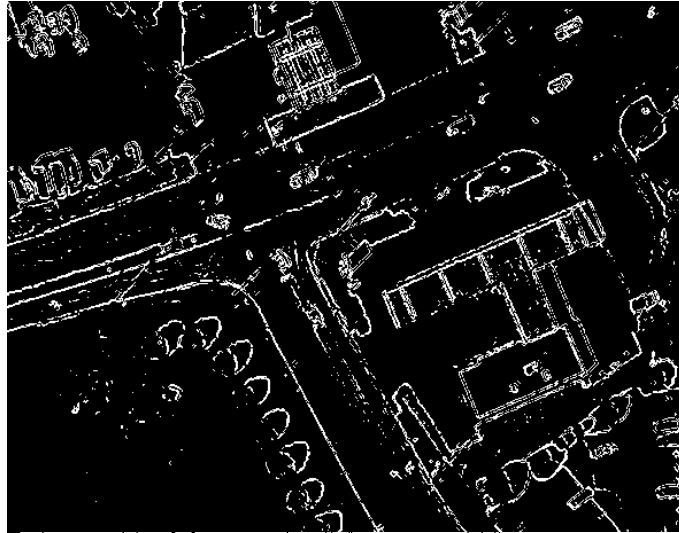
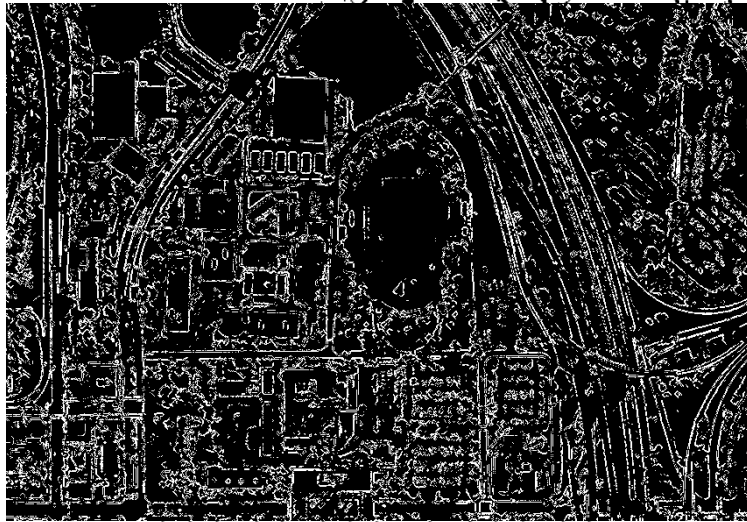
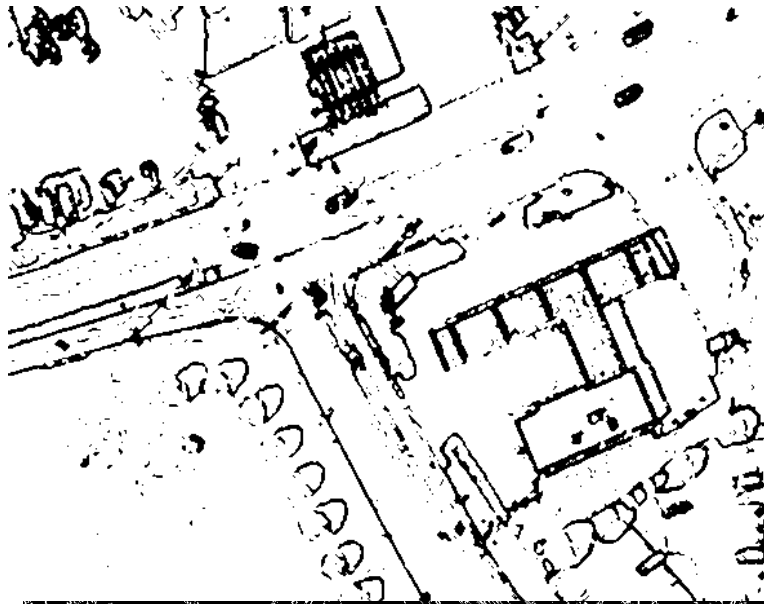


그림 50. ISPRS sample 1 영상의 명암 모폴로지
처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상의 역상.

최종적으로, 시브 필터링을 거친 영상 내 존재하는 지형지물의 외곽선을 강화 시킨 영상이 그림 51이다. 그림 50과 비교하였을 때 지형지물의 외곽선이 보다 뚜렷해 진 것을 확인 할 수 있다.

그림 51. ISPRS sample 1 영상의 처리 결과 강화.

그림 52. ISPRS sample 2 영상의 명암 모폴로지



처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상.

그림 52 역시, ISPRS sample 영상(그림 2_(B))을 강화시키기 위한 단계로서, 경계치를 설정하여 지형지물의 외곽선을 추출 한 것이고, 이를 보다 낫은 시각화를 위하여 역상 전환한 것이 그림 53이고, 최종적으로, 영상내 존재하는 지형지물의 외곽선을 강화 한 것이 그림 54이다.

그림 53. ISPRS sample 2 영상의 명암 모폴로지
처리에 의한 지형지물의 외곽선 영상의 역상.

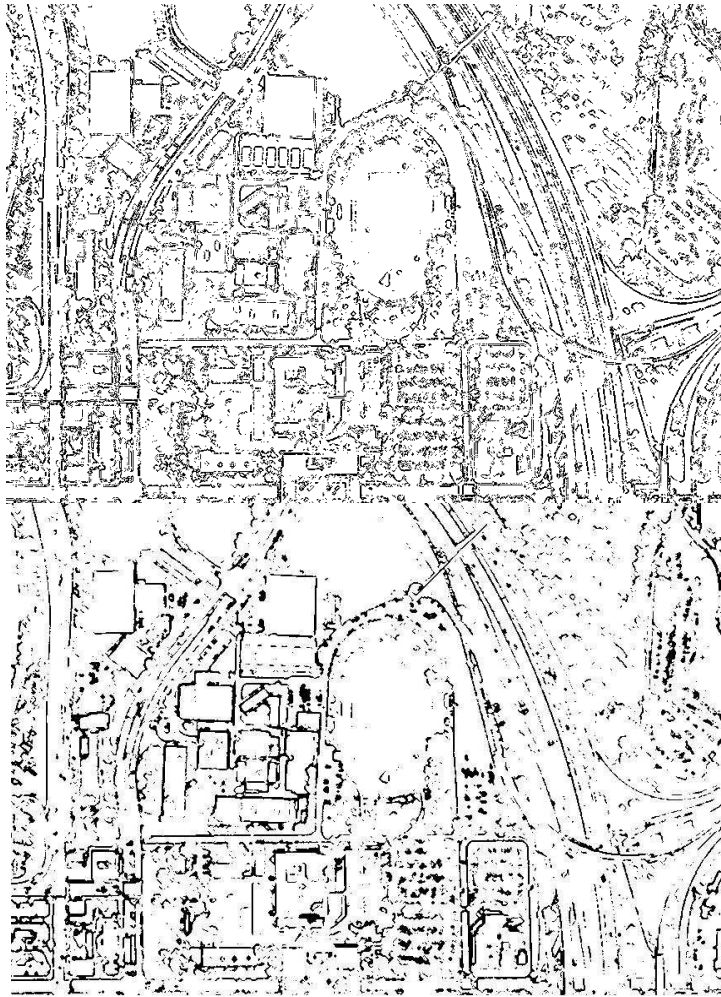


그림 54. ISPRS sample 영상의 처리 결과의 강화.

제 5 절 이진, 명암 모폴로지 처리와 시브 필터링 적용 및 에지 강화 결과 분석

본 연구는 여러 종류 및 대상 지역의 영상을 이용하여, 이진 모폴로지 처리, 명암 모폴로지 처리 그리고 명암 모폴로지 처리 후의 히스토그램 분석을 통한 시브 필터링을 적용 하였다. 이에 각각의 결과 영상의 지형지물의 외곽선 추출 결과 영상을 비교 하고자 한다.

그림 55. 구지지역 고속도로 위성영상의 이진(A), 명암(B) 모폴로지 처리, 역상전환(C), 지형지물 강화(D) 영상.

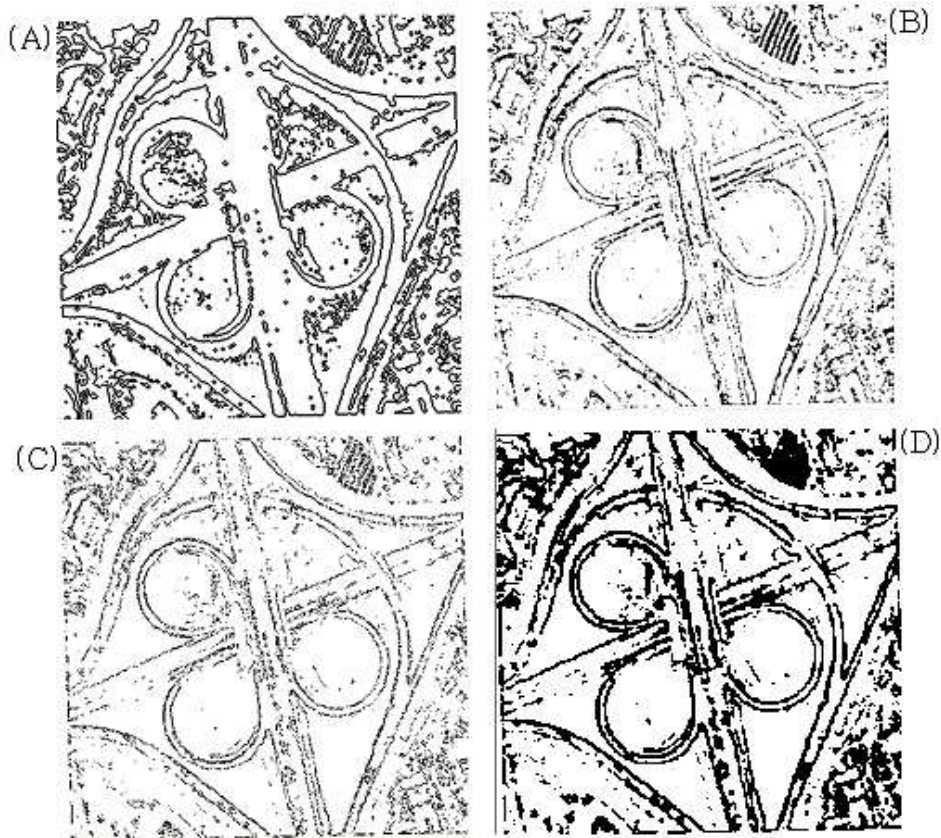


그림 55는 구리지역 고속도로 위성영상의 이진 모폴로지 처리 (그림 55-(A)), 명암 모폴로지 처리 (그림 55-(B)) 그리고 경계치 설정 (그림 55-(C)) 결과 영상, 지형지물 외곽선의 강화 (그림 55-(D))를 나타낸다. 결과 영상은 서로 많은 차이를 나타내어 사용자의 목적에 따라 서로 다른 결과 영상을 사용 할 수 있지만, 영상 내 지형지물의 외곽선을 검출 결과로서 이진 모폴로지 처리 결과 영상 보다 명암 모폴로지 처리 결과 영상이 보다 나은 결과를 추출하였다. 그림 55-(B)와 그림 55-(C)를 비교 할 시, 경계치를 보다 세분 설정한 그림 55-(C)가 보다 잡음이 적다. 또한 그림 55-(D)의 최종적인 외곽선 강화 영상은 보다 나은 시각화를 가져온다.

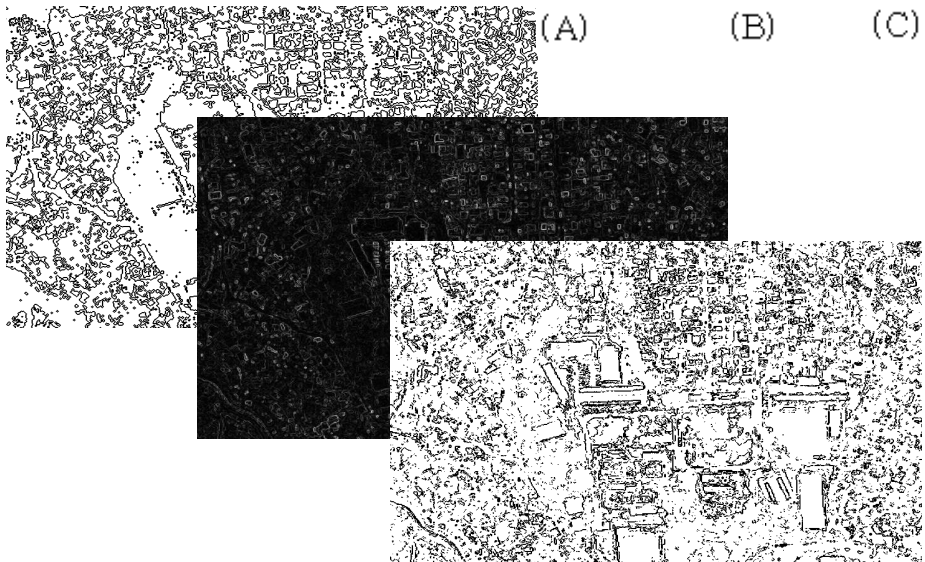


그림 56. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의 이진(A),
명암(B) 모폴로지 처리, 시브 필터링(C) 결과 영상.



그림 57. 서울 성북구 일부 지역 위성영상의
시브 필터링 결과 영상의 강화.

그림 56과 그림 58은 각각 서울 성북구 일부 지역과 남양주시 일

부 지역의 위성영상의 이진 모폴로지 처리(그림 56-(A)), (그림 58-(A)), 명암 모폴로지 처리 (그림 46-(B), 그림 58-(B)) 그리고 시브 필터링(그림 56-(C), 그림 58-(C)) 결과 영상을 나타내고, 그림 57은 그림 456의 시브 필터링 결과 영상을 강화 한 것이다. 각각의 적용 결과 역시 이진 모폴로지 처리 보다는 명암 모폴로지 처리 결과 영상을 시브 필터링한 결과 영상이 지형지물의 외곽선을 추출하는데 효과적으로 나타났다.

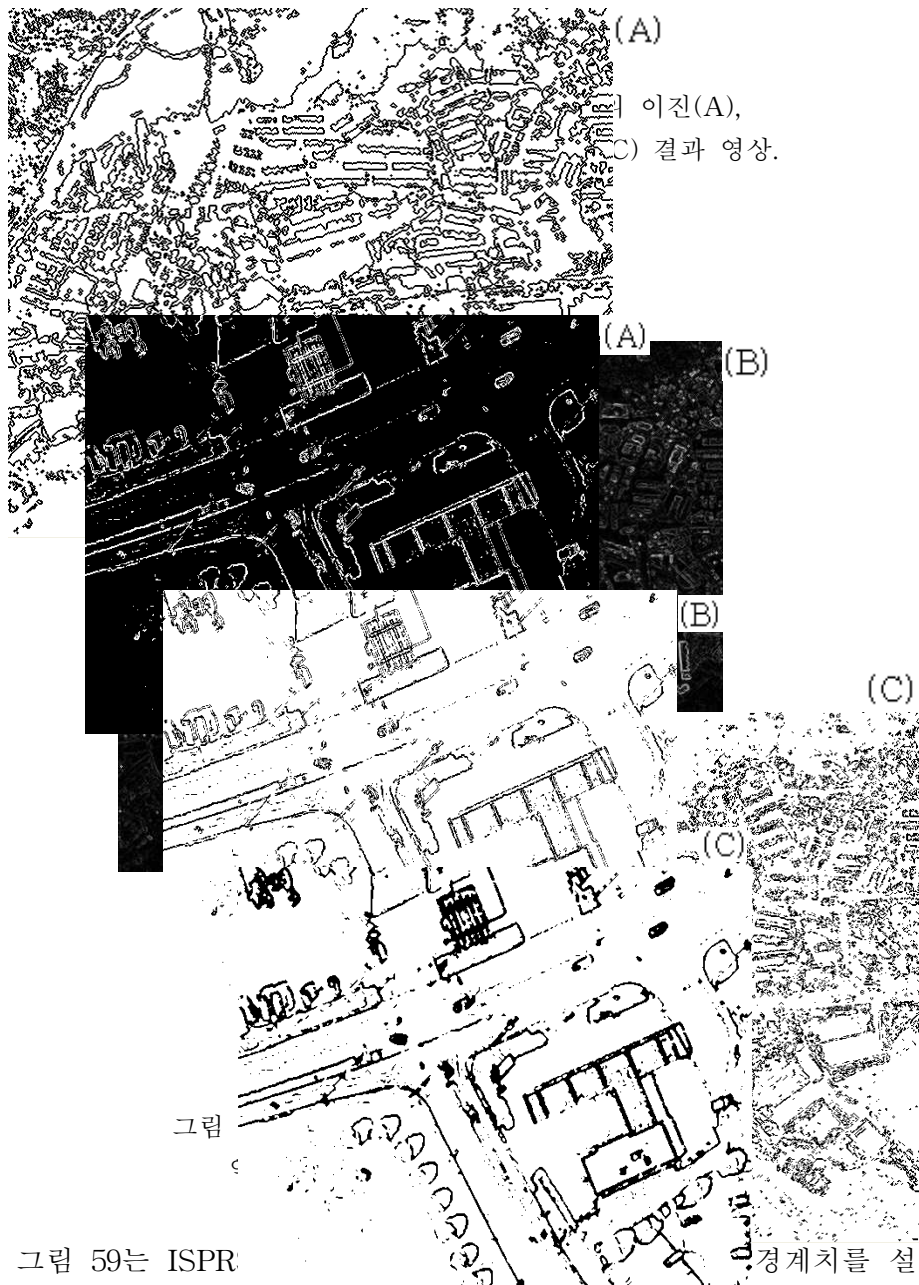


그림 59는 ISPR 경계치를 설정한 시브 필터링 결과 영상(그림 59-(A))과 그것의 역상 전환(그림 59-(B)) 그리고 지형지물 외곽선의 강화(그림 59-(C)) 영상을 나타낸 것이다. 이는 이전 적용 예시 영상보다 단순하고 뚜렷한 지형지물을 나타내는 영상에서 보다 낫은 지형지물 추출 결과를 볼 수 있다.

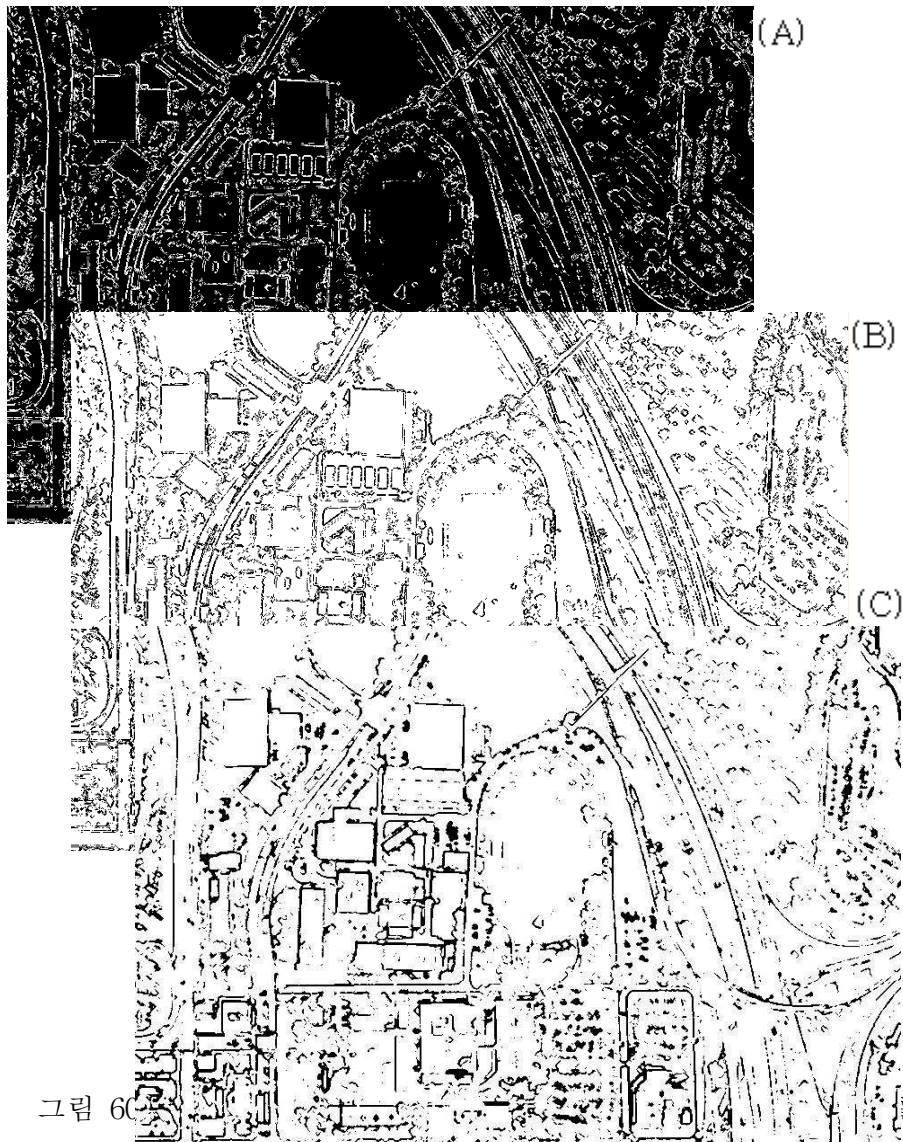
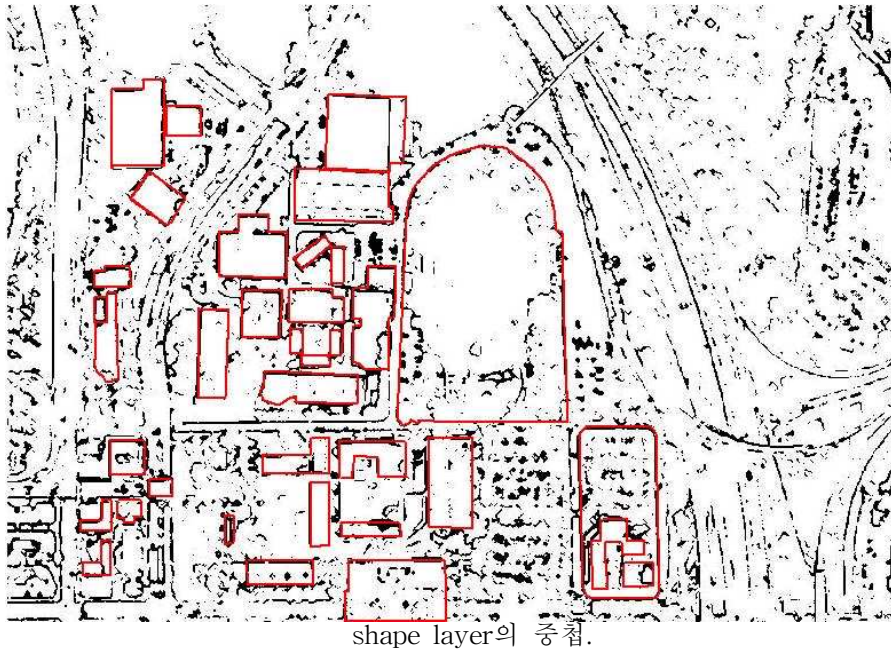


그림 60. (A) 원본 영상을 설정한 시계열 영상 처리 프로그램으로 처리한 영상(그림 60-(B)) 그리고 지형지물 외곽선의 강화(그림 60-(C)) 영상을 나타낸 것이다. 강화된 영상에서 특히 건물 지형지물의 외곽선이 뚜렷하게 나타난 것을 볼 수 있다. 이에 사전에 생성한 일부 건물 지형지물의 shape layer를 중첩하여 본 연구에서 최종적으로 지형지물의 외곽선을 추출한 영상을 비교한 것이 그림 61이다.

그림 61. ISPRS sample 2 영상의 외곽선 강화 결과 영상과



shape layer의 중첩.

제 4 장 결 론

본 연구에서는 이진 모폴로지, 명암 모폴로지 그리고 시브 필터링을 이용하여 영상 내 지형지물의 선구조를 자동으로 추출하는 소프트웨어를 개발하고, 구리시 고속도로와 서울 성북구 일부 지역 경기도 성남시의 영상에 실제로 적용해 보았다. 이진 모폴로지와 명암 모폴로지 처리의 장점으로 기존의 허프 변환 방법과 GDPA 알고리즘을 이용하여 선구조를 추출하는 것에 비해 빠른 처리 결과를 내었다. 또한 허프 변환 방법과 GDPA 알고리즘에서는 사용자 입력 변수를 필요로 하나 본 연구의 모폴로지 처리는 사용자의 주관적인 판단이 배

재된 객관적인 선구조 자동 추출 방법이다. 명암 모폴로지 처리에서 히스토그램 편집을 이용하여 단순한 명암 모폴로지 처리 결과 영상 보다 좋은 결과를 얻을 수 있고, 이를 외곽선의 강화를 통해 한층 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 사용자의 목적 또는 영상에 존재하는 지형지물의 양상에 따라 동일 지역의 영상 일지라도 각각의 영상 처리 기법의 결과는 경우에 따라 선택적으로 적용 될 수 있다. 또한 동일 지역의 영상 촬영 시간상의 차이를 갖는 여러 영상을 본 연구 프로그램을 이용하면 시대상 지형지물의 변화를 탐지 할 수 있을 것이다.

모폴로지 처리를 이용하여 영상내 물체의 외곽선을 추출하는 연구는 다양하게 이루어져 왔으나, 최근 고해상도 영상이 일반화 되면서 기존의 모폴로지 처리가 도시 및 교통 환경분석에 효과적으로 이용 가능해 질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 강 동중, 하 종은, 2003, Visual C++을 이용한 디지털 영상처리, 사이텍미디어
권 준식 등 (공역), 2000, 디지털 영상처리: 이론및 실제, 홍릉과학출판사
김원균, 이운수, 원중선, 민경덕, 이영훈, 1997, 원격탐사자료의 수치표
고모형을 이용한 옥천대 남서 경계부의 선구조 분석연구, 자원환경지
질학회
오세경, 이기원, 2004, 도시교통 환경분석을 위한 위성영상정보 처리 모폴
로지 연사 기법의 적용, 대한원격탐사학회
이태희, 2002, Lineament extraction from landsat TM, JERS-1 SAR and
DEM for geological applications, 서울대학교 석사학위논문
Costa, R. D. and Starskey, J., 2001, PhotoLin: a program to identify and
analyze linear structures in aerial photographs, satellite images, and maps,
Computers & Geosciences
Davies, E. R., 1997, *Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*,
Academic Press.
Dong, P, 1997, Implementation of Mathematical Morphology Operations for

- Spatial Data Processing, Computers & Geosciences
- Donnay, J.-P., Barnsley, M. J. and Longley, P. A., 2001, Remote Sensing and Urban Analysis, GISDATA 9, Taylor and Francis
- Fitton, N. C. and S. J. D. Cox, 1998, Optimising the Application of the Hough Transform for Automatic Feature Extraction from Geoscience Images, *Computers & Geosciences*
- Lee, K. and Y.-C. Yu, 2002. Automatic Extraction of Road Network using GDPA (Gradient Direction Profile Algorithm) for Transportation Geographic Analysis, *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing*
- Ryu, H. Y., K. Lee, and B.-D. Kwon, 2003, Comparative Study of GDPA and Hough Transformation for Automatic Linear Feature Extraction, ACRS-ISRS 2003 Proceeding.

감사의 글

석사 과정에 들어서고 어느덧 2년의 시간이 지나 이렇게 졸업 논문을 쓰게 되었습니다. 학업 과정 저의 지도 교수님이신 이기원 교수님은 인생의 선배로서, 지도 교수로서 저에게 각별한 관심과 지도를 주신 점 어떻게 감사드릴 수 없을 정도입니다. 항상 저의 본분을 일깨워 주신 점 어느 누구라도 그렇게 신경 써 주지 못했을 것입니다. 졸업 논문 결실의 마지막에 이렇게라도 제 마음을 담아 감사드립니다. 석사 과정의 기초를 다져주신 충남대학교 송무영 교수님과 학업 과정 중 많은 관심과 지도를 해주신 이봉규 교수님, 김남운 교수님, 이두성 교수님, 방갑산 교수님, 지준 교수님, 이관우 교수님께도 감사드립니다.

항상 웃음을 짓게 만들어야 할 자식 된 자로서 특히 올해 유난히도 근심만을 갖게 한 부모님께 죄송할 따름입니다. 석사 과정의 작은 결실이지만 부모님께 그 기쁨을 드리고 싶습니다. 같이 서울 생활을 하고 있는 동생 세원이 에게도 고마움과 앞날의 행복을 기원하고, 옆에서 많은 도움과 위로를 준 Tamami에게 고마움을 전합니다.

마지막으로, 동고동락한 김승태 선배님, 홍인기 선배님, 류 희영씨, 문선희씨, 전소희씨 그리고 불쑥 연락해도 기꺼이 만남을 가져주고 기쁨과 슬픔을 같이한 친구들과 후배들 광수, 은엽, 양희, 형욱, 선영, 현섭, 남근, 인숙, 용식, 신기, 정훈, 용현, 학훈, 승엽에게 감사의 말을 전합니다.

2004년 12월

오 세 경

ABSTRACT

Application of Mathematical Morphology and Thresholding to feature extention and separation using satellite imagery

Oh, Se-Gyong

Major in Information system

Dept. of Information system

Graduate School of

Hansung University

Feature separation or extraction using remotely sensed imagery is one of the important tasks in application of remote sensing to GIS. For this purpose, grey-level mathematical morphology is regarded as one of effective approaches. In this study, a practical application program running on Windows OS for feature separation is implemented. Main feature of this program is an automatic functionality by sequential processing of opening, closing, erosion and dilation with grey level imagery.

By this function, consistent result related to feature separation can be obtained. Consequently, it is one of advantageous points compared to other approaches such as GDPA, Hough transformation, or other known algorithms. As well as this morphology operation, this program provides so-called "sieve filtering" which means the process of removing pixel clumps smaller than a given threshold or density slicing function to extract features based on a ranging of gray level values.

These functions are helpful to enhance morphologically processed result, and to separate feature types. It contributes to background removal, noise detection, or feature characterization in urban remote sensing. By using this

program, some case examples are performed and presented with several remotely sensed imageries with different spatial resolution. As the results, this approach by grey level morphological operation with multi-level thresholding or sieve filtering is one of effective feature separation methodologies due to automatic process and user-defined sieve filtering on given target with high resolution imageries composed of complicated features and large data size.