

선 일반화 기법을 이용한 표준해안선 제작

Coastline Map Production Using Line Simplification Method

황순호* · 최연주**

Soon Ho Hwang · Youn-Ju Choi

요약 우리나라의 해안선은 삼면이 바다로 둘러싸여 국토 면적에 비해 해안선이 길고, 섬이 많아 해안선의 들고 나는 것이 복잡하여 엄청난 크기의 정보량을 가지고 있다. 따라서 소축적 자료에서 복잡한 해안선을 그대로 보여준다면 해안선의 특성을 파악하기가 어려울 수 있다. 이를 해결하기 위해서는, 해안선을 일정한 축척으로 축소시키고 복잡한 형태를 단순화하여 필요 없는 정보를 제거하는 일반화 과정이 필요하다. 본 연구에서는 해안선 일반화에 대한 다양한 기법에 대해 논의하고, 대천 및 광안리 해수욕장을 연구대상지로 선정하여 기법별 해안선 일반화를 수행하였다. 본 연구결과, D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이 해안선 일반화 모의에 적합한 것으로 나타났으며 최종적으로 B.S. 방법을 이용하여 축척별 표준해안선 제작을 수행하였다.

키워드 인공해안선, 자연해안선, 선일반화, 디지털라이징, 벡터화기법, D.P.알고리즘, B.S. 방법

Abstract The coastline of Korean peninsula is surrounded by three seas, longer than the land area and also complicated. So, it contains enormous amounts of information. Therefore, it can be difficult to apprehend the characteristics of the coastline if it shows the complexity of large scale map. To solve this problem, line simplification is needed to streamline the shoreline by reducing the coastline to scale and simplify complex forms of information. This study discusses the various techniques for line simplification of coastline and Daecheon and Gwangan area was selected for study area. As a result of this study, BS method performs well in simulating line simplification and we produced coast line data which was applied line simplification by scales.

Key words Artificial coastline, Natural coastline, Line simplification, Digitizing, Vectorization, D.P. algorithm, B.S. method

1. 서론

해안선은 법률적인 의미로서 중요도가 점차 증가하고 있고, 해안선 정보는 다양한 분야에서 사용되고 있다. 단, 국내 해안선은 국토 면적에 비해 해안선이 길고 복잡하여 해안선 정보를 사용할 시 엄청난 크기의 정보량을 가지고 있다. 따라서 소축적 자료에서 복잡한 해안선을 표현하는 것은 해안선의 특징 파악에 어려움을 가져다 줄 수 있고 해안선 정보를 이용할 시 대용량의 자료로 인해 자료 처리의 어려움이 생길 수도 있다. 따라서 대축적 자료로 만들어진 해안선 자료는 경우에 따라서 소축적 자료로 활용할 시 해안선 일반화 과정이 필요하다.

일반적으로 지도에 표현된 해안선 자료는 복잡한 현실 정보를 디지털 정보로 변환하기 위해 사실적 표현

이 아닌 일반화 과정을 거쳐 점, 선, 면의 기호로 구성되어 있다. 따라서 지도 일반화란 정보의 양을 줄이기 위해 대상물의 형태를 단순화하여 복잡성을 줄이는 것이라 할 수 있다. 하지만 일정한 기준을 갖지 않은 일반화는 해안선 정보의 왜곡을 가져올 수 있다 (김남신, 2003). 특히 해안선 자료가 해양 안전 자료로 사용될 경우에 해안선의 크기와 형태 간격 등이 왜곡될 경우 심각한 문제를 야기할 수도 있다. 따라서 해안선의 일반화 과정에는 표준화된 방법의 선정이 필요하며, 다양한 선 일반화 기법 모의를 통해 기법별 선일반화 결과의 차이를 분석할 필요가 있다.

지도 일반화는 1921년 독일의 지도학자인 Max Eckert가 최초로 과학적인 접근 방법을 제시하였다. Wight (1942)는 과장화에 대한 개념을 제시하였고, Robinson은 불규칙한 지도의 일반화를 위한 규칙을

설정하는 것은 불가능함을 밝혔다. 지도의 일반화는 과거 수십년동안 많은 연구가 수행되어 왔지만, 사람의 판단이 개입되지 않고서는 해결하기 어려운 과제로 여겨져 왔다 (국토지리정보원, 1998). 과거 종이지도 지면상에 대상물을 표현한 후에 대상물을 추가, 편집하는 것은 매우 어려운 고비용의 작업이었다. 그러나 기술의 발전으로 지도가 종이 아닌 수치지도로 제작되기 시작하면서 대상물 정보가 수치 형식으로 저장되어 표현할 대상을 선택하고, 모니터 상에서 쉽게 수정 및 제거하는 것이 가능해지고 지도의 일반화 기법도 다양한 연구가 진행되었다.

1960-1970년대에는 복잡한 데이터의 양을 감소시키는 간단한 기술들이 시도되었다. 예를 들면 Douglas-Peucker (1973년), Brophy (1972)와 Chaiken (1974)의 선 유선화 알고리즘 등이 제시되었다. 1980년대 초에는 McMaster (1983), Visvalingam과 Whyatt (1990), 등이 기존에 개발된 알고리즘들의 평가를 수행한 바 있으며, 1980년대 후반에는 McMaster와 Shea (1988), Nickerson 과 Freeman (1986) 등이 일반화에 대한 모델링과 법칙에 기초한 일반화 등 이전에 비해 포괄적이고 통합적인 기술들이 탐구되었다. 1990년대에는 일반화에 대한 국제적인 조직들이 결성되어, 일반화에 대한 이론을 조직화하고 실제 적용할 수 있는 기반을 마련하는 것으로 포괄적이고 유용성 있는 실험적인 연구가 가능해졌다 (한국전산원, 2003). 2000년대에는 GIS 응용 프로그램 및 지도 기반 웹서비스가 활성화되면서 자료의 용량을 줄이고 잦은 업데이트를 지원하기 위한 자동화 방안이 중점을 두고 연구가 진행되고 있다.

하지만 현재 다양한 해안선 일반화 기법을 모의하고 그 차이를 실제 사례에 적용하여 규명한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 비자동화 선일반화 기법을 포함하여 다양한 선일반화 기법을 대천 및 광안리 해수욕장의 인공 및 자연해안선에 대해 모의하고 그 결과를 비교하였다. 또한 본 연구 결과를 통해 표준화된 해안선 선 일반화에 필요한 최적 선일반화 기법을 선정하고 표준해안선을 제작하였다.

2. 선 일반화 기법 비교

2.1 수동편집방법 (Digitizing)

수동편집 방법은 숙련된 해도 작업자가 축척에 맞게 해안선을 편집하는 방법으로 해도 제작 규정에 따라 작업하는 것이다. 해도는 항해안전을 위해 제작하는 주제도로 정확한 위치의 해안선이 아닌 노간출입이나 암초 등 위험지역을 포함한 더 넓은 영역으로 제작되

는 것이 일반적이다. 작업자의 직접 편집은 기계적 오류는 적을 수 있으나 작업자에 따라 해안선 제작의 결과가 달라질 수 있는 단점이 있다.

2.2. 선 추출 방법 (Vectorization)

선 추출 방법은 이미 제작된 대축척의 해안선 자료를 변환하여 제작하고자 하는 축척의 래스터 자료로 변환한 뒤 셀의 중심점을 연결하여 다시 해안선을 추출하는 방법이다. 실제거리를 도상거리로 축소시킨 축척의 정의를 가장 잘 반영한 방법으로 축척에 따라 변하는 해안선의 형상을 가장 잘 나타내지만 소축척으로 갈수록 셀크기가 커져 오차가 커질 수 있다 (Fig. 1).

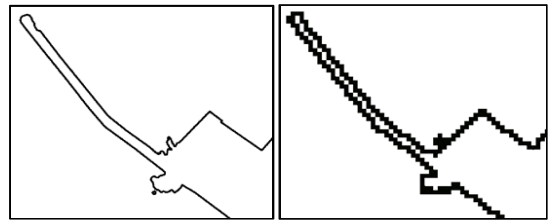


Figure 1. 1:5,000 coastline (left) and 1:50,000 coastline (right)

2.3 선 일반화 알고리즘

2.3.1 Ramer-Douglas-Peucker 알고리즘

Ramer-Douglas-Peucker 알고리즘은 복잡한 형태의 선 구조를 단순화 시키는 가장 대표적인 기법이다. 이 방법은 단순화 정도를 결정하는 최소기준치의 임계치 (tolerance band, ϵ)을 설정하여 점들을 제거하는 방식이다 (황철수, 1999). 상대적으로 타 기법 비해 형태의 큰 왜곡 없이 기존의 형상을 유사하게 나타낸다. 또한 연산이 단순하여 데이터 처리 속도가 빠르고 자료의 용량일 줄이는데 용이한 반면, 절점에서 꺾이는 각이 크기 때문에 절점이 뾰족하게 표현이 되고 심미적으로 불편하게 나타난다. Fig. 2은 Ramer-Douglas-Peucker

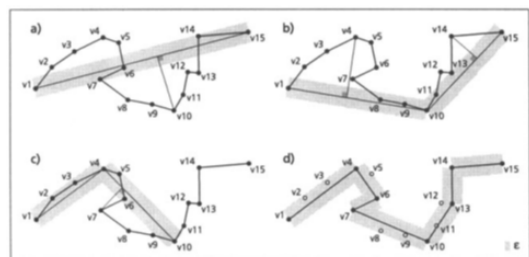


Figure 2. Ramer-Douglas-Peucker algorithm (Douglas and Peucker, 1973)

알고리즘의 방법을 도식화 한 것으로 다음과 같이 진행된다. 일반화할 곡선의 시작점과 끝점을 연결한 직선을 만들고, 양 끝점 사이에 있는 점 중에서 가장 먼 점에 대한 선분 거리를 구한다. 해당하는 선분의 거리가 ϵ 보다 멀리 있으면, 그 점을 새로운 꼭지점으로 삼아 직선들을 만든다. 만일 모든 점이 ϵ 안에 포함되는 경우, 해당 점들을 제거한다. 같은 과정을 반복하여 선을 단순화시킨다.

2.3.2 Bend simplify 알고리즘

Bend simplify 알고리즘은 지도제작자가 손으로 지도를 일반화할 때 사용하는 방법을 이용하여 만든 알고리즘이다. 이 방법의 경우 선을 여러 개의 bend 단위로 나누어 분석하고, 필요에 따라 이 bend를 확대하거나 삭제, 통합하는 방식으로 일반화한다. Fig. 3은 Bend simplify 알고리즘의 개념도를 도식화 한 것으로 그림과 같이 선분과 다음 선분이 이루는 절점에서 위상을 검토하여, 중요도가 낮은 (중요도는 tolerance로 결정) 선분을 제거해 나가게 된다. 따라서 기존의 선과 비교하여 거의 유사한 형상을 유지할 수 있으며 작은 곡선들을 제거하게 된다.

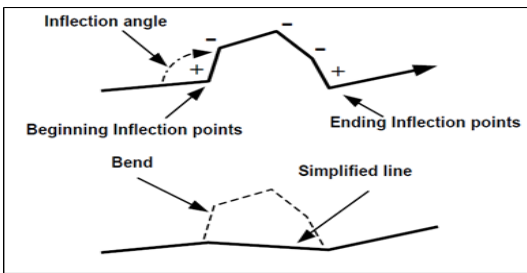


Figure 3. Bend simplify algorithm (Wang and Muller, 1998)

Bend simplify 알고리즘의 세부과정은 삭제(Elimination), 통합(Combination), 과장(Exaggeration)이 있다. Fig. 4와 Fig. 5는 Wang & Muller 알고리즘의 삭제연산을 나타낸 것으로 Bend의 local minimum을 골라내어 반복적으로, 사용자가 정한 문턱값 크기보다 작은 bend가 없을 때까지 시행한다. 통합연산은 세 개의 연속된 bend를 한 개의 bend로 통합하는 과정이며, 과장연산은 외따로 떨어져 있는 bend (isolated bend)를 두드러져 보이게 하는 연산이다.

본 연구에서는 여러 선일반화 기법 중에서 수동편집 방법 (Digitizing), 선 추출 방법 (Vectorization), Ramer-Douglas-Peucker 알고리즘, Bend simplify 알고리즘에 대해 모의를 대천 및 광안리 해수욕장을 대상으로 수행하고 표준해안선 제작에 필요한 기법을 선정하였다.

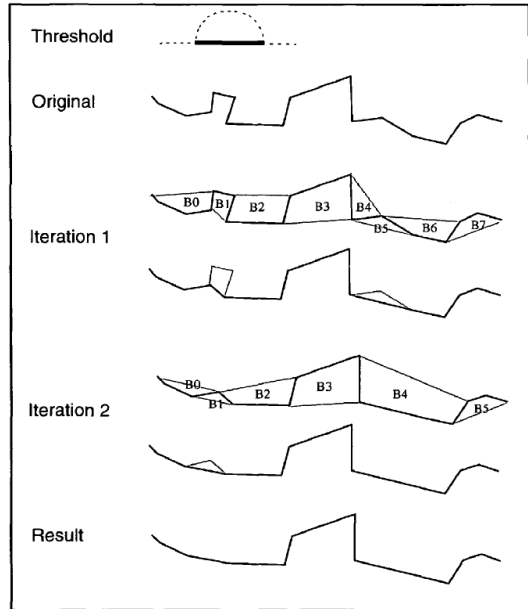


Figure 4. Deleting bend process of Bend simplify algorithm (Wang and Muller, 1998)

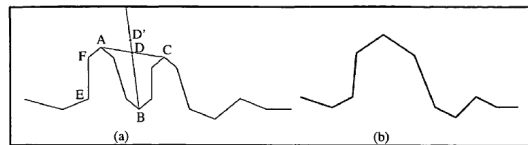


Figure 5. Merging bend process of Bend simplify algorithm (Wang and Muller, 1998)

3. 연구결과

3.1 선 일반화 기법별 표준해안선 제작 결과 비교

3.1.1 인공해안선 선 일반화 결과

인공해안선에 대하여 기법별로 선 일반화를 수행한 결과는 다음과 같다.

디지털라이징 방법의 경우 인공해안선의 전체적인 일반화는 잘 수행되었다고 할 수 있으나 디지털라이징 방법은 수동화 작업과 그에 따른 규정에 따라 일부 해안선이 삭제된 것을 확인할 수 있다 (Fig. 6).

벡터화 방법의 경우도 역시 전체적인 해안선 일반화 수행은 잘되었다고 할 수 있으나, 해안선과 해안선 사이의 거리가 좁은 지역에서 해안선 일반화 수행 오류가 나타나는 구간이 발생하였다 (Fig. 7). 이는 벡터화 방법 적용 과정에서 1:50,000 축척에 맞게 격자 자료로 작성하는 과정에서 격자와 격자 간에 간섭이 일어나기 때문이다.

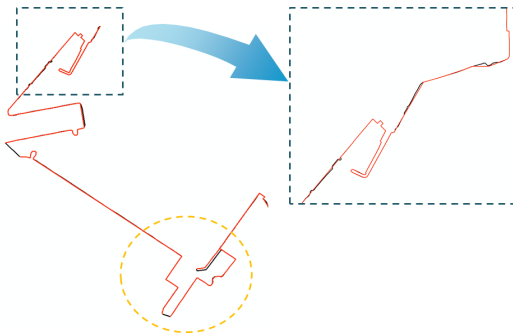


Figure 6. Results of digitizing on artificial coastline (Gwangan)

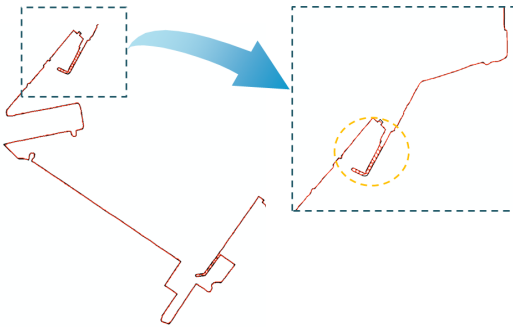


Figure 7. Results of vectorization on artificial coastline (Gwangan)

D.P. 알고리즘 일반화 (Fig. 8)의 경우와 B.S 알고리즘 일반화 (Fig. 9)는 모두 직선화되어 있는 인공구조물에 대한 선 일반화 수행이 잘 되고 있으며, 특히 B.S. 알고리즘의 경우에는 네 가지 알고리즘 중에서 기존 해안선과 거의 유사하게 일반화 수행이 되었음을 알 수 있다. 또한 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법을 비교해보면, B.S. 방법이 곡선 구간에서 기존 해안선과 거의 유사하게 일반화되었음을 알 수 있다. 반면에 D.P. 알고리즘 일반화의 경우 알고리즘 특성상 곡선 구간도 직선화되어 표현된다.

Table 1은 대전 및 광안리 해수욕장의 인공해안선을 대상으로 선일반화를 수행한 결과를 나타낸 것이다. 본 구간은 인공해안선이 복잡하지 않고 단순히 직선화된 형태로 이루어져 있기 때문에 각 일반화 기법 모두 해안선 길이 변화가 크지 않았다. 그러나 디지털라이징 방법과 D.P. 방법의 경우는 해안선 점 개수의 경우는 곡선으로 이루어진 구간들이 일반화되어 직선으로 표현되면서 해안선 길이 변화와는 달리 변화가 컸다. 단, B.S. 알고리즘의 경우에는 곡선 구간에서도 기존 해안선과 유사하게 일반화 되어 해안선 길이 및 점 개수의 변화가 거의 없었다. 또한 특이한 점은 벡터라이징 방

법의 경우 오히려 선, 길이, 점 개수가 증가하였는데 이는 벡터 자료인 선 자료를 격자화 함으로 인해 해안선이 계단형으로 추출되었기 때문이다. 기존 해안선과 일반화된 해안선과의 평균거리 오차는 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이 상대적으로 적게 나타났다.

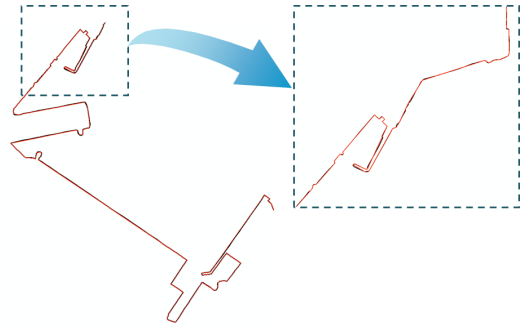


Figure 8. Results of D.P. algorithm application on artificial coastline (Gwangan)

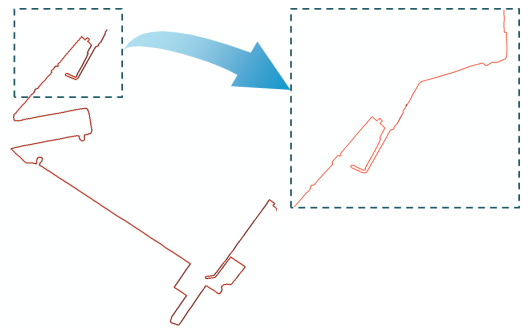


Figure 9. Results of B.S. method application on artificial coastline (Gwangan)

Table 1. Results of line simplification on artificial coastline

Category	Survey data (m)	Digitizing	Vectorization	Algorithm_DP	Algorithm_BS
Artificial coastline length (m)	11,292.99	11,237.89 (▼ 55.10)	11,375.15 (▲82.16)	11,242.34 (▼50.65)	11,291.76 (▼1.23)
Points (ea)	1,042	618 (▼ 424)	1,284 (▲242)	199 (▼843)	954 (▼88)
Error (m)	-	1.15	0.83	0.56	0.02

각 기법별로 인공해안선 일반화를 수행한 결과를 종합적으로 검토하여 보면 해안선이 단순하게 직선화되어 표현되는 경우는 네 가지 기법 모두 전체적인 일반화 결과가 좋게 나타났다. 하지만 디지털라이징 방법의 경우는 전자해도 목적에 맞는 일반화 규정으로 인해

해안선이 삭제되거나 단순하게 표현되어 기존 정보의 왜곡을 가져다 줄 수 있다. 또한 벡터화 방법의 경우에는 축척이 소축척으로 변할수록 해안선 격자가 커짐으로써 서로 다른 해안선이 겹치는 등의 오분류가 발생하고 특히 해안선 일반화 목적에 맞지 않게 해안선 길이 혹은 점 개수가 기존 해안선에 비해 증가하기도 한다. D.P. 알고리즘과 B.S. 방법은 해안선 일반화를 위해 개발된 알고리즘답게 기존 해안선의 특징을 잘 유지하면서 해안선 길이 및 점개수 감소 등의 일반화 결과가 원활히 수행되는 것으로 나타났다.

3.1.2 자연해안선 선 일반화 결과

자연해안선에 대하여 기법별로 선 일반화를 수행한 결과는 다음과 같다. 대천 해수욕장과 광안리 해수욕장 모두 자연해안선이 복잡하지 않고 단조로우며 소규모의 섬이나 암초 등도 적은 지역이다.

디지털라이징 방법의 경우 전체적인 해안선 일반화 수행은 잘 되었으나 전자해도 해안선 일반화 작업 규정으로 인해 소규모의 섬이 삭제되거나 곡선화되어 있는 선들이 직선화되어 표현되었다 (Fig. 10).

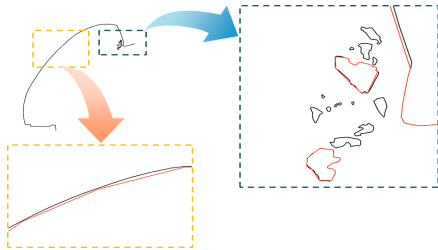


Figure 10. Results of digitizing on natural coastline (Gwangan)

벡터화 방법의 경우도 전체적인 해안선 일반화 수행은 잘 되었다고 할 수 있으나 단조로운 해안선도 격자화된 자료에서 추출함으로 인해 계단형으로 생성이 되고 특히 소규모의 암초가 있는 지역에서는 선의 표현이 명확히 표현되지 않거나 누락되는 부분이 있다 (Fig. 11).

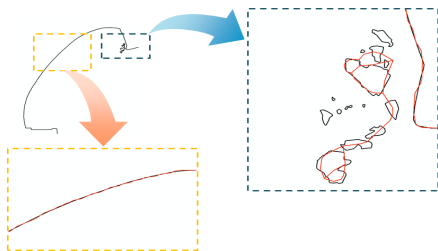


Figure 11. Results of vectorization on natural coastline (Gwangan)

D.P. 알고리즘의 경우 역시 단조로운 자연해안선 지역에서 해안선 일반화가 잘 수행되고 소규모의 암초들도 일반화되어 잘 표현하고 있다. 단, 곡선의 해안선이 지나치게 직선화되어 소규모의 암초들이 각지게 표현되어 있다 (Fig. 12). B.S. 방법의 경우에는 기존의 곡선화된 해안선도 잘 표현하고 있으며 소규모의 섬들도 그 형태를 잘 유지한 일반화 결과를 보이고 있다. 단, 매우 작은 간출암 등은 B.S. 알고리즘의 1:50,000 일반화 모의 시 설정해 준 Tolerance 값 이내를 만족하기 때문에 Tolerance 값 이내를 만족하기 때문에 삭제되어 표현되지만 이를 점 자료로 관리가 가능하다 (Fig. 13).

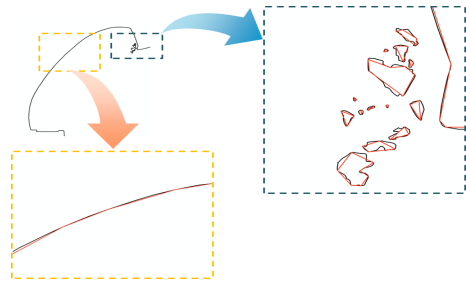


Figure 12. Results of D.P. algorithm application on natural coastline (Gwangan)

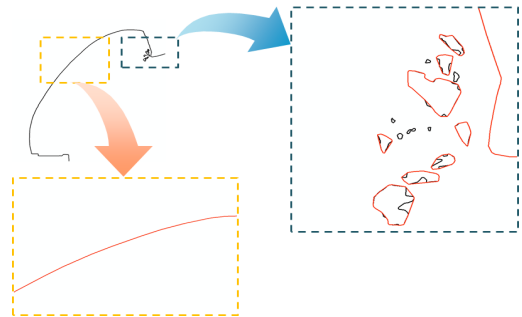


Figure 13. Results of B.S. method application on natural coastline (Gwangan)

Table 2은 대천 및 광안리 해수욕장의 자연해안선을 대상으로 선일반화를 수행한 결과를 나타낸 것이다. 대천 및 광안리 해수욕장의 자연해안선은 해안선이 단조로우 네 기법 모두 해안선 길이 변화가 크지 않았다. 하지만 주로 곡선으로 이루어진 자연해안선은 직선화될 경우 그 절점의 개수가 줄어들므로 디지털라이징 방법과 벡터화 방법 그리고 D.P. 알고리즘 방법의 점 개수가 크게 줄었다. 단, B.S. 알고리즘의 경우는 기존의 해안선에 대해 곡선도 잘 표현하고 있기 때문에 점 개수도 크게 줄지 않았다. 기존 해안선과 일반화된 해안선과의 평균거리 오차는 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이

상대적으로 적게 나타났다. 즉, 자료의 압축면에서는 디지털이징 방법과 벡터화 방법이 가장 나은 결과를 보였다.

반화된 해안선 자료와 1:50,000 축척에 맞게 일반화된 해안선 자료이다.

Table 2. Results of line simplification on natural coastline

Category	Survey data (m)	Digitizing	Vectorization	Algorithm_DP	Algorithm_BS
Artificial coastline length (m)	7,022.73	6,376.92 (▼645.81)	6,460.64 (▼562.09)	6,715.54 (▼307.19)	6,722.65 (▼300.08)
Points (ea)	2,9181	546 (▼28,635)	782 (▼28,399)	244 (▼28,937)	2,964 (▼26,217)
Error (m)	-	2.6	0.77	0.67	0.28

각 기법별로 자연해안선 일반화를 수행한 결과를 종합적으로 검토하여 보면 해안선이 단조로운 자연해안선의 경우, 모든 기법에서 선일반화가 잘 이루어지고 있으나 디지털이징 방법의 경우, 전자해도 작업 규정에 의해 생략되는 해안선이 존재한다는 한계가 있으며, 벡터화 방법의 경우 곡선의 해안선이 계단형으로 표현되는 단점이 있다. 따라서 일반화 수행시 기존의 형태를 잘 유지하며 해안선 길이 및 점개수 감소 등의 일반화 결과가 원활히 수행되는 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이 해안선 자료의 일반화에 유리하다고 할 수 있다.

3.2 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이 해안선 자료의 일반화 결과 비교

앞선 기법별 해안선 일반화 비교 결과를 바탕으로 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법이 해안선 일반화에 효율적인 방법인 것을 확인하였다. 다음은 B.S. 알고리즘과 B.S. 방법의 일반화가 제작 축척별로 어떤 특징을 보이며 두 알고리즘 중 ‘지도 데이터의 일반화’ 측면에서 적합한 알고리즘을 찾고자 한다. 따라서 축척별 선 일반화 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법 적용 결과를 비교 검토하기 위하여 대천, 진도, 속초, 광안리 지역을 대상으로 선 일반화 분석을 수행하였다 (Fig. 14). 본 분석에 사용된 해안선 자료는 1:25,000 축척에 맞게 일

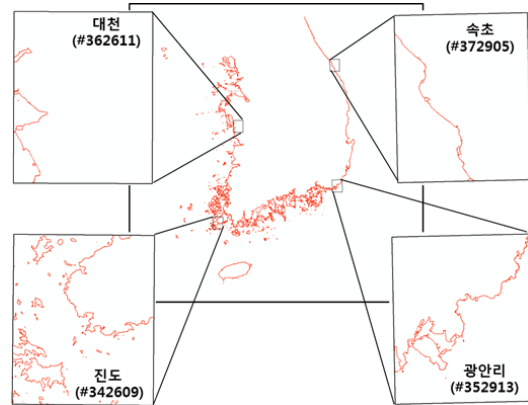


Figure 14. Study area

Table 3는 D.P. 및 B.S. 알고리즘 수행결과를 나타낸 것이다. 축척이 대축척 일 때 (1:25,000), D.P. 알고리즘의 해안선 길이 및 점 개수의 감소가 B.S. 알고리즘에 비해 상대적으로 많았으나 소축척 (1:50,000)으로 갈수록 큰 차이를 보이고 있지 않다.

따라서 해안선의 길이와 점 개수의 압축면에서는 D.P. 알고리즘이 나은 결과를 보이고 있다. 또한 거리 오차의 경우에는 두 축척에서 모두 B.S. 방법이 더 나은 결과를 보이고 있는데, 이는 D.P. 알고리즘이 곡선으로 표현된 구조물을 직선으로 표현하는 과정에서 오차가 커지기 때문이다. 하지만 인공해안선의 심미적 측면에서는 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법의 적용 결과를 각 축척별로 비교하여 봐도 작은 지역을 확대 (Fig. 15)하지 않는 이상 큰 차이를 보이고 있지 않다. 따라서 인공해안선의 일반화는 두 알고리즘 모두 기존의 해안선의 특징을 잘 표현하면서 일반화 수행을 원활히 수행하고 있다고 할 수 있다.

인공해안선이 주로 직선화되어 있고 해안선이 복잡한 경우가 많은데 비해 자연해안선은 주로 곡선화 되어 있고 복잡한 경우가 많으므로 D.P. 알고리즘과 B.S. 방법의 결과에 큰 차이를 보이고 있다. Fig. 16, Fig.

Table 3. Results of D.P. algorithm/B.S. method simulation (Artificial coastline)

Coastline	Algorithm	Length		Points		Error (m)
		m	Difference	number	Difference	
Survey data	-	209,071.26	-	51,833	-	-
1:25,000	D.P.	208,472.58	(▼598.68)	7,154	(▼44,679)	0.21
	B.S.	208,880.77	(▼190.49)	30,720	(▼21,113)	0.04
1:50,000	D.P.	182,827.41	(▼26,243.85)	4,685	(▼47,148)	0.32
	B.S.	183,190.39	(▼25,880.87)	21,741	(▼30,092)	0.11

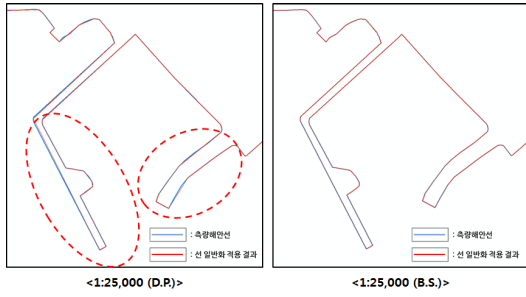


Figure 15. D.P. algorithm and B.S. method simulation on artificial coastline (1:25,000 scale)

17은 진도 지역의 작은 섬지역에 대한 D.P. 알고리즘과 B.S. 알고리즘의 해안선 일반화 결과로서 두 방법 간의 확연한 차이를 알 수 있다. D.P. 알고리즘의 경우에는 작은 섬 등이 직선화되어 표현됨으로써 원래 해안선이 가지고 있는 특징의 왜곡을 줄 수 있다. 반면에 B.S. 방법의 경우 작은 섬 등이 가지고 있는 곡선을 잘 표현하고 있으며 축척이 작아질수록 전체적인 특징을 잘 표현하면서 일반화 수행이 원활히 이루어지고 있음을 확인 할 수 있다.

단, Fig. 18과 같이 B.S. 알고리즘의 경우, 소규모의 간출암 등과 같이 알고리즘 모의에 앞서 정해 준 Tolerance 수치보다 작은 규모의 간출암 등은 삭제되는 문제점이 있다. 반면 D.P. 알고리즘의 경우에는 아무리 작은 규모의 대상이라도 삭제 시키지 않는다는 장점이 있다. 따라서 B.S. 알고리즘을 적용 시에는 삭제되는 소규모의 간출암 등을 점 (point) 자료로 관리

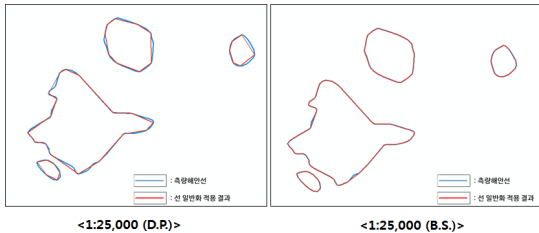


Figure 16. D.P. algorithm and B.S. method simulation (1:25,000 scale)

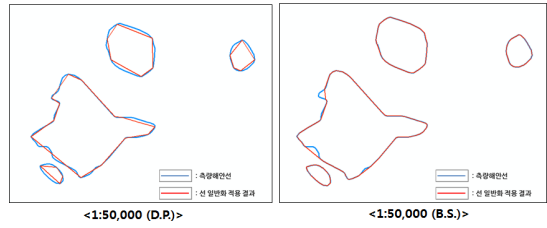


Figure 17. D.P. algorithm and B.S. method simulation (1:50,000 scale)

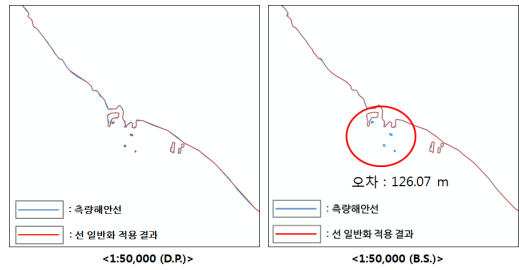


Figure 18. Comparison error of D.P. algorithm and B.S. method simulation (1:50,000 scale)

하는 것이 필요하며 본 모의에서도 삭제된 개체를 점 자료로 구축하였다.

Table 4는 D.P. 및 B.S. 알고리즘 수행결과를 나타낸 것이다. 축척이 대축척 일 때 (1:25,000), D.P. 알고리즘의 해안선 길이 및 점 개수의 감소가 B.S. 알고리즘에 비해 상대적으로 많았으나 소축척 (1:50,000)으로 갈수록 큰 차이를 보이고 있지 않다. 오히려 1:50,000 축척의 모의에서는 B.S. 알고리즘 방법의 해안선 길이가 더 많이 감소하였고 거리오차도 크게 증가한 것을 알 수 있다. 이는 앞서 기술한 바와 같이 소규모의 간출암 등이 소축척 모의에서 삭제됨으로써 발생한 것으로 수치적으로도 확인이 가능하다. 역시 자연해안선에서도 해안선의 길이와 점 개수의 압축면에서 D.P.알고리즘이 나은 결과를 보이고 있다. 결론적으로 비록 D.P. 알고리즘이 B.S. 알고리즘에 비해 해안선이나 점 개수의 압축면에서는 낮다고 할 수 있으나 D.P. 알고리즘의 경우 지나치게 직선화되어 일반화

Table 4. Results of D.P. algorithm/B.S. method simulation (Natural coastline)

Coastline	Algorithm	Length		Points		Error (m)
		m	Difference	number	Difference	
Survey data	-	381,901.1		330,709		-
1:25,000	D.P.	374,689.9	(▼7,211.19)	47,623	(▼283,086)	0.22
	B.S.	379,230.7	(▼2,670.40)	235,683	(▼95,026)	0.09
1:50,000	D.P.	340,992.9	(▼40,908.14)	34,123	(▼296,586)	0.33
	B.S.	339,382.7	(▼42,518.39)	156,048	(▼174,661)	0.48

를 수행함으로써 인해 기존 해안선 정보의 왜곡을 줄 수 있다는 단점이 있다. 비록 B.S. 알고리즘의 경우 D.P. 알고리즘에 비해 압축 정도가 적고 소규모의 간출암 등이 삭제된다는 단점이 있으나 기존 해안선의 특징을 잘 유지하며 일반화 수행이 가능하고 거리오차도 크지 않으며, 삭제된 개체는 점 자료로 별도 관리가 가능하기 때문에 해안선 자료의 선 일반화는 B.S. 방법이 유리하다고 할 수 있다.

4. B.S. 방법을 이용한 표준해안선 제작 결과

Fig. 19는 표준해안선을 제작하는 방법을 흐름도로 나타낸 것이다. 우선 자연해안선과 인공해안선 단위의 자료를 Dissolve 하여 알고리즘의 일괄적용이 가능하도록 한다. 또한 도곽별로 구분하여 알고리즘을 적용함으로써 해안선 자료를 도면으로 작성 할 시 발생하는 도곽 경계에서 해안선의 단절이 이루어지지 않도록 한다. 그 후 해안선 일반화 B.S. 알고리즘을 적용하며, 축척별 Tolerance에 만족하는 일반화가 수행될 수 있도록 모의가 이루어지게 된다. 해안선의 일반화 과정에서 삭제된 간출암, 소규모의 섬 혹은 위치적 중요성이 높은 개체들은 점 (point) 자료로 별도로 관리하게 된다.

Fig. 20은 축척별 B.S. 방법으로 모의한 해안선 일반화 결과이다. Fig. 20을 통해 보면 축척에 따라 선일반화 적용 결과의 변화를 확인할 수 있으며, 축척이 작아질수록 소규모의 섬이나 간출암들이 사라지고 복잡한

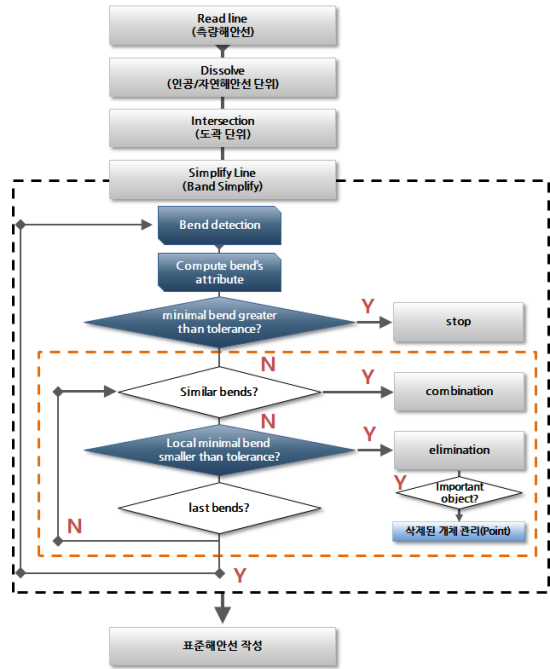


Figure 19. Flow chart

자연 해안선이 점차 단조롭게 표현되고 있다. 또한 방파제와 같은 인공구조물도 매우 작은 축척의 지도에서는 사라지고 표현되어 있지 않게 된다. 따라서 소규모의 섬이나 간출암 그리고 주요 인공해안선 등은 해안선 일반화 과정에서 사라진 경우 포인트 자료로 별도로 관리하여 해안선 자료의 안전 관련 분야 사용에 어

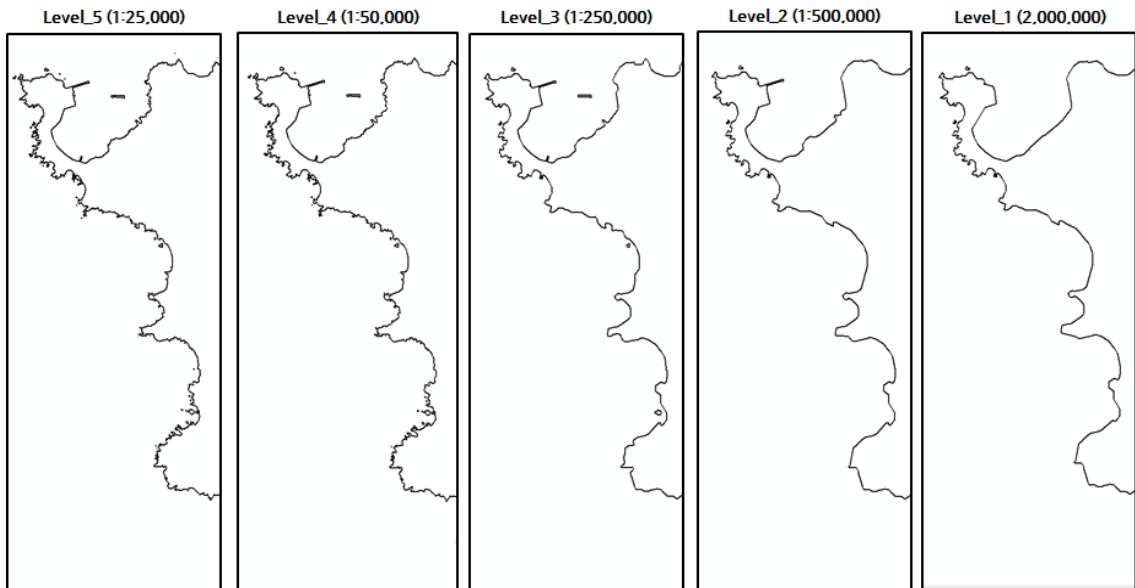


Figure 20. Results of line simplification simulation by scales

Table 5. Results of line simplification simulation by scales (length)

Category		Survey data	Level 5	Level 4	Level 3	Level 2	Level 1
Natural coastline	Length (km)	9,877.2	9,809.0	9,652.0	8,642.0	8,130.7	7,087.8
	Ratio (%)	-	99.3%	97.7%	87.5%	82.3%	71.8%
Artificial coastline	Length (km)	5,099.7	5,098.0	5,089.9	4,954.6	4,650.3	3,871.1
	Ratio (%)	-	100.0%	99.8%	97.2%	91.2%	75.9%

Table 6. Results of line simplification simulation by scales (Number of points)

Category		Survey data	Level 5	Level 4	Level 3	Level 2	Level 1
Natural coastline	Number	70,624	23,153	20,090	11,020	9,228	7,564
	Ratio (%)	-	32.8%	28.4%	15.6%	13.1%	10.7%
Artificial coastline	Number	17,963	6,991	6,818	6,670	6,606	6,525
	Ratio (%)	-	38.9%	38.0%	37.1%	36.8%	36.3%

려움이 없도록 하여야 할 것이다.

Table 5는 축척별 표준해안선 작성 결과의 해안선 길이 변화를 나타낸 것이다. Level 5 자료의 경우 기존 해안선 자료에 비해 압축이 거의 일어나지 않음을 알 수 있으며 Level 1 (축척 1:2,000,000) 자료의 경우는 자연해안선은 대략 측량 해안선에 비해 71.8%의 해안선 길이를 가지게 되며 인공해안선은 75.9%의 선 길이를 가지게 된다. 이를 압축률로 표현하면 Level 1 자연해안선은 대략 28%의 압축률을 보이고 인공해안선은 24%의 압축률을 보임을 알 수 있다. 인공해안선의 압축률이 적은 이유는 해안선이 단순하고 직선화된 경우가 많아 해안선 일반화 결과도 기존 측량해안선과 유사하게 나타나기 때문이다.

Table 6은 축척별 표준해안선 작성 결과의 해안선 점 개수 변화를 나타낸 것이다. 앞선 해안선 길이 변화 보다는 압축률이 크다고 할 수 있으며 이는 소규모의 굴곡 (bend)이 사라지면서 곡선들이 기존 측량해안선에 비해 일반화 과정에서 많이 생략되기 때문이다. 자연해안선과 인공해안선을 비교해보면 역시 앞선 해안선 길이 변화 분석과 유사하게 해안선이 단순하고 직선화되어 있는 인공해안선이 자연해안선에 비해 해안선 점 개수 변화가 크다고 할 수 있다.

5. 결론

복잡한 해안선 자료를 소축척 자료에서 효과적으로 사용하기 위해서는 해안선을 일정한 축척으로 축소시키고 복잡한 형태를 단순화하여 필요 없는 정보를 제거하는 일반화 과정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 해안선 일반화 기법을 연구하고 각 연구대상지역에 해안선 일반화를 적용하여 해안선 일반화에 적합한 일반화 기법을 선정하였다. 연구 결과, D.P. 알

고리즘이 B.S. 방법에 비해 해안선이나 점 개수의 압축면에서는 나은 것으로 나타났으나 해안선이 지나치게 직선화되어 표현되어 기존 해안선 정보의 왜곡된 결과를 줄 수 있다는 단점이 있었다. 반면에 B.S. 알고리즘의 경우 D.P. 알고리즘에 비해 압축 정도가 적고 소규모의 간출암 등이 삭제된다는 단점이 있으나 기존 해안선의 특징을 잘 유지하며 일반화 수행이 가능하고 거리오차도 크지 않으며, 삭제된 개체는 점 자료로 별도 관리가 가능하기 때문에 해안선 자료의 선 일반화는 B.S. 방법이 유리한 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 바탕으로 최종적으로 B.S. 방법을 이용하여 각 축척별로 선 일반화를 적용하여 결과를 비교 검토하였으며, 연구 대상지에서 자연해안선은 대략 측량 해안선에 비해 71.8%의 해안선 길이를 가지게 되며 인공해안선은 75.9%의 선 길이를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 압축률로 표현하면 Level 1 자연해안선은 대략 28%의 압축률을 보이고 인공해안선은 24%의 압축률을 보인다. 또한 점의 개수는 해안선 길이 변화보다 압축률이 큰 것으로 나타났으며 이는 소규모의 굴곡 (bend)이 사라지면서 곡선들이 기존 측량해안선에 비해 일반화 과정에서 많이 생략되기 때문이다.

본 해안선 일반화 연구는 향후 선 일반화 기법을 적용한 표준해안선 제작에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2016년 해양수산부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (“해양 측량 및 위성자료 기반 수치모델의 지리자료 실시간 생산 및 적용 기술 개발”)

참고문헌

1. 국토지리정보원, 1998. 대축척 수치지도의 소축척 변환연구, 국토지리정보원.
2. 김남신, 2003. 규칙 기반 모델링에 의한 지도 요소 일반화, 한국교원대학교 박사학위논문.
3. 황철수, 1999. Douglas-Peucker 단순화 알고리즘 개선에 관한 연구, 한국측지학회지, 17(2), pp. 117-128.
4. Brophy, David M., 1972, "Automated Linear Generalization in Thematic Cartography", Master's Thesis, Dept. of Geography, University of Wisconsin
5. Chaiken, George M., 1974, "Short Note: An Algorithm for High-Speed Curve Generation", Computer Graphics & Image Processing, Vol.3, pp.346-349.
6. David Douglas & Thomas Peucker, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", The Canadian Cartographer 10(2), 112-122 (1973).
7. McMaster, Robert B. 1983. A mathematical evaluation of simplification algorithm. Autocarto 6:267-27.
8. McMaster, Robert B. and K. Stuart Shea, 1988. Cartographic Generalization in a Digital Environment: A Framework for Implementation in a Geographic Information System. Proceedings, GIS/LIS'88, San Antonio, Texas. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Suveying and Mapping; Washington, D.C: Association of American Geographers; McLean, VA: Urban and Regional Information Systems Association, 240-249.
9. Nickerson, Bradford G. and Herbert R. Freeman. 1986. Development of a Rule-based System for Automatic Map Generalization. Proceedings, Second International Symposium on Spatial Data Handling, Seattle, Washington. Williamsville, N.Y.; International Geographical Union Commission on Geographical Data Sensing and Processing, 537-556.
10. Normant, F., and A.V.D. Walle, 1996. The Sausage of Local Convex Hulls of a Curve and the Douglas-Peucker Algorithm, Cartographica, 33(4), pp. 25-35.
11. Normant, F., and C. Tricot, 1993. Fractal Simplification of Lines Using Convex Hulls, Geographical Analysis, 25(2), pp. 118-129.
12. Visvalingam, M. and J. D. Whyatt, 1990. "The Douglas-Peucker algorithm for line simplification: re-evaluation through visualization," Computer Graphics Forum, 9(3), pp. 213-228.
13. Weibel, R., 1997. Generalization of spatial data: Principles and selected algorithms, Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems, 1340, pp. 99-152.
14. Wang, Z., and J.C. Muller, 1998. Line Generalization Based on Analysis of Shape Characteristics, Cartography and Geographic Information Systems, 25(1), pp. 3-15.
15. Wright, John K. 1942. Map makers Are Human. Geographical Review, 32:527-544.



황 순 호

2010년 서울대학교
지역시스템공학과 공학사
2012년 서울대학교
지역시스템공학과 공학석사
2012년~현재 서울대학교
지역시스템공학과 박사과정

2014년~현재 ㈜환경과학기술 연구소 연구원
관심분야는 위성영상, 해양물리



최 연 주

2004년 부경대학교 위성정보과학과
2006년 부경대학교 공간정보공학
석사
2006년~현재 측량초급기능사

관심분야는 위성영상, 측량 및 지형공간정보