

## 지도제작에 따른 선형사상의 공간적 오류 개선을 위한 일반화

김남신<sup>1\*</sup>

### A Cartographic Generalization for Correcting Spatial Errors of Linear Features

Nam Shin KIM<sup>1\*</sup>

#### 요 약

본 연구는 선형사상 일반화에서 사상들 간의 공간적 충돌, 벡터변위에 따른 위치변동 등의 문제를 개선하기 위해 새로운 Simoo 알고리즘을 제안하고자 하였다. Simoo 알고리즘의 원리는 단순화와 완만화를 채택하였다. Simoo 알고리즘에서 사용된 임계치는 수선길이, 편각, 평균 vertex 길이이다. Simoo 알고리즘은 축척별 적용 가능, 지도학적 세련미, 자료점의 위치 변동에 따른 논리적 오류 발생의 감소, 공간현상특징 유지 등의 특징을 갖는다. Simoo 알고리즘의 적용 결과는 Douglas-Peucker 알고리즘과 비교하였다. 그 결과 두 알고리즘에서 해안선과 하계망 길이는 97% 이상 유지되었으며, 자료점 제거율은 Simoo보다 Douglas-Peucker 알고리즘이 효과적이었고, 사상들간의 충돌은 Simoo에서 최소화되었다. 선의 곡률과 완만화는 Simoo 적용시 축척에 따라 감소하였다. 결과적으로 Douglas-Peucker보다는 Simoo 알고리즘이 지도학적 일반화에 적합하다고 볼 수 있다.

주요어: 일반화, 선형사상, Simoo 알고리즘, 단순화, 완만화, 임계치

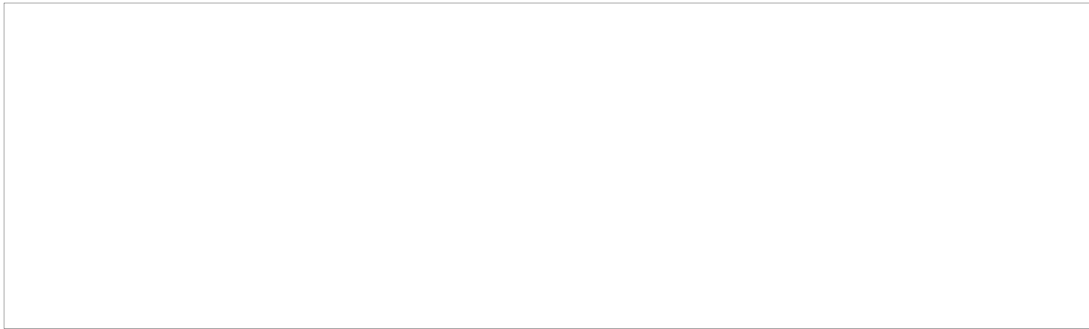
#### ABSTRACT

This study aims to suggest new algorithm, named as Simoo, in order to improve spatial conflicts and vector displacement between linear features in generalization of the linear features. Main principles of Simoo algorithm is adoption of simplification and smoothening methods. Tolerance conditions used in Simoo are perpendicular length, external angle, and average vertex length. Main characteristics of Simoo are the application of scale, cartographic refinement, minimization of logical errors, and maintenance of geographical properties. The Simoo was applied through comparison to existing Douglas-Peucker algorithm. Resultantly, maintenance ratios of line such as coastal line and

2004년 1월 30일 접수 Received on January 30, 2004 / 2004년 2월 25일 심사완료 Accepted on February 25, 2004  
1 한국교원대학교 지리교육과 Department of Geography Education, Korea National University of Education  
\* 연락처자 E-mail: kns9027@dreamwiz.com

stream network were over 97% in both algorithms. The elimination ratio of vertex points may be more effective in Douglas-Peucker than in Simoo. Spatial conflicts between linear features may be more minimized in Simoo. The curvature and smoothening of lines become decreased in scale in application of Simoo. Finally, Simoo algorithm may be more effective than Douglas-Peucker for cartographic generalization.

*KEYWORDS: Generalization, Linear Features, Simoo Algorithm, Simplification, Smoothening, Tolerance*



## 서론

지도는 몇 가지 약화된 기호체계로 공간현상을 상징화시켜 표현하는 시각적인 매체의 역할을 한다. 지도는 점·선·면 그리고 문자를 사용하여 이들의 형태, 크기, 밀도, 색상, 배열, 조합에 따라 인문·자연지리 현상을 정리해 내는 지리학의 표현 수단이다. 지도는 정보전달뿐만 아니라 정확성과 계층성, 공간현상의 질서와 법칙성을 표현해야 하기 때문에, 지도학은 하나의 기법적인 도구로서 인식되기보다는 지리학적인 전문성이 요구되는 분야이다.

지도제작 시에는 지도요소들을 취사·선택하여 지도화하는 일반화 과정이 필요하다. 일반화는 지도제작과 활용에 있어 결과에 미치는 영향이 크기 때문에 지도학에서 연구 역사가 오래되었다.

일반화는 일관된 기호체계의 사용과 미적인 지도제작 그리고 공간현상의 복잡성을 질서 있게 정리하여 독도자에게 실세계의 특징을 파악

할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 이에 따라 지표공간의 다양한 요소들을 지도화하기 위한 일반화 원리들이 연구되었다. 선택, 단순화, 과장화, 분류화 등은 지도학적인 일반화 방법들이다.

1990년대 이후에 GIS가 발달하면서 지도는 전통적인 인쇄물과 전산화된 수치지도의 두 가지 형태가 사용되고 있다. 수치지도는 지리사상들이 레이어로 저장되어 있으며 일반적으로 대축척 지도로 보급되고 있다. 그러나 수치지도는 연구지역의 규모에 따라 몇 장에서 수백장을 결합해서 사용한다. 이 경우 결합된 지도는 대축척에서 갖고 있는 사상이 축척에 따라 변형이 가해지지 않고 그대로 합쳐지므로 반드시 일반화를 하여야 한다. 일반화를 하지 않은 수치지도를 그대로 사용할 경우는 지도가 복잡하고 지리사상들이 붙어 보이기 때문에 현상을 파악하기 힘들다. 또한 공간분석을 수행할 때 데이터량이 너무 많아 과부하로 분석을 수행하지 못하거나 결과에 오류가 발생한다.

일반화의 원리 중에서 연구가 많이 진행된 것이 선형요소에 대한 단순화이다. 지형도에서는 도로, 하천, 해안선 등에 단순화를 적용하더라도 수작업하기 때문에 제도자의 판단에 따라 지도요소들을 적절하게 배치하며 진행한다. 그러나 수치지도에서 선형사상 단순화는 레이어 별로 수행하기 때문에 한 사상의 위치변동, 기하학적 형태변형에 따른 인접한 다른 사상들과 공간적인 충돌, 겹침, 통과 등의 문제가 흔히 발생한다. 또한 컴퓨터에 의해 일정한 규칙에 따라 일반화를 시키기 때문에 현상의 지리적인 특성이 반영되지 못하는 경우가 있다. 이는 일반화 알고리즘이 데이터량의 최소화를 위한 단순화에 초점을 두어 발달했기 때문이다. 그러나 일반화에 있어서는 기하학적인 형태변형 뿐만 아니라 지도학적 측면이 고려될 필요가 있다.

그동안 진행된 일반화에 관한 연구는 지도에서 가장 높은 비중을 차지하는 선 요소를 대상으로한 단순화 알고리즘 개발에 집중되었다(Christensen, 1999; Dutton, 1999; Saalfeld, 1999). 그렇지만 알고리즘들은 지리사상들의 공간적 충돌문제와 지도학적으로 세련되지 못하다는 점 등이 한계로 지적되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 지도학적인 오류 개선을 위한 알고리즘을 개발하고자 하였다. 본 연구에서 개발된 알고리즘은 단순화 알고리즘 중에서 효율성이 높고 우수한 것으로 평가받아 다양한 상용 소프트웨어 등에서 채택하여 사용 중인 Douglas-Peucker 알고리즘과 비교 평가하였다. 알고리즘의 적용과 평가는 AML과 C++를 사용하여 작성하였다.

## 선행 연구

일반화 알고리즘들은 주로 단순화에 초점을 두고 있다. 이들은 선데이타의 기하학적 특징과 형태를 고려하는데, 선데이타의 두 자료점(vertex)을 기선(baseline)으로 연결해

임계치(bandwidth)를 정한 후, 기준 범위 내에 있는 자료점들을 제거하는 방법이다(Douglas와 Peucker, 1973; 이호남, 1996; 황철수와 오충원, 2002).

단순화와 완만화를 적용하는 연구는 적은 편이다(McMaster, 1989). Dutton(1999)은 fractal 이론을 적용하여 선데이타의 형태를 유지하면서 단순화하는 중간이동 변위(midpoint displacement) 법을 제안했다. 이 방법은 축척에 따라 일반화를 하면서도 프랙탈(fractal)의 자기유사성(self-similarity)에 따라 반복되는 형태를 유지하려는 알고리즘이다(Laurence와 Carstensen, 1989).

간결성과 효율성 때문에 소프트웨어 설계에 적합한 알고리즘이 Douglas-Peucker의 방법이다(김감래 등, 1992; 김두일과 김종석, 1998). Douglas-Peucker 알고리즘(1973)은 단순화되는 정도가 커질수록 침(pike), 공간적 충돌(conflict) 그리고 선의 왜곡이 커지는 문제점이 있다(Saalfeld, 1999). 황철수(1993; 1999)는 Cromely의 계층화 원리를 원용해 지리적 특성을 반영하는 형태적 대표점(critical points)들을 찾아 중요도가 낮은 자료점들을 제거하는 단순화를 시도하였다. 선형요소 일반화 알고리즘으로는 Reumann-Witkam, Opheim, Lang, Chaiken, Boyle, Hermite, Weighted Moving Average, Forward Looking Interpolation, Fractal 알고리즘 등이 다양하게 개발·보완 연구되고 있으며, 이들에 대한 평가도 다수 진행되고 있다(McMaster, 1986; 김감래 등, 1992; 김두일과 김종석, 1998; Visvalingam, 1999; 이민과, 2001). 이들 연구를 통해 알고리즘은 많이 개선되었지만 단순화 정도가 커지면서 지리적 현상의 특성을 잃는 문제점을 해결하지는 못하고 있다. 한편 최근에는 수치지도를 대상으로 한 일반화시스템 개발과 적용 방법에 관한 다양한 연구들이 진행되고 있는데, 최석근 등(2003)은 대축척지도를 이용하여 소축척 지도제작을 위한 처리공정을 개발하였다.

우리나라의 경우, 수치지도 제작을 위한 자료점과 편각에 대한 기준을 두고 있다. 국립지리원의 수치지형도 작성 내규(1995)에 따르면, 선형요소의 자료점 간격이 1:5,000은 5m, 1:25,000은 10m 이내이고, 자료점들이 이루는 편각이 1:5,000에서 6m, 1:25,000에서 10m 이내 일 때 점들을 제거할 수 있도록 규정하고 있다. 이 규정에 따르면, 1:25,000 축척에서 중간 자료점에서의 수선 길이는 0.8716m을 기준으로 자료점을 제거하게 된다. 그렇지만 자료점 제거율이 낮기 때문에 일반화를 위한 기준으로 적용하기에는 현실적이지 못하다. 또한 자료점 간격과 곡률값이 짧게 반복되는 부드러운 부분에서의 자료점 제거율이 높아 선의 형태를 잃게 되는 문제점이 발생하였다(김남신, 2003b).

### 선형요소 일반화 알고리즘의 문제점

그동안 개발된 알고리즘들은 지도학적 형태 유지, 자료점의 제거, 자료처리의 효율성 측면에서 장점을 가지고 있다(원남식 등 1999; 원남식과 김권양, 1999; 최석근 등, 2003). 그렇지만 지도학적인 측면에서 다음과 같은 문제점들이 보완되어야 할 것이다.

첫째, 단순화 알고리즘은 지도요소의 형태를 변형시키는 것이기 때문에 지리적인 고유성과 공간적 특성을 잘 반영하지 못한다(Thomas, 1998; Visvalingam, 1999).

둘째, 지도요소의 공간적 관계를 고려하지 않으므로 단순화 후에 인접한 다른 요소들과의 위치변동에 의해 논리적 오류가 발생한다(Müller, 1990; Ruas, 1998; Lonergan과 Jones, 2002).

셋째, 선의 곡률이 심한 곳에서는 뽕족해지거나 붙게 되면서 폴리곤이 형성되어 물리적인 오류가 발생한다(McMaster, 1983; 1986; Mackaness와 Beard, 1993).

넷째, 완만화 알고리즘은 선을 부드럽게 하기 때문에 보기는 좋으나 현상의 고유한 특징을 잘 유지하지 못하고, 벡터(vector)의 공간적

변위(displacement)가 커지기 때문에 실재를 왜곡시키는 경향이 있다(Chrisman, 1991; Saalfeld, 1999).

따라서 기존의 알고리즘에서 나타나는 문제점을 보완할 새로운 알고리즘의 개발과 이에 대한 평가가 요구된다.

알고리즘 중에서 Douglas-Peucker(이하 D-P) 알고리즘은 원리가 간단하고 자료점 제거에 효율성이 높기 때문에 취약성이 많음에도 불구하고 가장 많이 이용되거나 비교 대상이 된다. 본 논문에서는 D-P 알고리즘과 새로 개발한 알고리즘을 비교 평가하고자 한다.

D-P 알고리즘은 자료점을 제거하여 형태를 단순화시키는 원리이다. 이 알고리즘은 임계길이에 따라서 자료점을 제거 및 선의 형태적 특징이 결정된다.

그런데 임계길이가 크면 선 요소가 지리적 고유성을 표현하지 못할 뿐만 아니라, 기하학적 형태의 변형이 커서 미적이고 세련된 지도학적 특징을 잃게 된다. D-P는 임계치가 커질수록 선이 미려하지 못하고 세그먼트(segment)들의 집합체로 보이게 된다(김남신 2003a; 2003b). 이와 같이 선들이 매끄럽지 않게 연속되면 공간 분석에도 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다(한균형 등, 2003). 특히 단순화 정도가 커지면 서 지표면을 묘사하는 특징이 사라지는 문제가 있다. 이를테면 일반화 적용 전에는 단층과 해식으로 인식되는 해안지형이 적용 후에는 선이 단순화되고 해안선에 새로운 공간적 변위를 주게 되어 다른 지형발달과정에 있는 지역으로 인식되므로 현상이 왜곡되는 문제점이 발생한다(김남신, 2003a; 2003c).

또한, D-P 알고리즘에서는 단순화에 의해 굴곡이 큰 선형요소들이 다른 요소들과 위치가 변동되는 문제점이 있다. 이는 경계선과 도로, 가옥, 하천 등에서 잘 나타나는데 해안도시의 경우, 해안선의 위치가 바뀌어 도로가 경계선 밖으로 나가는 문제점이 발견된다.

### Simoo 알고리즘의 원리와 일반화 절차<sup>1</sup>

알고리즘은 선형사상의 기하학적 형태를 변형시키되 공간현상의 지리적인 특징과 지도학적 세련미를 유지할 수 있도록 지도학적 원리를 바탕으로 설계하였다. 이러한 조건을 만족하기 위해 단순화와 완만화를 동시에 수행하는 알고리즘이 필요하다. 알고리즘은 단순화(simplification)와 완만화(smoothing)를 조합한 Simoo로 명명하였다. Simoo 알고리즘은 3개의 임계치를 적용하였다. 자료점을 잇는 선, 즉 평균 vertex 길이와 수선 길이, 그리고 편각이다. 이들의 임계치에 따라 자료점의 제거에 의한 단순화와 자료점의 이동에 의한 완만화를 진행한다.

임계치는 지형도에서 하천, 해안선, 도로를 축척별 분석을 실시하여 결정하였다. 자료점의 제거와 위치 변동에 대한 범위는 국립지리원의 규정(1995)에 따랐다(표 1).

TABLE 1. Horizontal displacement of cartographic elements

오차 규정	1:5,000	1:25,000	1:50,000
지도요소 전체	3.5m	12.5m	25m
등고선	1m	5m	10m
기 호	1m	5m	10m

해안선, 하천, 도로 등은 등고선과 달리는 일반화시 원 자료에서 반영되던 공간적 특성을

상실하기 쉽고, 인접한 지리사상들과의 위치 변동과 충돌이 발생할 수 있다(김남신, 2003b). 따라서 수선의 길이와 편각의 임계치를 등고선보다 엄격하게 적용할 필요성이 있다. 이를 위해 1:25,000 지형도와 1:50,000 지형도의 해안선, 하천을 벡터라이징하여 편각과 수선의 길이를 결정할 수 있었다(표 2). 지형도에서 해안선, 도로, 하천을 실험한 결과 표 3과 같은 일반화 임계기준을 설정할 수 있었다.

TABLE 2. Perpendicular length and external angle of coastal line and stream network

구 분	평 균	표준 편차
편각(각도)	6	4
수선의 길이(m)	4	3

단순화와 완만화의 단계별 과정을 살펴보면, Simoo는 단순화를 먼저 수행한다.

그림 1에서와 같이, A-p1-p2에서 수선길이, 편각, 평균 vertex 길이를 계산한다. 자료점 제거 조건을 만족하면 p1을 제거하고 A-p2를 연결한다. 이 과정의 반복을 통해 제거, 자료점 이동에 의한 완만화가 이루어진다. 구체적인 계산 과정은 다음과 같다.

- ① A-B 평균 vertex 길이: A-B 전체길이 / (자료점의 수(N) - 1) 로 계산한다(그림 1).
- ② 수선 길이: p1, p2, p3, p4, p6에서 각 변에 수선을 그어 길이를 계산한다.  
수선의 길이는 그림 2에서 점 xB, yB를

TABLE 3. Tolerance of coastal line, stream network, and road

	편 각	수선길이	평균 Vertex	자료점 처리 방법	특 징
단순화	5° 이하	5m 이하	각기 다름	자료점 제거	단순화
완만화	30° 이상	1m 이하	각기 다름	이등분선의 중간점으로 이동	지도학적 표현과 고유성 유지
		1m~3m	각기 다름	수선의 중간점으로 이동	지도학적 표현과 고유성 유지
	10° 이하	3m 이상	각기 다름	수선의 중간점으로 이동	지도학적 표현과 고유성 유지
	10° 이상	3m 이상	각기 다름	자료점 유지	고유성 유지

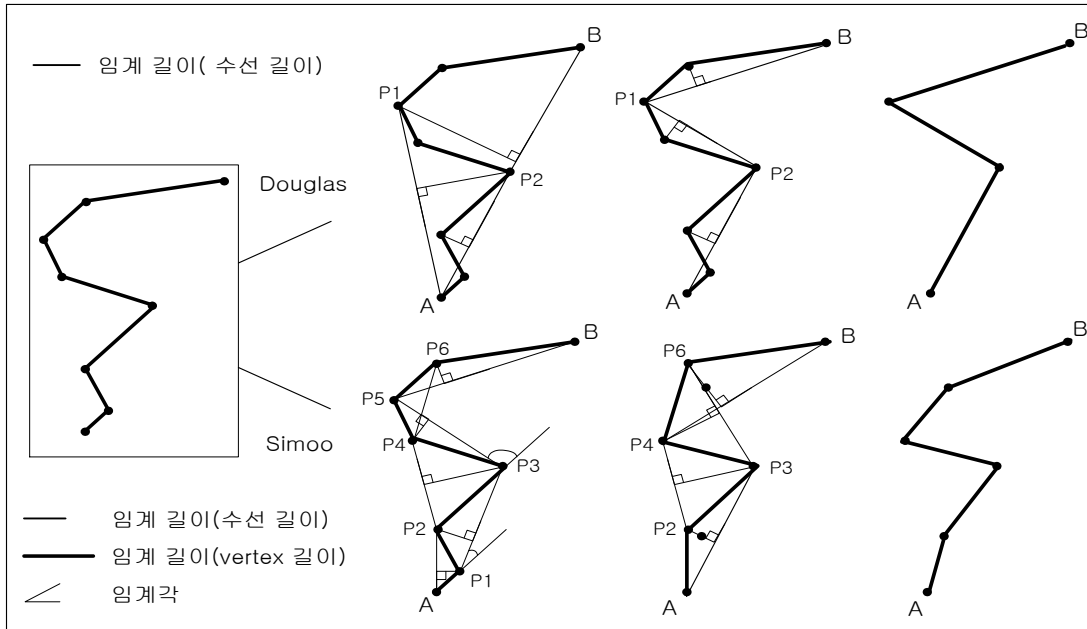


FIGURE 1. Douglas-Peucker and Simoo algorithm(김남신, 2003a; 2003b)

지나 A-C와 수직으로 만나는 직선의 방정식을 통해 구한다.

A-C를 지나는 직선의 기울기(t)는

$$t = \frac{yC - yA}{xC - xA} \quad (1)$$

점 xB, yB를 지나는 직선의 기울기(pt)는

$$- (1/t) \quad (2)$$

기울기(pt)의 절편(b)은

$$yB - (pt * xB) \quad (3)$$

이 된다.

이 방정식  $y = ptX + b$ 을 이용하면 A-C와 만나는 좌표점(mdx, mdy)를 구할 수 있다.

$$mdx = \frac{pt - (yC - (t * xC))}{t + pt * (-1)} \quad (4)$$

$$mdy = t * mdx + (yC - (t * xC)) \quad (5)$$

따라서 수선의 길이는,

$$pd = \sqrt{\frac{(mdx - xB)^2}{(mdy - yB)^2}} \quad (6)$$

이 된다.

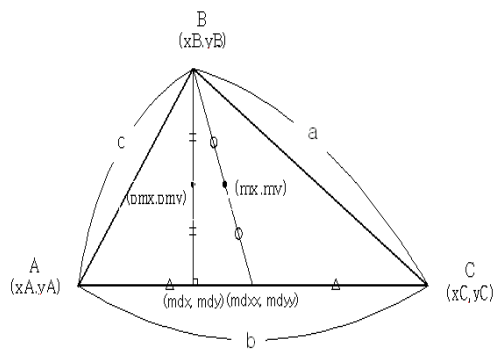


FIGURE 2. Perpendicular length

③ 편각의 계산

편각의 계산 과정은 점(xA, yA), (xB, yB), (xC, yC)의 변을 각각 a, b, c라 할 때, 두 변 a, c가 만나는 각을 구하여 180°에서 빼면 된다 (그림 2).

$$\begin{aligned} \text{즉, } b^2 - a^2 - c^2 \text{를 } m \\ (7) \\ - (2 * a * c) \text{를 } n \text{이라 하면} \quad (8) \end{aligned}$$

내각은

$$ideg = \frac{180 * (m/n)}{3.141592}$$

(9)

이므로, 편각은 180-ideg로 계산할 수 있다.

그림 1에서 점 p1이 임계치 범위 내에 있다면, p1를 제거하고 A-p2를 연결한다. 이 과정을 반복하면서 점들을 제거한다.

완만화는 자료점이 제거된 후, 각각의 자료점에서 다시 수선을 그어 수선의 길이와 편각을 계산하여 임계치별로 처리한다.

즉, 점 p2에서 임계치가 내각 ideg > 30°, 수선길이 pd < 1이면 이등분선의 중간점으로 좌표점을 이동한다. 이등분선의 중간점은

④ 변 A-C의 중간점 계산

$$mdxx = \frac{xA + xC}{2},$$

$$mdyy = \frac{yA + yC}{2} \quad (10)$$

⑤ 이등분선의 중간점 계산

$$mx = \frac{xB + mdxx}{2},$$

$$my = \frac{yB + mdyy}{2} \quad (11)$$

이다(그림 2).

최소한의 임계치 범위 내에서 이등분선의 중간점으로 자료점을 이동시키는 것은 수선의 중간점 이동과 달리 선의 미려함을 유지하기 위한 과정이다.

점 p2에서 임계치가 10° > ideg, pd > 3 또는 1 < pd < 3이면 수선의 중간점을 찾아 좌표점을 이동시킨다.

수선의 중간점 좌표는

$$pmx = \frac{xB + mdxx}{2},$$

$$pmy = \frac{yB + mdyy}{2} \quad (12)$$

이다(그림 2). 수선의 중간점은 임계치 조건을 만족할 때 자료점을 이동하기 위한 점인 동시에 지리적 고유성을 유지하면서 완만화시키는 점이다. 이상의 절차를 명시적으로 처리하는 과정은 다음 문장과 같다.

▷ Simoo의 단순화

if 수선길이: pd ≤ 5 and

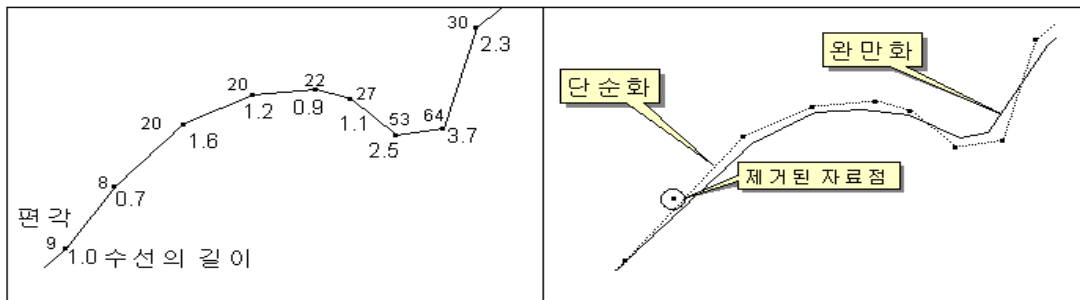


FIGURE 3. Application of Simoo algorithm

```

    편각: ideg <= 5 then ; 자료점 제거

▷ Simoo 완만화
  if 수선길이: pd <= 1 then
    do
      if 편각: ideg <= 30 then
        자료점유지: xb, yb
      else
        이등분선의 중간점: mx, my
      end

  if 수선길이: 1 < pd <= 3 then
    수선의 중간점: pmx, pmy

  if 수선길이: pd > 3 then
    do
      if 편각: ideg <= 10 then
        수선중간점: pmx, pmy
      else
        자료점 유지: xb,yb
      end
    end
  
```

데이터처리 과정을 컴퓨터에 적용한 결과는 그림 3과 같다.

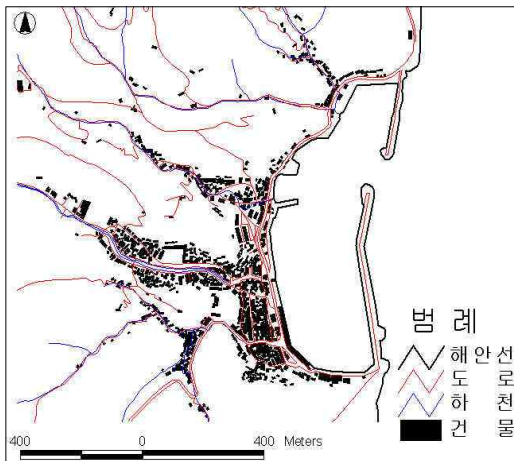


FIGURE 5. Test layer

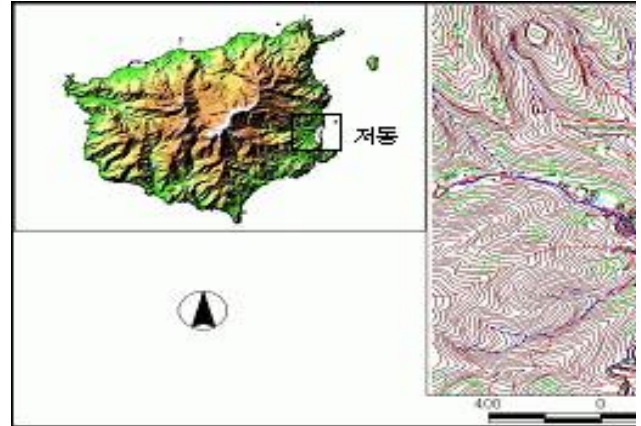


FIGURE 4. Study area: JeoDong, U

## 적용과 평가

### 1. 적용

알고리즘 적용 사례지역은 울릉도 수치지도 1:5,000의 저동항 지역을 대상(그림 4)으로 하였으며, 도로망, 해안선, 하천 그리고 건물 레이어를 추출하였다(그림 5). 건물, 도로망은 일반화 후에 발생하는 지도학적 오류를 판단하기 위해 사용되었다. 도로와 같이 인간에 의해 만들어진 지물들은 선형 혹은 완만한 곡선을 유지하기 때문에 일반화를 적용함에 있어 단순화나 완만화 보다는 선의 길이에 따라 제거를 적용할 필요성이 있다.

알고리즘을 적용에 있어 D-P는 임계치를 1:25,000에서 2.5m, 1:50,000에서 5m로 설정했으며, Simoo는 수선의 길이, 평균 vertex, 편각의 3가지 임계치를 기준(표 3)으로 1:25,000은 5회, 1:50,000은 10회 반복했을 때 지형도 축척과 근사되는 경향을 보였다.

평가는 1:5,000 수치지형도를 기준으로 상대적 변화를 측정하였다(McMaster, 1986; 김두일과 김종석, 1998). McMaster(1983; 1986)는 평가 요소로서 각도 변화율, 선의 변화율, 백타 변위, 총길이 변화율, 변위면적 변화율 등 9가지 평가 기준을 제시하고 있는데, 본 연구에서



는 선의 길이 변화율, 자료점의 감소율, 각도, 벡터 변위, 충돌의 5가지 측정 방법을 사용하였다.

1) 해안선

해안가에 거주지가 밀집된 지역에서는 일반적으로 해안선을 따라 도로들이 분포한다(그림 6). 이러한 지역에서는 일반화에 의해 해안선이 도로와 충돌하거나 도로가 해안선 바깥으로 벗어나게 되는 경우가 발생한다. 해안선에 D-P와 Simoo를 축척별로 적용한 결과, 1:25,000에서는 D-P와 Simoo가 지도학적으로 오류가 발생하지 않았다(그림 7). 또한 선이 단순해져 세그먼트로 보이거나 굴곡이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 그렇지만 1:50,000에서 D-P는 도로망이 해안선을 통과하거나 충돌이 발생한 반면에 Simoo에서는 오류가 발생하지 않았다. 또한 D-P는 선이 세련되지 못하고 굴곡이 커지는 것으로 나타났다(그림 8, 9).

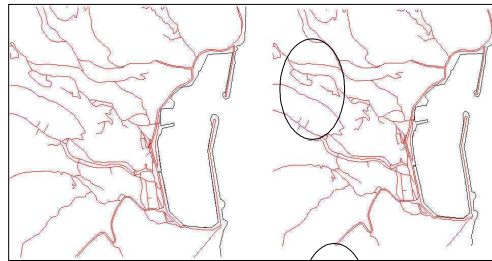


FIGURE 7. Coastal line in 1:25,000 <D-P(left), Simoo(right)>

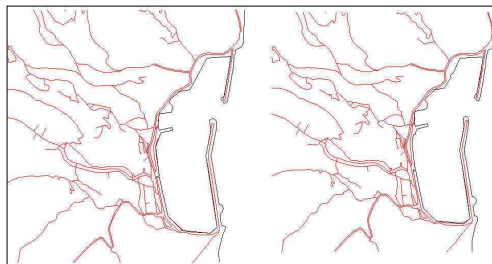


FIGURE 8. Coastal line in 1:50,000 <D-P(left), Simoo(right)>

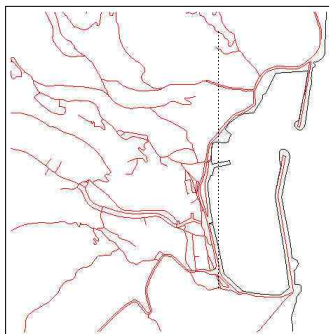


FIGURE 6. Coastal line and road in 1:5,000

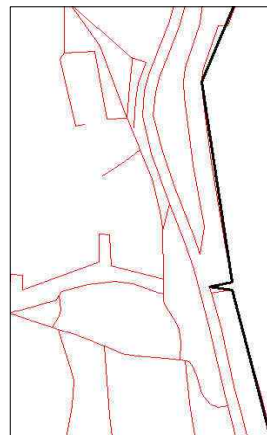


FIGURE 9. Error of FIGURE 8

2) 하천

수치지도에서 등급이 높은 하천의 입력은 실폭, 세류와 같이 낮은 하천은 단선으로 입력되어 있다. 따라서 하천의 일반화는 실폭선의 단선화를 진행한 후 제거와 단순화를 진행해야 한다(김남신, 2003a). 본 연구에서는 선형사상

에의 적용 가능성 분석을 목적으로 하기 때문에 하천의 모든 선 요소를 대상으로 적용하였다(그림 10). 하천 일반화도 건물 지역에서 선의 변형이 큰 경우 건물을 관통하거나 충돌의 문제가 발생한다.

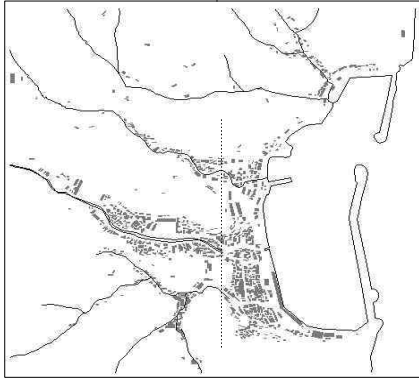


FIGURE 10. Stream and building in 1:5,000

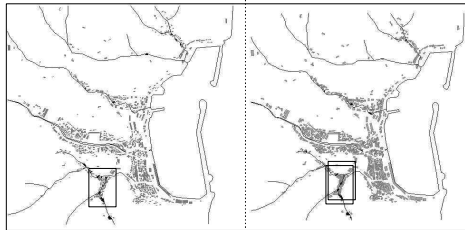


FIGURE 11. Stream in 1:25,000 <D-P (left), Simoo(right)>

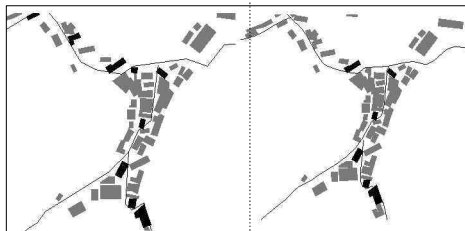


FIGURE 12. Error of stream in 1:25,000 <D-P(left), Simoo(right)>

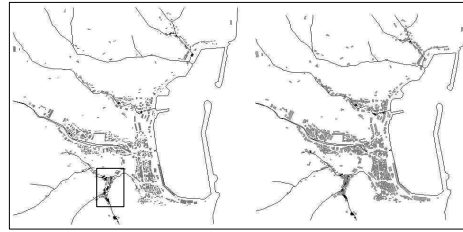


FIGURE 13. Stream in 1:50,000 <D-P (left), Simoo(right)>

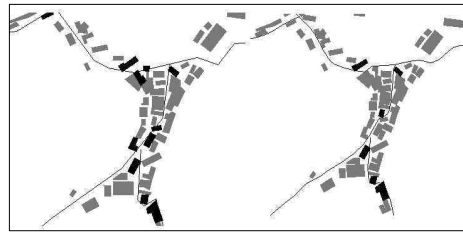


FIGURE 14. Error of stream in 1:50,000 <D-P(left), Simoo(right)>

일반화 결과 1:25,000에서 D-P과 Simoo 모두에서 건물의 충돌이 발생하였다(그림 11, 12). 그림 11의 □ 부분을 그림 12와 같이 확대한 결과 검은 건물이 충돌 혹은 통과가 발생한 부분으로 D-P가 Simoo 보다 많은 것을 알 수 있다. 마찬가지로 1:50,000에서는 오류가 더 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 그림 13의 □ 부분인 그림 14에서는 D-P에서는 충돌 건물의 수가 늘었지만 Simoo는 증가 정도가 낮은 것으로 나타났다.

건물지역을 통과하는 하천일반화에서 D-P와 Simoo에서 정도의 차이는 있지만 건물의 충돌이 발생하는 것은 건물의 분포밀도가 높기 때문이다. 이런 지역에서 선의 백터편차와 편각이 클수록 오류는 증가하게 된다.

## 2. 평가

해안선과 하천 일반화 결과 발생된 지도학적 형태 및 오류는 표 4, 5와 같이 정리된다. 선의 길이는 해안선과 하천에서 D-P와 Simoo 모두 98% 이상으로 선형정보의 손실이 적다는

TABLE 4. Evaluation of coastal line

측정방법	축척 일반화 전	Douglas-Peucker		Simoo	
		1:25,000	1:50,000	1:25,000	1:50,000
선의 길이(m)	3874.5	3863.1 (99.7)	3834.0 (98.9)	3819.3 (98.5)	3796.7 (97.9)
자료점수	168	78 (53.6)	52 (69.1)	151 (10.2)	151 (10.2)
평균각	21.8°	24.4°	29.1°	21.8°	21.4°
평균벡터 편차		0.5	1.3	1.2	1.7
총 돌		0	2	0	0

\* ( ) 안의 숫자는 백분율(%)

TABLE 5. Evaluation of stream

측정방법	축척 일반화 전	Douglas-Peucker		Simoo	
		1:25,000	1:50,000	1:25,000	1:50,000
선의 길이(m)	6906.0	6874.4 (99.5)	6840.9 (99.0)	6840.5 (99.0)	6835.6 (98.9)
자료점수	752	185 (75.4)	124 (83.6)	620 (17.6)	620 (17.6)
평균각	9.1°	25.5°	29.4°	8.7°	8.6°
평균벡터편차		0.6	1.2	0.4	0.4
총 돌		18	21	13	14

\* ( ) 안의 숫자는 백분율(%)

것을 알 수 있다. 선의 길이 변화율이 크면 계측적인 공간분석에 영향을 미치기 때문에 분석에서 오차가 발생한다. 자료점의 수에서는, D-P가 1:25,000에서는 53~75% 정도, 1:50,000에서는 69~83%가 감소하였고, Simoo 알고리즘은 1:25,000과 1:50,000에서 10~17% 정도 감소하였다. 자료점 감소율은 D-P 알고리즘이 효율성이 높은 것으로 나타났다. 이는 D-P에서는 단순화만 이루어지지만, Simoo는 자료점 제거와 완만화를 통해 자료점 이동과 추가를 반복하기 때문이다. 이는 결과적으로 일반화 정도가 커질수록, D-P는 선이 지나치게 단순해지고, Simoo는 부드러워지는 특징을 갖게 한다.

편각은 일반화 전인 1:50,000에서는 해안선이 21°, 하천은 9°인데, D-P에서는 각도가 커지는 반면에, Simoo에서는 각도가 감소하였다. 벡터 변위는 Simoo가 D-P보다 적게 나왔다. 이는 국립지리원에서 규정하는 지리사상의 수평변위

오차 5m 이내를 충족시키고 있다. 그렇지만 다른 지리사상들과의 오류가 적은 등고선과 같이 Simoo 임계치를 크게 적용하는 경우는 D-P가 Simoo보다 벡터변위가 적게 분석되었다(김남신, 2003a).


해안선은 D-P가 1:50,000에서 2개의 도로망과 오류가 발생했으며 Simoo에서는 나타나지 않았다. 하천은 D-P는 1:25,000은 18개, 1:50,000은 21개였고, Simoo는 1:25,000은 13개, 1:50,000은 14개로 Simoo가 건물과 오류가 적게 나타나는 것으로 분석되었다.

### 결론

본 연구는 선형사상의 일반화에서 발생하는 사상들간의 충돌, 통과, 위치변동 등의 지도학적인 오류 개선을 위한 알고리즘 개발과 적용을 목적으로 하였다. 본 연구를 위해 개발한 Simoo 알고리즘은 단순화와 완만화에 의한 자

료점의 제거와 이동을 통해 일반화를 실시한다. Simoo 알고리즘은 수선길이, 편각, 평균 vertex 길이를 임계치로 사용하였다. 임계치는 축척, 지리사상에 따라 유연하게 적용할 수 있도록 하였다. 따라서 축척별 적용, 지도학적 세련미, 자료점의 위치 변동에 따른 논리적 오류 발생이 적고, 공간현상의 특징을 잘 유지하는 특징을 갖는다.

Simoo 알고리즘 적용은 D-P와 비교하였는데, 선의 길이 변화율에서는 두 알고리즘 모두 높게 유지되었다. 반면에 자료점의 수는 D-P가 감소율이 높고, Simoo는 낮게 나왔다. 이는 Simoo가 자료점의 제거와 지도학적 형태 유지를 위해 자료점들을 이동시키기 때문에 낮게 나온 것이다. 편각의 변화는 D-P가 크게 나왔는데 이는 자료점의 제거율이 높아지면서 세그먼트의 길이가 커지기 때문인 것으로 판단된다. 그렇지만 Simoo는 원자료보다 편각이 작아지는 경향을 보이는데, 이는 축척 감소에 따라 선의 곡률이 완만해지는 지도학적 특성을 반영한다고 볼 수 있다. 해안선과 도로, 하천과 건물의 오류에서도 Simoo는 없거나 낮게 나왔다.

연구결과를 종합하면 Simoo는 일반화 정도가 높아질수록 선이 완만해지기 때문에 축척별 적용이 가능하지만, D-P는 선의 각의 커져 공간적 변동이 커지는 문제가 있다. 이는 자료점 제거가 많아지면서 결국은 선백터의 직선화 정도가 커지기 때문에 인접 사상간에 충돌이 발생하는 것이다. 그렇지만 Simoo는 자료점 제거 및 이동에 의한 위치 변동으로 선백터의 직선화를 최소화하여 이와 같은 문제를 줄였다. 그렇지만, 선형사상 일반화의 효율성을 높이기 위해 자료점의 감소율을 최대화시키되 지리적인 공간현상의 특징을 유지해야할 필요성이 있다. 이러한 점은 보완연구를 통해 개선시켜야 할 과제이다. 

## 주

1. Simoo 알고리즘은 필자의 박사학위 논문을 수정 보완한 것임.

## 참고문헌

- 국립지리원. 1995. 수치지도 작성내규. 국립지리원.
- 김감래, 이호남, 박인해. 1992. 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘 평가에 관한 연구. 한국측지학회지 10(2):63-71.
- 김두일, 김종석. 1998. 선형사상에 따른 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구. 대한지리학회지 33(4):623-634.
- 김남신. 2003a. 규칙기반 모델링에 의한 지도 요소 일반화. 한국교원대 박사학위논문.
- 김남신. 2003b. 선형사상 일반화를 위한 알고리즘 개발에 관한 연구. 한국지도학회지 3(1):43-50.
- 김남신. 2003c. 지형분류도 제작을 위한 축척별 면 요소의 선택에 관한 연구. 한국지형학회지 10(3):453-466.
- 원남식, 전일수, 이두한, 부기동. 1999. 지리정보시스템에서 등고선 백터화를 위한 최적 세션화 알고리즘에 대한 고찰. 한국지리정보학회지 2(1):45-53.
- 원남식, 김권양. 1999. 지적도 백터라이징을 위한 최적 세션화 알고리즘에 대한 고찰. 한국지리정보학회지 2(1):54-62.
- 이민파. 2001. Map Generalization과 MapGene. 한국지도학회 발표자료집.
- 이호남. 1996. 수치지도에 의한 지도 일반화. 명지대학교 박사학위논문.
- 최석근, 김명호, 황창섭. 2003. 효율적인 일반화 자료처리를 위한 작업공정 개발. 한국지리정보학회지 6(3):73-82.
- 황철수. 1993. 다축척 수치지도 구축을 위한 선형 사상의 일반화에 관한 연구. 지리학논총 21:17-34.
- 황철수. 1999. Douglas-Peucker 단순화 알고리즘

- 듬 개선에 관한 연구. 한국측지학회지 17(2):117-128.
- 황철수, 오충원. 2002. 개방형 GIS 발전과 수치 지도 일반화 모형의 컴포넌트 개발. 한국지도학회지 2(1):1-13.
- 한균형, 이민부, 김남신, 신근하. 2003. 효과적인 지형표현을 위한 등고선 간격일반화에 관한 연구. 한국지형학회지 10(1):67-76.
- 대한측량협회. 1994. 지도도식규칙. 대한측량협회.
- Chrisman, N.R. 1991. The error component in spatial data. In: Maguire D.J. et al.(ed.). Geographical Information Systems, Principles and Application. Longman, London, pp.165-174.
- Christensen, H.J. 1999. Cartographic line generalization with waterlines and medial axes. Cartography and Geographic Information System 26(1):19-32.
- Clarke, K.C. and D.M. Schweizer. 1991. Measuring the fractal dimension of natural surfaces using a robust fractal estimator. Cartography and Geographic Information System 18(1):37-47.
- Douglas, H. and T.K. Peucker. 1973. Algorithms for reduction of the number of points required to represent a digitized line or its character. The Canadian Cartographer 10(2):112-123.
- Dutton, G. 1999. Scale, sinuosity, and point selection in digital line generalization. Cartography and Geographic Information Systemem 26(1):33-53.
- Laurence, W. and J. Carstensen. 1989. A fractal analysis of cartographic generalization. The American Cartographer 16(3):1-20.
- Lonergan, M.E. and C.B. Jones. 2002. The deformation and displacement of area objects during automated map generalization: an approach to conflict resolution through maximising nearest neighbour distance. <http://www.geo.unizh.ch/>
- Mackaness, W. and M.K. Beard. 1993. Use of graph theory to support map generalization. Cartography and Geographic Information System 20(4):210-221.
- McMaster, R. 1983. A mathematical evaluation of simplification algorithm. Autocarto 6:267-276.
- McMaster, R. 1986. A statistical analysis of mathematical measures for linear simplification algorithms. American Cartographer 13(2):103-116.
- McMaster, R. 1989. The integration of simplification and smoothing algorithms in line generalization. Catographica 26(1): 101-121.
- Müller, J.C. 1990. The removal of spatial conflict in line generalization. Cartography and Geographic Information System 17(2):141-150.
- Ruas, A. 1998. A method for building displacement in automated map generalization. Cartography and Geographic Information System 12(8):765-788.
- Saalfeld, A. 1999. Topologically consistent line simplification with the Douglas-Peucker algorithm. Cartography and Geographic Information System 26(1):7-18.
- Thomas, F. 1998. Generating street centerline from inaccurate vector city maps. Cartography and Geographic Information System 25(1):221-230.
- Visvalingam, M. 1999. Aspect of (line) generalization: a discussion paper. <http://www2.doc.hull.ac.uk/CSBG/ica/ica-old.htm>. **KAGIS**