
전자해도 SCAMIN 속성 적용 알고리즘 개발 연구

오세웅* · 박종민** · 이문진**

A Study on algorithm of SCAMIN attribute for ENCs

Se-woong OH* · Jong-min Park** · Moon-jin Lee**

이 논문은 2010년도 국토해양부 국립해양조사원과 한국해양연구원의 연구비를 지원받았음

요 약

전자해도는 해도 상에 포함되어 있는 다양한 정보를 수록한 전자적 형태의 지도로서 항해장비의 화면 축척이 해도의 기본 축척보다 소축척으로 설정되어 있을 경우 해도 정보의 겹침 현상이 발생하여 정보 가독성이 떨어지는 문제점이 있다. 국제수로기구에서는 이를 개선하기 위해 S-65 표준에 SCAMIN 속성 개선 모델을 포함한 바 있다. 그러나 IHO에서 발표한 SCAMIN 모델에는 전자해도 속성에 대한 특정 요건 만족 등의 간단한 조건과 함께 특정 객체가 수심지역, 육상지역, 준설지역 등의 면 객체와 중첩 여부, 수심값의 중요도에 따른 단계적 적용 등 수작업을 필요로 하는 까다로운 요건이 포함되어 있다. 본 연구에서는 S-65 표준의 SCAMIN 모델 요건을 분석하고, 본 요건을 합리적이고 기계적으로 적용하기 위한 알고리즘과 적용 프로그램을 개발하였다. 또한 SCAMIN 속성 개선 프로그램을 이용하여 우리나라 전자해도에 적용하였으며 그 결과를 평가 하였다.

ABSTRACT

ENC(Electronic Navigational Chart) is an electronic chart including all kinds of information of nautical chart. Mariners have difficulty reading information because of clutter problem if display scale of ECDIS is lower than compilation scale of ENCs. IHO made SCAMIN improvement model included in S-65 Standard to settle this ENC clutter problem. This SCAMIN model includes both simple restriction that should satisfy some requirement and share geographic information, and hard restriction that should overlap with area object such as depth area, land area, dredge area. It also apply SCAMIN step of sounding value according to importance of safety navigation. In this paper, we analyzed the restrictions for SCAMIN model of S-65 Standard, developed algorithm and application to apply theses restrictions reasonably and mechanically. Also we applied this algorithm and application to Korea ENCs and evaluated the result of performance.

키워드

전자해도, 최소축척, 국제수로기구, 수로데이터 전송표준, 전자해도표시시스템

Key word

ENC, SCAMIN, IHO, S-57, ECDIS

* 한국해양연구원 해양안전·방제기술연구부 (교신저자, osw@moeri.re.kr)
** 한국해양연구원 해양안전·방제기술연구부

접수일자 : 2010. 09. 06
심사완료일자 : 2010. 11. 03

I. 서 론

전자해도는 국제수로기구(IHO)의 수로데이터 전송 표준인 S-57에 따라 제작되며 전자해도 공급센터인 지역공급센터(RENc, regional ENC Co-ordination Centre)를 통해 서비스되고 있다. 전자해도 제작 사양은 전자해도 제작 시 참조할 수 있는 데이터 모델, 파일 구조, 객체 사전이 포함되어 있으나, 국제 기준에서 정한 표준이 각국 수로국별 혹은 해역별 사례가 다양하기 때문에 적합하지 않거나 무시되는 경향이 빈번히 발생되었다. 특히, ECDIS 화면에 객체 표현 시 사용되는 객체의 최소 축척 값인 SCAMIN의 경우 해도에 포함된 객체의 종류와 수량에 따라 상이한 결과를 나타낸다. 과거 국제해사기구에서 비교적 단순한 SCAMIN 모델을 제안 하였던 바 각국 수로국에서는 고유의 SCAMIN 모델을 채택하여 사용하였다. 결과로 각 수로국에서 개발한 전자해도마다 상이한 SCAMIN 모델로 인해 ECDIS 화면상에 객체의 화면 표현이 일관적이지 못하였다.

우리나라에서도 캐나다 수로국의 모델을 도입하였고, 격자형 전자해도 제작과 함께 국제해사기구에서 제안한 기준축척과 SCAMIN 모델을 채택하였으나 여전히 전자해도 객체의 겹침 현상과 일부 축척에서의 화면 가독성 저하가 발생되고 있다.

한편 국제수로기구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 S-65 전자해도 제작지침 표준에 개선된 SCAMIN 모델을 제안하였고, 그 내용으로 각 객체별, 그리고 객체의 기하정보 종류별로 상이한 4단계의 적용 값 부여 방식을 채택하였다. 이때 각 객체별 상황별 요구사항을 제시하였으나 요구사항이 다양하고 수작업이 요구되어 이를 합리적이고 기계적으로 적용할 수 있는 방안이 요구되고 있다[1]-[3].

본 연구에서는 S-65 표준의 SCAMIN 모델을 기계적으로 적용하기 위해 표준에서 요구하는 요구사항에 따른 SCAMIN 값 적용 알고리즘을 개발하였다. 세부 내용으로 S-65 표준의 SCAMIN 모델의 요건을 정리하고 본 요건을 합리적이고 기계적으로 적용하기 위한 알고리즘과 적용 프로그램을 개발하였다. 또한 SCAMIN 속성 개선 프로그램을 이용하여 우리나라 전자해도에 적용하였으며 그 결과를 평가하였다.

II. 선행 연구 분석

전자해도의 가독성 개선을 위해 전자해도 객체의 화면 표시에 관한 SCAMIN 속성 개선 방안이 지속적으로 연구된 바 있다. 캐나다 수로국에서는 오브젝트 클래스의 중요도에 따라 factor를 달리 하는 방식을 채택하였다. factor에 따라 해당 오브젝트의 SCAMIN 값은 다음의 식으로 결정된다.

$$SCAMIN = \frac{CSCL \text{ of } ENC}{2} \times Factor$$

* CSCL : Compilation

본 식에서 2로 나누는 것은 ECDIS에서 전자해도를 이용하는 최대 축척을 종이해도의 2배, 즉 제작축척이 1:10,000이라면 1:5,000부터 전자해도가 사용 가능하다. 기본 제작축척을 2로 나눈 축척에서부터 factor를 곱셈하여 각 오브젝트에 할당하고 있다. 본 방식의 장점은 각 해도가 가지고 있는 제작 축척을 기준으로 일정한 규칙에 의한 SCAMIN 지정이 가능하다[4].

한편, 심우성[5]은 Factor 값으로 SCAMIN을 지정하는 방식은 다른 축척의 해도에 동시에 포함되는 동일한 오브젝트가 다른 SCAMIN 값을 갖게 되어 두 해도가 동시에 표시되는 경우엔 사용자의 혼란을 야기할 수 있다는 점을 지적하고, 이를 해결하기 위해 다음의 고려사항을 제안하였다.

- 축척변화에 따른 오브젝트 on/off 문제 해결
- 임의의 사물에 대한 유일 SCAMIN의 지정
- 종이해도 간행축척보다는 큰 값으로 지정
- 그룹 1 오브젝트는 항상 표시

본 고려사항을 기반으로 차트 기반의 전자해도에 대해 가변 Factor 체계를 제안 하였다. 가변 Factor 체계는 임의의 오브젝트가 어떤 항해 목적의 해도에 포함되는 가에 따라 Factor 값이 일정한 한계 범위 내에서 변하도록 하는 방식이다.

한편 국제수로기구에서는 전자해도의 SCAMIN 적용 모델의 기준을 설정하기 위해 S-65 전자해도 제작 지침 표준에 SCAMIN 적용 모델을 포함하였다. 본 모델에는 레이더 범위에 기초한 11개의 기본 축척(Compilation

Scale)을 제안하고 본 기본 축척을 기반으로 22단계의 SCAMIN 적용 단계를 제안하였다. 모든 전자해도 객체를 점, 선, 면의 지리정보 형태에 따라 각기 다른 SCAMIN 단계를 적용하였다.

III. 전자해도 SCAMIN 모델 분석선행 연구 분석

3.1 현행 SCAMIN 속성값 적용방법

2006년부터 3년간 수행된 격자형 전자해도 개발을 통해 335 cell을 제작하였으며, 표 1과 같이 국제적으로 권고하는 제작 축척과 국내 해도 자료를 비교하여 축척 범위를 조정하고 각 격자 간격을 설정하였다. 설정한 기준 축척을 토대로 국제표준기구에서 권고하는 SCAMIN 속성값 설정방법에 따라 SCAMIN 모델을 개발하였다. 본 SCAMIN 속성값 설정 방법은 SCAMIN 제외 오브젝트, 중요한 오브젝트, 일반 오브젝트의 3가지로 구분하였다. 즉, 지구 표면에 해당하는 오브젝트, 메타정보 오브젝트, S-52 표현기반이 되는 오브젝트는 SCAMIN 적용을 제외하고, 중요한 오브젝트의 경우 기준축척에서 한 단계 아래 소축척의 “기준축척-1”이며, 일반 오브젝트는 기준축척 상 한 단계 아래 소축척의 “(기준축척/2)-1”로 설정하는 방법이다[6].

우리나라 전자해도를 SevenCS社의 전자해도 보기 프로그램을 이용하여 확인하였다. 그림 1은 항만용 전자해도 중 부산항 지역에 해당되는 KR5G3B33.000을 전자해도 보기 프로그램에 로딩하여 화면 축척별로 Group 1, Group 2 오브젝트를 표현하였다. 그림 2에서 화면 축척

이 1:37,499가 되었을 때, 매우 많은 오브젝트의 표현으로 전자해도 정보의 가독성이 상당히 떨어지는 것을 확인하였다. 특히 수심 값에 해당되는 SOUNDG레이어에서 Group 3 SCAMIN 속성값에 따라 모든 수심값 정보의 On/Off 현상이 발생되어 오브젝트 겹침 및 가독성에 영향을 주는 것으로 분석되었다.

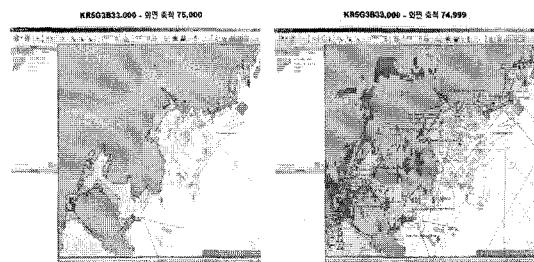


그림 1. 항만용 전자해도의 그룹 1, 2 객체
Fig. 1 Group 1, 2 objects for harbor ENCs

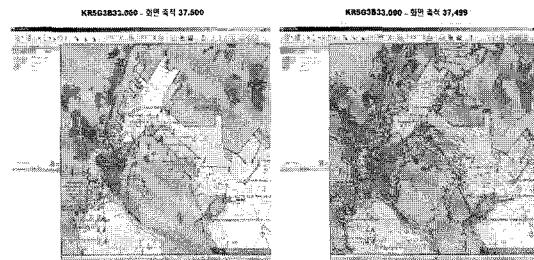


그림 2. 항만용 전자해도의 그룹 1, 2, 3 객체
Fig. 2 Group 1, 2, 3 objects for harbor ENCs

우리나라 SCAMIN 속성값 모델은 3단계로 구성되어

표 1. 전자해도 항해목적과 객체에 따른 SCAMIN 속성값
Table. 1 SCAMIN value per nautical purpose and objects

구분	항해목적	기준축척	SCAMIN		
			1그룹	2그룹	3그룹
1	Overview(총도) ≤ 1:150만	1,500,000	-	2,999,999	1,500,001
		3,500,000		6,999,999	3,500,001
2	General(일반용) 35만-150만	700,000	-	1,499,999	749,999
3	Coastal(연근해용) 9만-35만	250,000	-	699,999	349,999
4	Approach(연안접근용) 3만-9만	75,000	-	249,999	124,999
5	Harbor(항만용) 3만≤	25,000	-	74,999	37,499

있기 때문에 해도 내 오브젝트 수량이 비교적 적은 소축 척 전자해도의 경우 큰 영향이 없으나, 해도 내 오브젝트 수량이 많은 대축척 전자해도의 경우 오브젝트 겹침 현상이 발생되는 것으로 분석되었다. 이를 해결하기 위해서는 기준의 기준축척에 따른 3단계의 SCAMIN 속성값 적용 방법에서 보다 단계적이고 합리적인 SCAMIN 속성값 적용 방법이 필요할 것으로 사료된다.

3.2 국제수로기구 S-65 표준의 SCAMIN 적용 모델

유럽의 전자해도 지역공급센터 중의 하나인 IC-ENC에서는 기존 SCAMIN 모델이 가지고 있는 문제점을 개선하기 위해 개선된 SCAMIN 모델에 대해 연구하였으며, 이를 국제수로기구에 제안하여 국제 권고안으로 채택되었다. 전자해도는 기준축척(Compilation scale)을 가지고 있으며, 이 기준축척은 SCAMIN 값을 조정하는 기준 값으로서의 역할을 한다. 현재 사용되고 있는 기준축척 값은 다음과 같이 11단계를 사용하고 있다. 예를 들어, 1:25,000 축척의 종이해도를 가지고 전자해도를 제작하였을 경우, 기준축척 권고안에서 가장 근사한 대축척 값을 채택하여, 1:22,000을 기준축척으로 설정하게 된다.

국제수로기구 SCAMIN 권고안은 기존 11단계 기준축척에서 2가지의 그룹으로 구성되어 있던 모델에서 기준축척 11단계에서 SCAMIN 적용을 위해 11단계를 추가하여 22단계의 기준축척과 4가지 그룹 적용 방법을 제안하였다. 신규로 추가된 SCAMIN 기준축척 단계는 다음과 같다[7].

- [1:19,999,999], [1:9,999,999], [1:4,999,999],
 [1:2,999,999], [1:499,999], [1:699,999],
 [1:499,999], [1:349,999], [1:259,999],
 [1:179,999], [1:119,999], [1:89,999],
 [1:59,999], [1:44,999], [1:29,999],
 [1:21,999], [1:17,999], [1:11,999], [1:7,999],
 [1:3,999], [1:1,999], [1:999]

최소 축척이었던 1:3,000,000 보다 작은 축척에 대한 3 가지 축척이 추가되었고, 기준 최대 축척이었던 1:4,000 보다 대축척 2가지 축척이 추가된 것을 확인할 수 있다. 신규 축척을 추가함으로서 보다 다양한 SCAMIN 값을 부여할 수 있으며 화면의 오브젝트 중복 현상을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

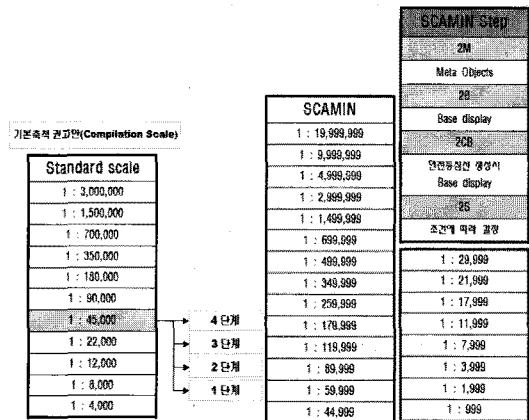


그림 3. SCAMIN 속성값 적용 방법
Fig. 3 Application process of SCAMIN model

국제수로기구에서는 본 SCAMIN 축척을 참조하여 각 오브젝트의 형태(점, 선, 면) 각각에 대한 모든 오브젝트에 대해 4가지 SCAMIN 단계를 부여하였다. 그림 3의 SCAMIN 속성값 적용 방법은 22개의 참조 축척 값에 각 오브젝트의 형태별 중요도를 평가하여 가장 중요한 오브젝트 형태는 4단계를 부여하고, 중요도가 가장 낮은 오브젝트는 1단계를 부여하는 방식이다.

국내 SCAMIN 모델에 비해 국제수로기구의 SCAMIN 모델은 보다 대축척과 소축척의 범위를 가지고 있으며, 세밀한 특징이 있다. 또한, SCAMIN이 적용되지 않는 부분을 포함하여 총 5단계의 축척 단계를 가지며, 모든 오브젝트의 형태(점, 선, 면)에 따라 각기 다른 SCAMIN 단계를 부여하여 각 오브젝트의 축척별 SCAMIN 단계를 다양화 하였다. 특히, 각 오브젝트가 보유하고 있는 속성값의 특징 즉, 오브젝트의 화면 표현 시 중요하다고 판단되는 오브젝트의 경우 상위의 SCAMIN 단계를 부여하여 소축척의 화면에서도 표현되도록 설정하였다. S-65 표준의 SCAMIN 속성 적용 모델에는 각 객체별 요구 조건이 있으며, 각 요구 조건은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 객체별 기하정보 형태
- 특정 속성 조건의 만족 여부
- 면 객체와 기하정보 공유여부
- 부 객체의 SCAMIN 속성값은 주 객체와 일치
- 면 객체에 포함 여부
- 수심정보의 중요도에 따라 단계별 적용

IV. SCAMIN 속성 적용 알고리즘

본 연구에서는 위의 S-65 표준 SCAMIN 모델의 요구 조건 중 객체별 기하정보 형태, 특정 속성 조건의 만족 여부, 면 객체와 기하정보 공유여부, 부 객체와 주 객체의 SCAMIN 속성값 일치를 일반 객체 적용법에서 정리하며, 면 객체 포함여부와 수심정보의 중요도에 따른 단계별 적용은 별도로 작성하였다.

4.1 일반 객체의 적용법

S-65 표준의 SCAMIN 모델은 전자해도의 기본축척에 따라 SCAMIN 단계 중 기본축척 단계를 결정하고 가장 중요한 객체는 4단계 높은 SCAMIN 값을, 가장 중요도가 낮은 객체는 1단계 높은 SCAMIN 값을 부여하는 방식이다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같이 전자해도의 SCAMIN 기본축척을 파악하고 객체의 중요도 요건에 따라 단계를 부여하는 방법을 적용하였다.

```
SCAMINStep[i], i = 0, 1, ..., 21
if CSCL > SCAMINStep[i]
  SCAMIN Step[i+IF], IF = 1, ..., 4
```

여기서 CSCL(Compilation scale of data)은 기본축척을 말하며, IF(Important Factor)은 객체의 중요도에 따른 SCAMIN 모델 단계 적용 값을 말한다.

SCAMIN 모델의 요구조건 검사를 위해서는 전자해도에 포함된 레코드 단위의 모든 정보를 피쳐정보와 기하정보로 구분할 수 있으며, 기하정보는 다시 독립 노드(Isolated node), 연결 노드(Connected node), 연결선(Edge)으로 구분된다.

```
FE[m], m = 0, 1, ..., feCount
VI[i], i = 0, 1, ..., viCount
VC[j], j = 0, 1, ..., vcCount
VE[k], k = 0, 1, ..., veCount
```

첫 번째 요구조건인 객체별 기하정보 형태는 해당 객체의 점(Point), 선(Line), 면(Area)에 따라 각기 다른 단계(Step)를 부여할 수 있다. 따라서 피쳐정보에 포함되어 있는 기하정보 종류(PRIM)에 따라 결정한다.

```
FE[m].FRID_PRIM = { Point, Line, Area }
if FE[m].ATTFF_A TTL = Attribute Code(SCAMIN)
  FE[m].ATVL = SCAMIN Step[i+IF], IF = 1, ..., 4
```

FRID는 전자해도 피쳐정보의 피쳐 레코드 식별 필드이며, 본 필드에는 피쳐정보의 기하 종류인 PRIM이 포함되어 있다. 두 번째 요구조건으로 특정 속성 조건의 만족 여부를 묻는 것으로 전자해도 피쳐정보에 포함된 다음의 속성정보가 특정 조건을 만족하는지에 관한 것이다.

- CONVIS(의견상 중요도) = 1 (Yes)
- CONRAD(레이더상 중요도) = 1 (Yes)
- FUNCTN(기능) = 33 (등대 지원)
- VALDCO(동심선 값) = 0 or 30
- RESTRN(제한사항) : 정의된 경우
- EXPSSOU(수심값 특성) = 2 (주위 수심보다 낮은 경우)
- VALSOU(수심 측정값) ≤ 30
- CATWRK(침선 분류) = 1 (위험하지 않는 침선)

```
if FE[m].ATTFF_A TTL = Attributes Code
if FE[m].ATTFF_A TBL = Attributes Condition
if FE[m].ATTFF_A TTL = Attribute Code(SCAMIN)
  FE[m].ATVL = SCAMIN Step[i+IF], IF = 1, ..., 4
```

세 번째 요구조건으로 해당 피쳐정보가 다른 면 객체와 기하정보를 공유하는지에 관한 것으로, 전자해도에 포함되는 피쳐정보는 포인터 필드를 이용하여 기하정보와 연계된다는 점을 이용하여, 해당 객체의 포인터 필드와 전자해도의 모든 면 객체의 포인터 필드를 비교하여 공유여부를 확인할 수 있다.

LNDARE(육상지역) and (DEPARE(수심지역) or DRGARE(준설 지역))

```
if FE[i].FRID_OBJL = (LNDARE and (DEPARE or DRGARE))
if FE[m].FSPT_NAME = FE[i].FSPT_NAME
if FE[m].ATTFF_A TTL = Attribute Code(SCAMIN)
  FE[m].ATVL = SCAMIN Step[i+IF], IF = 1, ..., 4
```

네 번째 요구조건인 부 객체의 SCAMIN 속성값은 주

객체와 일치 한다는 것으로, 항로표지의 경우 주 객체의 SCAMIN 속성값을 부 객체의 SCAMIN 속성값으로 입력한다.

```

if FE[m].FFPT_RIND = {Master, Slave}
if FE[m].FFPT_LNAM = FE[i].FOID_RCID
if FE[m].ATTF_ATTL = Attribute Code(SCAMIN)
FE[m].ATVL = FE[i].ATTF_ATVL(SCAMIN Value)

```

4.2 면 객체 포함 여부 적용법

S-65 표준 SCAMIN 모델의 주요 요구사항 중의 하나로 면 객체 포함 여부에 관한 것이 있다. 즉, 해당 객체가 다음과 같이 수심지역, 준설지역, 미측량지역에 포함될 경우 가장 높은 단계를 부여하는 방법이다. 본 요구사항의 경우 지리정보분야의 공간분석에 이용하는 Point in Polygon 해법을 통해 해결할 수 있다. Point in Polygon 해법은 세 점의 방향 판단, 두 선분의 교차 확인 등을 이용하여 특정 포인트가 다각형 내부인지 외부인지 판별할 수 있다. 먼저 세 점의 방향 판단법으로 그림 4와 같이 세 점 A, B, C를 차례로 선분으로 연결할 때 그 방향이 시계 방향인지 반시계 방향인지를 파악하는 것으로, 이를 계산하기 위해 벡터의 외적을 이용한다.

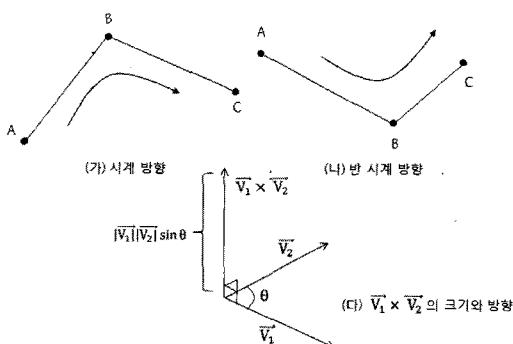


그림 4. 세점과 벡터 외적에 대한 방향 판별방법
Fig. 4 Direction selection of 3 points and Outward of vectors

외적은 $|\vec{V}_1 \times \vec{V}_2| = |\vec{V}_1||\vec{V}_2| \sin \theta$ 이 되며, 방향은 $|\vec{V}_1|$ 과 $|\vec{V}_2|$ 에 수직인 두 벡터 중에서 오른손 법칙에 의해서 엄지손가락이 가리키는 방향이 선택된다. 벡터의 성분에 대해 외적을 정의하면 다음과 같다.

$$\vec{V}_1(V_{1x}, V_{1y}, V_{1z}) \times \vec{V}_2(V_{2x}, V_{2y}, V_{2z}) = \det \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ V_{1x} & V_{1y} & V_{1z} \\ V_{2x} & V_{2y} & V_{2z} \end{bmatrix}$$

$$= (V_{1y}V_{2z} - V_{1z}V_{2y})\vec{i} - (V_{1x}V_{2z} - V_{1z}V_{2x})\vec{j} + (V_{1x}V_{2y} - V_{1y}V_{2x})\vec{k}$$

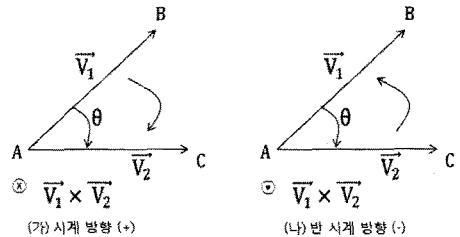


그림 5. 벡터 외적을 이용한 방향
Fig. 5 Direction selection using outward

그림 5와 같이 위의 외적 산정식에 따라 그림과 같이 \vec{V}_1 을 A에서 B로 가는 벡터로 잡고, \vec{V}_2 를 A에서 C로 가는 벡터로 잡으면 $\vec{V}_1 \times \vec{V}_2$ 는 z축의 양의 방향이 된다. 점 A, B, C는 xy평면상의 점이므로 z성분이 모두 0이다. 위의 식에 의해서 내적을 구하면 다음과 같다.

$$\vec{V}_1 = \vec{B} - \vec{A} = (B_x - A_x, B_y - A_y, 0)$$

$$\vec{V}_2 = \vec{C} - \vec{A} = (C_x - A_x, C_y - A_y, 0)$$

$$\vec{V}_1 \times \vec{V}_2 = (0, 0, (B_x - A_x)(C_y - A_y) - (B_y - A_y)(C_x - A_x))$$

$$= (0, 0, B_x C_y - A_y B_x - A_x C_y - B_y C_x + A_x B_y + A_y C_x)$$

외적은 x와 y 성분이 모두 0이고, z성분만 있으며, 위의 수식에 성분을 대입해서 계산한 z성분이 음이면 반시계 방향, 양이면 시계 방향이 된다. 위의 내용을 반영하여 $ccw()$ 함수를 개발 하였다. 다음으로 두 선분이 교차되는지 확인하기 위해 그림의 경우를 이용할 수 있다. 즉 $P_{1x} \leq P_{2x}$ 이고, $P_{3x} \leq P_{4x}$ 라고 가정하고, 두 선분이 교차하는 경우에 위의 방향 판단 함수인 $ccw()$ 함수를 이용하여, $ccw(P_1, P_2, P_3)$ 와 $ccw(P_1, P_2, P_4)$ 의 부호가 다르고, $ccw(P_3, P_4, P_1)$ 과 $ccw(P_3, P_4, P_2)$ 의 부호가 서로 다르면 된다.

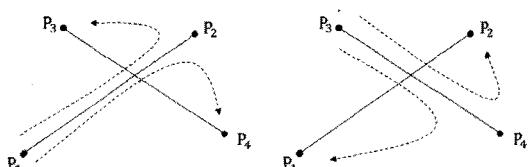


그림 6. 두 선분의 교차 확인
Fig. 6 Intersection test of 2 lines

즉, 다음과 같은 조건이면 두 선은 교차하며, 이를 이용하여 *intersect_ccw()* 함수를 개발하였다.

$$ccw(P_1, P_2, P_3) \times ccw(P_1, P_2, P_4) < 0$$

$$ccw(P_3, P_4, P_1) \times ccw(P_3, P_4, P_2) < 0$$

위의 세 점 방향 판단법과 두 선분의 교차 확인법을 이용하여 그림 7과 같이 특정 점이 다각형 외부인지 내부인지를 파악할 수 있다. 즉, 검사하고자 하는 점이 (x, y) 라면, 다각형에 (x, y) 를 표시하고, x 축의 연장선 점인 $(maxx, y)$ 를 연결하면, 연장선과 다각형이 만나는 점의 개수가 홀수 개이면 다각형 내부의 점이고, 짝수 개이면 다각형 외부의 점이다.

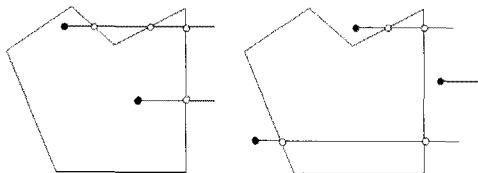


그림 7. 포인트 인 폴리곤 해법의 개념
Fig. 7 Solution of point-in-polygon problem

이때 예외의 경우가 발생하는데 그림 8과 같이 검사하고자 하는 점이 다각형의 꼭지점을 지날 때와 그 연장선과 다각형을 이루는 선분이 일치할 경우 발생한다.

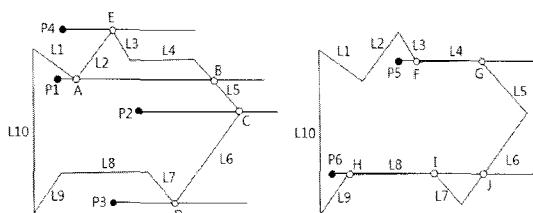


그림 8. 포인트 인 폴리곤 예외 해결 방법
Fig. 8 Solution for exception case of point-in-polygon problem

이러한 경우에는 연장선이 다각형의 꼭지점을 지날 경우 연장선의 y 좌표와 현재 검사 중인 다각형의 선분 중 y 좌표값이 작은 점의 y 좌표를 y_{min} 이라 하면 $y = y_{min}$ 인 선분에 대해서만 개수를 셀 수 있다. 위의 사항을 이용하여 점이 다각형 내부에 있는지 판별하는 함수 *inside()*를 개발하였다.

```
if inside() = {in, out}
if FE[m].ATT_F_ATTL = Attribute Code(SCAMIN)
FE[m].ATVL = SCAMIN Step[i + IF], IF = 1, ..., 4
```

4.3 수심 객체의 적용법

S-65 SCAMIN 모델의 마지막 요구조건으로 수심값 정보의 중요도에 따른 단계 적용이 있다. 즉, 수심 정보를 중요도에 따라 4단계로 구분하는 것으로서 전자해도의 수심정보에 해당하는 피쳐정보와 이에 해당하는 기하정보를 4 그룹으로 설정하는 내용이다. 우리나라 전자해도는 수심정보 피쳐정보가 1개에서 2개의 이상의 복수개의 제각각으로 구성되어 있어, 전자해도에 포함되어 있는 수심정보 피쳐와 이에 해당하는 기하정보를 4개로 설정하고, 포함되는 수심정보는 그 중요도에 따라 그룹핑하는 방안이 요구된다. 본 연구에서는 다음과 같이 수심정보 피쳐를 판별하여 저장되는 수심정보(위도, 경도, 수심값)를 저장하고, 레코드 단위로 구성되는 전자해도의 기하정보에는 레코드 번호 1, 2, 3, 4로 배치하였으며, 피쳐정보에는 수심정보 총 개수를 제외한 피쳐 총 개수에 순차적으로 번호를 부여하여 추가하였다.

<<기하정보>>

```
correction = 4 - SRCount,
```

```
SRCount: SoundingRecordCount
```

```
if correction > 0
```

```
VI[viCount + correction + i] = VI[viCount + i], i--
```

```
if correction < 0
```

```
VI[4 + i] = VI[SRCount + i], i++
```

<<피쳐정보>>

```
FE[m - SRCount + i] = new Sounding Feature[i], i = 0, 1, 2, 3
```

```
Sounding[i].(YCOO, XCOO, VE3D), i = 0, 1, ..., soundingCount
```

```
if FE[m].ATT_F_ATTL = Attribute Code(Sounding)
```

```
Sounding[i].(YCOO, XCOO, VE3D) = FE[m].ATVL
```

한편, 수심정보의 중요도 판별은 개별 수심에 대해 인접 수심 대비 수심값의 편차를 구한 다음, 기준 1: 수심값 편차, 기준 2: 항해에 유의한 수심에 가중치 부여 방법에 따라 수심 중요도를 판별하였으며, 그 결과를 이용하여 4 그룹으로 그룹핑하였다. 세부 수행 절차는 다음과 같다.

- 전자해도에 포함되어 있는 수심의 x 좌표 값을 기준으로 Shell 정렬을 수행하고, y 좌표 값을 기준으로 Shell 정렬을 수행
- x 축을 기준으로 인접 수심의 편차를 계산하고, 해당 수심값의 y 축 기준 인접 편차보다 작을 경우 y 축 인접 편차를 취함
- 항해에 유의한 수심(0m ~ 30m)의 경우 가중치를 부여함
- 가중치를 부여한 평가값을 기준으로 다시 Shell 정렬 수행
- 수심의 평가값을 4개의 그룹으로 분류하여 벡터 정보 중 4개로 구성된 Isolated Node에 할당함

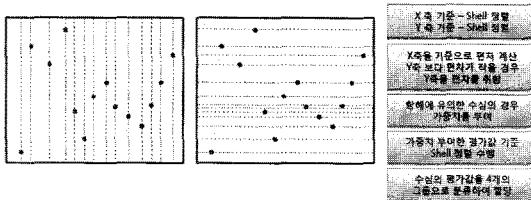


그림 9. 수심정보의 그룹 할당 해법
Fig. 9 Assignment method of Sounding Values

본 개념을 이용하여 다음과 같이 SCAMIN 단계를 차등적으로 부여할 수 있다.

```
if FE[m].ATT_F_ATT_L = Attribute_Code(SCAMIN)
  FE[m].ATT_VL = SCAMIN Step[i + IF], IF = 1, ..., 4
```

4.4 알고리즘 구성

본 연구에서는 S-65 표준의 SCAMIN 모델을 적용하기 위해 일반 객체 적용법, 면 객체 포함여부 적용법, 수심 정보 그룹핑 및 적용법에 관한 알고리즘을 개발하였다. 본 알고리즘을 우리나라 전자해도에 적용하기 위해서는 전자해도를 메모리에 로딩하는 기술과 SCAMIN 속성값이 수정된 결과를 다시 전자해도 포맷으로 작성하는 기술이 연계되어야 한다. 이를 위해 그림 10과 같이 SCAMIN 모델 적용 알고리즘을 설계하였다. 전자해도 로딩 모듈에는 전자해도 정보를 개별 레코드 단위로 읽어서 피쳐 정보와 기하정보로 구분하고, 기하정보는 다시 독립 노드, 연결 노드, 연결선으로 분류해서 메모리에 저장한다. 메모리에 저장된 전자해도 정보를 이용하여 일반 객체 요구조건 적용모듈, 면 객체 포함여부 적용 모

듈, 수심정보 그룹핑 및 요구사항 적용모듈을 적용한 후, 다시 전자해도 포맷으로 작성한다.

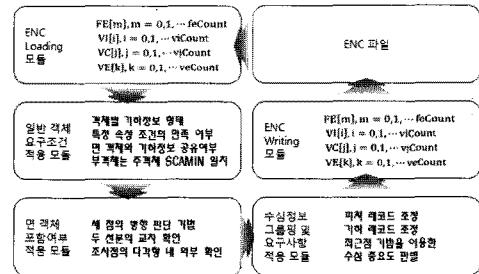


그림 10. SCAMIN 속성 적용 알고리즘
Fig. 10 Application algorithm of SCAMIN model

4.5 알고리즘 적용 결과 검토

본 연구에서는 개발한 알고리즘을 검증하기 위해 현재 사용되고 있는 전자해도에 적용하여 그 결과를 검토하였다. 전자해도는 항해목적에 따라 6단계로 구분할 수 있으며, 전자해도 중 4단계에 해당하는 접근도 (Approach) 차트의 KR4FC10 전자해도에 적용하였다. KR4FC10 셀의 기본 축척은 75,000이며, 다음의 정보를 포함하고 있는 것으로 분석 되었다.

<<피쳐정보>>

- 이력 레코드 : 8
- 지도제작 레코드 : 0
- 기하 레코드 : 4,064
- 집합 레코드 : 0

<<기하정보>>

- 독립 노드 레코드 : 615
- 연결 노드 레코드 : 2,114
- 연결선 레코드 : 2,886

KR4FC10 전자해도에 본 연구에서 개발한 알고리즘을 적용한 결과 결과를 확인할 수 있었다. 그림 11의 상단 그림은 현행 전자해도 그림이고 하단 그림은 S-65 표준의 SCAMIN 모델을 적용한 그림이다. 화면 축척이 267,401일 경우 현행 전자해도에는 기존의 SCAMIN 객체별 표시 전략에 따라 나침보(Magnetic variation), 장해물(Obstruction), 고립장애물 입표(Isolated Danger Beacon)이 표시되었으나, 개선된 전자해도에는 해당 객체가 표시되지 않은 것을 확인할 수 있다.

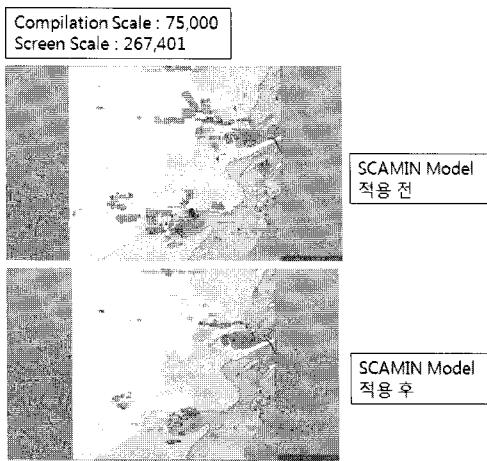


그림 11. SCAMIN 속성 알고리즘 적용결과(1)
Fig. 11 Application result of SCAMIN model (1)

한편, 그림 12와 같이 화면 축척을 213,920로 확대하였을 경우 현행 전자해도는 저질, 일부 등심선, 정박지 등이 표현되었으나 개선된 전자해도에서는 등심선과 고립 장애 입표만 표시되었을 뿐 소축척 해도에서 활용도가 낮은 객체는 표시 되지 않는 것을 확인할 수 있었다.

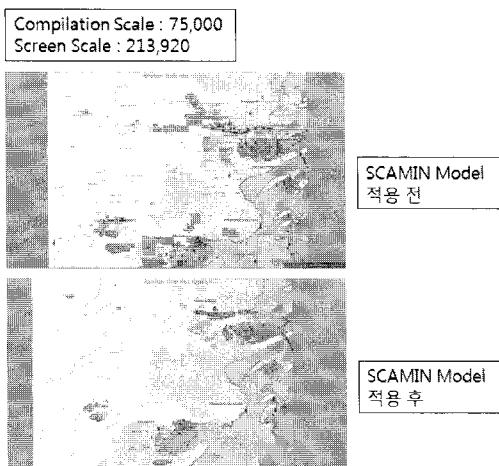


그림 12. SCAMIN 속성 알고리즘 적용결과(2)
Fig. 12 Application result of SCAMIN model (2)

수심 정보의 경우 그림 13과 같이 단계적으로 표현할 경우 수심정보가 순차적으로 표현되어 다른 객체와 중첩되지 않고 가독성이 향상되는 것으로 분석되었다.

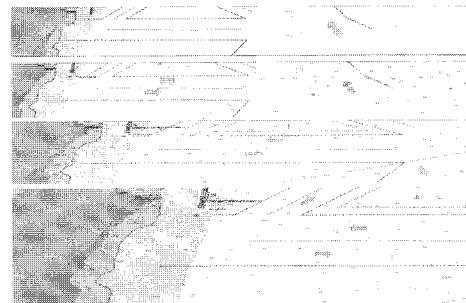


그림 13. 수심 정보의 단계적 표현
Fig. 13 Gradual presentation of Sounding information

V. 결 론

국제해사기구의 ECDIS 강제 탑재 추진과 다양한 항해장비 통합을 위한 E-Navigation 전략추진 등으로 전자해도의 중요도가 높아졌으며, 이에 따라 전자해도의 품질향상과 가독성이 중요한 문제로 인식되고 있다. 국제수로기구에서는 이를 개선하기 위해 S-65 표준에 SCAMIN 적용 모델을 제안한 바 있으나, 모델에서 요구하는 요건이 다양하고 수작업이 요구되는 사항이라 이를 합리적이고 기계적으로 적용할 수 있는 알고리즘 및 적용방법이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 S-65 표준의 SCAMIN 모델 요구조건을 분석하고 본 요구 조건에 따라 SCAMIN 속성값을 조정할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 또한 우리나라 전자해도에 본 알고리즘을 적용하여 그 결과를 검토 하였다. 향후 연구 내용으로는 전자해도 SCAMIN 조정 결과를 견시로 확인할 수 있는 검사 환경 구축이 요구되며, SCAMIN 조정 시 수행되는 속성값 검사와 다양한 공간분석 소요 시간을 단축하는 알고리즘의 최적화가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 국립해양조사원의 “2010년도 차세대전자해도 개발연구용역”과 한국해양연구원의 “NAP 해양유출사고 대응지원시스템 구축(2/3)”의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 국립해양조사원, 차세대 전자해도 개발연구 2차년도 결과보고서, 2006.
- [2] 국립해양조사원, 차세대 전자해도 개발연구 3차년도 결과보고서, 2007.
- [3] 국립해양조사원, 차세대 전자해도 개발연구 4차년도 결과보고서, 2008.
- [4] NDI, CHS S-57 SCAMIN : ENC Generalization Specification and Tools, December, 1998.
- [5] 심우성 외 4인, 안전항해를 위한 ECDIS에서의 전자해도 오브젝트 SCAMIN 연구, 한국해양환경공학회지, 4권 1호, pp. 63~69, 2001.
- [6] 박종민, 오세웅, 전자해도 SCAMIN 속성 개선방안 연구, 한국지리정보학회지, 12권 4호, pp 169~181, 2009.
- [7] IHO S-65, ENC production guidance, 2009.



이문진(Moon-Jin Lee)

1989년 부경대학교 해양학과
(이학사)
1991년 부경대학교 해양학과
(이학석사)

1996년 부경대학교 해양학과(이학박사)
현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
해양안전·방제기술연구부 책임연구원
※관심분야: 유류유출지원시스템, 해양 실시간 및
관측 데이터 처리 기술, 해양GIS

저자소개

오세웅(Se-Woong Oh)



1999년 한국해양대학교
물류시스템공학과(공학사)
2001년 한국해양대학교
물류시스템공학과(공학석사)

2008년 한국해양대학교 물류시스템공학과(공학박사)
현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
해양안전·방제기술연구부 연수연구원
※관심분야: 해양GIS, 해사정보기반 지능시스템

박종민(Jong-Min Park)



1994년 경북대학교 전자계산학과
(이학사)
1996년 경북대학교 전자계산학과
(이학석사)

현재 한국해양연구원 해양시스템안전연구소
해양안전·방제기술연구부 선임연구원
※관심분야: 해양GIS, 다이나믹 수로정보기술