

국제지자기정상마당모형을 리용한 지자기정상마당 결정프로그램의 개발

방현룡, 신대경

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《프로그램을 개발하는데서 기본은 우리 식의 프로그램을 개발하는것입니다. 우리는 우리 식의 프로그램을 개발하는 방향으로 나가야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제21권 42페이지)

우리 식의 프로그램을 개발하는것은 최신과학기술에 토대하여 지질탐사사업의 현대화, 정보화를 실현하는데서 중요한 의의를 가진다.

지자기마당에 의한 지하자원탐사와 지체구조연구 등 여러 분야에서 지자기요소들은 중요한 기초자료로 많이 리용되고있다.[1, 3] 지자기요소들을 결정하기 위한 방법에는 여러 가지가 있는데 그가운데서 가장 보편적으로 리용되고있는것은 가우스의 포텐셜론에 기초한 구면조화분석법이다. 이 방법은 전지구적범위에서 지자기마당을 연구할 때 리용하는 한 가지 방법인데 국제지자기 및 초고층대기물리학협회(IGA)에서 5년에 한번씩 발표되는 국제지자기정상마당(IGRF)모형을 리용하여 지자기마당의 7가지 요소들을 동시에 결정한다.

론문에서는 년대별 국제지자기정상마당모형들을 리용하여 지자기정상마당의 시공간적 변화를 제때에 정확히 결정할수 있는 다중가동환경의 응용프로그램을 개발한데 대하여 서술하였다.

1. 국제지자기정상마당모형에 의한 지자기요소결정방법

국제지자기정상마당(IGRF)은 1900년부터 현재까지에 이르는 기간의 지자기마당 $\vec{B}(r, \theta, \varphi, t)$ 와 그것의 년변화률(주기적변동)에 대하여 수학적모형화를 진행한것이다.[2]

지구가 균일자화된 구형체이고 외부원천자기포텐셜이 령이라고 가정하면 지자기마당 \vec{B} 는 자기스칼라포텐셜 V 에 관하여 $\vec{B} = -\nabla V$ 형식으로 표시되는데 이때 V 는 극자리표계에서 다음과 같은 유한수열로 표시된다.

$$V(r, \theta, \varphi, t) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} \times [g_n^m(t) \cos(m\varphi) + h_n^m(t) \sin(m\varphi)] p_n^m(\cos\theta) \quad (1)$$

여기서 r 는 지구의 중심으로부터 고찰점까지의 거리, $a = 6371.2\text{km}$ 는 현재 리용하고있는 지구의 표준반경, θ 는 고찰점의 지구중심위도(반경 r 와 극축사이의 각), φ 는 동경을 표시한다. $p_n^m(\cos\theta)$ 는 n 계 m 차 르장드르배함수이다.

가우스결수 g_n^m , h_n^m 은 시간의 함수이며 일반적으로 nT단위로 주어진다.

지자기마당성분들인 X , Y , Z 는 다음의 식으로 구할수 있다.[1]

$$X = \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta}, \quad Y = -\frac{1}{r \sin\theta} \frac{\partial V}{\partial \varphi}, \quad Z = \frac{\partial V}{\partial r} \quad (2)$$

지자기마당의 수평성분 H 와 완전세기 T , 편각 D , 복각 I 는 X, Y, Z 성분들에 의하여 다음의 관계식으로 계산된다.

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2}, T = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, D = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right), I = \arctan\left(\frac{Z}{H}\right) \quad (3)$$

2. Qt개발도구를 리용한 지자기요소결정프로그램작성과정

우리는 지자기정상마당의 7가지 요소들인 X, Y, Z, H, T, D, I 를 임의의 시공간파라미터에 대하여 결정할수 있는 다중가동환경의 프로그램을 개발하기 위하여 응용소프트웨어개발도구로 많이 리용되는 Qt를 리용하였다.

지자기요소결정프로그램은 자료입력모듈, 지자기요소결정을 위한 예비처리모듈, 지자기요소결정모듈, 자료출력모듈과 대면부 및 결과현시모듈로 구성된다.

구면조화분석법에 의한 지자기요소결정프로그램의 공정은 그림 1과 같다.

자료입력모듈은 크게 IGRF결수입력부분과 초기파라미터입력부분으로 구성된다. IGRF결수는 화일읽기방식으로 프로그램이 실행될 때 불러들이며 초기파라미터는 대면부상에서 사용자가 정의하는 값들에 의하여 입력된다.

초기파라미터는 계산방식을 어떻게 정하는가에 따라 약간 달라진다. 지자기요소결정을 위한 예비처리모듈에는 르장드르배함수와 그것의 도함수를 계산하는 부분이 포함된다.[1]

르장드르배함수와 지구중심위도 θ 에 관한 르장드르배함수의 도함수계산식, 식 (2), (3)을 리용하면 지자기마당의 7가지 기본성분들을 구할수 있다. 지자기요소결정프로그램의 원리도는 그림 2와 같다.

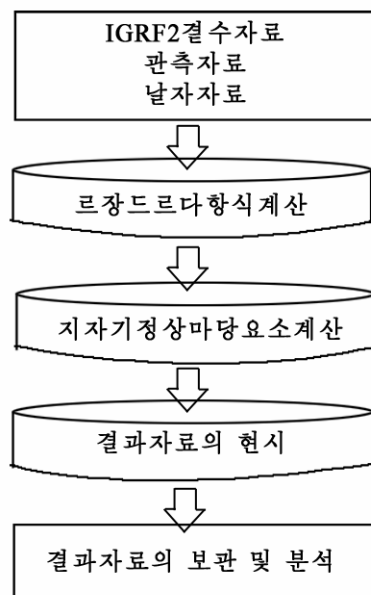


그림 1. 구면조화분석법에 의한 지자기요소결정프로그램의 공정

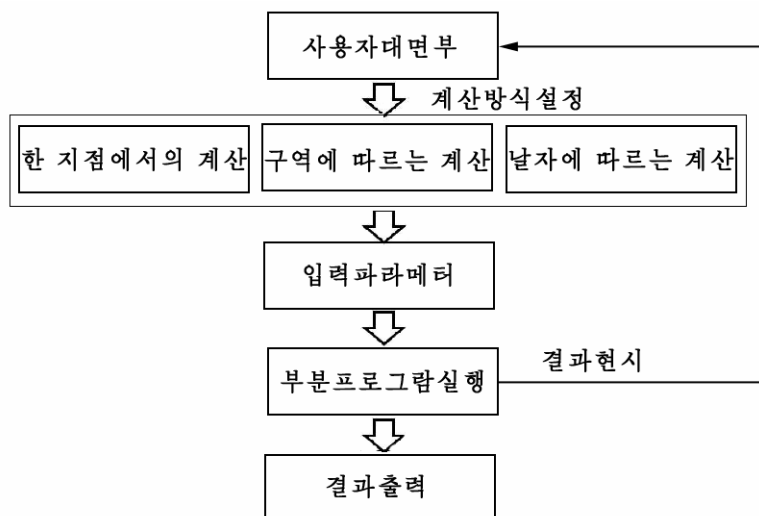


그림 2. 지자기요소결정프로그램의 원리도

프로그램계산결과의 믿음성을 검증하기 위하여 IAGA에 발표된 참고값들과 비교하였다.(표 1, 2)

표 1. IAGA에 발표된 참고값들과 개발프로그램에 의한 계산결과(1)
(2019년 1월 1일, 높이 0m, 위도 39°, 경도 126°)

No.	지자기 요소	단위	IAGA자료	계산값	오차
1	T	nT	52 194.8	52 194.8	0
2	X	nT	28 523.2	28 523.2	0
3	Y	nT	-4 401.2	-4 401.18	0.02
4	Z	nT	43 489.7	43 489.7	0
5	D		-8° 46'	-8° 46' 17"	17"
6	I		56° 26'	56° 25' 51"	9"

표 2. IAGA에 발표된 참고값들과 개발프로그램에 의한 계산결과(2)
(2019년 7월 1일, 높이 0m, 위도 37°, 경도 128°)

No.	지자기 요소	단위	IAGA자료	계산값	오차
1	T	nT	50 625.5	50 625.4	0.1
2	X	nT	29 677.0	29 677.1	0.1
3	Y	nT	-4 398.9	-4 398.73	0.17
4	Z	nT	40 778.2	40 778	0.2
5	D		-8° 26'	-8° 25' 51"	9"
6	I		53° 39'	53° 39' 25"	25"

표 1, 2에서 보는바와 같이 IAGA에 발표된 참고값들과 개발프로그램에 의한 계산결과의 차이는 매우 작다. 총체적으로 프로그램의 믿음성은 담보되며 국제적기준에 완전히 부합된다고 볼수 있다.

맺 는 말

다중가동환경의 소프트웨어개발도구인 Qt를 리용하여 지자기정상마당의 요소들을 신속정확히 결정할수 있는 지자기요소결정프로그램을 개발하였다. 프로그램은 년대별 국제지자기표준마당모형들을 입력하고 임의의 시공간파라미터에 대하여 지자기마당의 7가지 요소들을 결정하고 출력하는 기능을 가지고있다.

프로그램의 믿음성은 국제지자기 및 초고층대기물리학협회가 발표한 참고값과 비교하는 방법으로 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 41, 11, 94, 1995.
- [2] Erwan Thébault et al.; Earth, Planets and Space, 67, 79, 2015.
- [3] Yi Jiang et al.; World Journal of Modeling and Simulation, 11, 4, 282, 2015.

Development of Program to Determine Geomagnetic Reference Field Using IGRF Model

Pang Hyon Ryong, Sin Thae Gyong

In this paper, we described about the development of the geomagnetic reference field determination program by using Qt Creator, the multi-platform software development toolkit.

Keywords: IGRF, geomagnetic reference field, declination, inclination