

해수유동모델 결과의 3차원 가시화를 위한 GUI 구현*

최우정¹ · 박성은^{1*} · 이원찬¹ · 구준호¹ · 서영상² · 김태현³

GUI Implementation for 3D Visualization of Ocean Hydrodynamic Models

Woo-Jeung Choi¹ · Sung-Eun Park^{1*} · Won-Chan Lee¹ ·
Jun-Ho Koo¹ · Young-Sang Suh² · Tae-Hyun Kim³

요 약

해수유동모델 결과를 3차원적으로 가시화하기 위한 그래픽 유저 인터페이스를 구축하는 과정에서 지리정보시스템(GIS) 기술을 활용하였다. 연안역 관리에서 GIS 기법은 산재되어 있는 방대한 자료들을 저장하고 이를 3차원으로 가시화하는 기능을 제공하며 해석적, 통계적, 모델링 도구로써 주어진 상황에 적합한 데이터 변환이 가능하도록 해준다. 해수유동모델은 개방경계에서 조석, 바람, 수온, 염분, 강물 유입 및 태양복사 등과 같은 모델입력값을 부여함으로써 구동되며 대상해역은 진해만으로 하였다. 본 연구에서는 국산 GIS 소프트웨어인 GeoMania (v2.5)를 사용하여 진해만을 대상으로 시뮬레이션된 해수유동모델 결과의 3차원 가시화 모듈을 구축하였다.

주요어: GIS, 해수유동모델, 3차원 가시화, 그래픽 유저 인터페이스

ABSTRACT

This study presents an application of GIS technologies to construct the graphic user interface for 3-dimensional exhibition of the results obtained by ocean hydrodynamic model. In coastal management studies, GIS provide a receptacle for scattered data from diverse sources and an improvement of the 3D visualization of such data. Within the frame of a GIS a variety of analytical, statistical and modeling tools can be applied to transform data and make them suitable for a given application. A 3D hydrodynamic model was driven by time-dependent external forcing such as tide, wind velocity, temperature, salinity, river discharge, and solar radiation under the open boundary condition. The Jinhae bay was selected as a case study. Here, we have used GeoMania v2.5 GIS software and its 3D Analyst extension module to visualize hydrodynamic model result that were simulated around the Jinhae bay.

KEY WORDS : GIS, Ocean Hydrodynamic Model, 3D Visualization, GUI

2004년 7월 19일 접수 Received on July 19, 2004 / 2004년 9월 22일 심사완료 Accepted on September 22, 2004

* 본 연구는 국립수산과학원의 '연안어장 환경용량설정 연구'의 일환으로 수행되었음.

1 국립수산과학원 환경관리팀 Marine Environmental Management Division, National Fisheries Research and Development Institute

2 국립수산과학원 해양연구팀 Oceanography Division, National Fisheries Research & Development Institute

3 (주) 퍽소니어 pixoneer geomatics

* 연락처자 E-mail: liern_park@hotmail.com

서 론

최근 국가 GIS(geographical information system) 사업은 1995년부터 시작된 1단계 사업에서의 단점을 보완하면서 2단계 사업을 추진 중에 있다(건설교통부, 2002). 그러나 2단계 국가 GIS 기술개발 또한 육상의 공간정보에 초점을 맞추어 진행됨에 따라 해양 GIS의 특성이 충분히 고려되지 못하고 있다(해양수산부, 2002a).

해양은 시간에 따른 변화가 매우 빠르게 일어날 뿐만 아니라 동일한 위치에서도 수심에 따라 해표면부터 해저에 이르기까지 서로 다른 정보를 가지기 때문에 육상에 비해 훨씬 복잡한 시·공간적 특성을 가진다. 따라서 육상 중심의 GIS 기술을 해양으로 적용할 경우 해양 GIS의 특성을 충분히 고려한 사항들을 면밀히 검토해야 되므로 시스템 개발·구축에 많은 어려움이 따른다.

GIS기법은 x, y, z 상의 공간적인 위치에 시간(t)의 개념을 추가하여 과거에서부터 공간이 변화해 온 사항을 관리할 수 있도록 하며 과거로부터의 변화를 기반으로 다양한 해석적, 통계적 기법을 이용해 미래를 예측할 수 있도록 지원한다(EPA, 1999). 이러한 GIS의 예측 기능은 해양 분야에서도 관련 정책의 의사결정이나 계획 수립 등의 업무를 지원하는 데에 매우 중요하다. 왜냐하면 저장된 자료의 신속, 정확한 조합이나 분석 기능이 해양에서 일어나는 돌발적인 상황에 빠른 정보를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 방대한 대용량의 자료들을 분석·가공할 수 있으므로 객관적 자료에 의한 과학적 평가가 언제든지 가능하기 때문이다. 예를 들면 적조 및 유출유의 확산과 같은 돌발적 상황이나 연안지형의 변화와 같은 장기적인 변동 양상과 관련된 정보들을 효과적으로 관리할 수 있을 것이다.

해양수치모델링은 해양 현상의 구조를 파악하고 예측하는 데에 매우 유용하게 사용되는 기

법 중 하나이다. 이 중 해수유동모델은 대상해역 내의 각 격자점에서 매 시간스텝별로 유속, 유향, 조위, 수온, 염분 등을 계산하며 부피, 운동량, 질량 보존법칙에 근거를 두고 차분화된 운동방정식과 연속방정식을 이용하여 조류, 밀도류, 취송류 등과 같은 유동장을 계산하는 기법이다. 그러나 앞서 설명한 바와 같이 돌발적인 상황에 빠른 대처가 필요할 경우나 방대한 자료들을 신속하게 분석·가공하기 위해서는 모델결과를 GIS와 연계할 필요성이 있다.

이미 해양수산부(2002b)는 국가 GIS 기술개발의 중점 추진 과제 가운데 공간지리정보 가공·처리 및 통합기술개발 분야에 3차원 모델링 및 4차원 시간정보 연산기술 개발을 추진 중에 있으며 이에 본 연구에서는 한국 남해안의 진해만을 대상해역으로 GIS 기법을 연계하여 해양의 3차원 해수유동모델이 windows 환경에서 쉽게 구현될 수 있는 GUI(graphic user interface)를 구축하고자 하였다.

모델링 시스템 환경

본 연구에서 구현한 모델 시스템을 살펴보면 먼저 대상해역인 진해만의 DEM(digital elevation model)을 생성시키기 위해서 1:5,000 및 1:25,000 축적의 수치등고선도를 기본으로 하여 커버리지를 생성하였다. 또 진해만 수치지도의 도형정보 및 수치해도의 속성정보를 연결하여 해양지리정보시스템을 구축하여 구축된 시스템 내에서 3차원 해수유동모델의 수행이 가능하도록 설계하였다(Fig.1). 수치해역도상에 3차원 해수유동모델의 수행 결과인 조류 및 조석잔차류 정보를 입력하고 그래픽으로 구현할 수 있도록 DBMS(database management system)를 구축하여 통계분석 및 시각화가 가능하도록 하였다.

본 시스템의 개발 환경으로 사용된 언어로는 통합시스템으로 Delphi가 사용되었으며 3차원 시스템 및 모델입력변수 생성프로그램은 Visual C++, 모델링 실행프로그램은 Visual Fortran,

FIGURE 1. The main screen for hydrodynamic model system.

그리고 3차원 가시화 기능은 IDL(interactive data language) v5.3을 사용하였다. 사용된 GIS 시스템은 국내에서 개발된 소프트웨어인 GeoMania v2.5(GEOBase)로 일반인의 접근이 편리한 PC 환경을 대상으로 Windows 2000 professional OS 상에서 구동되도록 하였으며 DBMS로는 범용적이면서 안정적인 Oracle v9.0 을 사용하였다.

시스템 프로세서의 설계

Fig. 2는 본 시스템의 클래스 구조를 나타낸 것이다. 해수유동모델에 필요한 연안선 및 수심 자료, 개방경계에서의 외력(forcing) 및 강유역 경계자료, 격자크기(grid size; Δx , Δy) 및 격자간격(grid interval) 등에 관한 정보를 서버에 입력시키면 이 정보를 이용하여 해수유동모델이 계산된다. 이것은 GIS 시스템과 별도로 분리되어 기존의 해수유동모델링 방식을 그대로 유지하면서 수행되므로 두 시스템 사이에 효과적인 인터페이스를 사용함으로써 보다 효율적으로 모델링 결과들을 생성할 수 있다.

본 연구에서 구현된 해수유동모델링 시스템

은 크게 입력변수 생성 프로그램, 모델링 실행 프로그램, 3차원 가시화 프로그램 등 크게 3가지 프로그램으로 구성된다.

먼저 시스템으로부터 연안지형 및 수심자료를 입력하고 모든 강유역 경계자료는 기본적으로 Polygon을 유지하도록 한다. 격자정보와 강유역 경계의 좌표를 설정한 후 데이터베이스 서버에 저장하면 서버로부터 자료를 요청하는 모델링 시스템 클라이언트로 자료가 넘겨진다. 자료를 받은 입력변수 생성 프로그램에서는 모델에 필요한 기타 변수들을 설정해주는 곳으로 모델의 총 계산시간, 연안선 및 해저지형, 바다 인식점, 개방경계 조건, 강유역 속성 등을 설정한다.

모델링 실행 프로그램에서는 시스템 내에서 해수유동모델을 수행하여 조류 및 잔차류 파일을 생성하는 기능을 담당한다. 조류는 본 시스템에서 반일주조인 M2 분조만 고려되며 조석잔차류는 M2분조 주기 내의 조류값을 평균하여 구한다. 잔차류값을 통해 물질의 수송과정에 대한 정보가 차후 생태계 모델로 전달된다.

FIGURE 2. Schematic diagram of the steps involved in the development of this study.

모델영역 및 격자구성

Fig. 3은 모델계산을 위한 대상해역의 영역 조건을 설정하는 창으로 수치해도상의 위도 및 경도값을 이용하여 전체 모델영역의 시작점과 끝점을 기입한 후 x, y 각 방향에 대해서 각각 영역내의 격자간격을 미터 단위로 입력하면 영

역내의 총 격자수가 자동적으로 계산된다. 또 계산하고자 하는 연직방향의 level 수를 총 6개 층까지 고려할 수 있고 수심파일을 통해 해역으로 정의된 총 격자수와 계산영역 내의 평균수심이 표시된다.

개방경계 및 육지와 해역 경계의 좌표 입력은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Fig. 3에서 정한

FIGURE 3. Data input screen for model domain.

FIGURE 4. Data input system using mouse in the open and close boundaries.

x, y 방향의 격자간격 표시점을 따라서 마우스를 이용하여 경계를 실선으로 입력하게 된다. 섬 경계까지 입력을 마치고 완료버튼을 클릭하면 모든 경계정보가 Oracle table에 저장된다. 이때 강물유입원이 있는 격자점은 마우스를 이용하여 별도로 좌표값이 입력되고 그 결과는 격자 개수로 나타난다. 단, 강물유입 경계는 반드시 이전 단계인 육지와 해역 경계 폴리곤 내부에 위치하여야 한다.

FIGURE 5. Visualization system of model grid map.

입력시킨 모든 자료의 로딩이 끝나면 생성되는 입력변수 프로그램의 활성창이 Fig. 5와 같이 나타나며 진해만을 대상으로 설정된 개방경계 및 연안경계를 보여준다. 연안경계에 접해있는 점들은 각 강물유입원의 위치를 나타내는 것으로 모델의 영역 및 격자정보가 정확히 입력되었는지를 확인하고 나서 변수들을 입력한다.

모델의 입력 변수

Fig. 6은 모델 계산에 반드시 필요한 입력 변수들을 설정하는 창으로 먼저 시뮬레이션 시간 설정에서 계산의 시작 및 종료 시간, 계산시간간격, 조석주기 등을 입력하고 결과의 출력시간을 설정한다. 또 잔차류 계산은 시뮬레이션이 종료된 이후 계산된 조류값을 읽어 들여 조석주기에 대한 time averaged current를 계산한다. 한편, 지형정보에서는 해역의 연직방향, 즉 수심에 따라 구분된 각 층별로 충간 깊이, 충간 마찰력, vertical mass exchange 계수, 수온, 염소량 등을 설정한다.

그 외의 물리적 변수들은 Fig. 7에 나타낸

FIGURE 6. The data input considering time and vertical resolution.

FIGURE 7. The data input considering physical parameters.

Dialog 창에서 설정하며 여기서는 코리올리 변수, 공기밀도, 해면 및 해저 마찰계수, 연직와동 점성계수, 일사량 등의 정보를 기입한다.

(phase)을 입력한다. 개방경계값은 조류 이외에도 해류의 유출입을 함께 고려할 경우 유속값을 직접 경계에서 부과하는 방법이 사용된다(Oey and Chen, 1992). 그러나 본 연구에서 구현하고 있는 모델링 시스템에서는 M2 조류만을 고려하고 있으므로 외력은 조화상수인 진폭(amplitude)과 위상(phase)만을 입력하였으며 한국해양연구소(1996)의 값을 사용하였다.

FIGURE 8. The data input for open boundary value.

Fig. 8은 개방경계값을 설정하는 창으로 조류 계산을 위한 경계값으로는 조화상수(harmonic constant)인 조석의 진폭(amplitude)과 위상

FIGURE 9. The river discharge data input.

강물유입에 대한 정보로는 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 격자정보에서 입력된 각각의 강물유입 경계점에서 마우스를 클릭하면 그림과 같은 대화상자가 나타나고 여기서 강물의 유량과 수온, 염분값을 입력시킨다. 모든 입력 과정이 끝나면 확인창이 뜨고 이를 클릭하면 변수설정 결과를 노트패드로 확인 및 수정할 수 있다. 변수 설정 과정이 성공적으로 수행되었다면 설정된 총 계산시간에 따라 장시간의 3차원 해수유동모델이 수행된다.

모델결과의 3차원 가시화

모델결과는 Fig. 10에 나타낸 바와 같이 벡터와 콘타로 표현하여 3차원으로 가시화하였다. 또 메뉴창을 통해서 x-y, x-z, y-z 평면상에 모델결과를 표현하고 RGB color 값들을 이용하여 색상이 조절되도록 하였다.

마우스 왼쪽 버튼을 클릭한 상태로 드래그하

여 주 화면의 3차원 표현 요소들이 자유롭게 회전하도록 하여 진해만의 모든 방향에서 계산결과들을 가시화하였다. 또 메인 툴바에서 각각의 툴바를 선택하여 확대, 축소, 좌우상하의 자유로운 화면이동을 수행한다. 화면 위에서 마우스를 이동하면 그 지점의 x, y, z 값이 화면 하단의 상태바를 통해 나타나며 화면에 나타나 있는 결과들은 BMP 파일로 저장한다.

한편, 계산된 모델결과의 시간 흐름에 따른 변화를 보다 효과적으로 보기 위하여 애니메이션 기능을 활용하였다. Fig. 11은 시간에 따른 수온과 조류의 변화를 애니메이션으로 표현 한 것으로 그림에서 깃발은 강의 위치를 나타내며 벡터는 조류를, 콘타는 수온을 나타낸다. 애니메이션 창이 활성화 된 상태에서 마우스 동작에 의해 회전, 확대, 축소 등이 가능하도록 시스템을 설계하여 Fig. 12와 같이 수치지도와 결합된 만 전체의 변화양상을 나타내었다.

FIGURE 10. Visualization system of velocity vector and temperature contour.

고찰 및 결론

연안 해역에서 신속하면서도 정확한 조류의 예측은 항해안전 뿐만 아니라 환경관리 측면에서도 매우 중요한 요소이다. 특히 각종 오염물질의 거동이나 유류유출 사고와 같은 돌발적인 상황에 대해서는 더욱 그러하다. 이 같은 경우 기존의 방법인 모델의 새로운 수행보다는 기 구축된 자료들을 통해 신속한 의사결정을 할 수 있는 빠른 정보의 제공이 가능해야 한다.

본 연구에서는 이미 이런 요구를 충족시키고자 다양한 분야에 적용되고 있는 GIS 기법을 3차원 해수유동모델링과 연계한 GUI를 구축함으로써 차후 해양관련 업무의 효율성을 증대시킬 수 있는 시스템을 개발하고자 하였다. 비록 초기적인 단계이기는 하지만 본 연구에서는 해수 유동모델의 3차원 가시화 시스템을 구축하여 진해만과 마산만 주변의 상세한 조류도를 다양한 조건하에서 조석주기별로 파악할 수 있었으며 사용자가 지정한 시간에 가장 적합한 조류도를 3차원 그래픽으로 작성하고 분석할 수 있었다.

예를 들면 해수유동모델링 시스템을 이용하여 마산만의 연직단면상에서 조석잔차류 특성을 분석해보면 Fig. 13(a)에 나타난 것과 같이 잔

FIGURE 11. Animation of velocity and temperature fields.

FIGURE 12. Visualization of tidal current filed in the Jinhae bay.

차류가 저층에서는 만내측으로 흐르고 표층에서는 그 반대인 만외측으로 흐름을 볼 수 있다. 이것은 잔차류가 물질순환과정과 밀접히 관련되어 있으므로 마산만의 경우 만내측의 저층에서 물질의 집적이 활발히 일어날 것임을 예상할 수 있다. 그러나 보다 정확한 조류를 계산하기 위해서는 4대 분조를 포함한 보다 많은 분조가 고려되어야 할 필요성이 있으며 장기 관측된 시계열 자료와의 충분한 검토가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 GIS를 활용하여 조사 및 관측된 자료들이 실시간으로 데이터베이스화되는 과정이 반드시 필요하다.

차후 본 연구에서 구축된 모델링 가시화 시스템은 해수유동모델로부터 물리적인 수송 정보를 전달받아 수행되는 해양 생태계모델과 연계되어 구동될 예정이며, 해수유동모델은 0-좌표계를 사용하는 범용코드로 전환될 계획이다. 이러한 시스템 구축은 해양관련 업무수행 시 문서상으로 제공되는 자료 외에 연안 현황과 여러 관련 정보가 시스템을 통해 함께 제공되도록 함으로써 업무처리 시 신속한 의사결정을 지원하고 연안관리의 인프라 구축에 기여할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원의 '연안어장 환경 용량설정 연구'의 일환으로 수행되었습니다.

KAGIS

참고문헌

- 한국해양연구소. 1996. 한반도 주변 조석 조화 상수 자료집. 282쪽.
- 해양수산부. 2002a. 해양 GIS 기술개발 연구 요약보고서. 157쪽.
- 해양수산부. 2002b. 연안관리정보시스템 4차년도 사업보고서. 187쪽.
- EPA. 1999. Environmental Protection Agency. Geographic Information Systems Tools. Available from <http://www.epa.gov/epahome/gis.htm>.
- Oey, L.-Y. and Chen P. 1992. A model simulation of circulation in the Northeast Atlantic Shelves and Seas. Journal of Geophysical Research 97(C12): 20,007-20,015. **KAGIS**

FIGURE 13. Vertical sections of residual current field in the Masan bay. Plots are the (a) v-component and (b) w-component.