

GIS와 해수유동모델의 연계방안 연구

김종규* · 김정현**

*여수대학교 해양·수산연구정보센터

**국립해양조사원 해양과

A Study on the Integration GIS with Hydrodynamic Model

JONG-KYU KIM* AND JUNG-HYUN KIM**

*Korean Ocean Science and Fisheries Information Center, Yeosu National University, Yeosu, Korea

**Oceanographic Division, National Oceanographic Research Institute, Incheon, Korea

KEY WORDS: GIS 지리정보시스템, Integration 연계, ENC 전자해도, Hydrodynamic Model 해수유동모델

ABSTRACT: The integration of Geographic Information Systems (GIS) with the hydrodynamic model was conducted in order to vitalize the use of geographical information and to aid in the understanding of tidal circulation patterns. A 2D finite difference numerical model was used to simulate a tidal circulation in the Suyoung Bay in Busan, Korea. GIS, especially the ArcView S/W, is used to input the data of the numerical model, and is also used for the visualization of model outputs on the ground in the loosely coupled method. In this paper, an electronic navigational chart (ENC), which provides more accurate information in the ocean and coastal areas than any other digital information, is used as a base map for this integration. With the help of GIS, the integration can support the understanding of oceanographic information.

1. 서 론

‘국가지리정보체계의구축및활용등에관한법률’(2000)이 제정된 이후 지리정보체계 (Geographic Information System, GIS)의 국가차원 구축에 따라 자료의 생성과 활용이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 그러나 육상에 비해 해양에서의 지리정보구축은 그 동안 매우 미흡한 실정이며 시간적, 공간적 변동이 크고 실측이 어려운 해양의 특성상 지리정보구축에 어려움이 크다. 그럼에도 불구하고 최근 해양에서의 지리정보구축은 지속적이고 지속적으로 추진되고 있으며 여러 종류의 수치화된 자료 및 도면(예, 전자해도, 수치해도 등)들이 생산되고 있어, 이러한 구축 지리정보를 다양하게 활용할 수 있는 방안이 요구되어진다.

본 연구에서는 GIS와 해수유동모델의 연계 방법으로 loosely-coupled 방법을 사용하였다. 해수유동모델의 초기 입력 데이터 생성을 위해 국립해양조사원에서 생산하고 있는 첨단항해용 전자해도(Electronic Navigational Chart, ENC)를 이용해 석자망과 각 격자별 수심값 등 모델 초기입력자료를 생산하며, 모델링의 결과값을 전자해도에 중첩하여 도시하였다. 이러한 작업을 위해 GIS 소프트웨어 중 사용자 인터페이스가 편리하고 그래픽 및 공간분석 기능이 뛰어난 ArcView를 사용하여 해수유동모델을 GIS 환경에서 보다 편리하게 가시화하고, 또한 관련지리정보와 함께 도시 및 분석하는 방안에 대해 연구하였다.

제1저자 김종규 연락처: 전라남도 여수시 둔덕동 산 96-1

061-659-2981 oceaninfo@yosu.ac.kr

2. GIS와 수치모델의 연계방안

GIS란 지리적 자료를 수집, 저장, 분석 및 출력할 수 있는 컴퓨터 응용시스템으로 지형공간에 관한 모든 정보를 컴퓨터에 저장하여 이를 바탕으로 각종 계획수립과 의사결정 및 산업활동을 효율적으로 지원할 수 있도록 만든 정보시스템이다.

Table 1과 같은 다양한 기능 때문에 GIS는 여러 분야에 사용되고 있으며 외부의 수치모델과의 연계도 지속적으로 연구 중이다. GIS와 수치모델을 결합하려는 시도는 1990년대 들어서면서 수문분야와 환경분야에서 활발히 진행되었다. 수문분야에서는 유역에서의 홍수량 등 지표유출량 해석, 관개배수 등 수자원관리, 가뭄 및 홍수 재해해석에 주로 시도되었으며, 환경분야에서는 유역내 점원 및 비점원오염원 관리연구가 활발히 진행되었다.

그러나 해양의 수질모델 또는 해수유동모델과 GIS의 연계에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 현재까지의 연구는 공개된 모델인 HEM-3D (Hydrodynamic Eutrophication Model)나 POM (Princeton Ocean Model) 모델의 입력데이터를 생성하는 정도였으며(Kim et al., 2001), 상업용 모델로는 네덜란드 Danish Hydraulic Institute의 MIKE와 캐나다 McMaster대학의 2차원 오염물 확산모델인 IDOR2D 등이 유동모델과 GIS S/W인 ArcView의 통합운용을 통해 입력자료의 생성과 출력 자료의 가시화 및 분석 등을 하고 있다.

Table 1 Main functions of GIS

Type	Functions
Data input	<ul style="list-style-type: none"> spatial data input: digitizing, scanning, etc. attribute data input: keyboard, data conversion, etc. data integration: map and layer merge, coordinate change
Data manage	<ul style="list-style-type: none"> time-series managing data quality control multi-user manage
Data edit	<ul style="list-style-type: none"> data classification data query and search
Spatial analyze	<ul style="list-style-type: none"> buffering, overlay, neighborhood analyze
Display and Output	<ul style="list-style-type: none"> display by variety symbols display on screen output by plotter, print, file, etc.

한편, GIS와 수치모델의 연계방안은 여러 연구자들에 의해 논의되었다. Tim and Jolly(1994)는 Level 1 (Ad Hoc Integration), Level 2 (Partial Integration), Level 3 (Complete Integration) 3 가지 연계방안을 제시하였으며, Stuart and Stock(1993)은 Fig. 1 과 같은 Loosely-coupled와 Tightly-coupled method, 두 가지 연계방안을 제시하였다. Loosely-coupled 방법은 모델에 필요한 입력자료의 생성 및 모델링의 결과를 GIS에서 시각화하는 작업까지를 포함하며, Tightly-coupled 방법은 GIS 내부에 모델이 완전히 통합되는 방법으로 이 경우 수치모델에 사용한 언어 역시 GIS용 언어로 변환해서 작업해야 한다. Tim and Jolly가 제시한 3단계 중 1, 2단계는 Loosely-coupled 방법과 유사하므로 본 연구는 2단계 분류에 따라 수행하였다.

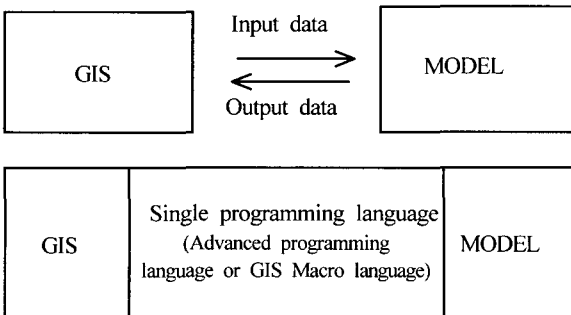


Fig. 1 Loosely (upper) and tightly (lower) coupled method

3. GIS와 해수유동모델의 연계

GIS와 해수유동모델의 연계방법으로 Tightly-coupled 방법이 바람직하고 사용에 편리한 방식이나 이러한 방식은 상업용 소프트웨어 개발적인 측면에서 주로 접근되고 있으며 일반 사용자들은 통합의 기술적 어려움이 있어 Loosely-coupled 방법이 보다 유용할 것이다. 본 연구에서는 Loosely-coupled 방법으로 GIS와 수치모델의 통합을 실시하며 작업의 공정은 Fig. 2와 같다.

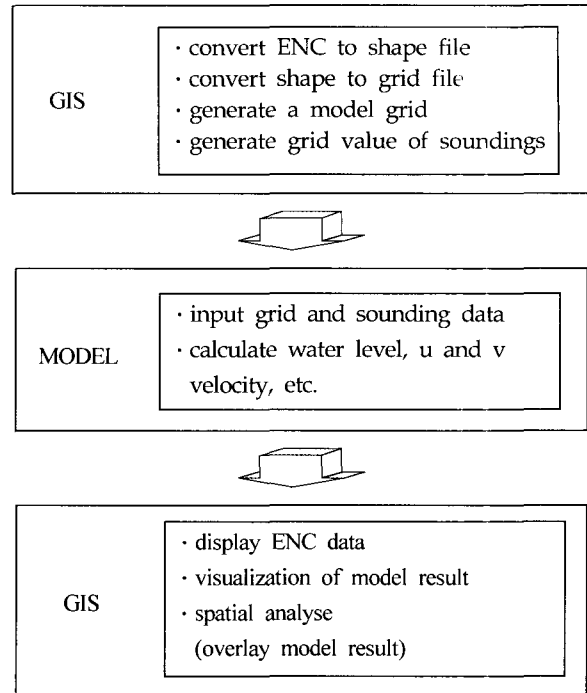


Fig. 2 Flow chart of integration GIS with model

3.1 GIS와 해수유동모델 연계 전처리 과정

해수유동모델을 구동하기 위한 초기 입력자료로는 일반적으로 격자망 자료와 격자화된 수심값이 기본적으로 필요하다. 그러나 기존에 해양을 대상으로 하는 디지털화 된 자료의 부족으로 인해 연구자들은 대상해역의 해도를 일일이 디지털화하여 해안선과 수심값을 입력하는 작업을 하고 있다. 이러한 작업은 작업특성상 오차를 발생시킬 가능성이 크며 입력자료 생산에도 많은 시간이 소모된다.

따라서 본 연구에서는 해수유동모델의 전처리 공정에 필요한 자료로써 국립해양조사원 간행 전자해도를 기본도면으로 이용하며 GIS 소프트웨어중 하나인 ArcView와 ArcView의 활용 패키지 중 하나인 Spatial Analyst를 사용하여 생성한다.

3.1.1. 해도자료의 획득

본 논문에서는 기존의 연구에서는 거의 사용되지 않았던 전자해도를 사용하였다. 전자해도는 기존의 종이해도에 수록된 모든 항해관련 정보를 국제수리기구(International Hydrographic Organization, IHO)의 표준제작기준인 Special Publication No.57 (S-57)에 따라 개체와 속성으로 분류하여 코딩한 것이다. 전자해도는 컴퓨터의 자동판단기능에 의해 선박이 해도상에 표시된 위험물에 접근하면 인식할 수 있도록 등심선, 위험구역, 제한구역, 해안선, 항해위험물 등 면(area)으로 표시해야하는 모든 정보는 폴리곤(polygon) 구성 및 토폴로지(topology) 작업을 하여 제작된다.

DXF (Digital Exchange Format) 포맷의 수치해도가 일반적인 사용은 편리하지만 폴리곤 구성이 되어있지 않아 공간분석 등의 작업이 어려운 반면 전자해도는 범용적 포맷이 아니어서 초기사용은 어렵지만 폴리곤과 토폴로지가 구성되어 있어 공간분석 작

업에 보다 용이하다. 현재 ESRI사의 ArcView 3.2 버전부터는 전자해도의 사용이 가능하며 ArcView 3.1에서도 "S57 ENC Viewer" extension을 사용하면 전자해도의 로딩이 가능하다. 아래 Fig. 3은 ArcView에서 연구영역 전자해도인 KP5201C0을 ArcView 내의 포맷인 shape 파일로 변환하여 불러들인 것이다.

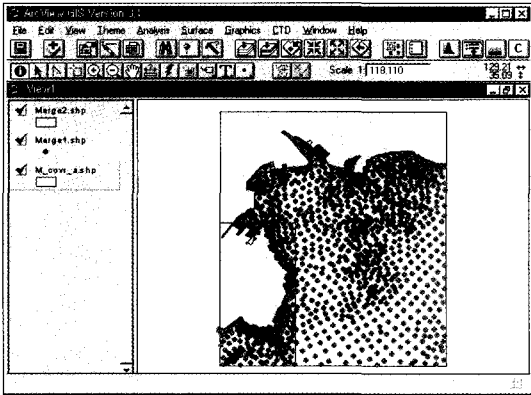


Fig. 3 ENC (KP5201C0) display in ArcView

3.1.2 격자망 자료의 획득

해양과 육지를 구별해주는 격자망정보를 유동모델에서 사용할 수 있는 파일로 만들기 위해서 기존에는 해도를 디지털화 한 후에 격자를 생성하고 격자에 해안선 정보가 있으면 값을 준 후에 다시 육상부위를 해안선과 동일한 값을 가지도록 수작업으로 파일을 작성해야 하였다.

본 연구에서는 polygon작업이 되어있는 전자해도를 사용하여 그리드 값을 제작하기 때문에 수작업의 필요성이 없어졌다. 그리드(Grid)란 ArcView제작사인 ESRI의 래스터 데이터구조로 좌표에 의해 위치가 결정된 셀(cell)을 이용해 포인트, 라인, 폴리곤의 공간데이터를 표현하는 것으로 여러 형태의 입력파일에서 그리드 데이터를 생성하고 이를 다시 모델에서 사용할 수 있도록 ASCII 파일로 만들 수 있다 (Fig. 4).

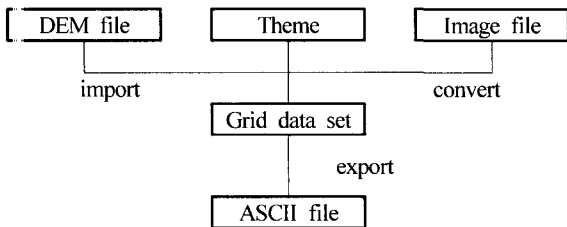


Fig. 4 Grid and ASCII file generation

한편, 연구영역의 격자망 생성과 이 격자에서 육지와 해양을 구분해야한다. 모델에서 육지와 해양의 구분은 격자별로 육지는 0, 해양은 1로 값을 지정한다. 그리드의 생성은 ArcView 메뉴중 "Convert to Grid"를 사용하였다. 이 기능을 사용시 원하는 Theme을 그리드 값으로 바꿀 수 있으며 사용자가 격자의 크기나 개수를 조정할 수 있다. 작업을 위해 전자해도내의 정보 중 육지지역과 해양지역의 정보만을 아래 그림과 같이 디스플레이 한 후 이 정보에 대해 가로 68개, 세로 96개의 셀을 생

성하였으며, 한 셀의 크기는 100미터이다. 육지를 0으로, 해양을 1로 계산한 그리드 값을 ASCII 파일로 변환하여 Fig. 5와 같이 나타내었다.

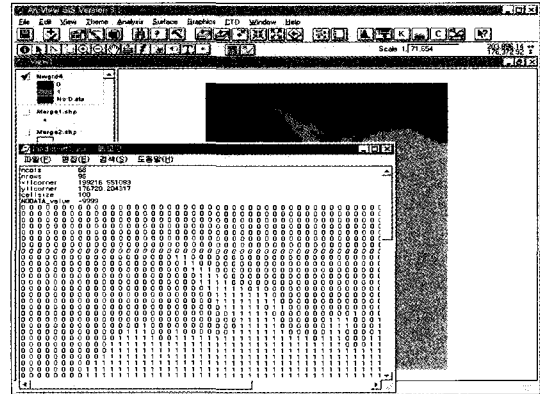


Fig. 5 Grid values of land and sea

3.1.3 격자별 수심데이터의 획득

다음 단계는 각 격자별 수심값을 생성하는 단계이다. ArcView에서 전자해도의 Theme 중 수심정보를 가지고 있는 파일인 "sound_p.shp"을 활성화시키면 Fig. 6과 같이 수심 위치가 표시된다. 그러나 현재 ArcView에서 전자해도의 수심은 각각의 값을 가지는 것이 아니라 하나의 그룹값으로 인식하는 multipointZ로 기록되어 하나의 값을 가지고 있기 때문에 이것을 개개 값을 가진 정보로 변환시켜주어야 한다. 이를 위해 ArcView의 Macro언어인 Avenue를 사용해 작성된 스크립트를 사용하였다. 이 스크립트로 변환된 각 수심 포인트의 수심값은 Fig. 6의 내부테이블과 같다.

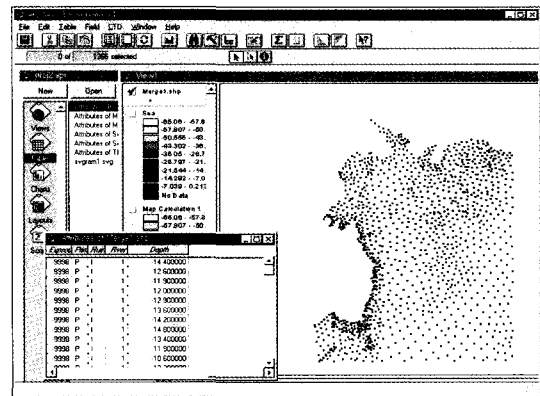


Fig. 6 Sounding theme and converted data

다음으로는 랜덤한 수심값을 수치모델에서 사용할 수 있도록 각 격자별 값으로 변경하는데 이를 위해서는 연구영역의 범위를 지정하기 위해 연구영역의 Theme을 추가하고, 먼저 생성한 수심도면을 grid theme로 변환한다. Fig. 6과 같이 도면으로 변환된 랜덤한 수심자료를 모델에서 사용하는 격자상의 수심값을 가지는 자료로 보간(Interpolation)시키기 위해서 ArcView Spatial Analyst에서 제공

하는 보간법 중 수직적 변화가 심한 수심치리에 적합한 Kriging 방법을 사용하였다. 랜덤한 수심데이터를 Kriging 방법에 의해 각 격자별로 보간되어진 수심값은 앞의 방법과 마찬가지로 Fig. 7과 같이 ASCII 파일로 변환하여 저장하면 된다.

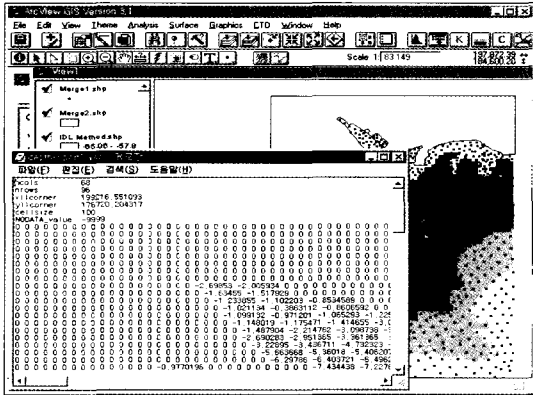


Fig. 7 Grid values of interpolated sounding

3.2 해수유동모델의 구현

GIS에서 전자해도를 이용해 생성시킨 입력값을 사용하여 연안유동특성에 가장 큰 영향을 미치는 조석현상을 수치모델을 이용하여 구현하는데, 이때 입력 파일의 형태가 기존의 것과는 다르기 때문에 이에 맞게 FORTRAN 코드 중 입력문의 일부 수정후 해수유동 수치모델링을 실시한다.

3.2.1 대상영역 및 영역의 유동특성

연구대상영역은 부산 동측의 해운대구 및 수영구 해안쪽으로 수영강으로부터 담수가 유입되며, 외해와 연결된 만으로 해운대 및 광안리 해수욕장이 위치해 있으며 배후지역에는 신도시가 건설되는 관계로 지속적인 인구증가가 예상돼 해양오염의 가능성이 커지는 지역이므로 연안통합관리가 필요한 지역이다.

수영만의 조석은 조석형태수 F=0.08로서 반일주조형이며 일조부등이 매우 적고 규칙적인 승강을 하며, 평균고조간격은 8시간 01분이다. 유동특성은 창조류는 수영만과 오륙도 동측연안을 따라 남류하여 오륙도 부근에서 일부는 부산항내로 유입하며 낙조류는 이와 반대로 흐른다.

3.2.2 기본방정식

본 연구에 사용된 해수유동모델은 2차원 수심적분모델로서 수심이 비교적 얇은 연안해역의 유동장을 계산하는데 주로 사용된다. 모델에서 사용하고 있는 기본방정식은 2차원 연속방정식과 Navier-Stokes 방정식을 수직면(-h ≤ z ≤ ζ)에 대해 평균하고, 외력으로 지구자전에 의한 영향, 바다의 마찰력 및 증력을 포함시키고, 표층에서의 바람에 의한 용력을 무시하였다(김종규 등, 2000).

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(\zeta + h)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(\zeta + h)v] = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{g u \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h)C^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f u + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{g v \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h)C^2} = 0 \quad (3)$$

여기서 u, v는 수심 평균한 x, y방향의 유속이며, f는 Coriolis 계수, ζ는 수면변위이며, h는 평균해면하의 수심, C는 Chezy의 조도계수, A_h는 수평와동점성계수, ρ는 해수밀도이다.

3.2.3 수치해법

본 모델에서는 조류·확산계산에 많이 사용되고 있는 ADI (Alternating Direction Implicit Method)법을 사용하였다. ADI 법은 양해법(Explicit Method)과 음해법(Implicit Method)을 동시에 사용하여 계산하는 방식으로 해의 수렴성과 계산시간의 경제성 등에서 뛰어나다.

수치계산방법은 이산화를 위해 x, y, z축을 정하고, 격자체계에서 각 유속값과 조위값을 산출하였다. 계산의 순서는 우선 시간스텝 Δt를 이등분하고 전반 시간스텝 kΔt → (k+1/2)Δt에 있어서는 식(1), 식(2)을 연립해서 u, ζ를 구하고, 얻어진 해를 이용해서 식(3)에 의해 v를 계산한다. 그 뒤에 다음의 (k+1/2)Δt → (k+1)Δt에 의해서 식(3), 식(1)을 연립해서 v와 ζ를 구하고 얻어진 해를 이용해서 식(2)에 의해 u를 계산한다.

3.3 GIS와 해수유동모델 연계 후처리 과정

다음 과정은 GIS와 해수유동모델 연계중 후처리 과정으로 모델링에 의해 계산된 각 격자의 결과값을 ArcView에서 다시 시각화하는 단계이다. 해수유동모델을 통해 여러 정보를 출력할 수 있으나 여기에서는 조류현상을 쉽게 보기 위한 유속 벡터를 그려본다.

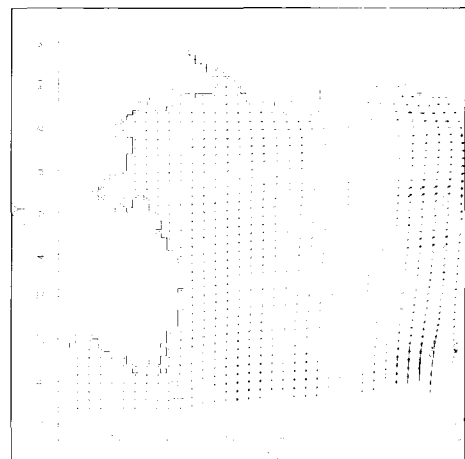


Fig. 8 Vector diagram of maximum ebb tidal current

Fig. 8은 모델링의 결과를 PLOT88 라이브러리를 사용하여 그린 것으로 기존의 모델링 결과들은 이와같은 여러 소프트웨어를 사용하여 나타내었으나 연구영역의 해수순환 특성을 관련지리정보와의 연계를 통해 시각화하고 분석하기 힘든 단점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 해수유동 모델링의 결과값을 직접 전자해도 위에 표시하여 유동특성과 지리정보의 연계성을 높였다.

모델결과를 전자해도 상에서 디스플레이 하기 위해 우선 x, y 방향으로 계산된 유속값 u, v를 ASCII 파일로 ArcView에서 불러들인 후 작성한 Script를 이용해 두 파일의 값을 하나로 합친 후 이 그리드 값을 가시화하기 위해 xyz값으로 변환하는 "Grid to xyz" extension을 사용하였다. 다음으로는 유속값의 벡터를 그리기 위한 과정으로 ArcView에서는 이 기능이 없으므로 Script를 이용하여 우선 u, v값을 직선으로 그린 후 다시 화살표 머리부분을 그리는 Script를 작성하여 앞서 그려진 직선과 합성시켰다. Fig. 9는 모델의 결과를 벡터로 그린 후 전자해도와 함께 표시한 것으로 이때 모델의 결과는 x, y 위치값을 가지는 정보이므로 별도의 작업없이 바로 전자해도와 중첩이 가능하다.

GIS S/W인 ArcView의 장점은 이러한 연계작업이 가능할 뿐만 아니라 작업 후에도 도면상에 다양한 정보의 입력 및 공간분류 기능이 있다는데 있다. ArcView의 여러 기능중 Hotlink 기능을 사용하면 원하는 지점에서 도면, 텍스트 등 다양한 정보와 연결할 수 있다. Fig. 10은 이러한 Hotlink 기능을 이용해 이 구역의 실측조류 도면과 해당지역의 조석 텍스트정보를 전자해도 및 모델링 결과와 함께 도시한 것으로 이러한 방법을 사용시 다양한 정보를 함께 도시할 수 있어 분석의 효율을 높일 수 있다.

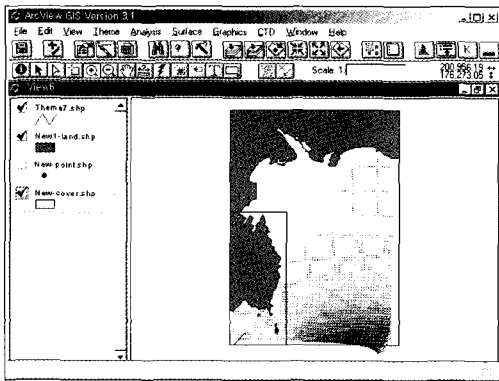


Fig. 9 Model result with ENC on ArcView

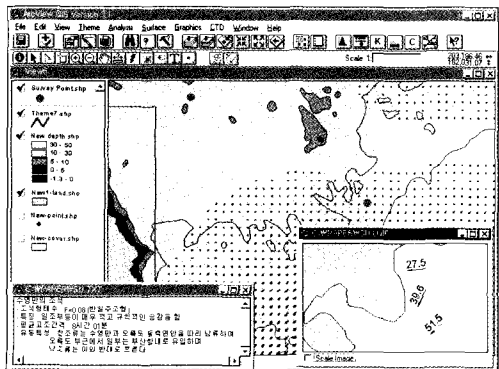


Fig. 10 Various information using Hotlink function

4. 결 론

본 연구에서는 GIS와 해수유동모델의 연계를 실시하였으며 연계방법으로는 Tightly-coupled 방법보다 적용하기 쉽고 범용성이 높은 Loosely-coupled 방법이 사용되었다.

GIS 정보를 처리하기 위한 소프트웨어로는 ArcView가 사용되었으며 현재 생산되고 있는 디지털 해도중 가장 발달된 전자해도를 사용하였다. 전자해도를 기본도면 정보로 사용해 해수유동모델의 격자망과 격자화된 수심값 등 초기 입력자료를 생성하였으며 ADI법을 사용하는 2차원 수심적분 모델을 사용하여 대상해역의 조류현상을 재현하였으며, 다시 모델의 결과값을 GIS에서 가시화 하는 부분통합방법을 사용하였다.

이러한 방법을 통해 수치모델에 필요한 초기입력자료를 보다 정확하고 편리하게 획득할 수 있었으며, 또한 수치모델의 결과값을 관련지리정보와 함께 시각화 할 수 있어 모델의 활용성 및 이해도를 높일 수 있게 되었다.

향후 GIS와 유동모델의 완전통합도 이용자의 측면에서 바람직하나 다양한 수치모델의 연계, 그리고 원하는 공간분석을 위해 부분통합도 지속적으로 연구되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 논문의 ArcView Script 작성 및 많은 부분에서 도움을 주신 (주)환경과학기술 이경훈 과장님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

김정현 (2000). "GIS와 해역 수치정보의 통합모델에 관한 연구", 부경대학교 석사학위논문, pp 3-9.

김종규, 강태순, 김현태 (2000). "유동제어구조물에 의한 내만의 해수순환 모델링", 한국해양공학회지, 제14권, 제3호, pp 20-28.

김차겸, 이종섭, 장선덕 (1993). "3차원 경압 해수유동 모델의 개발과 수영만의 해수유동", 한국해양학회지, 제28권, 제 2호, pp 86-100.

김채승, 윤창진 (1999). "지리정보체계", 대영사, pp 73-82.

이규성 (1997). "지리정보시스템과 원격탐사의 환경분야 활용방안", GIS2001, pp 19-36.

허천우, 김병국 (2002). "GIS와 해수유동모델 POM과의 연계 방안 연구", 한국GIS학회 2002 공동춘계학술대회, pp 59-66.

Environmental Systems Research Institute (1996). "Working with the ArcView Spatial Analyst".

Krishnan, P. (1997). "Integrated Coastal Water Monitoring", Coastal Management, Vol 25, pp 437-443.

Kim, J.K., Kang, T.S. and Kim, H.T. (2001). "Three-dimensional Numerical Modelling of Seawater Circulation of Semi-enclosed Bay with the Flow-control Structures", J. of KCORE, Vol 15, No 3, pp 35-42.

Stuart, N. and Stocks, C. (1993). "Hydrological Modeling within GIS: An Integrated Approach", Application of GIS in Hydrology and Water Resources, No 211, pp 319-329.

Tim, U.S. and Jolly, R. (1994). "Evaluating Agricultural Nonpoint-Source Pollution Using Integrated Geographic Information Systems and Hydrologic/Water Quality Mode I",

J. of Environ. Quality, Vol 23, pp 25-35.

Tsanis, I. K. and Boyle, S. (2001). "A 2D Hydrodynamic/Pollutant Transport GIS Model", Advances in Engineering Software, Vol 32, pp 353-361.

2002년 8월 2일 원고 접수

2002년 11월 26일 최종 수정본 채택