2차원 수리해석을 위한 범용 소프트웨어(RAMS) 개발

Development of General-purpose Software for 2D Hydraulic Analysis(RAMS)

고태진*, 장형상**, 김도헌***, 김유진****
Tae Jin Goh, Hyung Sang Jang, Do Hun Kim, Eugene Kim

요 지

현재까지 하천의 흐름, 유사이동, 수질해석을 위해서는 외국에서 개발된 소프트웨어를 주로 사용해 오고 있었다. 학술 분야에서는 국내의 모형들이 연구되어졌지만 그에 따른 GUI나 가시화 시스템에 대한 실용화는 거의 이루어지지 못하였다. 본 연구에서는 범용 2차원 하천 흐름, 수질, 유사이동 해석을 위한 GUI 및 가시화 시스템(이하 RAMS, River Analysis and Modeling System)을 개발하여, 하상변동 및 오염물 이송확산에 미치는 수리학적 영향을 규명할 수 있도록 하였다.

RAMS는 크게 mesh generator, 해석 모형의 입력 GUI 모듈, 입출력 파일 생성 모듈, 그리고 모의 결과의 가시화 시스템 등으로 이루어져 있다. Mesh generator는 지형자료(이미지 또는 DXF 파일)를 백그라운드 이미지로 가져올 수 있으며, 삼각형 노드와 사각형 노드를 지원한다. 또한 thin triangle들을 제거하는 기능, 선택된 요소(elements)를 제거하는 기능, triangle들을 서로 병합하여 사각형 요소를 만드는 기능, mesh의 renumbering 기능 등을 구현하였다. 특히 사용자가 잘못 생성한 요소들을 바로 이전 상태로 환원하는 undo/redo 기능을 구현하여 능률적인 mesh 생성이 가능하다. 해석 모형의 입력 GUI 모듈에는 각 해석 모형(흐름, 수질, 유사이동)에 특화된 GUI를 설계하여 사용자는 보다 친숙한 환경에서 편리하게 자료를 입력할 수 있다. 입출력 파일 생성 모듈에서는 사용자가 GUI를 통해 입력한 자료를 파일로 변환하여 즉각적으로 모의를 수행하며, 그 출력 파일을 읽어 모의 결과를 자동적으로 가시화한다. 모의 결과의 가시화 시스템에서는 수많은 모의 결과를 체계화하여 등고선 및 화살표 등으로 표현하며, time step 별 결과를 바로 확인할 수 있다. 또한 애니메이션 기능을 구현하여 사용자가 원하는 구간의 time step에서의 모의 결과를 연속적으로 볼 수 있으며, 이 애니메이션을 AVI 파일로 변환하여 다른 동영상 프로그램에서도 재생할 수 있다.

본 연구에서 개발한 RAMS를 이용하여 하천 설계 시 그 공학적 근거를 제시하고, 국내 실정에 맞는 국산 소프트웨어를 제공함으로써 하천의 흐름, 수질, 유사이동 해석에 의한 하천의 수리학적 거동을 보다 편리하고 정확하게 모의할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 하천 해석, 가시화, River Analysis, GUI, Mesh, Visualization

1. 서 론

하천의 수리학적 거동을 해석하기 위한 2차원 모형에 대한 연구는 국내뿐만 아니라 국외에서도 수 없이 이루어져 왔지만 그에 걸맞는 GUI 시스템 또는 가시화에 대한 국내의 연구는 해외에 비해 상대적으로 뒤쳐진 것이 사실이다. 이에 본 연구에서는 mesh generator를 포함한 범용 2차원 하천 흐름, 수질, 유사이동 해석을 위한 GUI 및 가시화 시스템(이하 RAMS, River Analysis and Modeling System)을 개발하여, 하상변동 및 오염물 이송확산에 미치는 수리학적 영향을 쉽고 빠르게 확인할 수 있도록 하였다. 또한 국내의 미개척 분야인 수자원 소프트웨어 개발 분야의 활성화를 도모하고, 지속적인 피드백을 통하여 우리의 환경에 맞는 소프트웨어로 발전시킬 수 있을 것이다.

* 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 · E-mail : tjgoh@websolus.co.kr
** 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 · E-mail : hsjang@websolus.co.kr
*** 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 · E-mail : dhkim@websolus.co.kr
**** 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 · E-mail : icepc@websolus.co.kr

2. RAMS의 기능 및 구성

2.1 RAMS의 구성

RAMS의 실행 화면은 메뉴바와 도구바, 모델뷰, 출력 윈도우, 프로젝트 윈도우, 속성 윈도우, 상태바로 구성되어 있다. '프로젝트 윈도우'는 전체적인 RAMS의 메뉴 구조를 한눈에 알아볼 수 있도록 트리 구조 형태로 설계하였으며 요소망을 생성하고 모델을 수행하는데 있어 사용자의 편의성을 증대시킨 구조라고 할 수 있다. '속성 윈도우'는 메인 그래픽 화면에서 선택되어진 개체들에 대한 특성들을 나타내며, 자동 요소망 생성과 관련된 기능을 수행하는 대화상자도 제공한다. '출력 윈도우'에서는 사용자가 현재 하고 있는 작업에 대한 설명이나 모형 실행 시 그 과정에 대한 내용을 출력하도록 하였다.

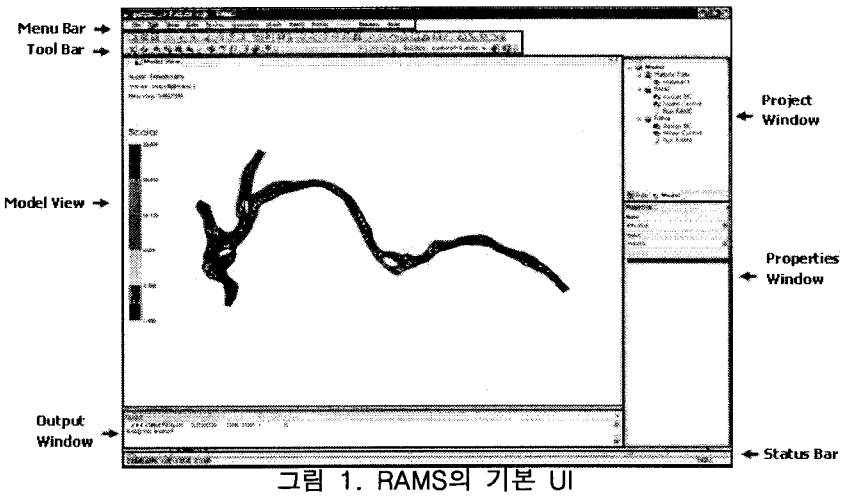

그림 1. RAMS의 기본 UI

2.2 Mesh Generator

Mesh generator는 지형 이미지나 DXF 파일을 배경으로 하여 요소망을 생성할 수 있다. 삼각형 노드와 사각형 노드를 지원하며, scatter point를 이용한 요소망 생성, 요소망의 노드를 사용자가 직접 찍는 직접 요소망 생성, 폴리곤을 이용한 요소망 생성을 지원한다. 이밖에 생성한 요소망을 편집하기 위해 형질이 좋지 않은 삼각형 요소들을 자동으로 선택하여 제거하는 기능, 선택된 여러 요소를 한 번에 제거하는 기능, 삼각형 요소에 대해서 선택된 edge를 공유하는 두 요소를 찾아 edge를 변환하는 swap 기능, 하나의 사각형 요소를 두 개의 삼각형 요소로 나누거나 또는 두 개의 삼각형 요소를 하나의 사각형 요소로 병합하는 split/merge 기능, 3절점 삼각요소와 6절점 삼각요소, 4절점 사각요소와 8절점 사각 요소들 간의 자동 변환 등을 지원한다. 특히 사용자가 잘못 생성한 요소들을 바로 이전 상태로 환원하는 undo/redo 기능을 구현하여 능률적인 mesh 생성이 가능하다. 유한요소 해석을 위한 mesh renumbering 기능도 구현하였다.

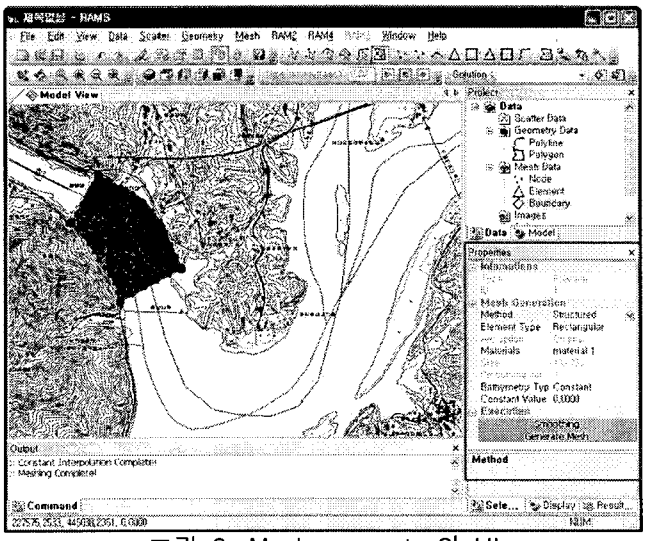
그림 2. Mesh generator의 UI

2.3 입력 UI 및 입출력 파일의 생성

RAMS에서 지원하는 흐름 해석모형(RAM2)과 오염확산 해석모형(RAM4), 유사이동 및 하상변동 해석모형(RAM6)의 입력 GUI 화면은 다음과 같이 설계하였다. 단, 물성치를 입력하는 대화상자는 세 모형 모두 동일한 UI로 구성하였다(그림 3).

RAMS에서의 모의 수행은 Mesh Data에서 변환한 지형 자료(*.rgo)와 실행 제어 자료(*.rc2, *.rc4, *.rc6)를 사용한다. 지형 자료는 RAM2를 실행하는 순간 binary 파일로 생성되며 실행 제어 자료 또한 GUI를 이용한 사용자 입력에 의해 binary 파일로 생성된다. 지형 자료 파일과 실행 제어 파일은 ASCII 파일로 변환하여 사용자가 입력한 데이터를 확인할 수 있도록 하였다.

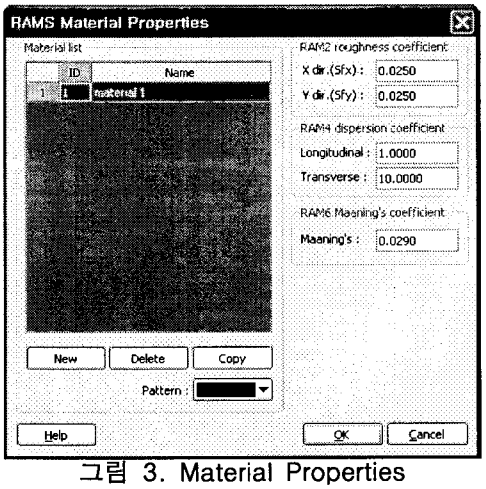

그림 3. Material Properties

2.3.1 흐름 해석모형(RAM2)

RAM2의 입력 UI 구성은 물성치를 입력하는 부분(그림 3), 초기 조건 및 기타 입력을 설정하는 부분(그림 4), 경계 조건을 할당하는 부분(그림 5)으로 이루어져 있다. 경계 조건은 nodestring을 생성한 후에 할당할 수 있다. 해석 결과는 ASCII 형태의 *.out 파일과 바이너리 형태의 *.vel 파일로 생성된다.

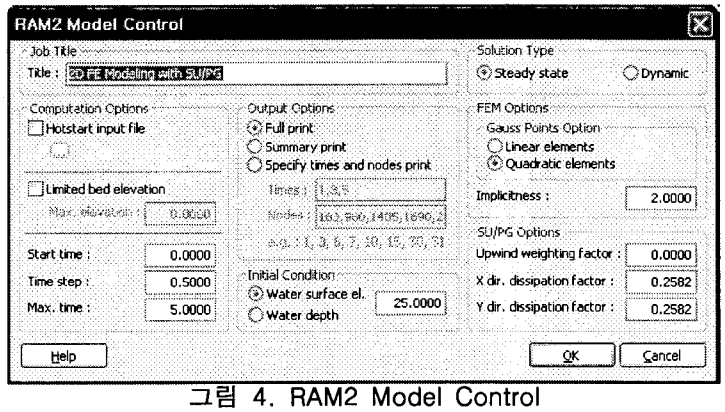

그림 4. RAM2 Model Control

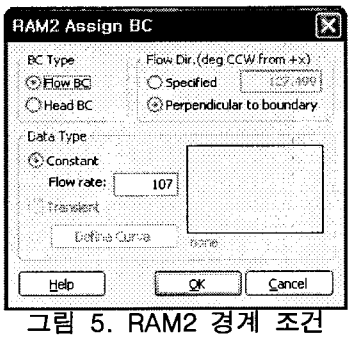

그림 5. RAM2 경계 조건

2.3.2 오염확산 해석모형(RAM4)

RAM4의 입력 UI는 RAM2와 마찬가지로 물성치를 입력하는 부분(그림 3), 초기 조건 및 기타 입력을 설정하는 부분(그림 6), 경계 조건을 할당하는 부분(그림 7)으로 구성하였다. 해석 결과는 ASCII 형태의 *.ot4 파일과 바이너리 형태의 *.pol 파일로 생성된다.

2.3.3 유사이동 및 하상변동 해석모형(RAM6)

RAM6의 입력 UI 구성은 물성치를 입력하는 부분(그림 3), 초기 조건 및 기타 입력을 설정하는 부분(그림 8), 하상 상태의 속성을 입력하는 부분(그림 9), 흐름 경계 조건을 할당하는 부분(그림 10), 유사 경계 조건을 할당하는 부분(그림 11)으로 이루어져 있다. 해석 결과는 ASCII 형태의 *.ot6 파일과 바이너리 형태의 *.sdm, *.vel 파일로 생성된다.

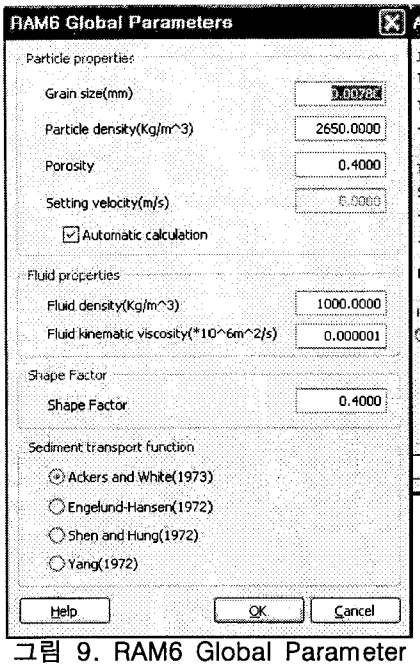

그림 9. RAM6 Global Parameter

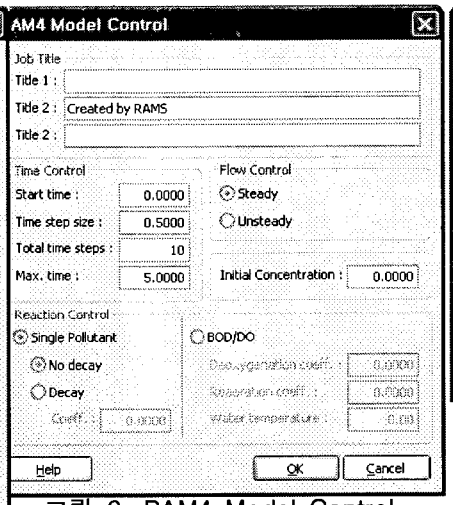

그림 6. RAM4 Model Control

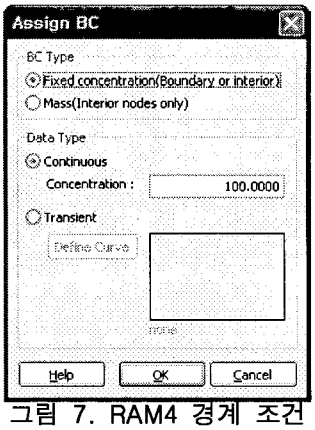

그림 7. RAM4 경계 조건

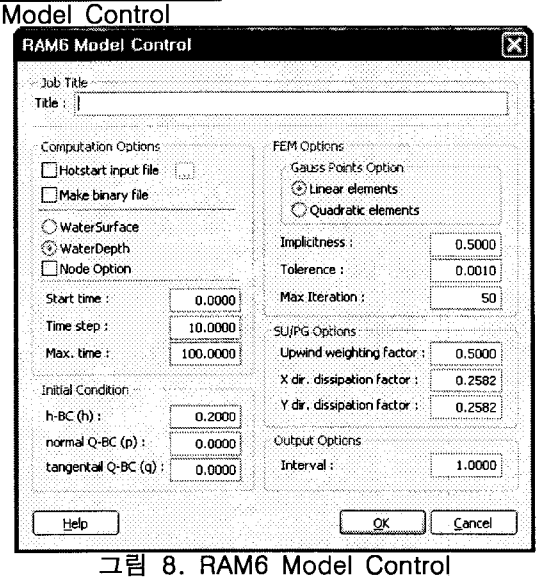

그림 8. RAM6 Model Control

2.4 가시화 시스템

RAMS에서의 가시화는 일반적인 줌인, 줌아웃, 이동, 회전 기능 외에도 Contour Plot, Vector Plot 등이 있고 사용자의 이해를 돕기 위해 입체적인 시각효과를 가지는 3D View 기능과 부정류의 해석 결과를 시간의 변화에 따라 시각적으로 표현할 수 있는 애니메이션 기능을 구현하였다. '모델뷰'에 대한 일반적인 화면 설정이나 2차원 요소망에 대한 옵션, contour에 대한 옵션(그림 12), vector에 대한 옵션(그림 13) 등은 모두 '속성 윈도우'에서 제어하도록 하였다. 모든 가시화는 VTK(Visualization Toolkit)를 이용하여 구현하였다.

3. RAMS의 적용 예

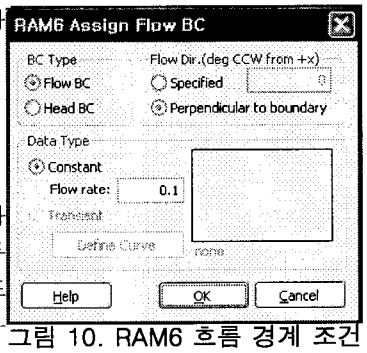

그림 10. RAM6 흐름 경계 조건

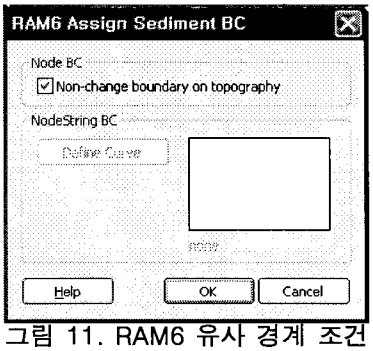

그림 11. RAM6 유사 경계 조건

본 연구에서 RAMS의 GUI와 가시화 시스템을 테스트하기 위해 북한강 하류부에서 팔당댐까지 약 26.4 km의 하도 구간 및 팔당호에 적용시켜 보았다. 우선 하천의 scatter point를 이용하여 요소망을 생성한 다음 'Material Properties' 메뉴를 이용해 하천 특성에 따른 물성치를 입력하였다. 경계조건은 nodestring을 생성하여 'Assign BC' 메뉴로 할당하였고 초기 조건 및 기타 조건들은 'Model Control' 메뉴를 통해 입력하였다. 마지막으로 'Run RAM2' 메뉴를 이용하여 모의를 수행하였다. 모의 수행 중 나타나는 모형의 메시지들은 '출력 윈도우'를 통해 확인이 가능하다. 모의 결과는 애니메이션으로도 확인 가능하며 동영상 파일(*.avi)로의 변환이 가능하다. 그림 14는 RAM2의 모의 결과를 3D로 보여주고 있다.

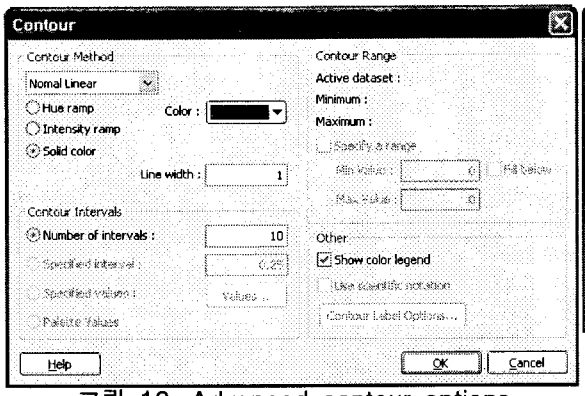

그림 12. Advanced contour options

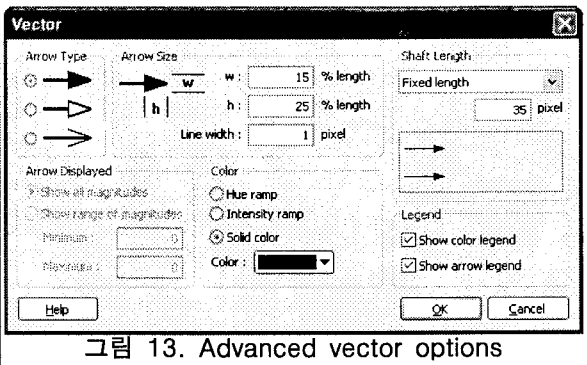

그림 13. Advanced vector options

4. 결 론

실제 하천에 대해 모의를 수행하고 그 결과를 도시해 본 결과 그다지 큰 문제점이나 어려움은 발견되지 않았다. 이에 따라 국내 실정에 맞는 국산 소프트웨어를 제공함으로써 하천의 흐름, 수질, 유사이동 해석에 의한 하천의 수리학적 거동을 편리하고 정확하게 모의할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 전처리 뷰와 후처리 뷰가 분리되어 있어 모의 수행 시 지형 자료의 변경이 용이하지 않다는 점과 전처리 뷰의 퍼포먼스 개선에 대한 점은 앞으로 해결해야 할 과제로 남아있다.

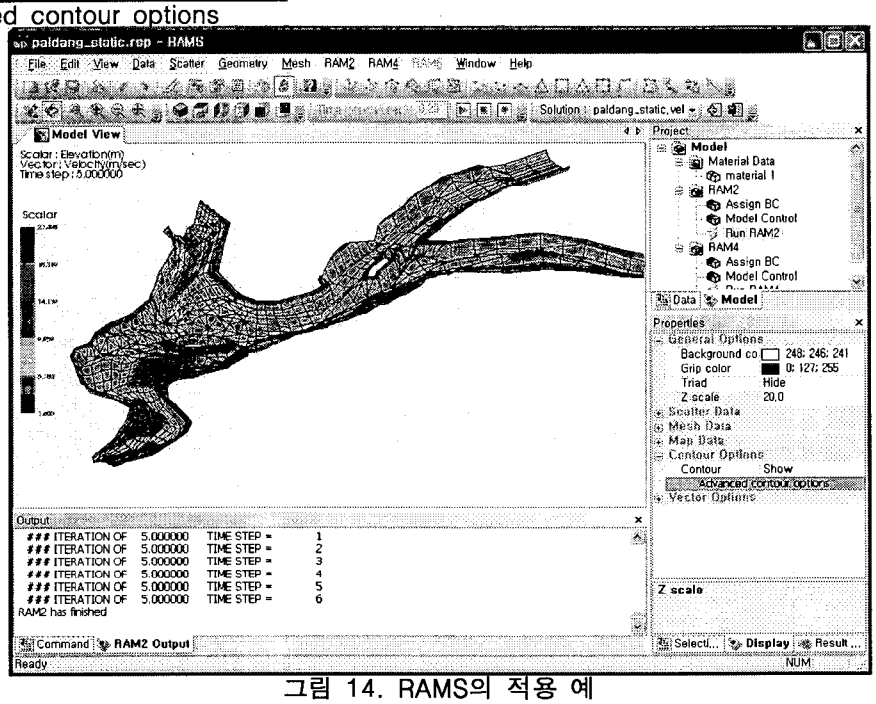

그림 14. RAMS의 적용 예

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구 개발 사업인 수자원의 지속적 확보 기술 개발 사업단의 연구비 지원(과제번호 : 2-3-2)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 스티브 맥코넬 저/윤준호,한지윤 역(2003). Professional 소프트웨어 개발, 인사이트.
2. 와타나베 코우조 외 공저/김성훈 역(2004). 소프트웨어 설계 테크닉, 성안당.
3. 이상엽(2000). Visual C++ Programming Bible Ver. 6.x, 영진출판사.
4. Schroeder, William J.(2001). The VTK User's Guide Updated for version 4.0, Kitware Inc.