

모델링 접근방법과 모형 선정기법

Modelling Approach and Model Selection

정 상 옥*
Chung, Sang Ok

오늘날 수리·수문과 수질 분야에서 수치모형을 빼고는 논의할 수가 없다. 컴퓨터와 전산학의 발달로 그 만큼 수자원관련 분야에서도 수치모형의 중요성이 더해가고 있다. 미국의 경우에는 EPA, USDA ARS, USGS, USACE Waterway Experiment Station 등에서 수문, 수리, 수질, 대기질 등에 관한 많은 모형을 개발하여 이용하고 있다. 미국의 경우 국가 예산으로 개발된 모형들은 일반인들이 무상으로 다운받아서 이용할 수 있다. 대표적인 모형들은 대학의 토목환경공학과 홈페이지에서도 다운받을 수 있다. US EPA (2005)에서는 TMDL에서 사용할 수 있는 65개의 모형에 대하여 개요를 소개하고 적용성을 평가하였다.

본고에서는 유역 모델링에 있어서 필요한 모델링의 기초이론과, 모형 선정시 고려할 사항에 대하여 소개하고자 한다. 본고의 내용은 주로 호주의 CRCCH(Cooperative Research Center for Catchment Hydrology)의 "Series on Model Choice (www.toolkit.net.au/modelchoice)"을 위주로 하여 작성한 것임을 밝혀둔다.

1. 모형의 기초이론

모형의 개발에서 적용까지의 일반적인 중요 단계는 표 1 과 같다(Gardner and Urban, 2003). 즉, 물리적인 개념으로부터 모형을 개발하고 매개변수의 보정과 민감도 분석 및 불확실성을 분석하고 모형의 평가와 검증을 거친 후에 적절한 모형이라고 판단되면 모형을 적용하게 된다.

가. 모형의 개발

모형을 개발하는 두 가지 기본적인 접근방식에는 상향식과 하향식이 있다.

1) 하향식 접근

하향식 접근은 어떤 양을 추정할 수 있는 가장 간단한 모형으로부터 시작한다(예를 들면, 강우량을 유출량으로 변환하는 것). 그 후에는 아래 조건이 만족될 때에만 매개변수를 추가하여 더 복잡한 모형을 만든다.

- 가) 모형추정결과가 일관적으로 향상되고,
- 나) 모형화 하고자 하는 시스템에 대한 이해와

* 경북대학교 농업생명과학대학 농업토목공학과 교수(sochung@knu.ac.kr)

표 1. 모형 개발의 주요 단계

Stage	Tools for Analysis	Information Derived
1. Conceptualization and selection	mathematical and graphical analysis	class of dynamics defined
2. Parameter estimation	calibration	adequacy of model representation quantified
3. Parameter refinement	formal sensitivity analysis, uncertainty analysis	important parameters and processes identified
4. Model evaluation	preliminary experiments, evaluation of uncertainties	alternative hypotheses, scenarios may be tested
5. Validation	statistical comparison of model predictions with independent data	reliability of model predictions established
6. Application	simulation of relevant management and/or policy scenarios, synthesis of result	understanding of system dynamics

논리적으로 맞을 때(예를 들면, 수문현상 등)

이러한 접근이 하향식 접근법이고, 현장 관측 자료와 매개변수 보정능력에 높은 중요성을 둔다. 따라서 어떤 과정이 모형추정능력을 개선시키지 않는다면 그 과정은 모형개발과정에서 무시될 수 있다.

실제 모형적용에서 하향식 접근법은 어떤 문제를 표현하는데 너무 간략화 된 모형을 개발할 수도 있다. 예를 들면 토지이용에 따라 유출이 영향을 받을 것이라는 것은 대략 알지만, 그것을 증명할 수 있는 자료가 없을 때에는 모형에 토지이용은 포함시킬 수 없다.

2) 상향식 접근

이 접근은 모형이 중요한 과정을 모두 포함하고, 개개의 과정이 모두 정확하므로 전체적인 모형도 정확하다고 가정한다. 예를 들면 강우-유출모형에서 용설을 포함시킬 수 있으며, 이때에는 훨씬 많은 매개변수가 있게 된다. 따라서 일부 변수들은 추정 값이나 고정 값을 사용하여 모형을 적용한다.

3) 유역 모형의 실제 - 복잡성과 정확성

유역 모형의 개발에는 상향식 모형이 이용

되었다. 그러나 모형이 너무 복잡하여 제대로 검증될 수가 없었다. 이러한 많은 매개변수는 여러 개의 매개변수 값의 조합이 동일한 수준의 결과를 주게 된다. 따라서 가장 좋은 한 세트의 매개변수 값을 구할 수 없다.

다시 말하면 서로 다른 매개변수 값 조합을 사용하여 구한 결과를 비교할 때 어느 것이 관측 값과 더 가까운지 말하기 어렵다. 즉, 모형이 얼마나 좋은지 알 수 없다는 것이다. 이는 또한 모형이 어떤 특정한 경우에 대하여 잘 재현하였다고 하더라도 다른 경우에도 동일하게 잘 재현하리라고는 말할 수 없다는 것이다. 예를 들면 유역 전체의 말단 지점에서 유량을 잘 추정하였다고 하여 유역 내에 있는 관측지점의 유량도 정확히 모의할 것이라고 장담할 수는 없다. 이러한 결과는 많은 연구에서 확인되었음에도 불구하고 아직도 모형 사용자들은 이를 무시하고 유역 말단부의 수문예측이 정확하다면 유역 내부에 있는 관측점의 예측 값도 정확하다고 생각한다.

4) 매개변수의 조정과 표현 - 보정

모형을 이용할 때 가장 기초적인 문제는 어떤 과정을 나타내는 식들에 대하여 식에 포함된

매개변수 값의 보정이 필요하다는 것이다. 보정이란 모형이 추정한 값이 관측값에 부합하도록 매개변수 값을 조정하는 것을 말한다. 이는 매개변수 값이 현장관측이나 관측 자료로부터 바로 계산될 수 없기 때문에 꼭 필요한 과정이다. 이것은 물리적인 방정식에서도 마찬가지인데, 왜냐하면 식이 개발될 때의 조건과 다른 여러 가지 조건에서도 식이 적용되어야 하기 때문이다. 그 식들은 적용되는 조건에 따라 매개변수 값이 결정되는 개념적 표현(conceptual representation)이 된다.

개념적 표현이 된 물리적인 매개변수의 보편적인 예는 흙의 투수계수이다. 투수계수는 실험실에서 작은 시료에 대하여 측정하고, 모형에서는

이보다 수천 배나 넓은 지역에 대하여 이용된다. 실험실 투수계수는 넓은 지역의 현장투수계수와는 같지 않다. 또한 이런 공식들이 현장의 크기(scale)가 달라지면 맞지 않게 된다는 주장도 있다.

어떻든지 간에 새로운 과정이 모형에 추가될 때마다 더 많은 매개변수가 추가된다. 이들은 보정을 하든지 어떤 특정 값을 이용하여야 한다. 이 매개변수의 값을 정확하게 결정하지 못하면 모형의 성능 추가는 모형의 불확실성만 증가시키게 된다.

5) 수렴 목표

모형 사용자들은 모형이 중요한 과정을 잘 재현하고 충분히 검증되기를 바란다. 최소한 여러 가지 시나리오에 대한 모형 추정 결과 값을 서로 비교할 때 신뢰성이 있는 정도로는 검증되어야 한다. 따라서 간단한 하향식 모형과 복잡한 상향식 모형은 궁극적으로 수렴하여야 한다(그림 1). 모형은 올바른 결과를 생산한다는 것을 보여줄 수 있도록 잘 검증되어야 한다. 이것은 모형의 각 요소와 요소간의 상호작용을 검증하기에 충분한 관측 자료가 있어야만 가능하다.

나. 자료, 모형의 복잡성 및 예측 성능

1) 실용적인 선택

실무에서 적절한 수준의 복잡성이 가지고 있는 모형을 선택하여야 한다. 그림 2는 모형의 복잡성, 자료의 취득 가능성 및 모형의 예측 성능간의 개념적인 관계를 보여주고 있다.

자료의 취득 가능성이란 모형의 검증에 이용할 수 있는 자료의 양, 질 및 정보의 내용을 뜻한다. 복잡성이란 어떤 과정을 표현하는데 있어서 복잡한 정도를 말한다. 복잡한 모형은 보다

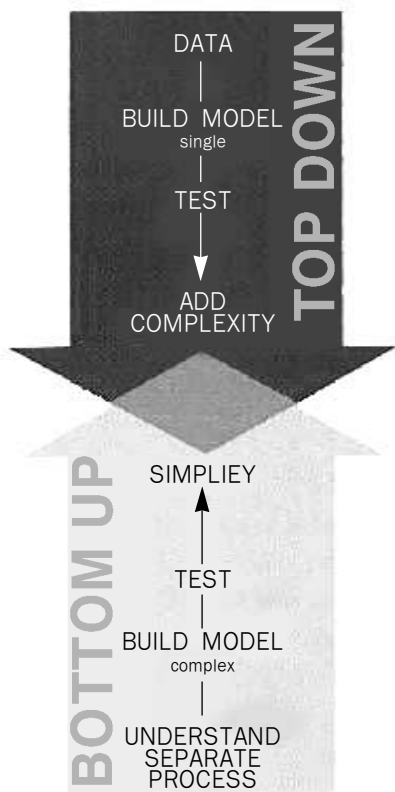


그림 1. 모델링에서 하향식과 상향식의 수렴

많은 물리적 과정을 모의하므로 더 많은 매개변수를 포함한다. 예측 성능이란 모형을 미래의 사상을 예측하는 데 사용했을 때 모형이 추정된 결과를 얼마나 신뢰할 수 있는가를 나타낸다. 모형과 자료가 주어졌을 때 가능한한 이 신뢰성을 크게 높이기를 원한다.

어떤 특정한 자료의 취득 가능성이 주어졌을 때 그에 대한 최적의 모형 복잡성이 있으며, 그보다 더 복잡한 모형은 매개변수 값의 결정에 어려움이 있기 때문에 모형의 예측성능은 오히려 감소하게 된다. 너무 많은 매개변수 때문에 모형의 검증에 충분한 자료를 얻기 어렵다. 또, 만약에 최적모형보다 더 간략한 모형을 이용한다면 자료가 가지고 있는 정보를 완전히 이용하지 못하게 된다.

어떤 특정한 모형의 복잡성이 주어졌을 때 자료 취득 가능성의 증가는 모형의 예측성능을 어느 수준까지는 향상시킨다. 그러나 그 이후에는 자료 취득 가능성의 증가가 모형의 예측성능을 향상 시키지 못한다. 이때에는 자료가 가지고 있는 정보를 충분히 활용하기 위하여 더 복잡한 모형을 고려할 수 있다.

실제 유역모형의 적용에서 많이 부딪히는 상

황은 한정된 자료로 너무 복잡한 모형을 이용함으로써 신뢰성 있는 최적의 매개변수 값 조합을 찾을 수 없다는 것이다.

2) 적당한 모형의 복잡성

어떤 수준의 모형 복잡성이 좋은가에 대한 해답은 궁극적으로 모형적용의 목적과 모형화하고자 하는 시스템에 대한 지식에 달려있다고 하겠다. 중요한 점은 추가되는 모형의 복잡성이 모형의 예측성능을 향상시키는지를 검사할 수 없을 때에는 복잡성의 추가는 쓸데없는 일이 된다. 일반적으로 비교적 간단한 모형에서 시작하여 초기 통찰을 하여 어느 정도의 추가적인 복잡성이 필요한지를 쉽게 결정할 수 있도록 하는 것이 가장 효율적이다.

다. 모형의 분류

1) 분류 기준

모형의 일반적인 분류는 모형의 구조나 복잡성을 설명하는 데 유용하다. 모형에 관한 문헌들은 여러 가지 모형분류방법에 따라 수 없이 많이 있다. 모형의 형식과 용어정의 또는 물리적인 과정이 어떻게 표현 되었는지와 시간과 공간의 규모와 방정식의 해석방법 등에 대하여 많이 논의되었다. 본 고에서는 유역수문모형의 접근방식을 분류하는 데 사용할 수 있는 가장 기본적인 아래 세 가지 관점에서 논의 하고자 한다.

- (i) 기본 알고리즘의 본질
(경험적, 개념적, 물리적)
- (ii) 입력 자료나 매개변수에 통계학적 또는 확정론적 접근 여부
- (iii) 공간적 표현에서 한 통합체로 보는지 분산된 여러 개의 조각들로 보는지 여부

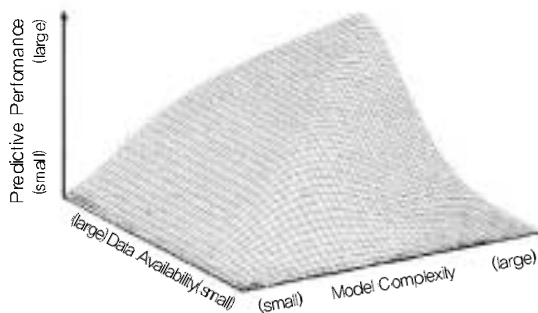


그림 2. 자료취득 가능성, 모형복잡성 및 모형 예측성능 사이의 관계

2) 경험적, 회귀식 또는 검은 상자모형

모형의 분류에서 첫 번째 질문은 기본적인 과정을 표현하기 위한 시도가 이루어졌는지 여부이다. 단순히 입력 자료와 출력자료 사이의 관계를 도출하는 모형을 경험적, 회귀식 또는 검은 상자 (black box)모형이라고 부른다. 이 모형들은 입력자료들의 관계로부터 도출되었으며 개별적인 과정에 따른 행동양상을 묘사하기 위하여는 아무런 시도도 이루어지지 않았다. 예를 들면, 아래와 같은 식이며 이 식에서 매개변수 a와 b는 관측된 강우량과 유출량을 회귀분석하여 구할 수 있다.

$$\text{유출량} = a \cdot (\text{강우량})^b$$

3) 개념적-경험적 모형

다음 단계로 복잡한 모형은 개념적-경험적 모형이다. 유역 모델링에서 차단, 침투, 증발, 표면유출, 지하유출 등 기초적인 과정들은 어느 정도 분리된다. 그러나 이러한 과정을 나타내기 위한 공식들은 기본적으로 입력-출력 자료의 관계를 보정한 것이다. 가장 전형적인 예가 Stanford 유역 모형이다. 이 모형으로부터 수정 발달된 모형이 오늘날까지 세계적으로 널리 사용되고 있다.

4) 물리적 또는 과정에 기초한 모형

수문과정에 대한 이해가 깊어져서 지표면에서나 지하에서 물의 흐름에 대한 지배방정식과 같은 기초 물리학에 기초한 모형들이 개발되었다. 예를 들면, CLASS의 물수지 모형은 지하수 흐름해석에 기본이 되는 Richard's 방정식을 풀며, 식물 뿌리와 토성 등을 표현하는 기능을 가지고 있다. 이들을 물리적 또는 과정에 기초한 모형이라고 불린다. 이 모형들은 매개변수 값들을 관측 가능한 물리량과의 관련성을 이용하여

결정하므로 매개변수 보정의 필요성을 최소화한다. 실제에서는 이들 매개변수 값을 측정하기가 어려울 수도 있으며, 이 모형들은 복잡한 개념적 모형으로 간주될 수도 있다.

5) 추계학적 또는 확정론적 모형

또 다른 모형의 분류기준은 추계학적 또는 확정론적 표현과 입력 자료가 사용되는지 여부이다. 대부분의 모형들은 한 가지의 입력자료 세트에 대하여 한가지의 결과를 생산하는 확정론적 모형이다. 추계학적 모형에서는 입력 자료나 매개변수들이 한 개의 값이 아니라 확률분포로 나타내어진다. 예를 들면 침투능 값을 한 개로 주는 것이 아니라 평균값과 표준편차를 이용하는 등 어떤 범위의 값들을 이용한다. 마찬가지로 일별 강우량과 같은 어떤 입력 값에 오차가 있다고 하면 한 개의 값을 사용하기 보다는 어떤 범위 (또는 분포형)의 값을 사용한다. 따라서 어떤 확률분포에 관련된 입력 자료에 따라서 출력자료도 변하게 된다. 추계학적 모형은 일반적으로 여러 가지 입력 자료와 매개변수 값 세트를 이용한 모형실행을 매우 많이 해야 한다. 따라서 여러 가지의 출력자료가 생산되며 통계

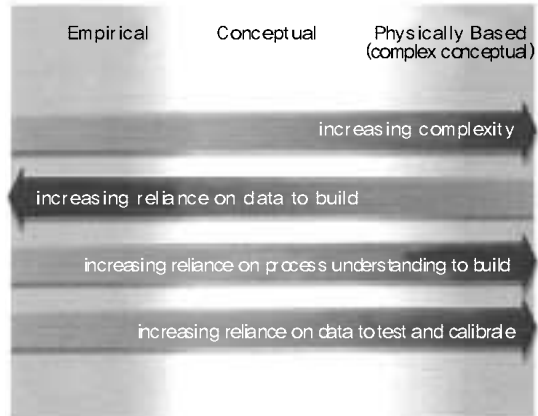


그림 3. 여러 가지 모형의 특징 (모형의 구분은 확연한 것이 아니고 연속적이다)

분석을 필요로 한다. 추계학적 모형은 입력 자료나 매개변수의 값을 확신할 수 없을 때 매우 유용하지만, 모형의 실행을 많이 하여야 하므로 시간이 많이 소요된다.

6) 공간의 세분화

마지막으로 공간의 세분화 방법에 따라 모형을 분류할 수 있다. 공간을 한 통합체로 보는 모형은 모형대상지역을 한 개의 단위로 보고 그 단위 내에서의 변동성은 전체적으로 평균한다. 공간적 분산모형은 대상 지역을 여러 개의 작은 단위로 나누고 공간적 변동성을 반영하여 소구역마다 서로 다른 입력 자료나 매개변수 값들을 사용한다. 통합이나 분산 등의 용어는 어떤 물리적 과정을 표현하는 것과는 관계가 없으며 단지 공간적 표현에 대한 접근 방법을 나타낸다.

라. 시공간적 격자크기의 기초

1) 시간적 변동의 표현

통합 또는 분산 모형의 구분은 시간에 대하여도 할 수 있다. 어떤 모형은 평균값이나 장기간에 대한 출력자료를 제시하며, 다른 모형들은 시간적 즉 시간별, 일별 또는 월별로 출력 값을 제시한다. 가장 간단한 모형은 시공간적으로 통합된 것이고 복잡한 모형일수록 시공간적으로 분산된 모형이다.

2) 시공간적 해상도의 선택

시공간적 격자의 크기는 모형이 해석하는 문제의 종류에 중요한 영향을 미친다. 어떤 유역 관리 문제를 해석하기 위하여 가장 적절한 시간적, 공간적 격자크기는 동시에 선정되어야 한다. 어떤 주어진 입력 자료에 대하여 유역 반응의 공간적인 정확도는 시간적 격자크기에 영향

을 받으며, 시간적 정확도는 공간적 격자크기에 영향을 받는다. 이는 일반적으로 시간적 또는 공간적 해상도의 증가는 모형의 복잡성의 증가를 가져오기 때문이다. 어떤 주어진 입력자료 취득 가능성에 대하여 최적의 모형복잡성이 존재한다.

유역관리에 있어서는 여러 가지 관리대안에 대한 시나리오에 대하여 모형을 실행하여 출력 자료를 평가한다. 예를 들면, 여러 가지 관리대안들이 유사와 영양물질의 유출에 미치는 영향을 모의하기를 원할 수 있다. 이 때 이 대안이 적용될 지역의 공간격자의 크기는 얼마로 해야 할 것인가? 만약 유역내의 어느 곳으로부터 유사와 영양물질이 오는지 정확하게 알 필요가 있다면 공간적 분산모형을 써야 하고, 총 부하량만 알 필요가 있으면 공간적 통합모형을 쓰면 된다.

또한 부하량 추정에 있어서 시간적 해상도에 대하여도 고려해야 한다. 수변지역의 재 식생화와 같은 장기간의 변화에 따른 장기간의 평균 부하량의 변화 예측에는 모형이 유역관리 작업이 유사와 영양물질 부하량에 미치는 영향을 재현할 수 있다면 시간적 통합모형을 이용하여도 된다. 이런 모형들은 여러 가지 시나리오에 대한 시간적인 평균값을 예측할 것이다. 그러나 강우 유출시 또는 기저 유출시 또는 어느 특정 시각에서의 부하량의 시간적 변동에 관심이 있다면 시간적 분산모형을 이용하여야 할 것이다.

더 나아가 유역 관리 기법의 변화가 재현될 수 있도록 어떤 특정한 물리적 과정을 표현하기 위해서는 모형의 복잡성이 더 증가하게 된다. 물리적 과정을 나타내기 위한 모형의 복잡성의 증가는 최적의 모형예측능력을 달성하기 위한 시간적, 공간적 격자크기에 제한을 주게 된다.

예를 들면 SedNet 모형은 비탈면, 걸리 및 하안 침식을 재현하지만 이들은 장기간의 평균값을 나타낸다. 반대로 EMSS 모형은 여러 가지 토지 이용에 따른 일별 또는 월별 유사량을 추정한다. 따라서 이 모형은 유사발생지역을 보여주지만 상세한 발생원은 보여주지 않는다.

3) 모형 복잡성과 예측능력 사이의 균형

시간적, 공간적 해상도를 만족시키면서 특정한 구역의 물리적 과정을 표현할 수 있는 모형은 너무 복잡한 모형이 되어 예측능력이 저하된다. 따라서 모형예측능력이 만족스런 범위 내에서 어떤 사항의 중요성이 더 크며 다른 사항은 양보할 것인가를 결정해야 한다. 예를 들면 부하발생지역과 부하통제방법을 결정하는 것이 가장 중요하다면 가장 높은 공간적 해상도와 관리 대안의 영향을 표현할 수 있는 모형을 선정하여야 한다. 만약에 부하의 시간적 변동을 결정하는 것이 가장 중요하다면 시간적 해상도가 가장 높은 모형을 선정하여야 한다.

매우 중요한 요구사항을 나타내는 모형의 입출력자료를 수정하여 덜 중요한 요구사항을 충족시키는 것도 가능하다. 예를 들면 시간적 통합모형의 장기간 평균 부하량은 부하량의 시간적 변동성을 보기 위하여 시간별로 분리시킬 수 있다. 이를 위해서는 현재의 부하량 양상과 유역관리 시나리오가 이 양상에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 알고 있어야 한다.

4) 목표설정 또는 실행평가를 위한 모델링

목표설정이나 실행평가를 위해 모형을 이용할 때, 모형적용과 보고서 제출을 위한 시간 사이에 시간적 공간적 해상도의 일치가 필요하다. 이 일치는 모형의 예측 성능이나 목표 평가를 위한 세부관측내용에 따라서 제약을 받는다. 목표 평가에

사용된 자료와 모형이 너무 불확실하여 결국 목표를 평가할 수가 없게 될 수도 있다. 목표 설정을 위한 모형과 입력 자료의 필요성에 대하여 더욱 세심한 분석이 매우 필요하다.

5) 시공간적 해상도에 대한 종합 고찰

적절한 시공간적 해상도를 결정할 때 고려하여야 할 두 가지 사항은 다음과 같다.

가) 시공간적 해상도가 높을수록 계산 시간이 많이 걸리고, 또 종종 자료의 준비와 정리에 시간이 많이 걸린다.

나) 주어진 자료에서 시공간적 해상도가 높을수록 출력의 불확실성이 커진다.

앞에서 모형 복잡성에서 논의한 것과 같이 높은 해상도가 항상 더 좋다고 할 수는 없다. 가장 중요한 것은 주어진 문제에 대하여 시공간적 해상도와 모형복잡성의 균형을 잘 맞추어야 한다는 것이다. 주어진 문제에 해답을 주며 입력자료, 전문가 및 자원의 수준에 부합하는 정도의 해상도이면 충분하며 더 높은 해상도는 불필요하다.

6) 모형 스타일 선택의 기준

모형 스타일의 선정은 “horses for courses” 접근 방식을 이용하여야 한다. 모든 적용에 있어서 어떤 모형이 다른 모형보다 항상 좋은 특별한 모형 스타일은 없다. 일반적인 금언은 필요한 작업을 할 수 있는 한 가장 간략한 모형을 선택하는 것이다.

2. 모형선정시 고려할 사항

가. 기본 고려 사항

어떤 특정한작업에 대하여 적당한모형을 선정하는 데는 다음 네 가지 기본고려 사항이 있다.

- 1) 목표
- 2) 자료
- 3) 전문가
- 4) 자원(시간 및 예산)

이들은 반복적으로 고려되어야 한다. 왜냐하면 네 분야 중의 한 분야에서 제약을 받게 되면 다른 선택에 제한을 주게 되어 목표, 전문가, 비용 등을 재평가 하게 한다. 모델링 접근방식을 선정할 때에는 모형에 관계된 모든 사람들과 긴밀하게 의논하는 것이 필요하며, 비슷한 사업을 담당하고 있는 동료들과의 대화도 매우 유의하다.

호주의 유역모형 툴킷 웹 사이트(www.toolkit.net.au)의 목적중의 한개는 모형을 선정하는데 필요한 정보를 제공하고 다른 전문가들로 부터 도움을 얻을 수 있는 토론장을 제공하는 것이다.

나. 모형적용의 목적

이래의 질문사항은 말하기는 쉽지만 실행하기는 어렵다. 이는 성공적인 모델링을 위하여 가장 중요한 것들이다. 중요한 질문은 다음과 같다.

- 모델링의 내용이 분명한가?
- 모형의 적용 결과는 어떻게 이용될 것 인가?
- 어떤 출력자료가 필요한가?
- 모형을 어디에 적용할 것인가?
- 모형이 재현할 행위는 무엇인가?
- 누가 모형결과를 해석하고 어떤 의사 결정을 할 것인가?

이러한 질문에 대한 대답은 생각하고 있는 모형이 지녀야 할 기본적 능력의 개요를 제시한다.

“요구되는 출력자료”를 정하면 모형이 어떤 시공간적 규모에서 무엇을 계산할 수 있어야 하는지를 알 수 있다. 요구되는 출력자료는 예를 들면 “1내지 100km² 크기의 유역에서 일별 유출량” 또는 “하천 제방 침식으로 인한 연평균 퇴사량”

등이다.

모의할 유역관리 행위를 알고 있으면 모형이 가지고 있어야 할 기능을 알 수 있다. 예를 들면 관리행위가 토지이용변화, 수변식생관리 또는 저류지로부터 방류수량의 변동 등일 때 모형은 이러한 관리 행위를 재현하기 위하여 변경되어야 할 매개변수를 가지고 있어야 한다.

모델링의 목적과 모형의 구성을 분명히 해야 된다는 것은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 발주자와 용역업자는 모형이 의사 결정에 어떻게 도움을 줄 것인지에 대하여 정보를 공유하는 것은 매우 중요하다. 이러한 정보의 공유는 또한 여러 가지 접근 방법의 장단점과 앞장에서 논의한 광범위한 원칙에 대하여 토론할 기회를 제공한다.

사람들은 모형의 출력물을 맹목적으로 믿거나 완전히 불신하는 극단적인 경우가 많다. 두 극단은 모두 비생산적이며, 모형이 무엇을 할 수 있고, 무엇을 할 수 없는지를 더 잘 이해하게 되면 극복할 수 있다. 목표를 분명히 하는 이 단계는 일차적인 모형의 선정으로 이어지며, 발주자가 모델링 팀의 지식과 능력에 대한 자신감을 얻게 한다. 최종적으로 목표의 설정은 모델링이 전체적인 목표를 달성할 수 있을지 여부를 판가름하는 가장 중요한 단계이다.

다. 입력 자료

분명한 목표의 설정은 모형의 일차적 선정을 가능하게 하며, 일반적으로 필요한 입력 자료를 결정하게 한다. 입력 자료가 충분하지 못한 것은 모형 선정과 모형 이 예측한 결과의 신뢰성에 있어서 가장 큰 제약요소이다. 사실상 어떤 것이라도 모의는 할 수 있지만, 그것이 실제와 연관성이 있는지 여부는 모형의 개발과 검증에

이용할 수 있는 자료의 취득 가능 여부에 달려 있다.

입력 자료에 관련된 주요 질문은 다음과 같다.

- 적당한 시공간적 해상도를 가지는 자료가 있는가?
- 입력 자료의 정확성은 잘 알고 있는가?
- 새로운 추가 자료를 얻을 수 있는 전문가와 시간은 있는가?
- 자료를 모형에 이용할 수 있도록 만드는데 얼마나 많은 노력이 필요한가?
(자료의 변환이나 전처리 등에 노력과 시간이 많이 소요될 때가 많다)

만약에 자료가 없거나 쉽게 수집할 수 없을 때에는 모델링의 목표를 수정하여야 한다. 그렇지 않으면 모형이 추정된 결과에 대한 신뢰성이 떨어지게 될 것이다.

라. 전문가

서로 다른 모형을 적용하고 해석하는 기술은 다음과 같이 여러 가지 형태와 수준이 있다.

- 유역의 행동과 물리적 과정의 이해
- 모형과 알고리즘에 대한 해석 능력 및 기술적 이해
- 집단 자문 기술
- 수치조작 및 자료처리 기술
- 특수 분야 지식에 대한 훈련
- 의사소통 능력 (특히 모델링이 대형 프로젝트의 일부일 때)

초기에 모델링 팀의 능력에 대한 솔직한 평가는 주요 결점을 제시하며 선택할 모형의 형태에도 제한을 줄 것이다. 모델링이 대형 프로젝트의 일부일 때, 이 시점에서 모델링에서 필요한 비기술적인 능력을 고려하는 것이 중요할 수도 있다. 모형의 능력과 한계에 대한 의견교환의

결여로 최적의 모형출력을 얻지 못하게 되는 결과를 초래하는 일이 비일비재하다.

일반적으로 모델링에 대한 전체적인 신뢰도는 모형자체보다는 모델링 팀의 자질에 더 큰 영향을 받는다.

마. 자원(시간과 예산)

모델링과 자료의 수집과 조작에는 많은 시간이 필요하다. 자료는 그것을 분석할 전문가가 없으면 별 가치가 없으며 이들 전문가의 활용에는 비용이 많이 든다.

시간과 예산에는 제약이 따를 수 있으며, 이는 다시 당초의 목표를 달성하는 데도 제약이 될 수 있다. 자원과 달성 가능한 목표 사이에는 항상 균형점이 있다. 그 균형점은 발주자와 모델링 팀이 상의하여 결정하여야 한다.

모델링 팀은 “이 자원으로는 이런 결과를 얻을 것이다”라고 분명히 설명할 수 있어야 하며, 가용 자원의 변화가 모형 결과물에 어떤 영향을 미칠 것인가도 명확히 설명할 수 있어야 한다.

바. 현실 세계에서 일어나는 일

실제에 있어서는 이러한 네 가지 고려사항이 충분히 반영되지 않는다. 일반적으로 목표는 완전히 명확하지는 않으며, 직감을 이용하거나 가장 쉽게 얻을 수 있는(또는 과거에 사용한 적이 있는) 모형을 선정하거나 또는 발주자가 좋아하는 모형을 선정한다. 이러한 접근은 어떤 특정 모형을 적용하는 데 필요한 전문가, 자료 및 자원에 대하여 맹목적인 위임을 하게 된다. 이는 실망스러운 결과로 연결되며 모델링이 나쁜 평판을 얻는 원인이 되어왔다.

모든 모델링의 기대치를 관리하는 것은 어렵다.

더욱이 이러한 네 가지 항목들이 충분히 고려되지 않는다면 더욱 더 어렵다. 그림 4는 이 네 가지 분야를 연결해 주는 간략한 흐름도를 보여주고 있다.

3. 맺는말

본 고에서 모델링의 기본적인 접근방법과 어떤 특정목표에 적합한 모형을 선정할 때 고려하여야 할 사항을 소개하였다. 또한, 모형선정시 적용 가능한 원칙과 주요 질문을 제시하였다. 모형의 선정에서 하나의 중요한 원칙은 유연성이다. 과거에는 한 개의 모형을 선정한 후에는

항상 그 모형만 이용하는 문제가 있었다. 여러 단계의 복잡성을 가지는 다양한 모형들은 사용자가 간략한 모형에서 시작하여 필요에 따라 점점 복잡한 모형을 사용하는 단계적 모델링을 할 수 있게 만들었다.

자연자원 관리에 있어서 모형의 이용은 급격하게 증가하고 있다. 따라서 발주자, 모형 사용자 및 모형 개발자들의 모형과 모델링에 대한 일반적인 이해수준을 향상시켜야 한다.

참고문헌

1. Cooperative Research Centre of Catchment Hydrology. 2005. Series on Model Choice 1. General approaches to modelling and practical issues of model choice, p.23.
2. Civil and Environmental Engineering Department, Old Dominion University. 2006. Civil/Environmental Model Library, URL, <http://www.cee.odu.edu/model>.
3. Gardner, R.H. and Urban, D.L., 2003. Model Validation and Testing: Past Lessons, Present Concerns, Future Prospects, In: Canham, C.D., Cole, J.J. and Lauenroth, W.K.(Eds). Models in Ecosystem Science, Princeton University Press, Princeton, NJ, pp.186-205.
4. US EPA National Risk Management Research Laboratory. 2005. TMDL Model Evaluation and Research Needs. EPA/600/R-05/149. URL. <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r05149/600r05149chap1.pdf>.

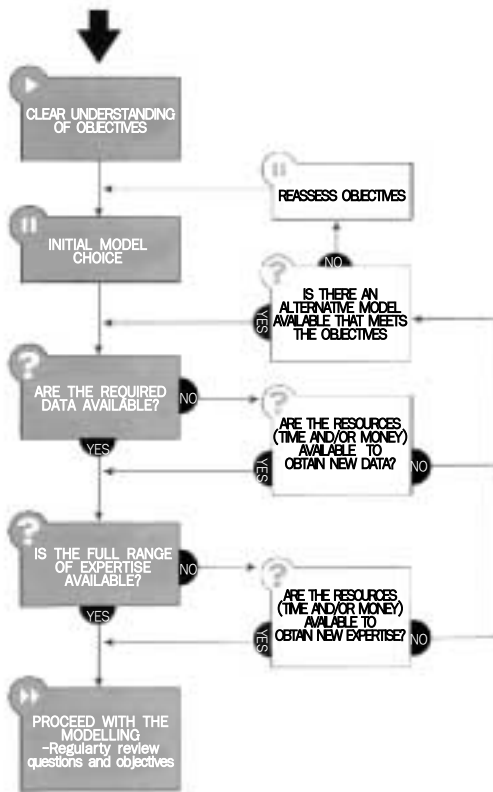


그림 4. 실무적용을 위한 모형선정시 주요 질문의 흐름도