

# 해외출장 보고서

2019. 07.

해양연구본부

## 1. 출장목적

- 2019년 5월 20일 ~ 24일 동안 스페인 빌바오에서 개최된 ISU 19 (International Spring University) 교육훈련 참석(주제: 생태계서비스 모델링 - ARIES 모델 교육)
- ARIES는 현재 수행중인 “생태계기반 해양공간분석 및 활용기술 개발”사업의 의사결정지원시스템 기술개발 연구주제와 직접 관련이 있는 의사결정지원 Tool의 하나임

## 2. 출장자 및 출장기간

- 출장자 : 임종서 전문연구원, 박재영 연구원
- 출장기간
  - 2019.5.19.(일) ~ 26.(일), 6박8일

## 3. 출장지

- 스페인 빌바오

## 4. 출장세부일정(안)

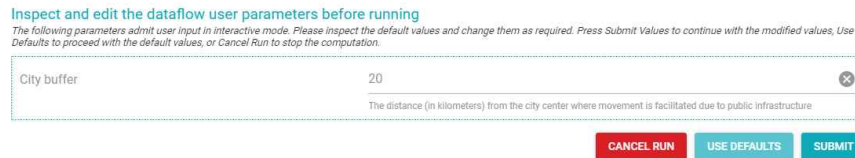
구분	시간	주요 내용	비고
5. 19(일)	09:05~18:40	○ 인천-파리-빌바오	KE 5901 AF 1576
5. 20(월) ~ 24(금)	09:00~18:00	○ ISU 19 ARIES 모델 교육 참여	
5. 25(토) ~ 26(일)	10:15~07:15	○ 빌바오-파리-인천	AF 1477 KE 5902

## 5. 출장결과

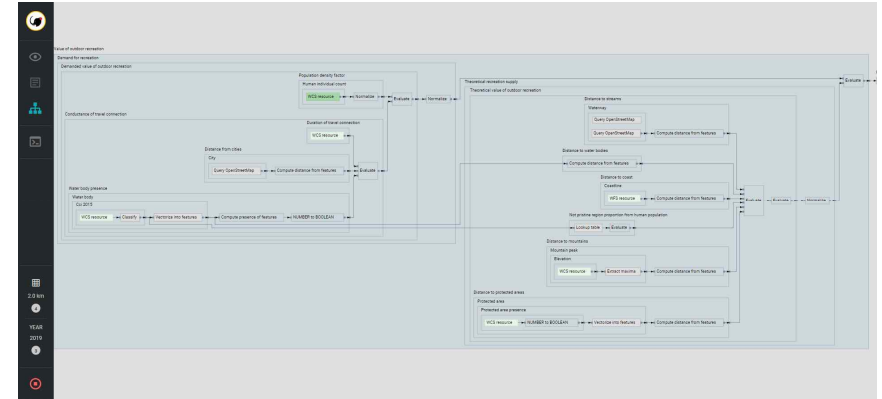
### ○ ARIES 소개

- ARIES란, Artificial Intelligence for Ecosystem Services의 약어로 지역에 따라 상이한 생태계서비스의 (잠재적)공급과 수요, 서비스의 흐름을 저감시키는 생물 물리적 특성 등의 위치와 양을 지도화하는 한편, 행위자 기반 알고리즘(agent-based algorithm)을 적용하여 매우 효과적으로 생태계서비스의 흐름을 가시화할 수 있는 모형임.
- ARIES 프로젝트는 2007년 미국 국립과학재단(US National Science Foundation)으로부터 연구비 지원을 받으면서 시작되었으며, 실증, 개념 입증 등의 단계를 거쳐 2012년에 모형을 발표함.
- 현재 BC3 (Basque Centre for Climate Change) 산하에서 꾸준히 모형 업그레이드가 이루어지고 있으며, 생태계서비스와 관련된 다양한 이해당사자들 가운데 매년 신청자들을 모집하여 모형 활용 및 개발 교육을 진행하고 있음.
- 기존 모형들과의 차별성
  - 비정형성 (사용자 편의성, Smart 기능)
 

생태계서비스를 평가하는 기존의 모형들과 달리 종합적인 생태계서비스를 산정하는 과정에서 사용자가 선별한 세부모형들을 조합하거나, 삽입/배제할 수 있어 지역별로 상이한 특성들을 반영하기에 용이함. 또한, 세부모형별로 입력 자료, 단위 및 패러다임 등이 상이할 경우, 이를 종합하여 생태계서비스를 산정하는 과정에서 모형 자체적으로 절충안을 산정하여 제시함. 또한 모형이 자체적으로 지역적 맥락을 고려하여 세부모형들을 통합하거나 대체할 수도 있음.



<그림 1> k.Explorer 상의 사용자 기능을 통한 세부모형의 조정



<그림 2> k.Explorer 상에 표현되는 생태계서비스 산정 흐름도

- 클라우드 시스템 기반
 

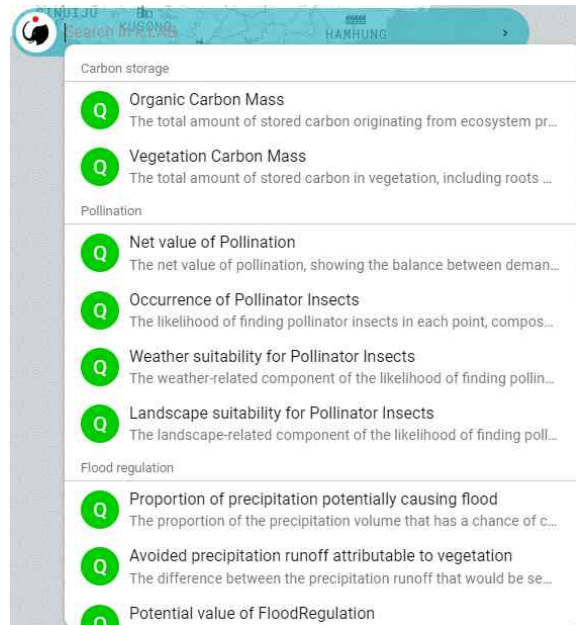
ARIES 모형은 클라우드 서버에서 구축되며, 이후에는 사용자들이 어떠한 PC에서도 Web browser를 이용하여 자유롭게 모형을 조작하고 결과를 산출할 수 있음.
- 확률 모형 (불확실성에 대한 반영)
 

ARIES의 통합모형은 모든 산출과정에서 각 단계의 불확실성을 정량적으로 제시함. 이를 통해 사용자는 결과물에 대한 수용여부를 효율적이고 객관적으로 결정할 수 있음. 또한, 기존의 결정론적 관점 기반 모형들의 활용이 불가능할 정도로 자료가 매우 부족한 환경에서도 생태계서비스를 산정 가능함.
- 공간적 역동성(spatial dynamics)의 반영
 

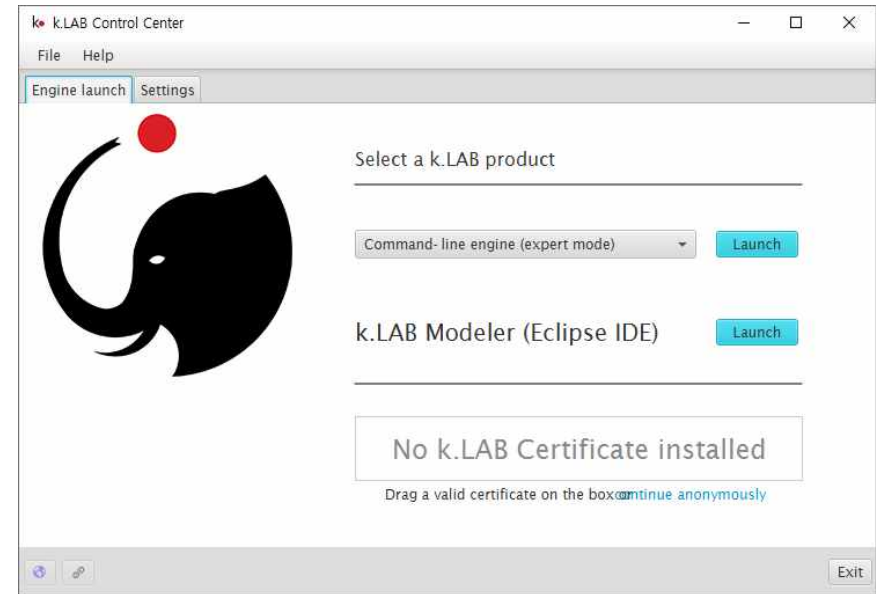
생태계서비스의 공급과 이용은 상이한 시·공간적 규모에서 일어나지만, 기존의 모형들은 생태계서비스의 시·공간적인 흐름이 가용한 서비스의 양에 미치는 영향력을 적절하게 다루지 못함. ARIES는 생태계서비스 산정 과정에서 복잡한 공간적 역동성을 중요한 요소로 다루고 있음.
- 사용자 친화적인 접근
 

사용자가 생태계서비스를 산정하는 시·공간적 범위를 설정하기에 용이하며, 탐색창(Explorer interface)에서 영어로 된 문장 또는 단어(keyword)를 입력하여 원하는 분석을 수행할 수 있는 직관적인 형태로 제작됨. 검색 단어들은 ARIES

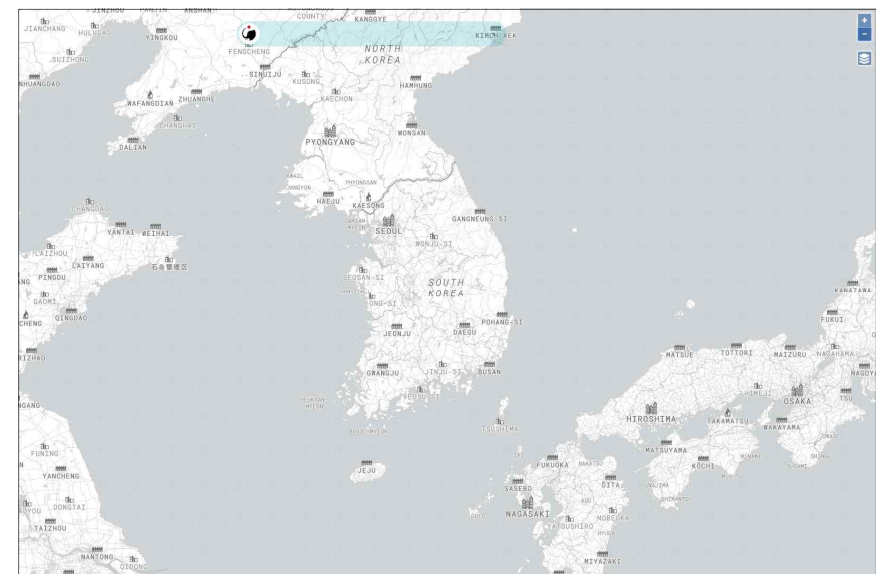
시멘틱 웹 상에서 사용 가능한 논리적 구조를 지니며, 사용자가 데이터, 모델, 시나리오 등에 대해 개별적으로 설정 가능



<그림 3> k.Explorer 검색창



<그림 4> k.LAB Control Center



<그림 5> k.Explorer 화면 구성

## ○ ARIES 개발

- ARIES 모델러들을 위해 시제품인 k.LAB 소프트웨어 패키지 개발 후, ARIES 모델의 최종 사용자들을 위한 2차 시제품인 k.Explorer가 개발됨.
- 직관적인 GUI(Graphical User Interface)와 웹 기반의 인터페이스를 통해 사용자의 조작 용이성을 높일 수 있도록 개발하는 데에 중점을 둠.
- k.LAB(Knowledge Laboratory): 명확한 과학적 개념을 이용하여 모델들이 통합되도록 설계된 소프트웨어 플랫폼
  - 의미론(Semantics) 방식을 통해 여러 과학 분야에 걸쳐있는 통합 네트워크 모델에 접속 가능
  - 자연 과학과 인간 활동을 보다 쉽게 연결하고, 단위 및 규모의 차이를 자동으로 해결

## □ 교육 프로그램 요약

### ○ 교육일정

– 2019.5.20.(월) ~ 24.(금)

- 생태계서비스와 ARIES의 이론적 배경
- ARIES 전체프레임 및 세부모형 소개
- ARIES 활용 및 개발 실습

Day / Time slot	MONDAY 20-May-19	TUESDAY 21-May-19	WEDNESDAY 22-May-19	THURSDAY 23-May-19	FRIDAY 24-May-19
09:00 - 9:30	Arrival at Venue	NCA (KB)	ES Global Models Session 3:	ES trade-offs (FV)	ES and Machine Learning: Uncertainty (FV)
9:30 - 10:00	Introductions instructors and attendants presentations (using slides, MP moderating) <sup>2</sup>	ES Global Models Session 1:	Explanation: Outdoor Recreation Model (SB)	MCA theory (SB) + setting custom parameters in k.Modeller (BV) + Elicitation of priorities hands on exercise (SB + ZH)	Forestry & Participant Issues (SB)
10:00 - 10:30	Intro to ARIES (BV & KB)	Hands-on: Outdoor recreation Model (SB) "use observers and sticky notes"	ES as a complex issue (SB, FV & BV)		
10:30 - 11:00	ARIES in a nutshell (ZH)				
11:00 - 11:30	COFFEE Break	COFFEE Break	COFFEE Break	COFFEE Break	COFFEE Break & Group Photo (MP)
11:30 - 12:00	ARIES Teaser (FV)	ES Global Models Session 2	Carbon Storage (KB) + Hands on	Case Study Example 2: ALICE Interreg Project Intro Presentation (Jose Manuel)	New directions and priorities for 2019 – 2020 (Participants)
12:00 - 12:30			ES as a complex issue (SB, FV & BV) On-the-fly concept observations (BV, SB)		
12:30 - 13:00	Software set-up & First Hands-On Software (FV & SB) - sticky notes	ES Global Models Session 3	k.Modeller quick tour (FV)	Model Customization	New directions and priorities for 2019 – 2020 (Aries Team – MP)
13:00 - 13:30		Sediment Regulation & Flood Control Model (BV, KB)	Case Study Example 1 (min-hydro and Japan ES) (KH)	Hands on exercise w/ k.Modeller	LUNCH Break
13:30 - 14:00		Hands-on: Sediment Regulation & Flood Control Model (BV, KB)			
14:00 - 15:00	LUNCH Break	LUNCH Break	LUNCH Break	LUNCH Break	Certificates
15:00 - 15:30	More software & k.EXPLORER tour (EG)	Semantics and Integrated Modelling in a nutshell (SB, FV)	k.Modeller Hands-on: includes a demo of importing projects	Hands on exercise w/ k.Modeller	New directions and priorities for 2019 – 2020 (discussion continuation)
15:30 - 16:00			Team work: Annotating a dataset (SB, FV, BV), use sticky notes	Hands-on: Attendants Study Problems Conceptualization (Continuation) & Group Discussion	Q & A, Stay & Play (SB)
16:00 - 16:30	ES and the semantic web (KB)	Hands On Exercise	Individual work: annotating and observing a dataset (own), use sticky notes		END OF COURSE
16:30 - 17:00	Philosophy of Global ARIES models (SB)	Preview on ML / BBN (KB), more on the ML day (Thursday)			
17:00 - 17:30	Q&A of the Day	Q&A of the Day	Q&A of the Day	Q&A of the Day	
18:00	Bike Tour around Bilbao (FREE but optional) <sup>3</sup>	Pintxo Tour (Optional)	Free Evening	Free Evening	

<그림 6> ISU 2019 교육 일정

### ○ ARIES Teaser

– 시멘틱 웹 (Semantic Web)

- FAIR 데이터 원칙
  - ✓ Findable (찾을 수 있어야 함)
  - ✓ Accessible (이용할 수 있어야 함)
  - ✓ Interoperable (정보 교환이 가능해야 함)
  - ✓ Reusable (재사용할 수 있어야 함)

■ 시멘틱 웹(Semantic Web)이란?

‘의미론적인 웹’이라는 뜻. 현재의 인터넷과 같은 분산 환경에서 리소스(웹 문서, 각종 파일, 서비스 등)에 대한 정보와 자원 사이의 관계-의미 정보(Semanteme)를 기계(컴퓨터)가 처리할 수 있는 온톨로지 형태로 표현하고, 이를 자동화된 기계(컴퓨터)가 처리하도록 하는 프레임워크이자 기술  
(출처: [https://ko.wikipedia.org/wiki/시멘틱\\_웹](https://ko.wikipedia.org/wiki/시멘틱_웹))

#### To be Findable:

- F1. (meta)data are assigned a globally unique and persistent identifier
- F2. data are described with rich metadata (defined by R1 below)
- F3. metadata clearly and explicitly include the identifier of the data it describes
- F4. (meta)data are registered or indexed in a searchable resource

#### To be Accessible:

- A1. (meta)data are retrievable by their identifier using a standardized communications protocol
- A1.1 the protocol is open, free, and universally implementable
- A1.2 the protocol allows for an authentication and authorization procedure, where necessary
- A2. metadata are accessible, even when the data are no longer available

#### To be Interoperable:

- I1. (meta)data use a formal, accessible, shared, and broadly applicable language for knowledge representation.
- I2. (meta)data use vocabularies that follow FAIR principles
- I3. (meta)data include qualified references to other (meta)data

#### To be Reusable:

- R1. meta(data) are richly described with a plurality of accurate and relevant attributes
- R1.1. (meta)data are released with a clear and accessible data usage license
- R1.2. (meta)data are associated with detailed provenance
- R1.3. (meta)data meet domain-relevant community standards

<그림 7> FAIR 원칙

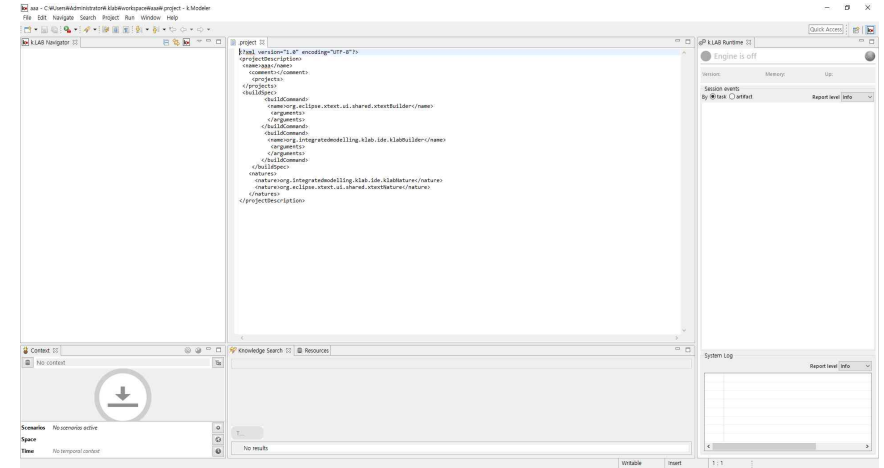
– ARIES 구조

- ① 데이터 및 모델의 의미론적 연결 방식 (SEMANTICS for data and models)
  - 개념화된 핵심 주제, 절차 등의 관리 용이
  - 교차 영역(cross-domain)간 소통 용이
- ② 오픈 소스 소프트웨어 (OPEN SOURCE SOFTWARE) 활용
  - 실사용자 측면 (modelers 및 end users)
  - 서버 시스템 측면 (기관 및 단체)
  - 개발팀 및 사용자 지원 측면
- ③ 통합 모델링 인프라 (INTEGRATED MODELLING INFRASTRUCTURE)
  - 네트워크화된 데이터 및 모델 요소 통합

- 보다 정확한 인간-자연 연결 시스템의 표현
- ④ 협력적 모델링 (COLLABORATIVE MODELLING)
  - 상호 정보 교환 용이
  - 협동 프로젝트에 대한 직접적인 지원 가능
- ⑤ 응용프로그램 (APPLICATIONS)
  - 생태계서비스 평가 (ARIES)
  - 식량 및 기타 환경 안보 평가

#### - k.Explorer 시연

- 기본 지도(Base-map) 출력 (지도 선택 옵션 제공) → 이용자가 보고자 하는 공간정보 or 분석 기능을 검색 창에 입력 → 검색 결과를 지도상에 표출
- 검색 결과는 리스트 형태로 제공되어, 이용자가 개별 항목들을 체크하거나 해제함으로써 원하는 정보들만 출력 가능
- Outdoor Recreation과 같이 다양한 요소들이 복잡하게 연결된 분석도 수행할 수 있으며, 분석의 전체적인 흐름과 현재 분석중인 과정 등을 순서도 형태로 실시간으로 확인 가능
- Interactive mode를 통해 세부 패러미터의 설정과 세부모형의 반영 여부 등 몇 가지 간단한 요소들을 수정하고 이를 분석에 반영 가능
- 분석결과를 보고서 형태의 문서 자료로 자동 생성



<그림 8> k.Modeler 화면 구성

#### ○ 자연자본계산(NCA: Natural Capital Accounting)

- 자연자본계산(NCA)이란, 주어진 생태계나 지역에서 천연 자원과 서비스의 총량과 그 흐름을 계산하는 과정임.
- 현재 국가별로 제각각인 표준 및 방법론이 존재함.
- ARIES는 NCA 중 생태계서비스 관련 계산을 지원함.
  - 원격탐사 자료(remote sensing data)를 통한 생태계서비스 상태 파악
  - 생태계서비스 모델을 통한 수용력 및 물리적 수요·공급량 파악
  - 모델링 결과로 탄소 및 생물 다양성 파악
  - 가치평가 자료를 결합한 화폐 단위 계산

#### ○ ES Global Models Session

##### - 야외 활동 모델(Outdoor Recreation Model)

- 생태계서비스 산정에 필요한 세부 변수와 요소들의 선정, 변수와 요소들을 정량적으로 산정하는 방법론의 개발 과정에 대해 자세히 다룸.
- 여기서 다루는 recreation은 인공적으로 조성된 환경에서 하는 것이 아닌, 자연에서 행해지는 것에 한정
- 사실 이러한 모델은 여러 가정들에 바탕을 두고 있기 때문에 통제할 수 없는 불확실성이 많음 → 방법론적 측면에서 주의 필요
- 이러한 이유로, 모의 결과의 신뢰성에 대해 보수적으로 접근 필요

#### - 탄소 보존 모델(Carbon Storage Model)

- 현재의 모형은 Vegetation carbon storage만 산정 가능
- Soil carbon은 산정 불가능하기 때문에 ISRIC SoilGrids 250m global dataset을 분석 과정에 반영
- k.LAB의 semantic algorithm은 R과 유사한 형태로 구성

#### - 홍수 조절 모델(Flood Regulation Model)

- 비교적 낮은 해상도의 자료로 수행 가능하다는 장점이 있지만, 그만큼 결과의 불확실성이 커진다는 단점도 있음.
- 지형습윤지수(TWI; Topographic Wetness Index), 평균 연간 강수량 등을 고려하여 유출량(runoff)을 추정
- 토지피복유형(Land Cover), 토양 특성, 경사도 등의 함수로 만곡 수(CN; Curve Number)가 결정됨 → 식생에 의한 유출량 감소 계산
- 계산된 변수들을 토대로 분석 범위 지역의 홍수 조절 추정 값을 확인 가능

#### - 퇴적물 조절 모델(Sediment Regulation Model)

- 기존에 범용적으로 활용되어오던 RUSLE 모형의 한계점을 제시 → 구곡침식(Gully erosion), 하안침식(Stream Bank erosion), 중력침식(Mass erosion) 등은 배제하고 세류침식(Rill erosion)만 고려
- $A = R \times K \times LS \times C \times P$ 
  - A - 토양 유실(soil loss) (T/ha)
  - R - 강우 유출량 침식도(rainfall runoff erosivity)
  - K - 토양 침식도(soil erodibility)
  - LS - 경사도 및 길이(slope steepness and length)
  - C - 초목 정도(cover management)
  - P - 작물 재배 가능 정도(support practice)
- C와 P 변수에 대해서는 InVEST의 parameter DB를 참고함

#### ○ 시맨틱과 통합 모델링(Semantics and Integrated Modelling in a nutshell)

- k.Explorer에서 연산식을 작성하여 k.Modeler에 명령을 내리는 과정에 대해 시맨틱 관점에서 소개

- 코드의 문법과 구조 등이 중요한 게 아니라, 분석(구현)하고자 하는 현상에 관련된 다양한 요소들의 관계에 대한 이해가 중요

- 가상의 세계 속 사람-사람 혹은 사람-기계의 관계에서 특정 현상을 재현하기 위해 필요한 요소들(가장 기초적인 단계의 요소들을 말함)에 대한 정확한 합의가 중요

- 모형의 복잡한 정도나 변수의 종류, 자료의 정확도 등 모형의 정확도에 영향을 미칠 수 있는 것들은 다양하게 존재함. 이 때문에 모형의 정확도를 정량적으로 평가하는 것은 중요하긴 하지만, 이와 관련한 논쟁을 통해 큰 시사점을 얻는 경우는 제한적

- 중요한 점은 모의 결과가 이성적으로 “그렇듯하냐”는 것 → 이는 모형 구성의 합리성을 판단하는 것으로, 근본적인 차원에서의 정확성과 연관됨.

#### ○ 광범위한 데이터 및 모형의 상호운용을 위한 시맨틱(Semantics for interoperability of distributed data & models)

- 현재 시맨틱은 긴밀하게 연결된 작은 집단 내에서는 원활하게 기능하지만 여전히 학제간(interdisciplinary)의 범위에서 통합되기에는 다양한 장애물들이 존재함.
- FAIR 데이터 관리 원칙(FAIR data stewardship principles)에서 다루는 요소들은 사람의 관점이 아니라 기계의 관점

- “Findable”이란, 사람이 아닌 기계가 찾을 수 있도록 각각의 정보에 주석을 다는(annotating) 것

- 기계가 이해할 수 있도록 데이터를 처리하는 과정에서, 과학적 관찰의 가능 여부(scientific observable)와 실제 관찰 행위(observation of it)에 대해 어떻게 정의할 수 있는가?

- 관찰(observation)이란 무엇이고, 어떻게 수행되며, 언제, 어디에서 이행될 수 있는지에 대해 기계에게 알려줘야 함 → 시맨틱 웹(semantic web)과 시맨틱 모델링(semantic modelling)의 출발

- ARIES는 시맨틱 모델링의 시스템을 기반으로 구축되었기 때문에, 이 시스템 자체에 대한 이해가 선행되어야 이용·개발에 활용 가능

(물론 ARIES를 기존의 보편적인 모델링 시스템을 통해서도 만들 수 있을 것. 하지만, 교육 과정에서 ARIES의 ‘Artificial Intelligence’ 측면을 강조하기 때문에, 그 방향성을 유지하기 위해 시맨틱 웹·모델링에 대해 지속적으로 강조하고 참가자들 또한 배경지식을 쌓도록 하

고 있는 것.)

- 시멘틱 관점에서 관찰은 대상(subject)을 찾고, 대상의 수준(quality)를 파악하고, 현상을 분석(process)하고, 현상(event)을 파악하는 것  
예) 산(mountain)을 찾고, 높이(elevation)를 파악하고, 침식량(erosion)을 분석하며, 적설량(snowfall)을 파악

#### ○ 다중척도분석(MCA; Multi Criteria Analysis)

- 방법 1: 각각의 기준에 대해 대상이 지니는 속성을 점수화한 뒤, 모든 기준의 점수들을 합하여 최종 값을 구하는 방법 (가중치 부여 가능)
  - 특정 대상이 몇몇 기준들에 부적합할 때에도 사용할 수 있다는 장점이 있지만, 점수화할 때 얼마나 고려되는지 등 세부적 측면에서 한계가 있음
- 방법 2: 기준에 대한 적합 여부만을 판단하는 방법
- ARIES는 부적합한 속성들을 배제하는 방법(Concordance 알고리즘)을 탑재
  - 기준값의 변경은 interactive mode로 가능
  - 가중치 또한 변경 가능



<그림 9> ARIES 교육 및 토의 사진

#### ○ 시사점 및 기대효과

- 현재 시점에서 ARIES는 전 세계를 아우르는 분석 범위와 다양한 환경 특성에 해당하는 자료들이 구축되어 있음. 그러나 특정지역의 세부적인 현상을 파악하기에는 자료의 종류와 공간해상도, 정확성 등 자료의 질적·양적 한계로 인해 정책적 의사결정에 있어서 활용가능성은 제한적임.
  - 자료의 부족은 기존의 공간 의사결정 지원 도구 개발 사례에서 지속적으로 지적된 문제임. 이 때문에 “생태계기반 해양공간분석 및 활용기술 개발” 연구사업은 자료의 확보와 구축을 중점과제로 수행중임.
  - 우리나라 전 해역을 0.5'단위(약 900m)로 구분하여 환경생태계의 구조와 기능, 생태계서비스 및 각 서비스의 가치, 사회경제 활동, 누적영향평가 결과 등의 상세 자료들을 통합·분석할 경우 공간 의사결정 지원 도구의 활용가능성을 극대화할 수 있을 것으로 판단됨.
- 사용자가 확인하고자 하는 시·공간적 범위에서 시나리오별 생태계서비스 분석 결과를 지도화한다는 점에서 해양공간계획을 비롯한 생태계서비스 기반 공간 의사

결정 지원 분야에서 활용가능성이 높을 것으로 평가

→ 추후 “생태계기반 해양공간분석 및 활용기술 개발”사업의 WebGIS 기반 의사결정지원시스템 기술개발 과정에서 참고할 사항들 다수 존재함.

- 현재 ARIES가 Machine Learning(기계 학습)과 Artificial Intelligence(AI; 인공지능) 응용의 기본 단계임을 고려했을 때, 장래 해당 기술 적용 시점에서 주요 참고 사례로 활용 필요

→ 사용자의 편의성, 분석의 신속성, 결과의 활용성 등 세 가지 측면에서 의사결정지원시스템의 현재 개발상황에 대한 비판적 검토와 향후 개발 방향 설정 시 실제적 판단 기준으로 활용 가능함.

→ 의사결정지원시스템 기술개발 목표 달성 및 성과 개선을 위해 ARIES 개발 관계자 집단과 공동연구 수행 등 지속적으로 긴밀한 협력관계 구축 방안을 고려할 수 있음.

## ○ 교육수료증

