

FGIS application for adaptation strategy to climate and environmental change

- 기후 및 환경변화적응을 위한 FGIS활용 -

고려대학교

곽두안, 이우균

tulip96@korea.ac.kr, leewk@korea.ac.kr



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

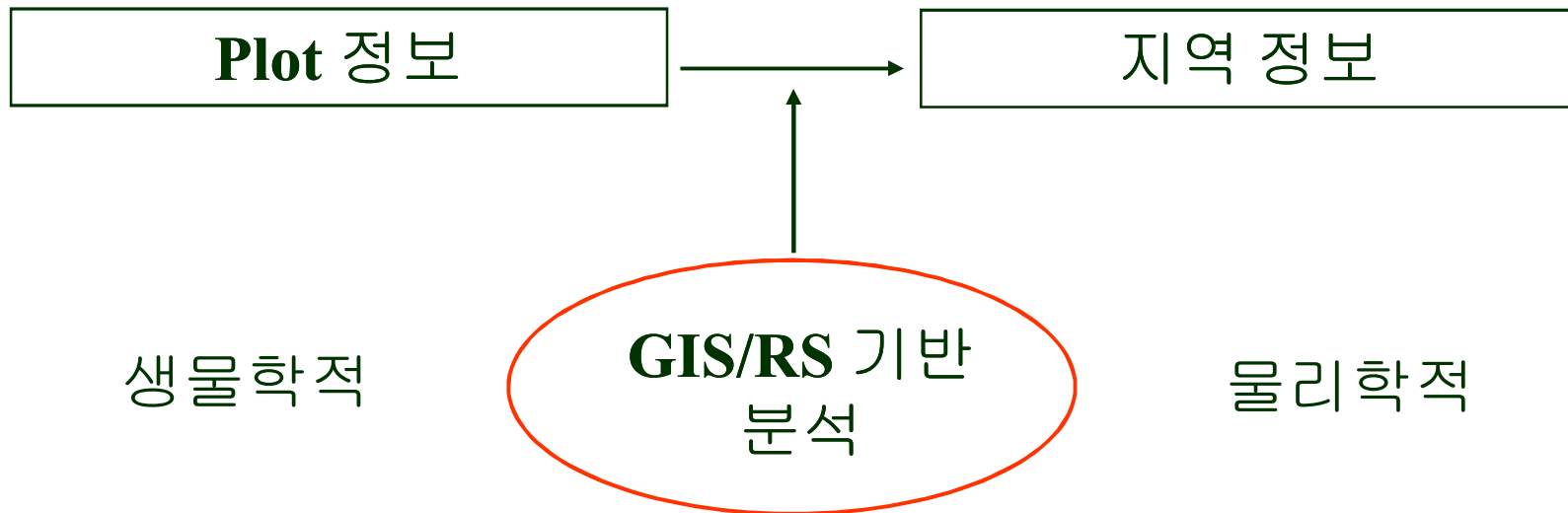
탄소저장량 추정



KOREA UNIVERSITY

Division of Environmental Science and Ecological Engineering

Plot단위의 탄소정보를 지역단위의 탄소정보로 Up-scaling



정보의 종류

◆ Plot 수준

- 개체목 단위
 - 생장(측정)인자 : 수종, 수령, 임목크기(DBH, 수고), 재적(V), biomass(W), 밀도, LAI 등.
 - 생장인자간의 관계
 - 수고 = f (DBH)
 - V = f (DBH, 수고)
 - W = f (V) = f (DBH, 수고)
 - VCS = f (W) = f (V) = f (DBH, 수고)
- *Vegetation Carbon Storage

◆ 유역 또는 **Region** 또는 **Landscape** 수준

- 임분 수준 (spatial cluster)
- 공간 정보: 피복, 임상, 지형인자, 기후인자
- 공간분포 또는 공간특성 인자
 - 피복분포
 - 임상분포
 - 임상분포와 지형 또는 기후분포 사이의 관계

탄소저장량 추정

◆ $FSC = VSC + SVC$

- FSC: 산림탄소저장량
- VCS: 식생탄소저장량
- SCS: 토양탄소저장량

$$\begin{aligned} \text{◆ VCS} &= f(\text{임목크기}), \\ \text{SCS} &= f(\text{임목크기}, \text{수령}, \text{밀도}) \end{aligned}$$

임목크기 ?

중량, 부피, **DBH**, 수고, 수관

CASE I

유역수준의 소나무 지상 탄소저장량



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

연구대상지 및 현황



KOREA UNIVERSITY

Division of Environmental Science and Ecological Engineering

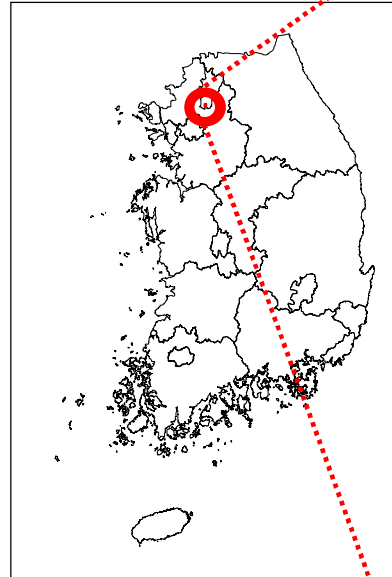
◆ *P. densiflora*

분포특성

- 밀도차이
- 공간적 무작위성

-> 유역수준에서

***P. densiflora*의
VCS**



◆ 위치

경기도 포천군 광릉시험림

◆ $VCS = W * 0.5$

0.5 = IPCC의 탄소변환계수

◆ $\log(W) = 2.523 + 1.99 * \log(DBH)$

W = 임목 biomass (gC/본)

Pinus densiflora 임분을 대상으로 개발된 회귀식
(박인협, 김준선, 1989, 박인협, 이석면, 1990)

임목크기 = **DBH** , 단위 = 개체목

- ◆ 개체목의 **DBH**는 지상조사로 측정 가능
- ◆ 원격탐사로는 측정 어려움

원격탐사와 **GIS**를 이용해 유역수준에서

1) 개체목의 2) DBH 측정 필요



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

접근방법



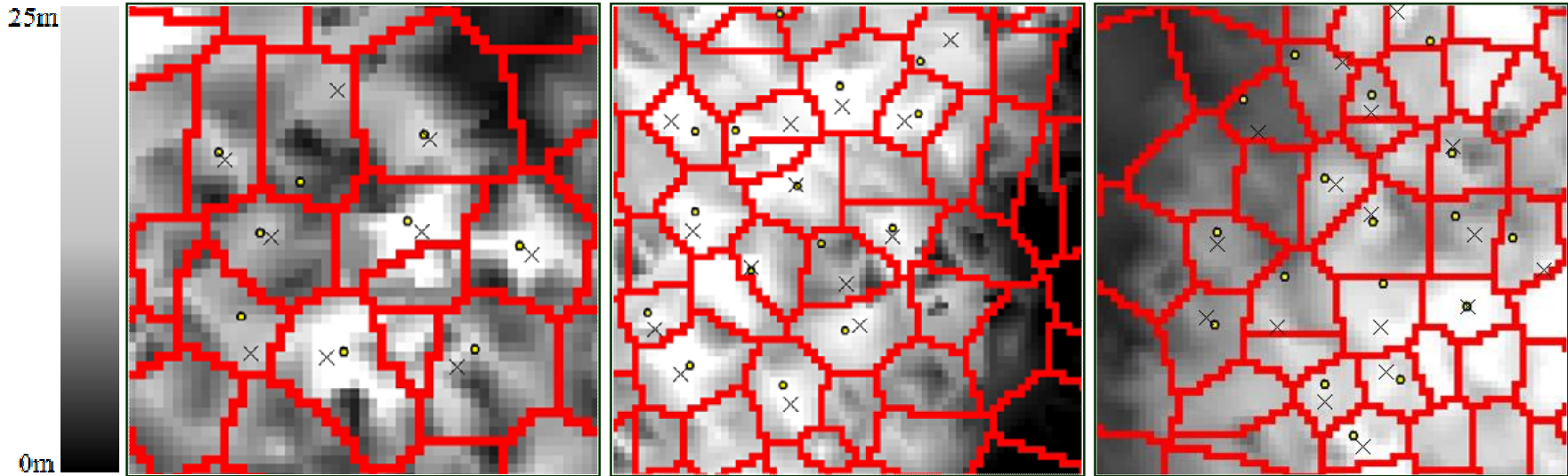
KOREA UNIVERSITY

Division of Environmental Science and Ecological Engineering

탐사를 이용한 DBH 측정

- ◆ 원격탐사는 “상층부에서 지면조사”
 - > 고해상도자료에서 수관 관계정보 획득 가능
- ◆ **DBH = f (수관정보)**
 - plot조사에서 도출

◆ 개체목 분할 결과



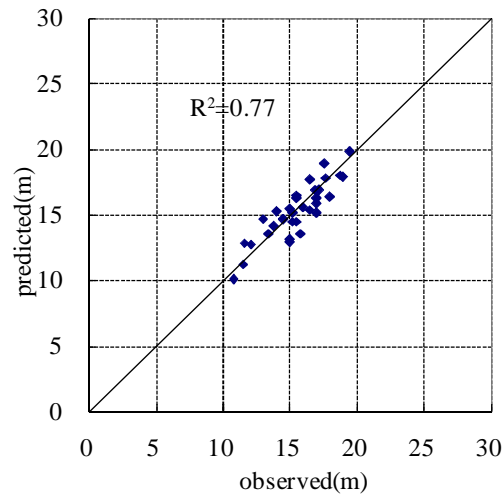
(a) *Pinus koraiensis* ($h=1.8$)

(b) *Larix leptolepis* ($h=1.2$)

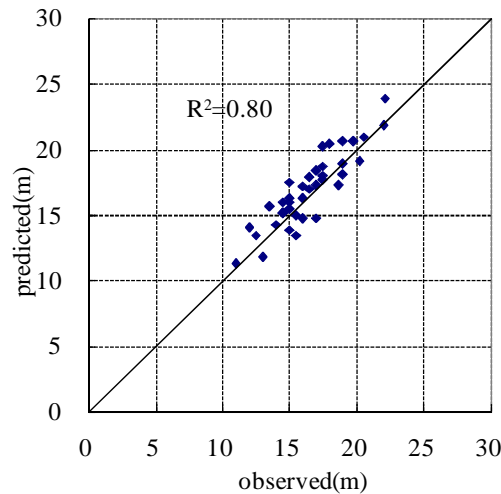
(c) *Quercus* spp. ($h=0.2$)

- '원'은 현장조사로 취득한 개체목의 위치
- "x" 는 extended maxima transformation with LiDAR data로 찾은 tree tops

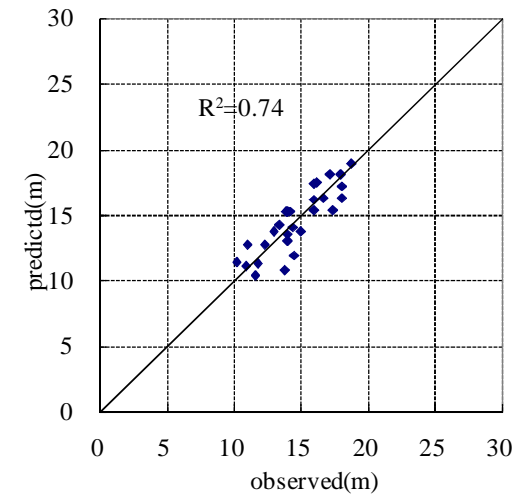
◆ 개체목 수고의 정확도



(a) *Pinus koraiensis* ($h=1.8$)



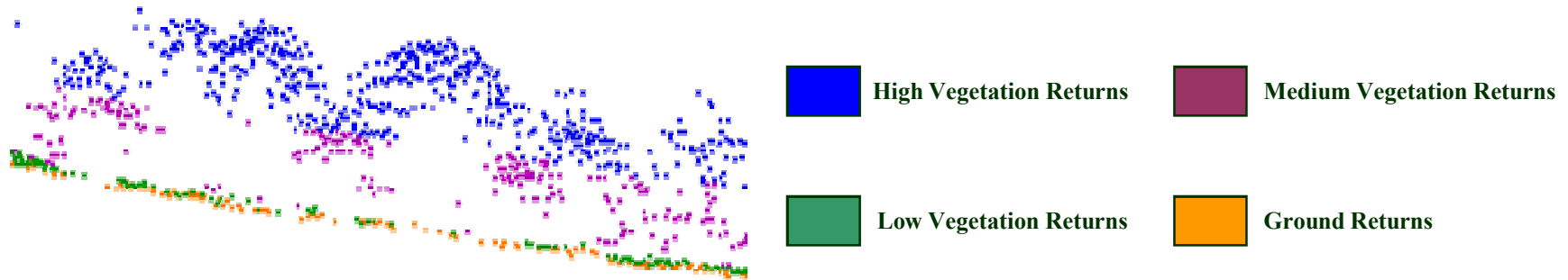
(b) *Larix leptolepis* ($h=1.2$)



(c) *Quercus* spp. ($h=0.2$)

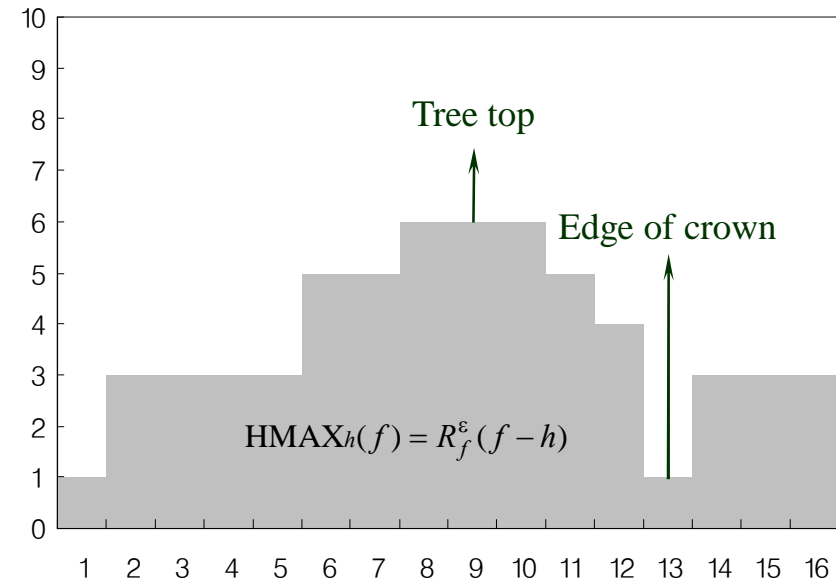
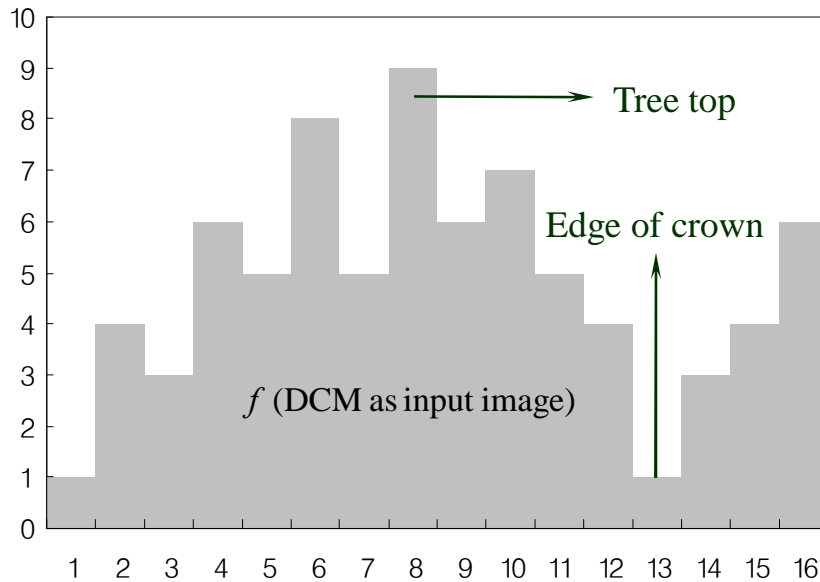
- *Pinus koraiensis*와 *Larix leptolepis*, *Quercus* spp.의 수고의 결정계수는 0.77, 0.80, 0.74
- 평균제곱근오차(RMSE)는 1.13, 1.35, 1.32m

◆ LiDAR의 분류



- Optech's REALM Software를 이용해 LiDAR point를 4class로 분류
 - Ground Last and First Returns
 - Vegetation Last and First Returns.
- TerraSolid™의 TerraScan Software로 재분류
 - Ground, Low Vegetation, Medium Vegetation and High Vegetation Returns
- DSM와 DTM도출을 위한 High Vegetation Return과 Ground Return

◆ H-Maxima Transformation



- In this study, f is the DCM and \hat{f} is defined as the geodesic dilation of f with respect to δ , and iterated until stability is reached.

Watershed level

Satellite Imagery

Pixel Based Classification

Analysis of Topography

Extracting Pixels of P.densiflora

Delineation of Watershed

Reclassify Pixels by Watershed

On screen Visual Estimation

Mean Crown width in Segments

DBH = f (Crown width)

Mean DBH in Segments

No. of trees in Segments
 $N = P.densiflora \text{ area} / \text{Mean Crown Area}$

VCS = f (DBH)

VCS in Segments
 $VCS = f (DBH, N)$

지역에서의 개체목 수 (Nw) 측정

- ◆ 원격탐사는 “상층부에서 지면조사”
 - > 고해상도자료에서 수관 관계정보 획득 가능
- ◆ ***Pinus densiflora*(P.d)의 Nw =**
***P.d* 면적 / 평균 수관 면적**
 - *P.d* 면적 = *P.d*로 분류된 pixel 수 x Pixel 크기
 - 평균 수관폭 = On screen measurement

VCS 추정

◆ 수관폭과 **DBH**의 관계식

$$\text{DBH} = 6.7231 + 2.5707 * \text{수관폭}$$



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

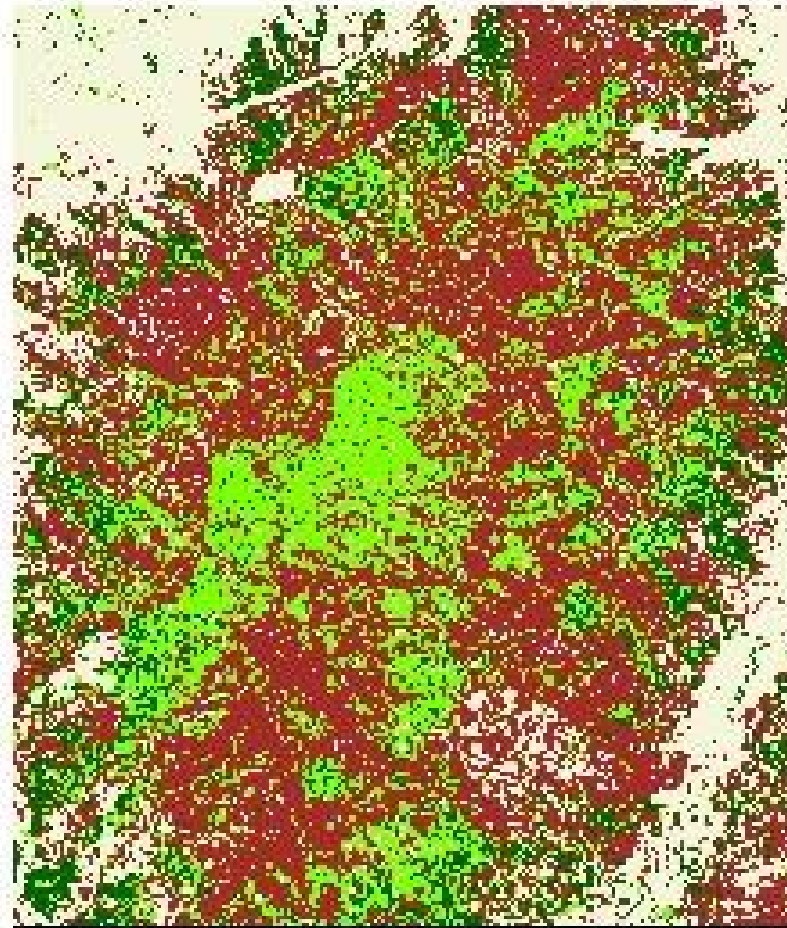
결과



KOREA UNIVERSITY

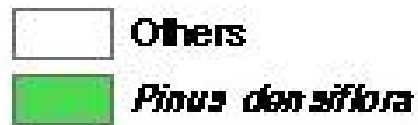
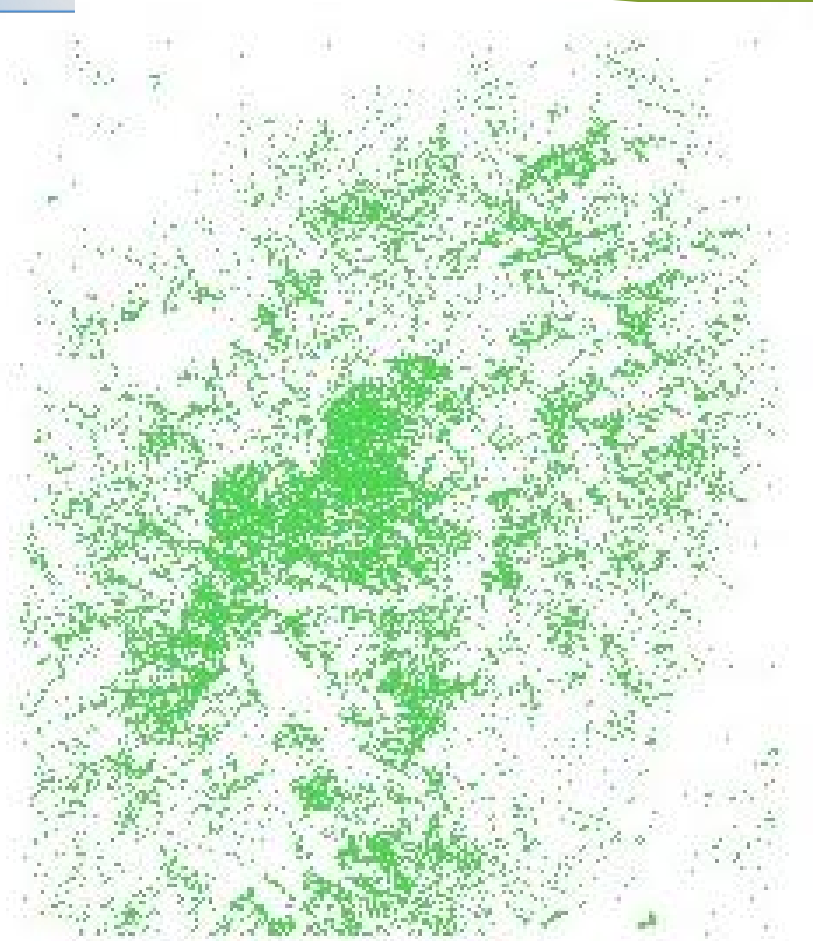
Division of Environmental Science and Ecological Engineering

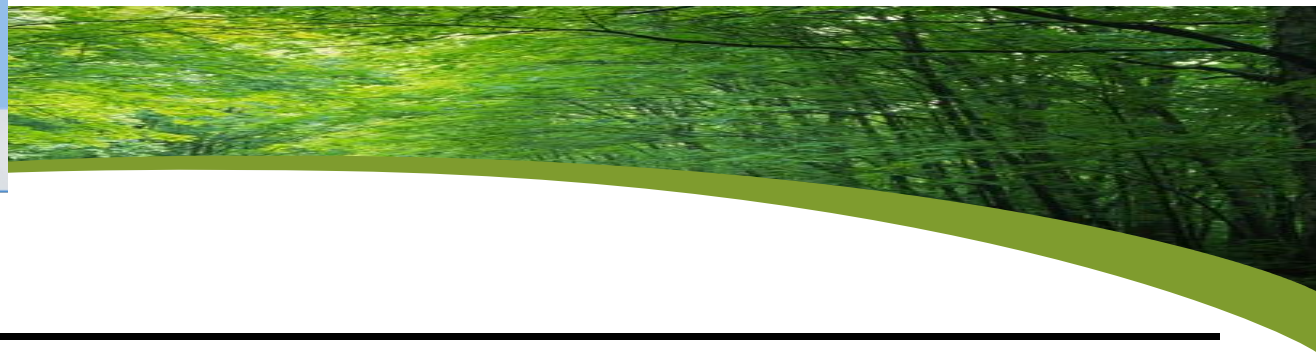
4 임상의 공간분포



-  Other Coniferous
-  Others
-  Hardwood
-  *Pinus densiflora*

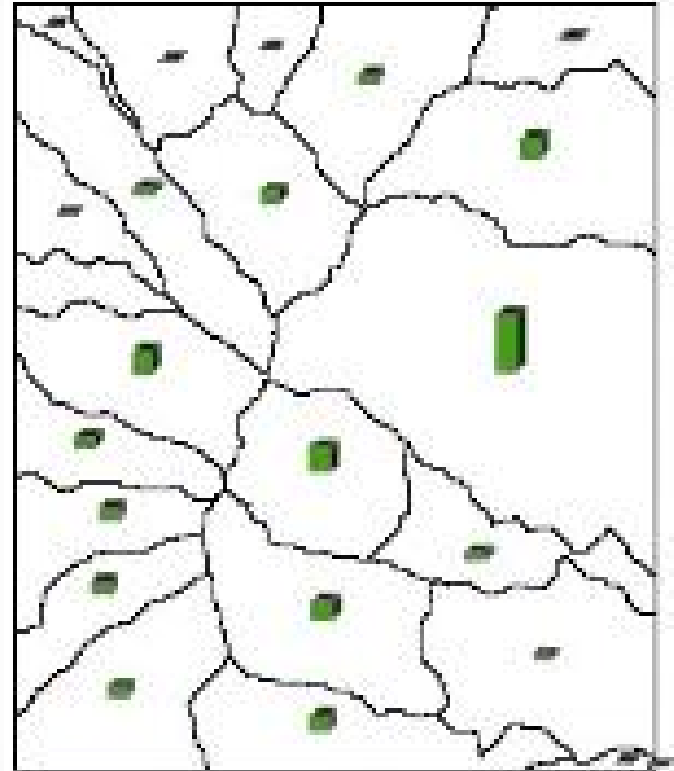
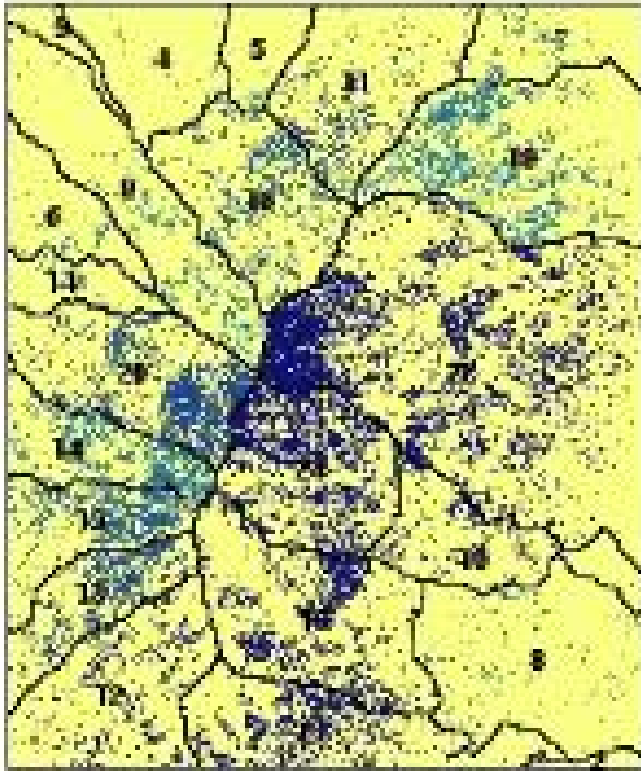
densiflora 공간분포





Watershed	Area (m ²)	Area of <i>P.densiflora</i> (m ²)	Mean Crown Diameter (m)	MeanCrown Area (m ²)	Number of <i>Pinus densiflora</i>	Mean DBH (cm)
1	978	0	0	0	0	0
2	58,646	587	6	32	18	25
3	115,448	2,309	6	30	76	24
4	599,498	5,995	6	28	212	23
5	258,966	10,359	6	24	436	22
6	417,658	20,883	6	27	764	23
7	483,602	29,016	6	29	993	24
8	1,300,000	52,000	6	30	1,722	24
9	1,000,000	90,000	6	28	3,183	23
10	653,554	91,498	7	40	2,311	27

VCS 공간분포



CASE II

경관수준에서 임상에 따른 CO₂ 흡수 지도



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

연구대상지 및 현황



KOREA UNIVERSITY

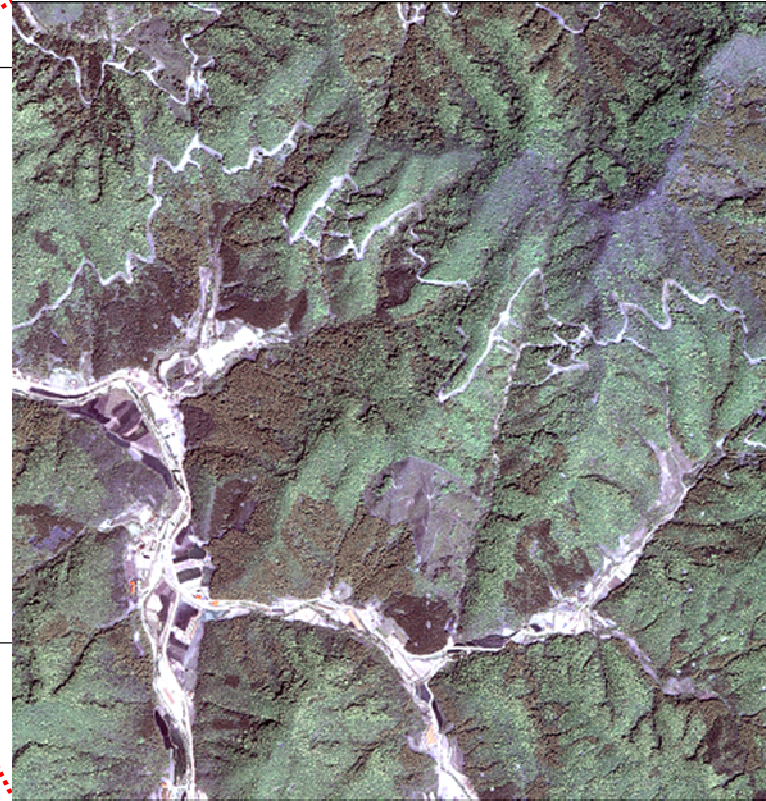
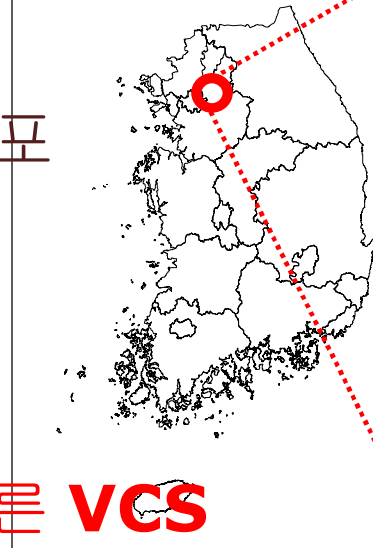
Division of Environmental Science and Ecological Engineering

◆ 한국의 전형적인 임상

◆ 많은 수종분포

- 높은 밀도

-> 임상에 따른 **VCS**



◆ 위치

경기도 양평군 **592ha**

◆ VCS에 의한 CO₂ 흡수(CDA)량 추정

$$CDA = VCS \times (44/12)$$

44/12 : 변환비율 (C량을 CO₂량으로 전환하기 위한 값)

$$◆ VCS = B \times 0.5$$

B: Biomass

0.5: IPCC 탄소변환계수

$$◆ B = W \times BEF$$

W: The dry stem weight with bark

BEF: Biomass 확장인자

◆ DBH에 의해 최종적으로 **W** 추정

$$W = a + bD + cD^2$$

W : The dry stem weight including the bark (kg)

D : DBH (cm)

a, b, c : 계수

Species	parameter			FI
	a	b	c	
<i>Pinus rigida</i>	12.1740	-3.2861	0.3635	0.869
<i>Pinus koraiensis</i>	30.1793	-5.8218	0.4319	0.894
<i>Larix leptolepis</i>	1.4253	-1.9804	0.4001	0.935
<i>Quercus acutissima</i>	-3.6617	-0.5153	0.3512	0.942

Korea Forest Research Institute

- ◆ 개체목의 **DBH**는 지상조사로 측정 가능
- ◆ 원격탐사로는 측정 어려움

원격탐사와 **GIS**를 이용해 각 임상별

1) 개체목의 2) DBH 측정 필요



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

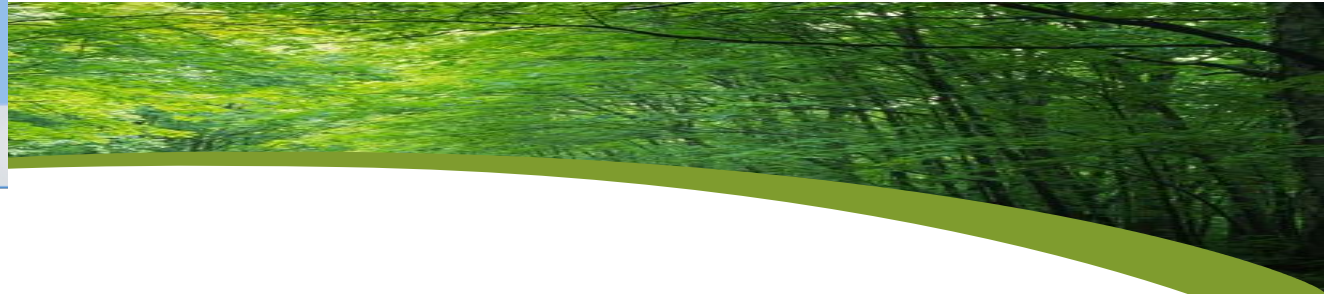
[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

접근방법












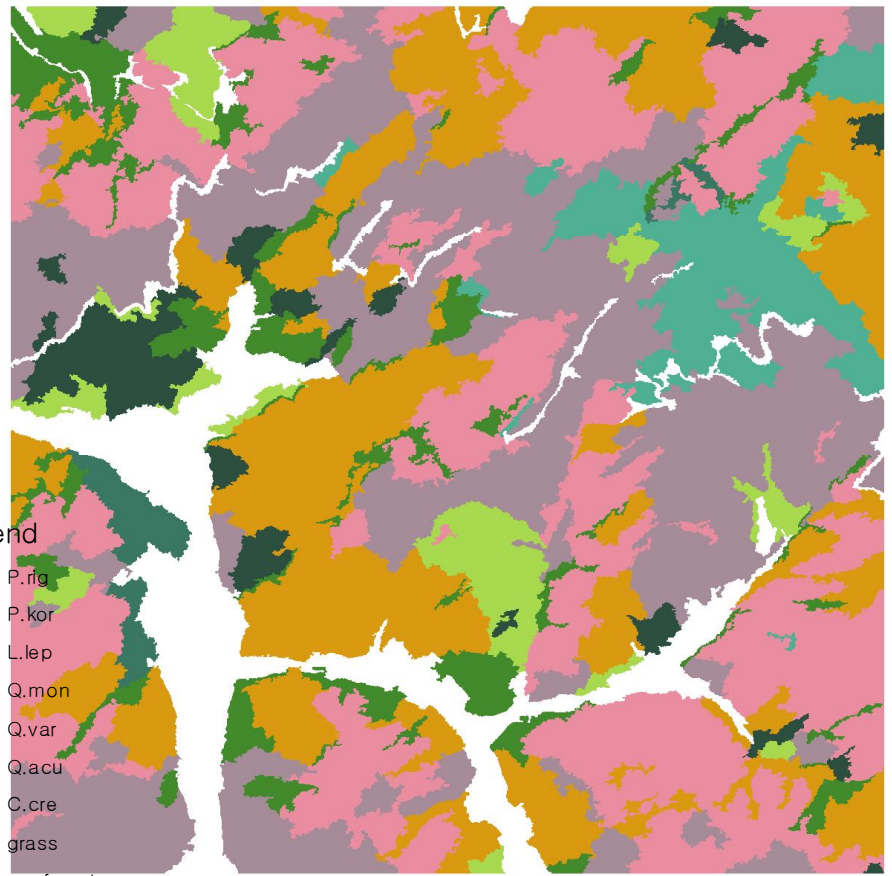
KOREA UNIVERSITY

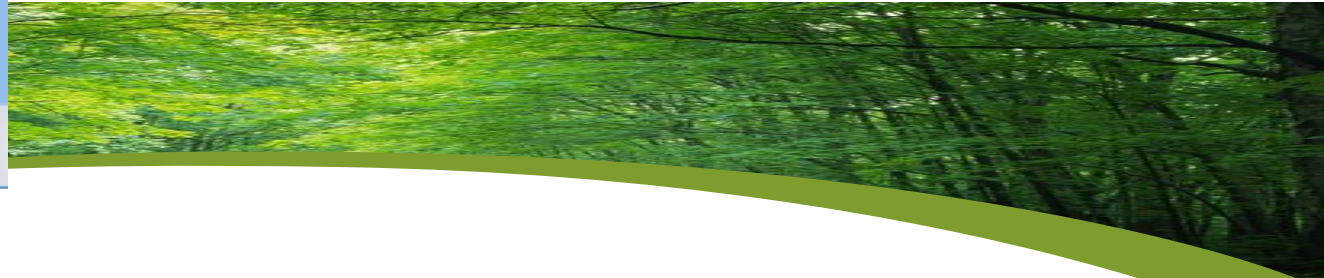
Division of Environmental Science and Ecological Engineering



Legend

-  P. rig
-  P. kor
-  L. lep
-  Q. mon
-  Q. var
-  Q. acu
-  C. cre
-  grass
-  non forest





(a) Level 1

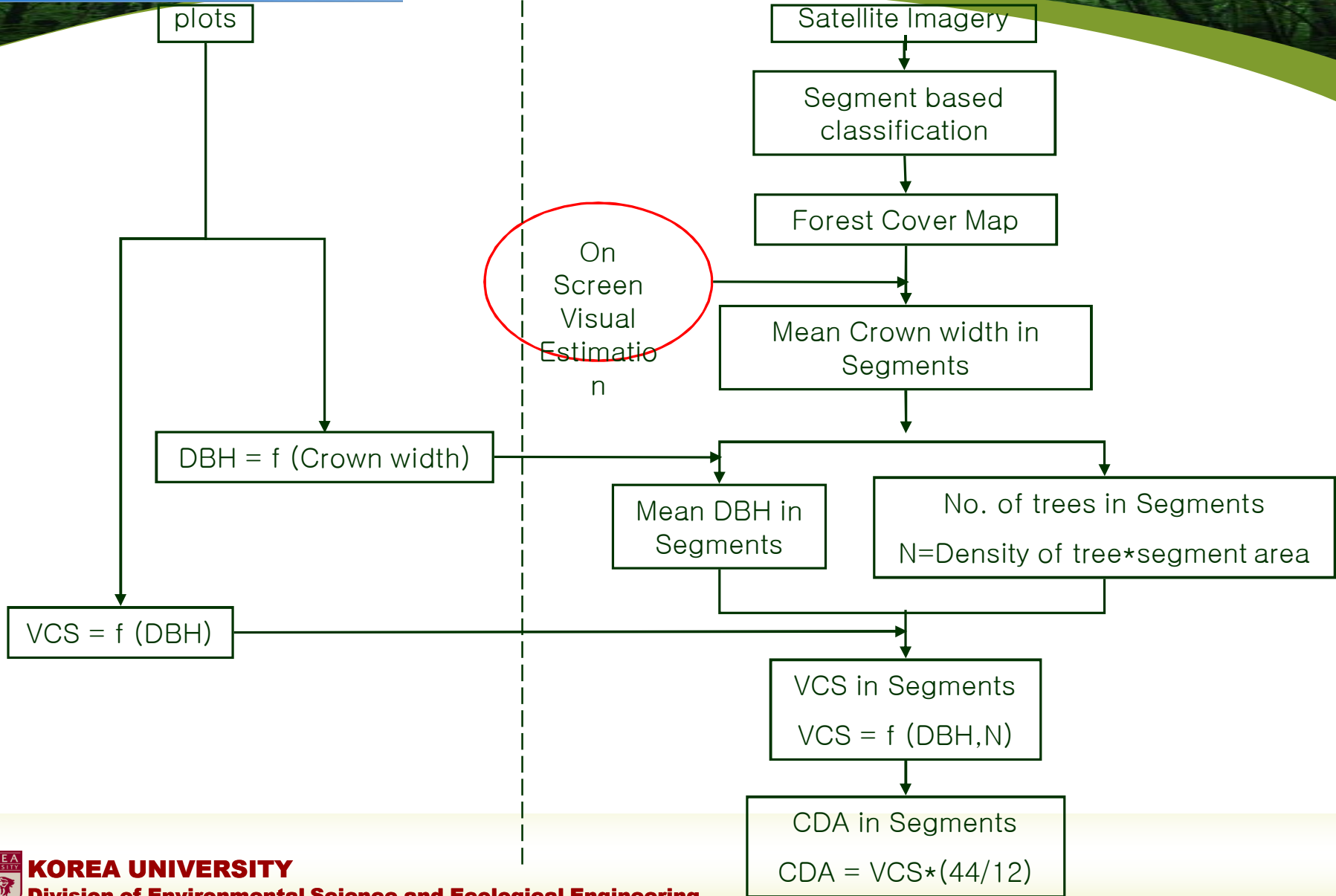


(b) Level 2



(c) Level 3

Watershed level



탐사를 이용한 DBH 측정

- ◆ 원격탐사는 “상층부에서 지면조사”
 - > 고해상도자료에서 수관 관계정보 획득 가능
- ◆ **DBH = f (수관정보)**
 - plot조사에서 도출

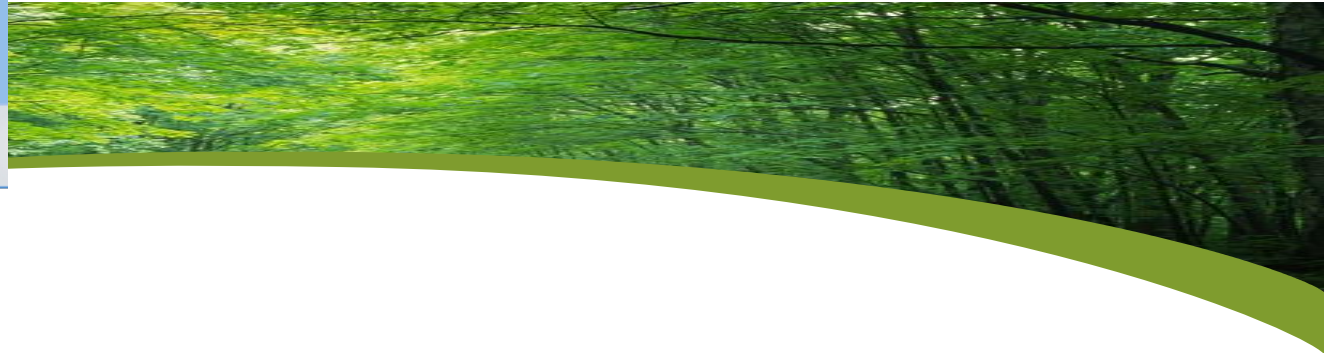
원격탐사 영상별 개체목 수 (Nf) 측정

- ◆ 원격탐사는 “상층부에서 지면조사”
 - > 고해상도자료에서 수관 관계정보 획득 가능
- ◆ 영상(FC)에서 각 수종(TS)의 $Nf =$
TS 면적 / 평균 수관 면적
 - $P.d$ 면적 = $P.d$ 로 분류된 pixel 수 x Pixel 크기
 - 평균 수관폭 = On screen measurement



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

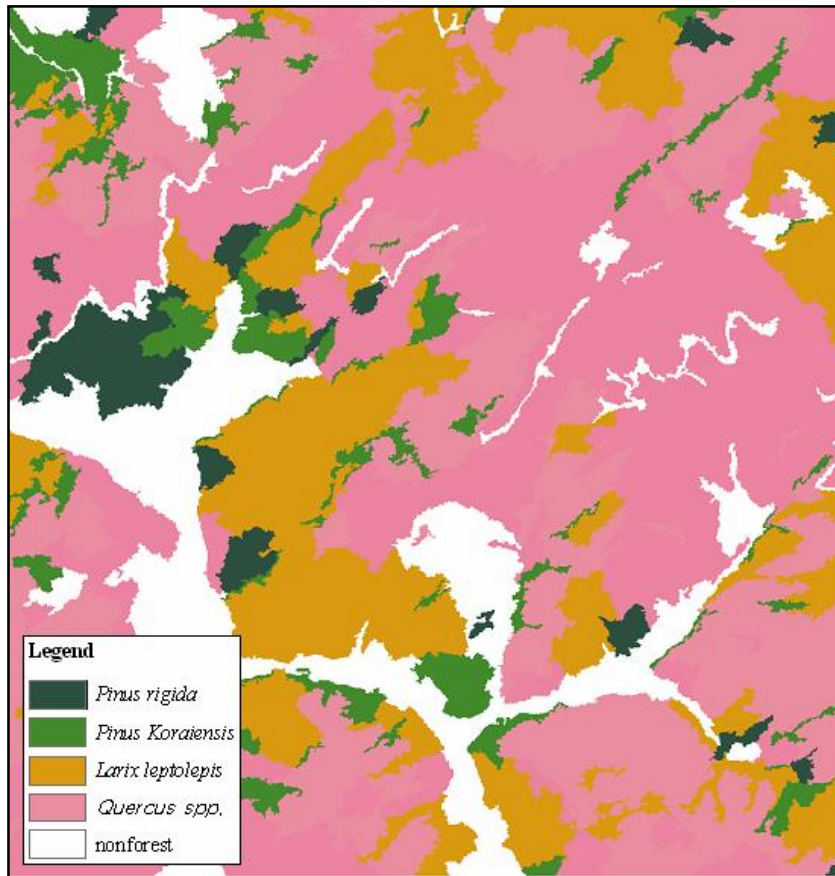


Result

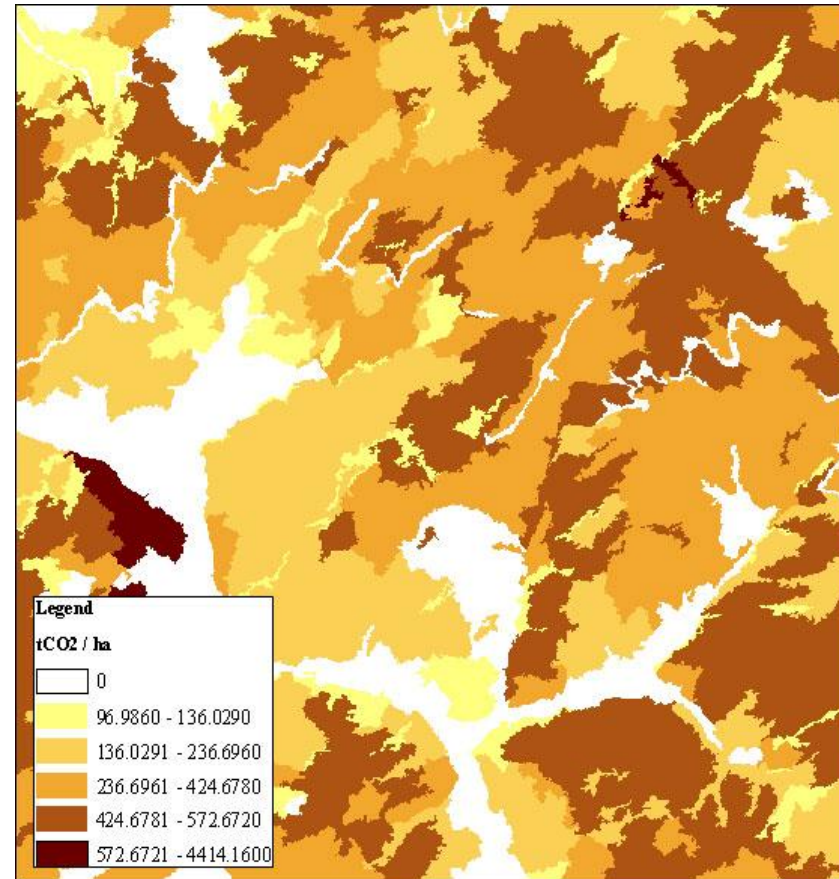


KOREA UNIVERSITY
Division of Environmental Science and Ecological Engineering

CO₂ 흡수 공간분포



Forest Cover Map



CDA Map



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

PLOT 관점에서의 고찰



KOREA UNIVERSITY

Division of Environmental Science and Ecological Engineering

저장량은 **DBH**의 함수?

- ◆ 탄소저장량은 **DBH**의 함수
- ◆ 지상조사로 개체목의 **DBH** 측정가능
- ◆ 개체목의 **DBH**는 원격탐사로 측정 어려움
◀- 원격탐사는 상층에서의 취득

저장량은 DBH의 함수?

- ◆ 원격탐사는 “상층부에서 지면조사”
-> 고해상도자료에서 수관 관계정보 획득 가능
- ◆ 수관이 탄소저장량을 구하기 위한 인자인가?
- ◆ 탄소저장량 = f (수관폭) ?

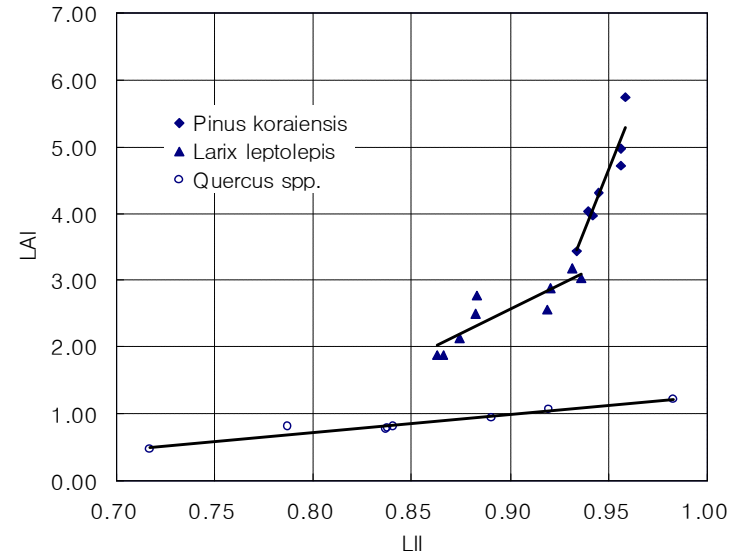
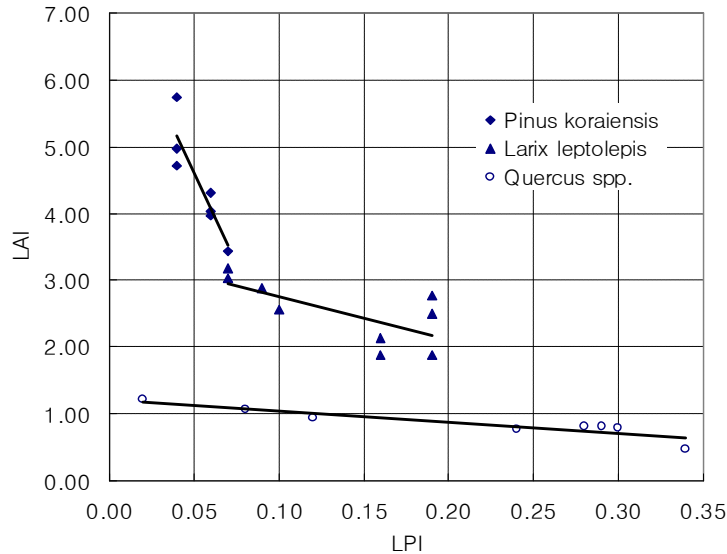
저장량은 개체목의 함수?

- ◆ 탄소저장량은 개체목의 함수
- ◆ 지상조사로 개체목 측정 가능
- ◆ 개체목의 위치나 수는 원격탐사로 측정 어려움

저장량은 개체목의 함수?

◆ **LiDAR**는 유역 또는 경관수준에서
수관 **Biomass(CB)**, **Leaf Area Index
(LAI)** 추정 가능

- **high pulse**와 **middle of low pulse**의
차이 이용



- 기울기 변화율은 intercepted sunlight 량의 비율과 함께 증가
- LAI는 τ 값에 의해서만 영향 받음
- 봄에 Quercus spp. 잎이 적어 PAR의 최소값과 최대값의 차이가 적기 때문에 τ 는 1에 가까움
- Pinus koraiensis와 Larix leptolepis는 PAR의 최소값과 최대값의 차이 매우 크기 때문에 τ 가 매우 작음(0에 가까움)

저장량은 개체목의 함수?

- ◆ 임상, 유역, 경관에 따른 탄소저장량을 **CB** 또는 **LAI**에서 직접 취득 ?
- ◆ **CS = f (CB) ?**
- ◆ **CS = f (LAI) ?**



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

원격탐사 관점에서의 고찰



KOREA UNIVERSITY

Division of Environmental Science and Ecological Engineering

DPT ?

- ◆ 수관 추출 : **Delineating**
- ◆ 개체목 확인 : **Positioning**
- ◆ 수고 추정 : **Top-finding**

using....

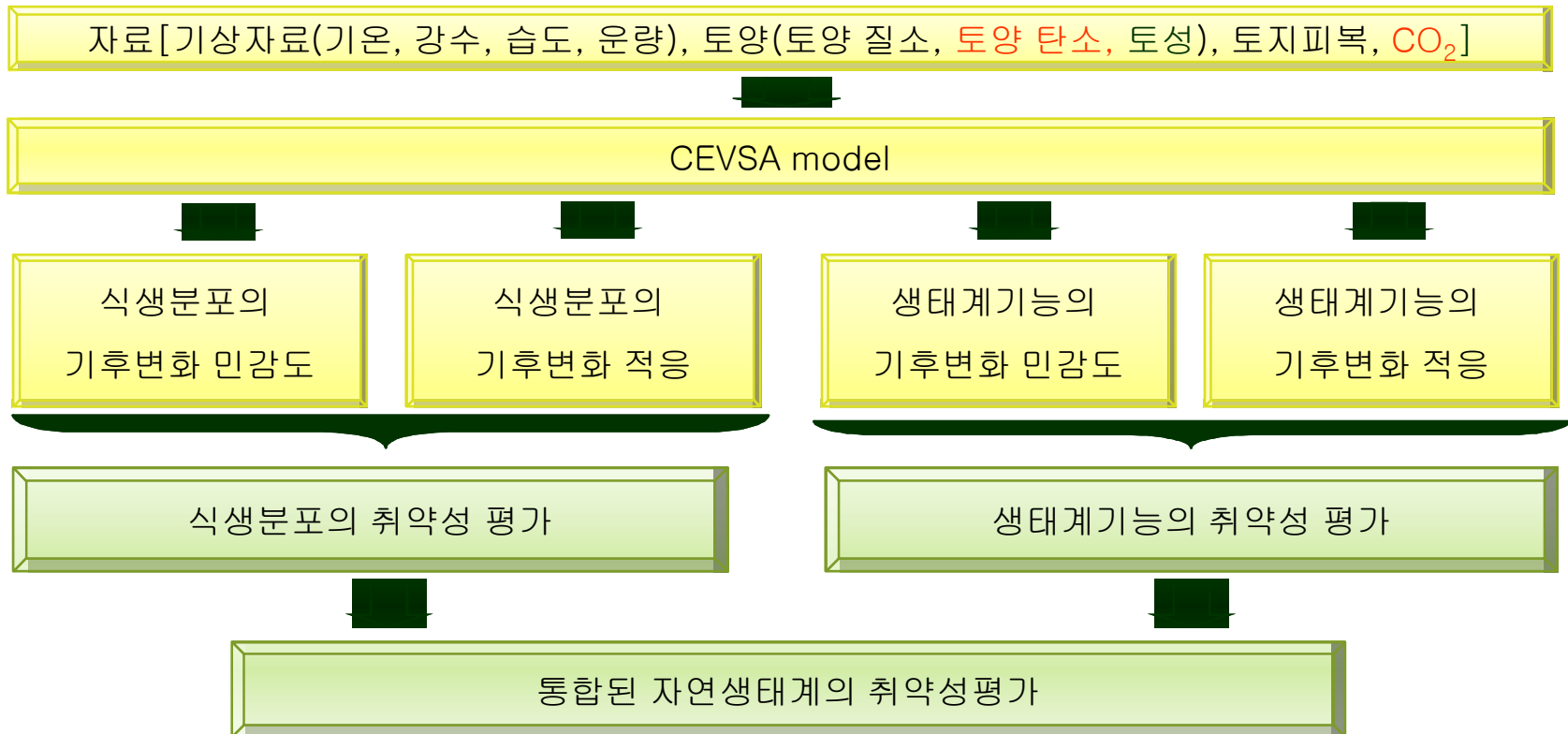
- ◆ 고해상도 원격탐사자료
- ◆ **LiDAR**
- ◆ 지상 **LiDAR (LASER)**

취약성 평가

$$V = S - A$$

취약성 평가

◆ 자연생태계의 취약성 평가구조

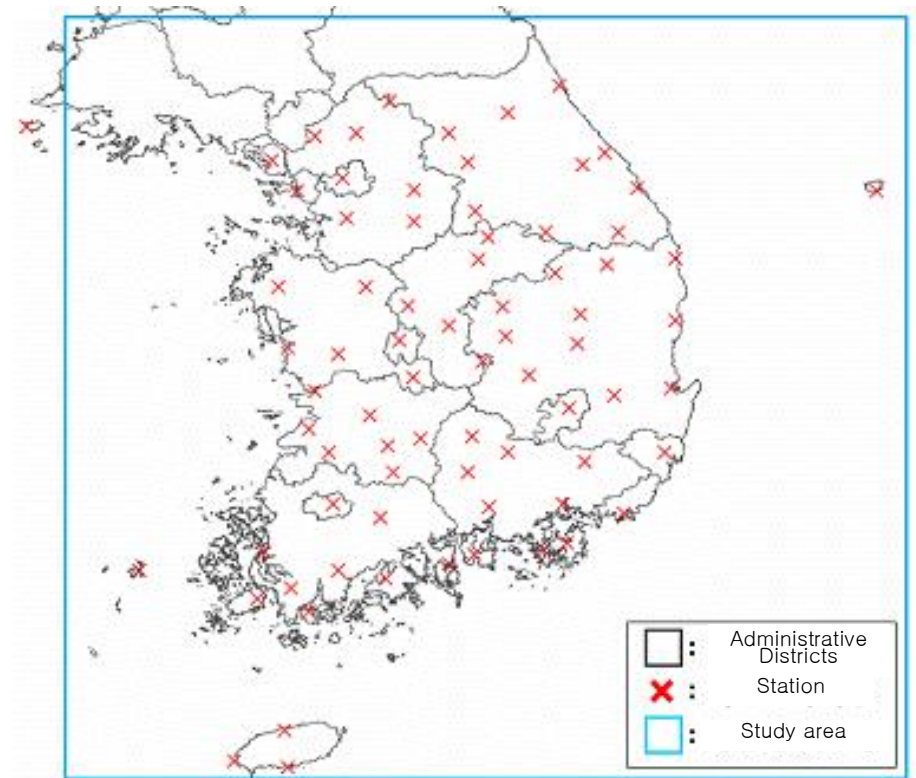


* CEVSA: Carbon Exchange between Vegetation, Soil and Atmosphere

자료 수집

◆ 기후 자료 (1977~2006)

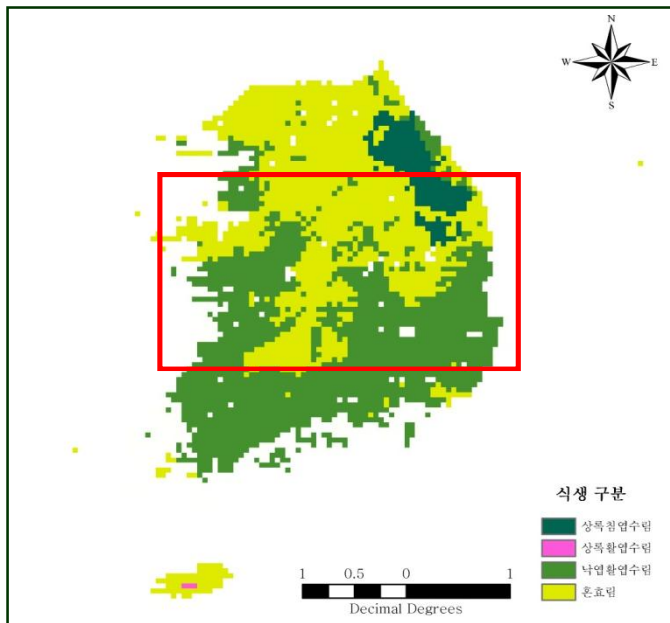
목록	내용
기후인자	4 인자 - 기온 (단위 : °C) - 강수 (단위 : mm) - 상대습도 (단위 : %) - 운량 (단위 : %)
기간	과거 30년 : 1977~2006
관측소 수	75 관측소 (성산, 고창 제외)
관측 주기	일별
출처	기상청 (http://www.kma.go.kr/)



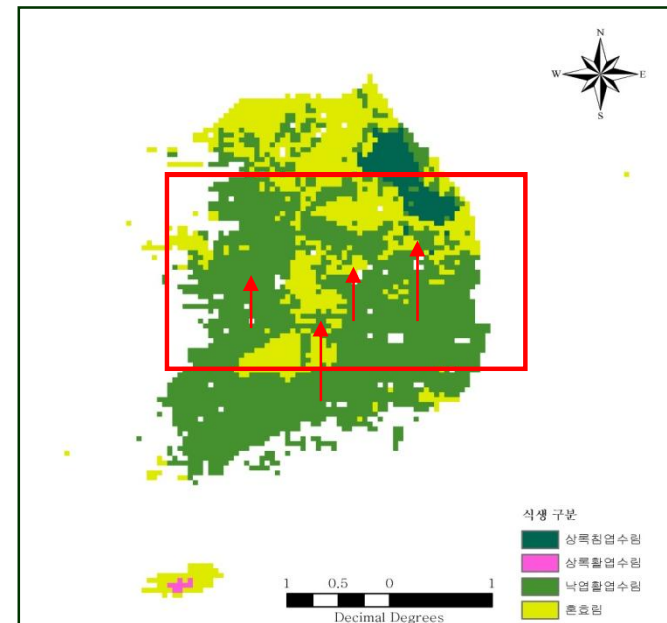
생태계의 취약성 변화

100년 후의 생태계 취약성은 거의 변화가 없음

수종의 변화만 발생하고, 생태계의 기능의 거의 변함이 없음



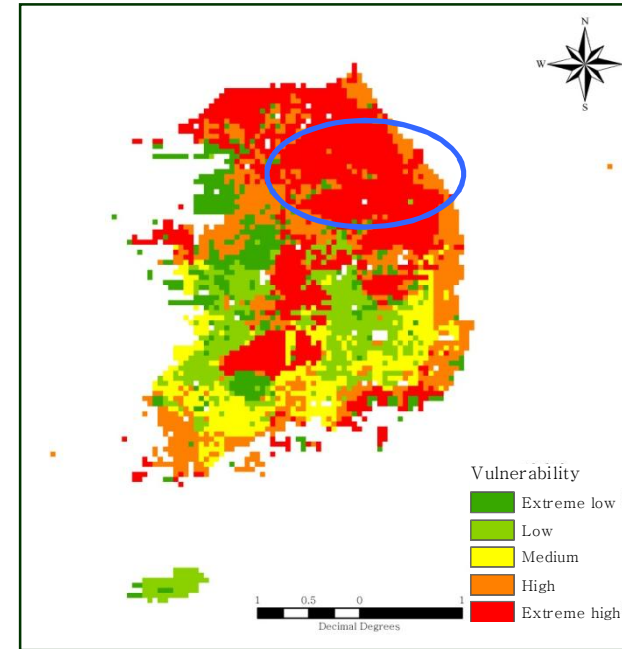
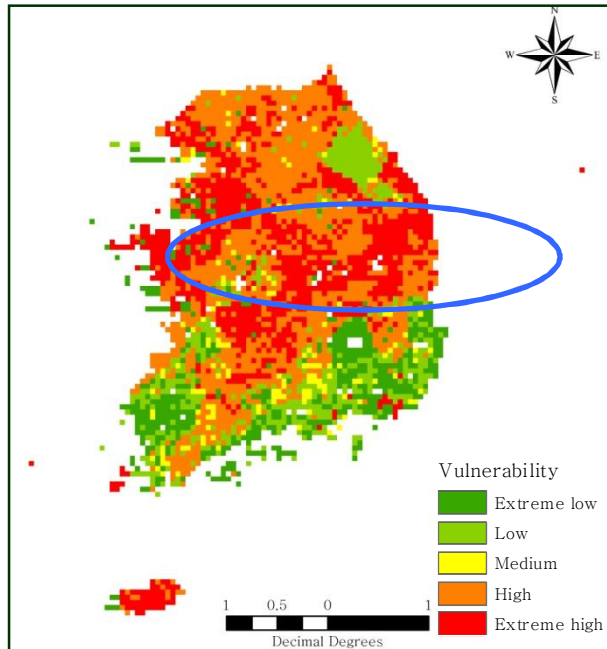
under current climate(1977~2006)



under future climate(2071~2100)

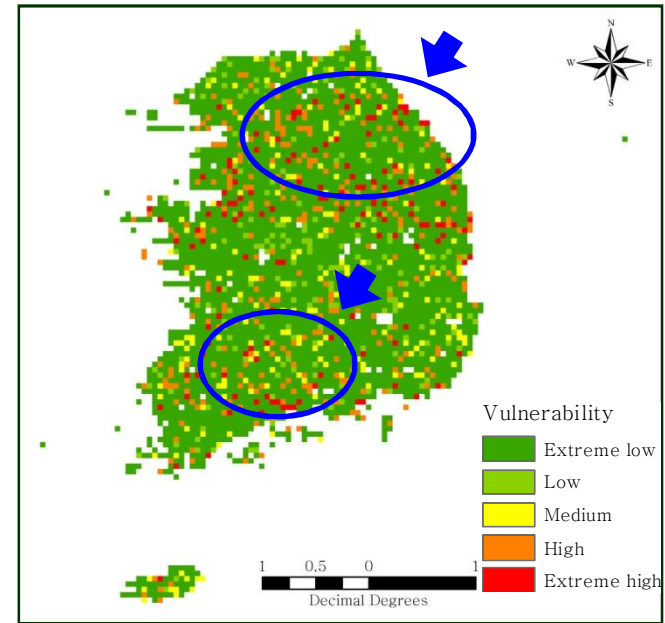
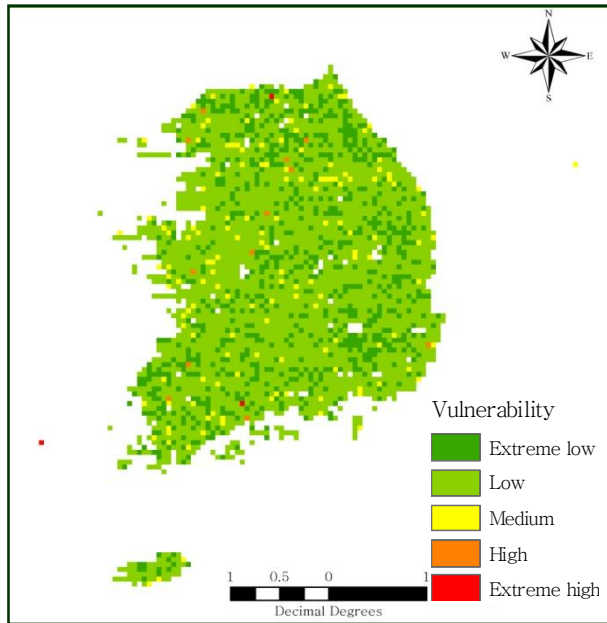
Change in potential vegetation distribution

생분포의 취약성 변화



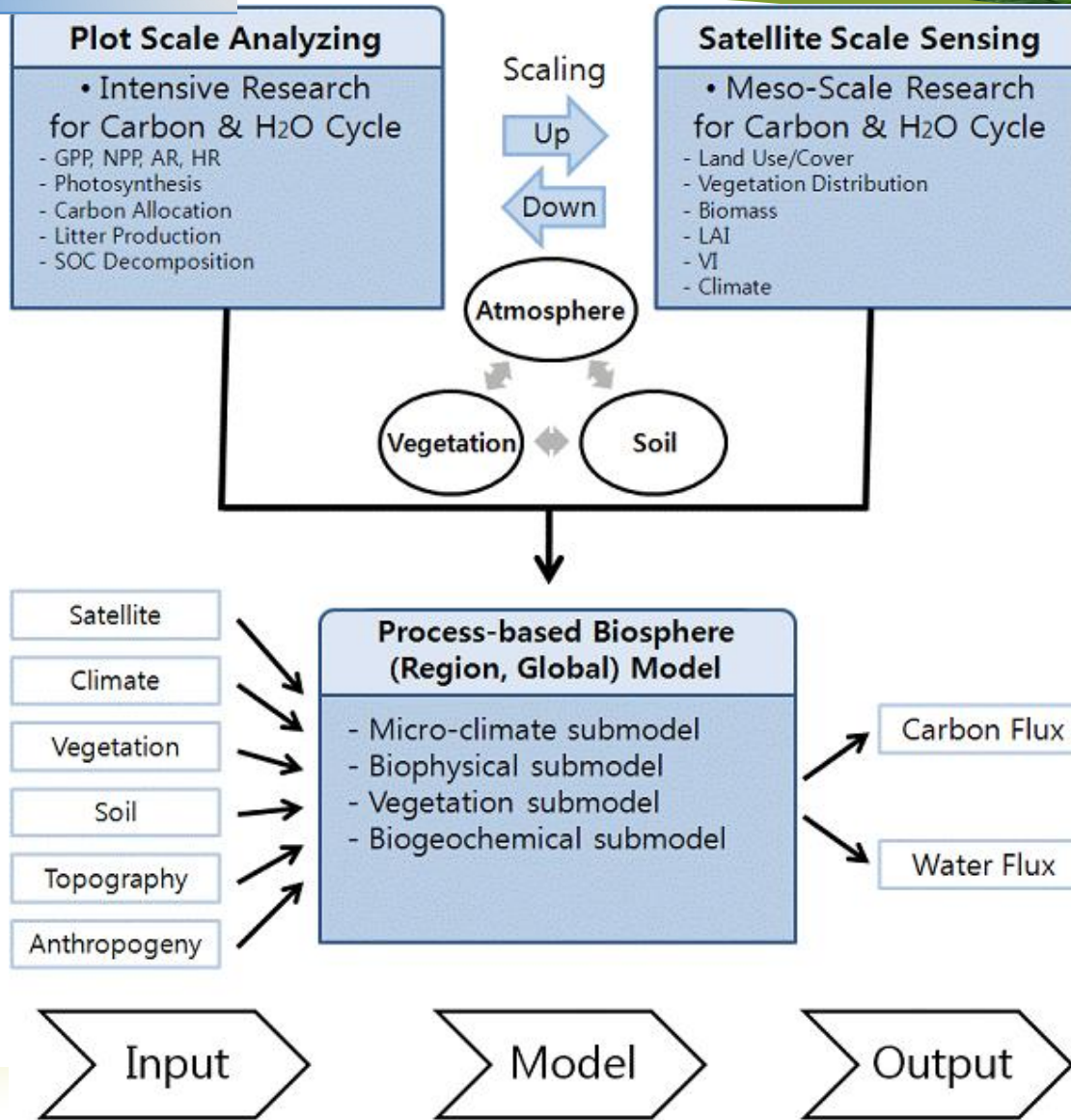
Vulnerability class	Extreme low	Low	Medium	High	Extreme high	Total
Time						
Current	12,862.31 (14.22%)	12,406.56 (13.72%)	3,823.25 (4.23%)	35,396.67 (39.14 %)	25,952.50 (28.70%)	90,441.29 (100.00%)
Future	10,558.24 (11.67%)	13,621.90 (15.06%)	12,052.09 (13.33%)	21,546.90 (23.82%)	32,662.17 (36.11%)	90,441.29 (100.00%)

취약성 변화



Vulnerability class	Extreme low	Low	Medium	High	Extreme high	Total
Time						
Current	19,546.66 (21.61%)	66,843.51 (73.91%)	3,671.33 (4.06%)	303.83 (0.34%)	75.96 (0.08%)	90,441.29 (100.00%)
Future	69,147.58 (75.51%)	5,393.06 (5.96%)	4,987.94 (5.52%)	7,393.30 (8.17%)	3,519.41 (3.89%)	90,441.29 (100.00%)

소와 물 유동성 모델



기후변화 관련 **FGIS** 주제도 활용

CO₂ 흡수량

- 임상도: 임분별 수종, 영급, 경급, 소밀도 등 이용 가능
- 산림입지도: 임분별 수종, 수고 정보 등 이용 가능
- 경제림 육성단지도: 우량목재생산 잠재력, 사유림의 탄소흡수 잠재력 평가 가능
- 적지적수 선정도: 현존 임분 vs. 적수임분의 탄소흡수량 평가 가능

영향평가모니터링

- 산지이용구분도: 생산, 공익, 준보전임지 등 이용구분 (용도변경 등의 모니터링)
- 산사태위험관리도: 임지의 산사태에 따른 환경변화 예측
- 토지피복도: 탄소흡수원의 종류에 대한 정보 및 전용기준 평가

탄소흡수 및 영향평가 모니터링을 위한 **FGIS** 개선점

- 각종 주제도의 정밀화
 - “ 신뢰할 수 있는 주제도 제작
 - “ 스케일의 문제: 주제도의 대축적화 (1:5,000)
 - “ 모니터링 개념: 빠른 주기적 갱신의 필요성
- 산림의 기상관련 주제도 제작?
 - “ 흡수원 모니터링 및 기후변화 모델링 가능



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Thank You!



KOREA UNIVERSITY
Division of Environmental Science and Ecological Engineering