

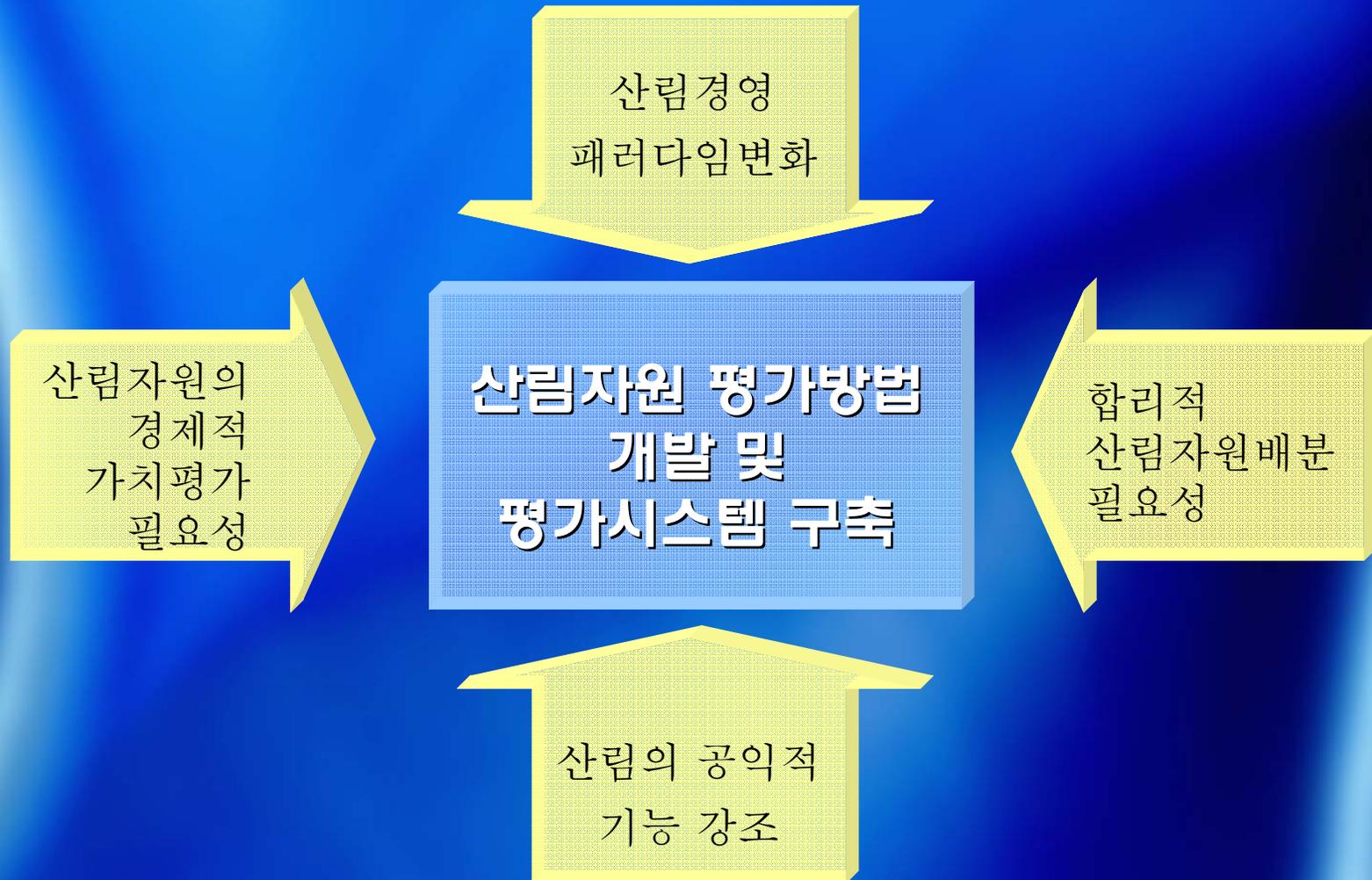
GIS를 이용한 산림자원계정시스템 개발

이 종 학

하이에스소프트(주) 대표이사/이학박사
e-mail : eroica@his-soft.com

본 연구는 농림수산식품부의 농림기술개발사업으로 수행된 연구결과임.

연구배경



연구목표 및 연구범위

◎ 산림자원계정 평가인자 선정 및 기초 DB 구축체계 확립

- 평가인자 : 목재계정, 탄소계정, 수자원계정, 휴양계정
- 연구대상지 : 전남 광양시 백운산 지역 (수어댐 유역)
- 평가인자별 기초 자료 수집
- GIS 응용 DB 구축 및 DB 관리시스템 개발

◎ 산림자원계정 평가방법 및 평가시스템 개발

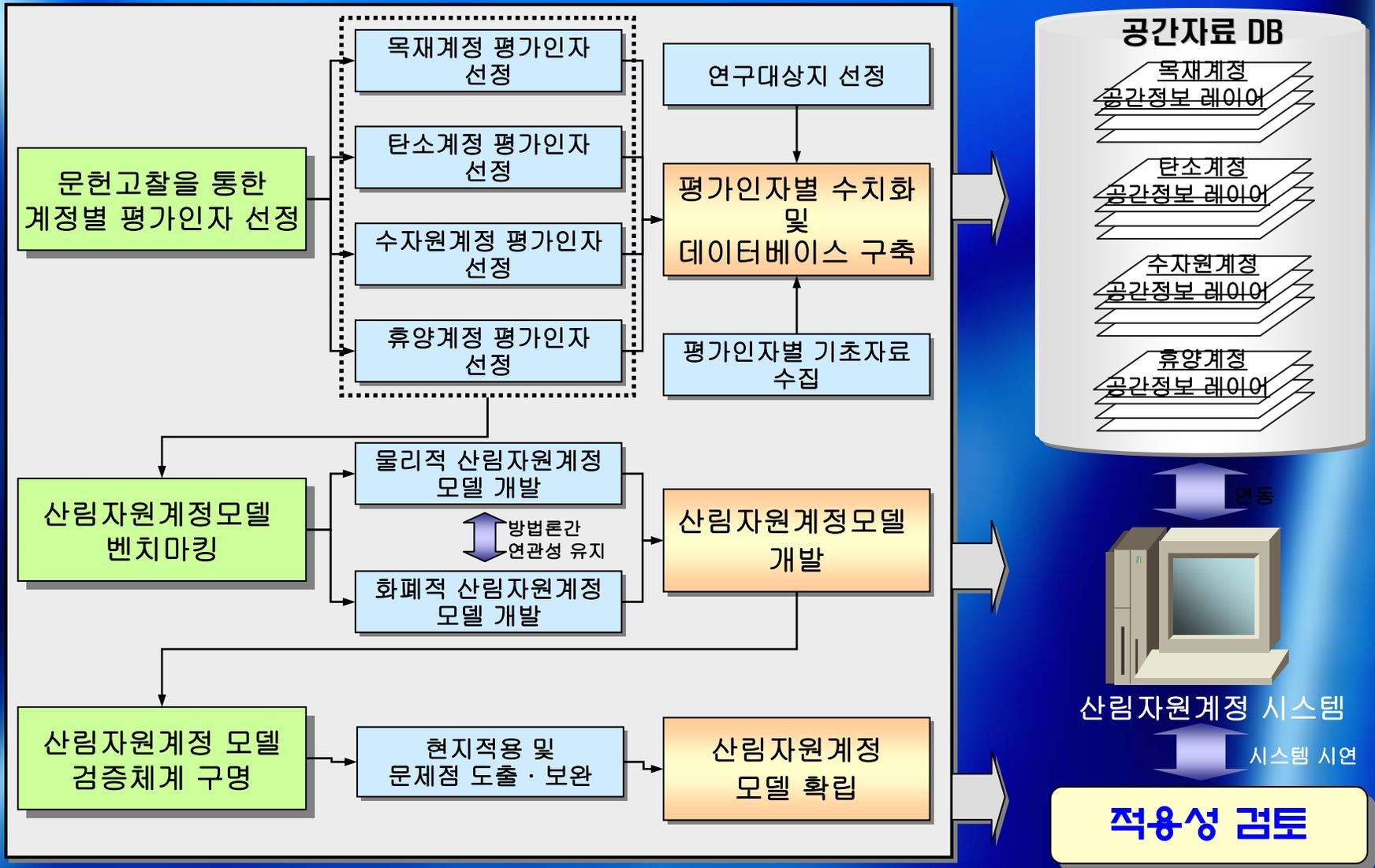
- stock 및 flow 관점의 정량화 방법 개발
- 산림자원계정 평가모듈 개발 (MS VB .NET 2003/ArcObject)

◎ 지역단위 산림자원계정 평가방법 적용성 검토 및 GUI 기반 통합 산림자원계정 평가시스템 개발

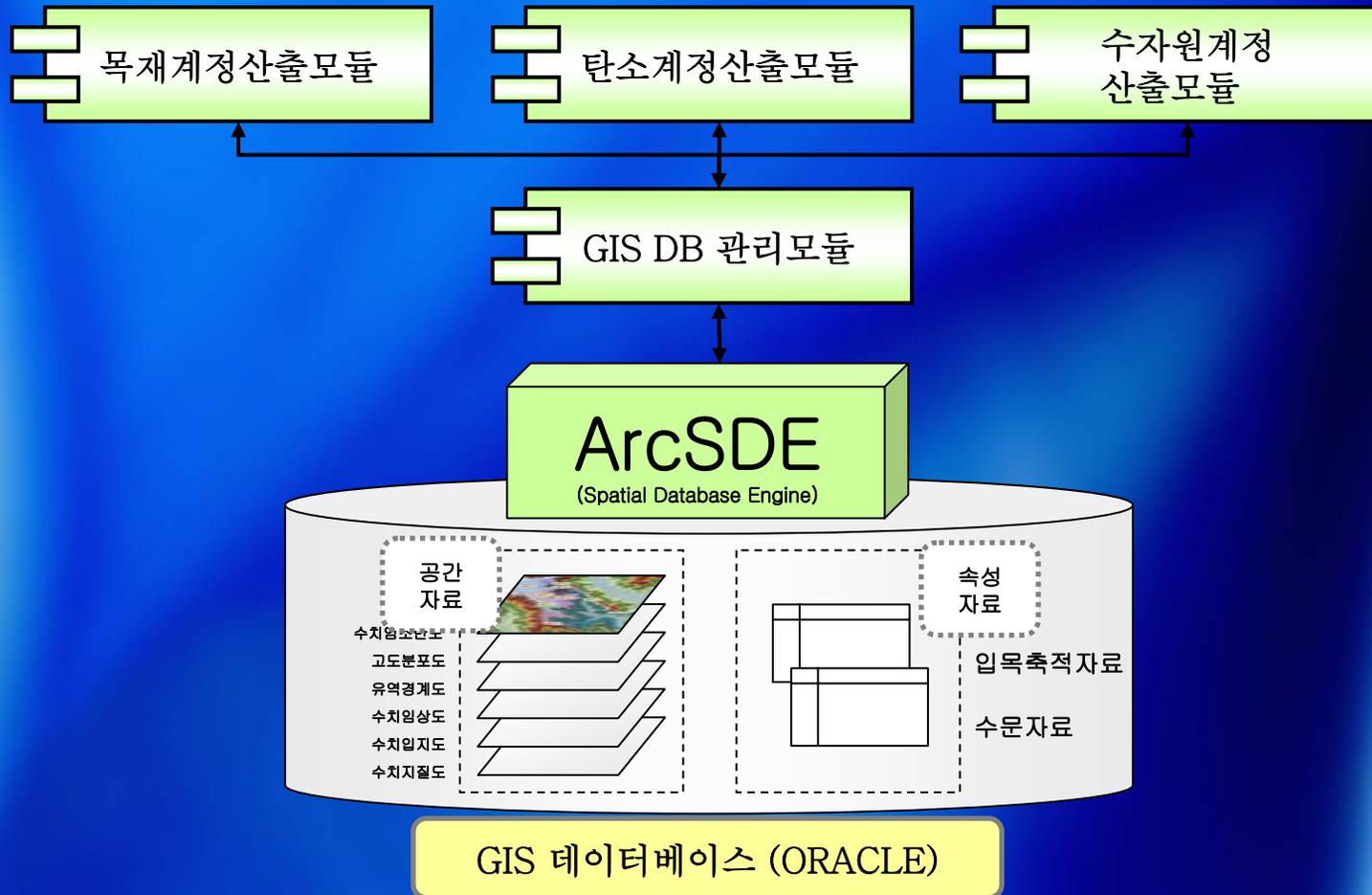
- 지역단위 산출값의 정확도 및 사용자 편의성 검토
- 개별 평가모듈 연계, GUI기반 통합 시스템 개발

연구목표 및 연구범위

『산림자원계정 평가모델 개발』 연구 흐름도



→ GIS DB 관리 모듈



연 구 결 과
- 산림자원계정평가 모델 개발 -

① 목재계정

물리적 계정

- 의미: 산림 내에 생육하고 있는 입목(立木)의 양인 재적(m^3)의 스톡(stock) 및 플로우(flow)
- 방법: 목재공급이 가능한 산림(시업지)과 불가능한 산림(제한지)으로 구분하고 임상(침엽수/활엽수)별 기초축적, 기말축적 그리고 축적의 변화량 및 요인을 기록하는 산출표를 작성

화폐적 계정

- 의미: 입목(立木)의 화폐적 가치
- 방법: 물리적 계정인 입목축적(m^3)에 침엽수/활엽수 별 단위재적(m^3)당 입목가격(산원가)을 곱하여 계산
- 입목가격(원/ m^3) = 원목 시장가격(원/ m^3) X 산주수취율

※ 입목의 목재가치(화폐적 계정) 산출식 도출

입목가 산정연구(국립산림과학원, 2006) 및 용재생산통계(산림청, 2006) 활용

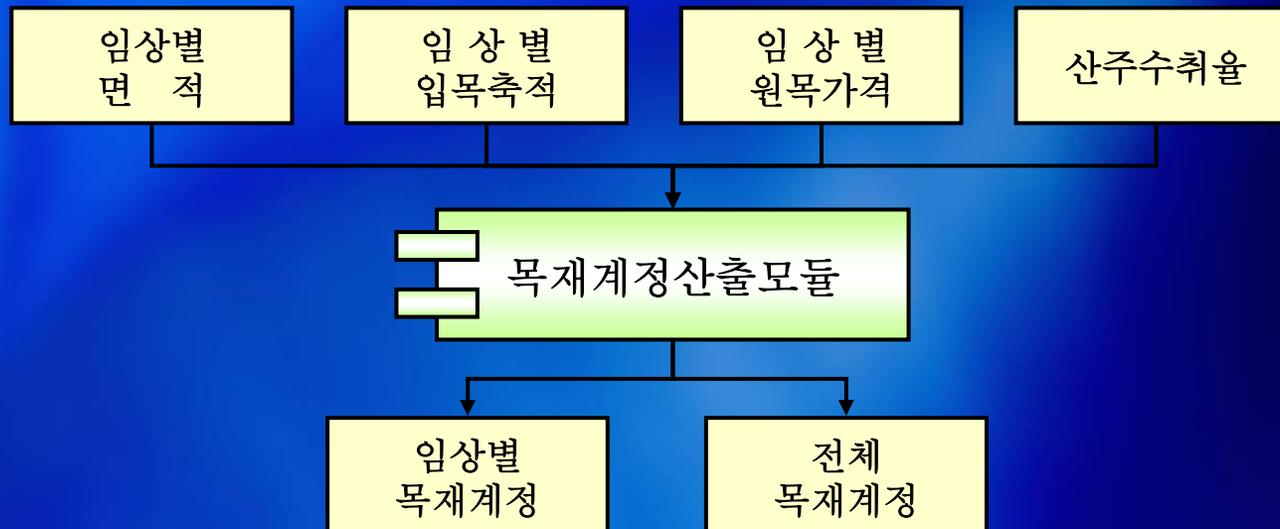
- 평균 입목가: 침엽수(14,988원/m³), 활엽수(8,709원 /m³)
- 평균 산주수취율: 침엽수(0.16), 활엽수(0.11)

목재 화폐적 계정의 모델식

$$V_{\text{Timber}} = A_1 Q_1 P_1 + A_2 Q_2 P_2$$

- V_{Timber} : 목재 화폐계정(원)
- A_1/A_2 : 침엽수림/활엽수림 면적(ha)
- Q_1/Q_2 : 침엽수림/활엽수림 평균재적(m³/ha)
- P_1/P_2 : 침엽수/활엽수 입목가(원/m³)

→ 목재계정모듈



→ 목재계정 평가결과 (2001년~2006년)

※ 목재의 물리적 계정

(단위: m³)

| 구분 | 침엽수 | 활엽수 | 계 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 기초축적(2001년말) | 247,387,556 | 181,059,303 | 428,446,859 |
| 순임목성장량 (2002~2006년) | 64,033,898 | 42,364,885 | 106,398,783 |
| 벌채량 (2002~2006년) | -6,149,032 | -2,867,144 | -9,016,176 |
| 기말축적(2006년말) | 305,272,422 | 220,557,044 | 525,829,466 |

※ 목재의 화폐적 계정

(단위: 천원)

| 구분 | 침엽수 | 활엽수 | 계 |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 기초축적(2001년말) | 3,707,844,689 | 1,576,845,470 | 5,284,690,159 |
| 순임목성장액 (2002~2006년) | 959,740,063 | 368,955,783 | 1,328,695,846 |
| 벌채감소액 (2002~2006년) | -92,161,691 | -24,969,957 | -117,131,648 |
| 기말축적(2006년말) | 4,575,423,061 | 1,920,831,296 | 6,496,254,357 |

② 탄소계정

물리적 계정

- 의미: 임목(立木) 바이오매스(지상부 및 지하부)에 고정된 탄소의 양(tC)
- 방법: 축적(목재의 물리계정, m³)에 침엽수/활엽수별 탄소전환계수를 곱한다.
- 기존 연구자료(산림과학원) 및 IPCC계수 등을 적용한다.

탄소 물리적 계정의 모델식

$$A_{\text{carbon-timber}} = S_1 C_1 + S_2 C_2$$

$A_{\text{carbon-timber}}$: 탄소 물리계정(tC)

S_1 : 침엽수 임목축적(m³)

S_2 : 활엽수 임목축적(m³)

C_1 : 침엽수 탄소 전환계수 (=0.388)

C_2 : 활엽수 탄소 전환계수 (=0.688)

화폐적 계정

- 의미: 임목(立木) 바이오매스(지상부 및 지하부)에 고정된 탄소의 가치
- 방법: 임목 탄소의 물리적 계정(tC)에 탄소톤당 가격(피해비용 또는 배출권 가격 절충)을 곱하여 구한다. (*적용 탄소가격: US\$15/tC(15,000원/tC))

탄소 화폐적 계정의 모델식

$$V_{\text{carbon-timber}} = P_{\text{carbon}} \times (S_1 C_1 + S_2 C_2)$$

V_{carbon} : 탄소 화폐계정(원)

P_{carbon} : 탄소 가격(원/tC)

S_1 : 침엽수 임목축적(m³)

S_2 : 활엽수 임목축적(m³)

C_1 : 침엽수 탄소 전환계수 (=0.388)

C_2 : 활엽수 탄소 전환계수 (=0.688)

→ 탄소계정모듈

$$A_2 = P_{carbon} \cdot \sum_{j=1}^2 C_j \cdot MS_j$$

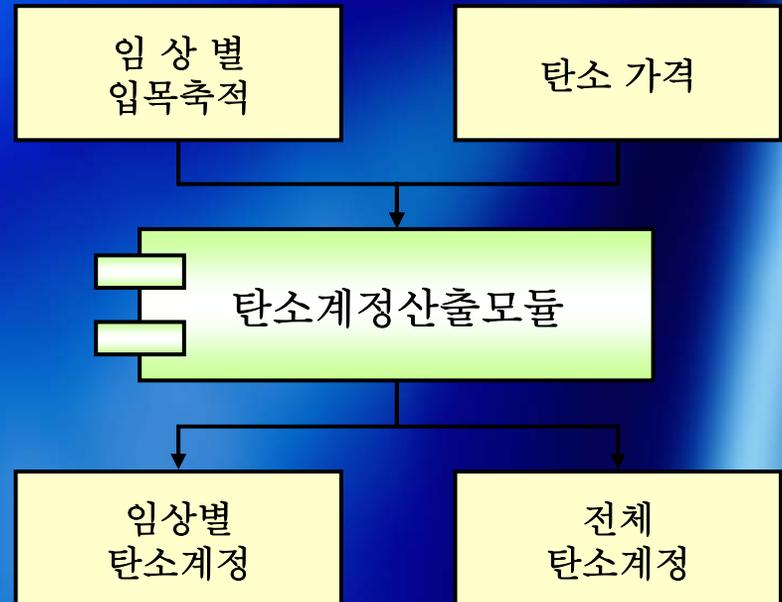
A_2 : 탄소계정

P_{carbon} : 탄소가격

MS_j : 임상별 연평균 입목축적
($j=1$:활엽수, 2:침엽수)

C_f : 탄소 전환계수
($j=1$:활엽수(0.688),
2:침엽수(0.388))

- ① 목재기본밀도
(침엽수:0.47, 활엽수:0.80)
- ② 지상부 바이오매스 확장계수
(침엽수:1.29, 활엽수:1.22)
- ③ 부리확장계수
(침엽수:1.28, 활엽수:1.41)
- ④ 탄소함량비(IPCC default)
: 0.5



→ 탄소계정 평가결과 (2001년~2006년)

※ 탄소의 물리적 계정

(단위: tC)

| 구분 | 침엽수 | 활엽수 | 계 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| 기초축적(2001년말) | 95,986,372 | 124,568,800 | 220,555,172 |
| 총탄소흡수 (2002~2006년) | 24,845,152 | 29,147,041 | 53,992,193 |
| 벌채배출 (2002~2006년) | -2,385,824 | -1,972,595 | -4,358,419 |
| 기말축적(2006년말) | 118,445,700 | 151,743,246 | 270,188,946 |

※ 탄소의 화폐적 계정

(단위: 천원)

| 구분 | 침엽수 | 활엽수 | 계 |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| 기초축적(2001년말) | 1,367,805,797 | 1,775,105,407 | 3,142,911,204 |
| 총탄소흡수 (2002~2006년) | 354,043,422 | 415,345,332 | 769,388,755 |
| 벌채배출 (2002~2006년) | -33,997,998 | -28,109,480 | -62,107,478 |
| 기말축적(2006년말) | 1,687,851,221 | 2,162,341,259 | 3,850,192,481 |

③ 수자원계정

물리적 계정

- 산림의 수원함양 총량에 영향을 미치는 인자들을 파악하고, 회귀식을 도출하여 연구대상지에 대한 산림의 수자원함양 총량을 예측함.
- 김정하(1992) 연구결과 활용

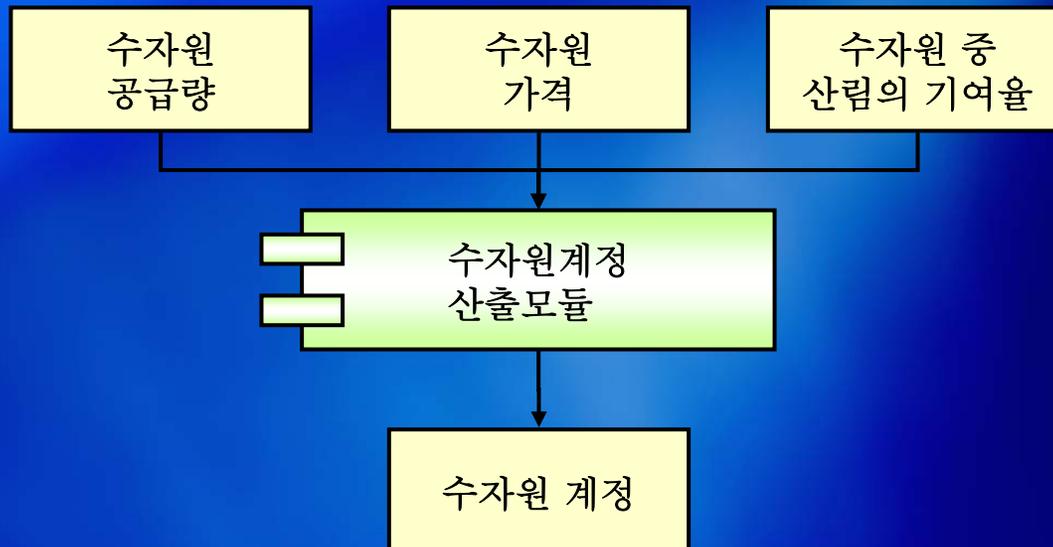
화폐적 계정

- 산림의 수자원함양기능을 경제성평가에 바탕을 두어 가상가치평가법(contingent Valuation Method, CVM)을 활용하여 환경재의 이용과 관련된 의사결정상황 설정 하에서 서울시민들을 대상으로 산림의 수원함양가치액 평가를 설문조사를 통하여 실제화폐단위로 평가함.
- 이창재(1994) 연구결과 활용

→ 수자원계정모듈

$$A_3 = P_{water} \bullet r_{forestland} \bullet r_{natural\ inf\ low} \bullet MWS$$

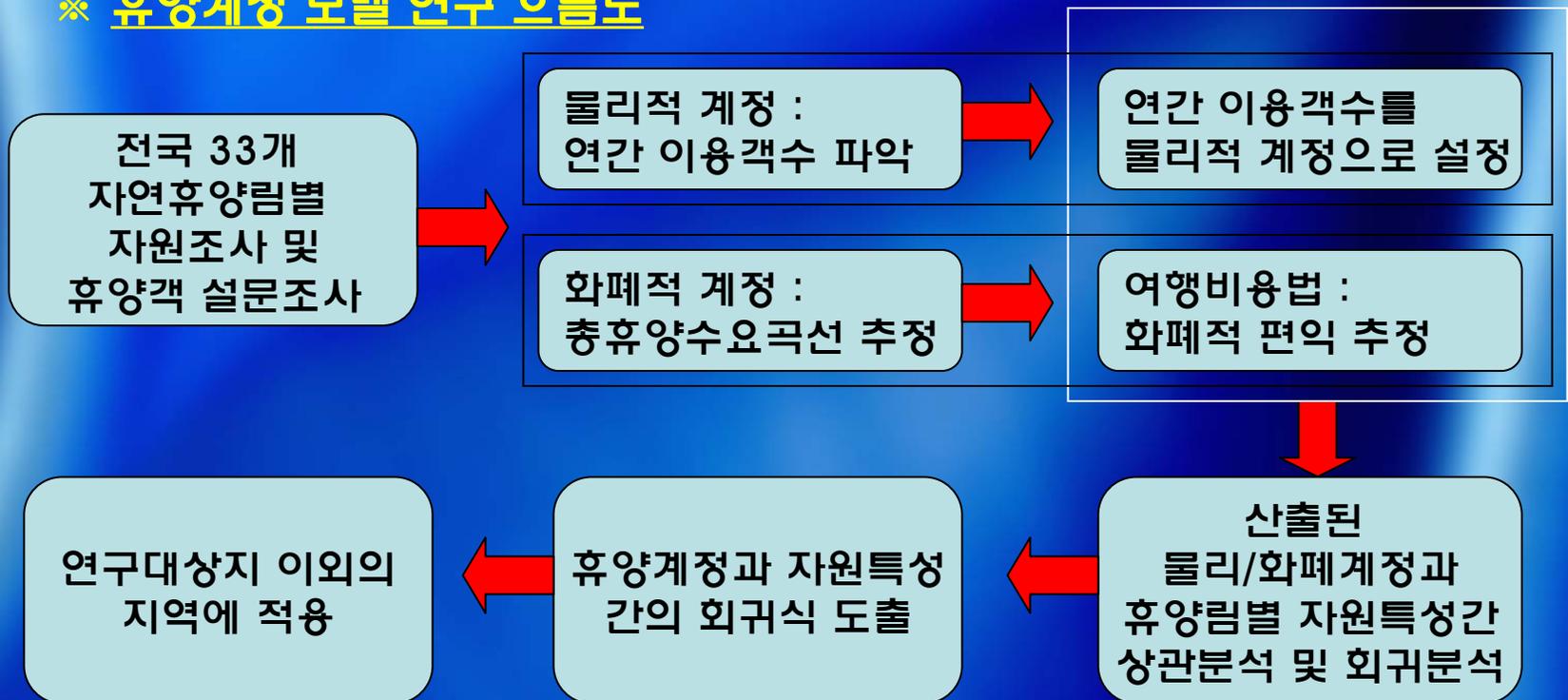
- A_3 : 수자원계정
 P_{water} : 수자원가격(=87.81원/ton)
 $r_{forestland}$: 전체 유역 중 산림이 차지하는 면적비율
 $r_{landinflow}$: 유역 내 유입량 중 토지로부터 유입된 유량
 MWS : 연간 총공급량



④ 휴양계정

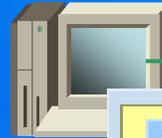
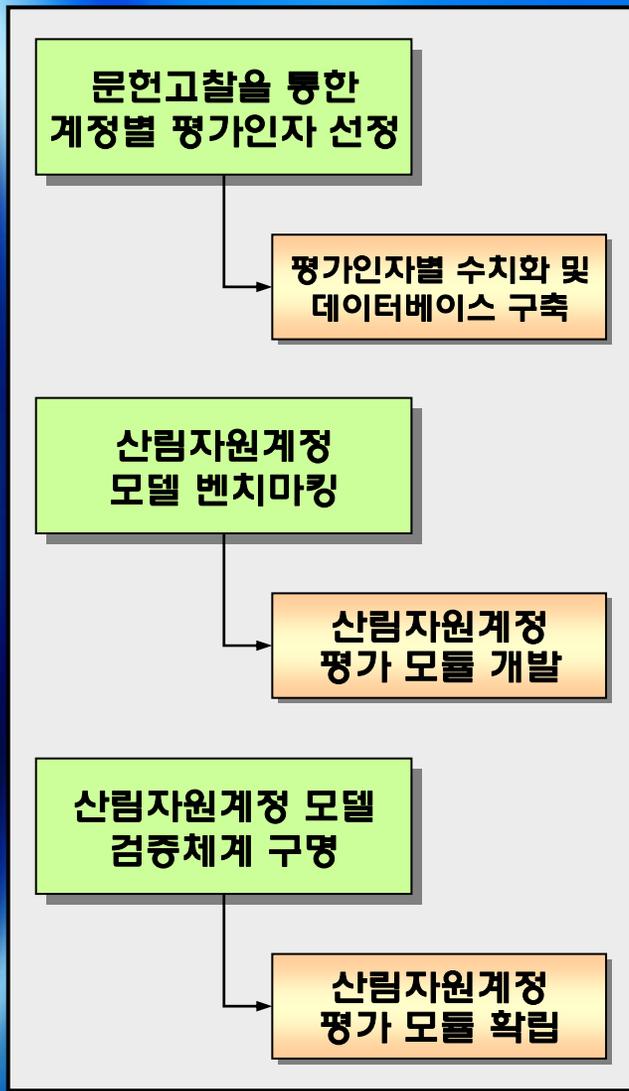
- 목표 : 지역단위 산림들의 휴양가치를 측정할 수 있는 평가모델 정립
- 방법 : 산림이 제공하는 휴양가치를 물리적/화폐적 편익으로 계정화하고 휴양계정과 산림이 갖는 자원특성 간의 관계를 규명하여 최종적으로는 휴양편익과 산림의 자원특성 사이의 회귀식 도출

※ 휴양계정 모델 연구 흐름도



GIS기반 산림자원계정 평가시스템

『GIS기반 산림자원계정 평가시스템』 구성도



PC 사용자 환경



시군구 행정담당자/
시스템 관리자

산림자원계정 시스템

- 사용자 관리
 - 로그인/사용승인
- 자료관리
 - 수치도면 등록/가공
 - 공간분석자료 저장/열기
 - 속성자료 저장/열기
- 자료분석 및 가공
 - TIN 생성/DEM 추출
 - 경사/향/음영기록 분석
 - 유역분석
 - 행정경계도 추출
 - 임소반도 추출
 - 임상정보 추출
 - 입지정보 추출
- 산림자원계정 평가
 - 목재계정 평가
 - 탄소계정 평가
 - 수자원계정 평가
 - 휴양계정 평가
- 결과출력
 - 산림자원계정
 - 평가도면 Export
 - 인쇄

산림자원계정 DB

- 사용자정보
- 입목관리
- 수문통계자료
- 휴양통계자료
- 각종 집계 및 현황정보
- 각종 수치도면
- 공간분석결과도면
- 산림자원계정 평가도면

산림자원계정

파일(F) 보기(V) 레이어(L) 지도제어(T) 페이지레이아웃(P) Feature 선택(S) 그래픽(G) 편집기(E) 분석(A) 지형도 추출 창(W)

산림자원계정

레이어 관리

- 산림자원계정
 - Dam
 - Mt_Bakun
 - 임반
 - 유역
 - 입지도
 - 산림지역
 - 임상도
 - Dem
 - 응영기복도
 - 흐르방향도

지도보기

지도보기 | 분석/통계(레이어-임반)

| 경급 | 개수 | 개수(%) | 면적(m ²) |
|-----|----|-------|---------------------|
| 전체 | 18 | 100 | 5,393,706 |
| 치수 | 2 | 11.1 | 46,154 |
| 중경목 | 3 | 16.7 | 3,818,35 |
| 소경목 | 6 | 33.3 | 849,457 |
| 대경목 | 6 | 33.3 | 673,001 |
| 기타 | 1 | 5.6 | 6,740 |

임상도[경급]

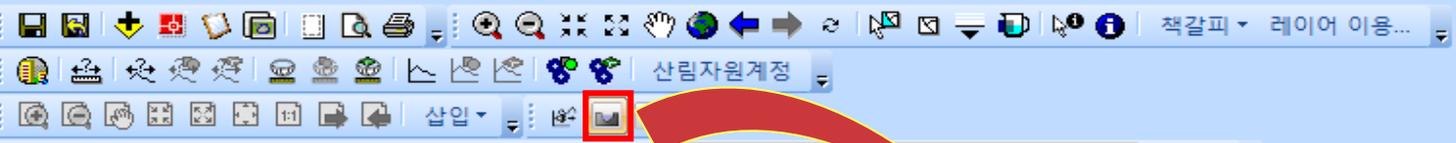
중경목:(70.8%)
소경목:(15.7%)
치수:(0.9%)
기타:(0.1%)
대경목:(12.5%)

임상도

X좌표 : 257,948.5 Y좌표 : 179,963.1

산림자원계정

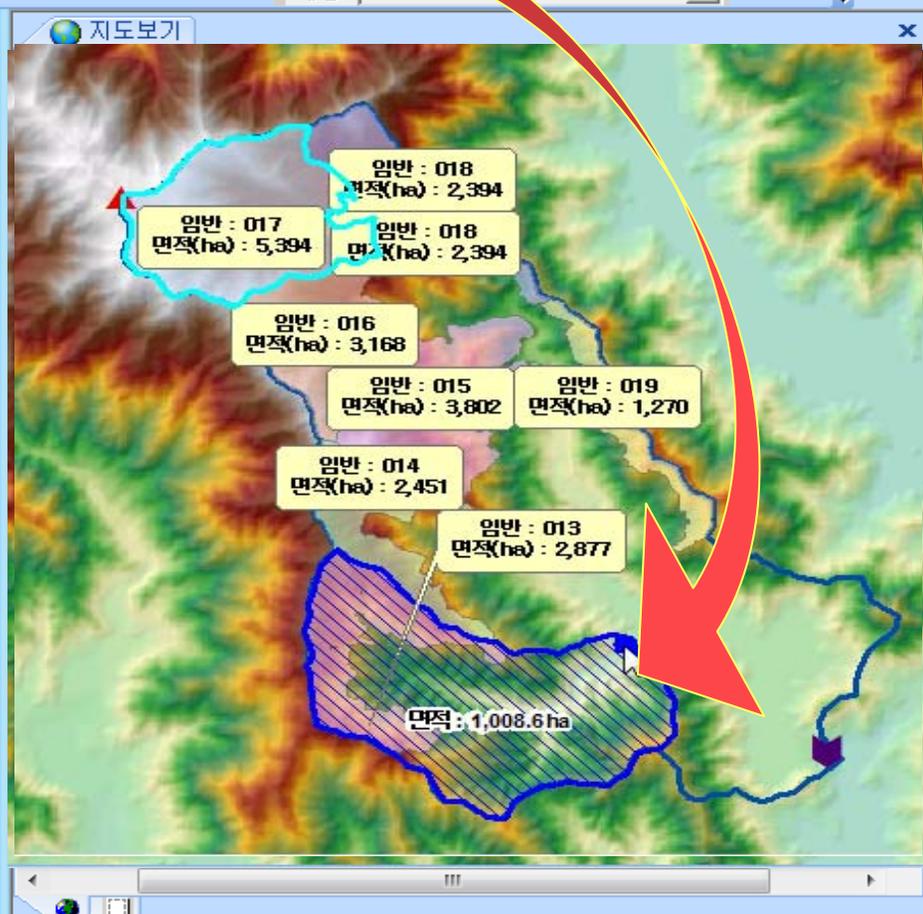
파일(F) 보기(V) 레이어(L) 지도제어(T) 페이지레이아웃(P) Feature 선택(S) 그래픽(G) 편집기(E) 분석(A) 지형도 추출 창(W)



레이어 관리

- 산림자원계정
 - Dam
 - Mt_Bakun
 - 임반
 - 유역
 - 입지도
 - 산림지역
 - 임상도
 - Dem
 - 값 높음 : 1900
 - 낮음 : 0
 - 음영기복도
 - 값 높음 : 254
 - 낮음 : 0
 - 흐르반향도

선택 레이어 정보
레이어명: 임반
객체형식: Polygon
레이어형식: Feature Layer
투명도: < >



산림자원계정

분석 유역 선택

목재 계정

| | |
|----------------------------|----------------|
| 입목가 비율 | 1.00 |
| 조재율 | 1.00 |
| 연평균 입목 | 활엽수 5,477 |
| 축적량(m ³ /년) | 침엽수 1,092 |
| 입목 가격 (천원/m ³) | 활엽수 22.63 |
| | 침엽수 25.97 |
| 목재 계정(천원/년) | 152,304 |

탄소 계정

| | |
|------------------------|----------------|
| 탄소가격(천원/tC) | 65.00 |
| 계수 | 활엽수 0.69 |
| | 침엽수 0.39 |
| 연평균입목 | 활엽수 5,477 |
| 축적량(m ³ /년) | 침엽수 1,092 |
| 탄소 계정(천원/년) | 272,472 |

수자원 계정

| | |
|-----------------------|------------|
| 수자원 공급가 (원/톤) | 87.81 |
| 산림면적(m ²) | 44,198,175 |
| 유역면적(m ²) | 48,837,762 |
| 지표 유입량(톤/년) | 7,000 |
| 총 유입량(톤/년) | 8,700 |
| 연평균 공급량(톤/년) | 63,709,022 |

X좌표 : 262,877.9 Y좌표 : 172,147.6 경도 : 127° 41' 24" 위도 : 35° 2' 46.8" Scale : 1:96,533

→ **산림자원계정평가 및 유역 정보 보기**

정보보기

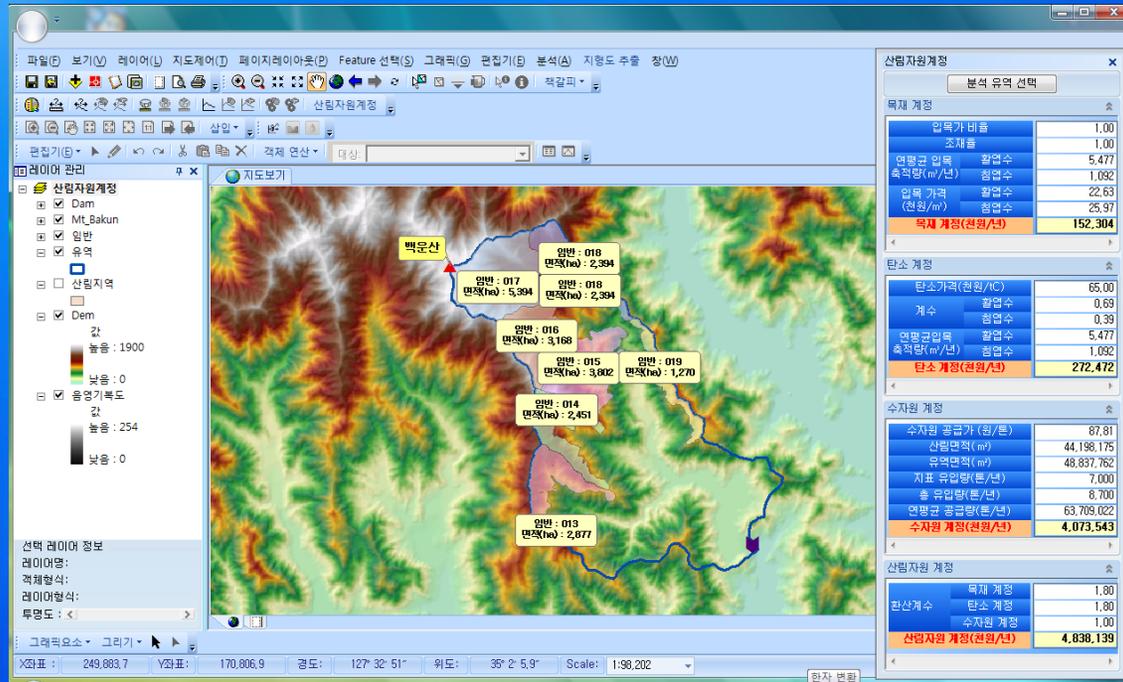
유역 : 1건이 검색되었습니다.

| | |
|--------------------|------------------------------|
| <u>길이</u> | 36,022,96 m |
| <u>입목축적량(활엽수)</u> | 5,477,00 |
| <u>면적</u> | 48,837,762,21 m ² |
| <u>입목축적량(침엽수)</u> | 1,092,00 |
| <u>목재가격(활엽수)</u> | 22,63 |
| <u>목재가격(침엽수)</u> | 25,97 |
| <u>탄소가격</u> | 65,00 |
| <u>산림면적</u> | 44,198,175,00 |
| <u>수자원 지표유입량</u> | 7,000,00 |
| <u>수자원 총 유입량</u> | 8,700,00 |
| <u>연평균 수자원 공급량</u> | 63,709,022,00 |
| <u>수자원 공급가</u> | 87,81 |

위치 확인

위치 이동

※ 적용성 검토



구현된 산림자원계정시스템 적용성

| 구분 | 목재계정 | 탄소계정 | 수자원계정 | 합계 |
|-----------------|--------|--------|-------|---------|
| 결과(원/yr) | 1억 5천만 | 2억 7천만 | 40억 | 44억 2천만 |
| 지역 | 남부학술림 | 남부학술림 | 수어댐유역 | - |
| 가중치(지역별 면적차 상쇄) | 1.8 | 1.8 | 1 | - |
| 가중치 적용결과(원/yr) | 2억 7천만 | 4억 9천만 | 40억 | 47억 6천만 |
| 비율(%) | 6 | 10 | 84 | 100 |

수어댐 유역의 산림자원계정 평가 결과

감사합니다.