



꿀벌의 방화(訪花)활동과 환경·사회·경제적 효과를 고려한 도심 옥상정원 입지 선정 모형 연구 (Biodiversity Begins with a B.)

곽재하(연세대학교 정보산업공학과)

이보경(연세대학교 정보산업공학과 박사과정)

이원경(연세대학교 정보산업공학과 석박통합과정)

목차



1. 서론

2. 선행 연구

3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.1 꿀벌의 방화(訪花)활동 관점

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

3.3 사회·경제적 편익 관점

4. 결론 및 제언

참고문헌, 사사 & 부록

1. 서론 - 연구 배경

https://youtu.be/v_otglfQw4

Produced by Scottish Natural Heritage.



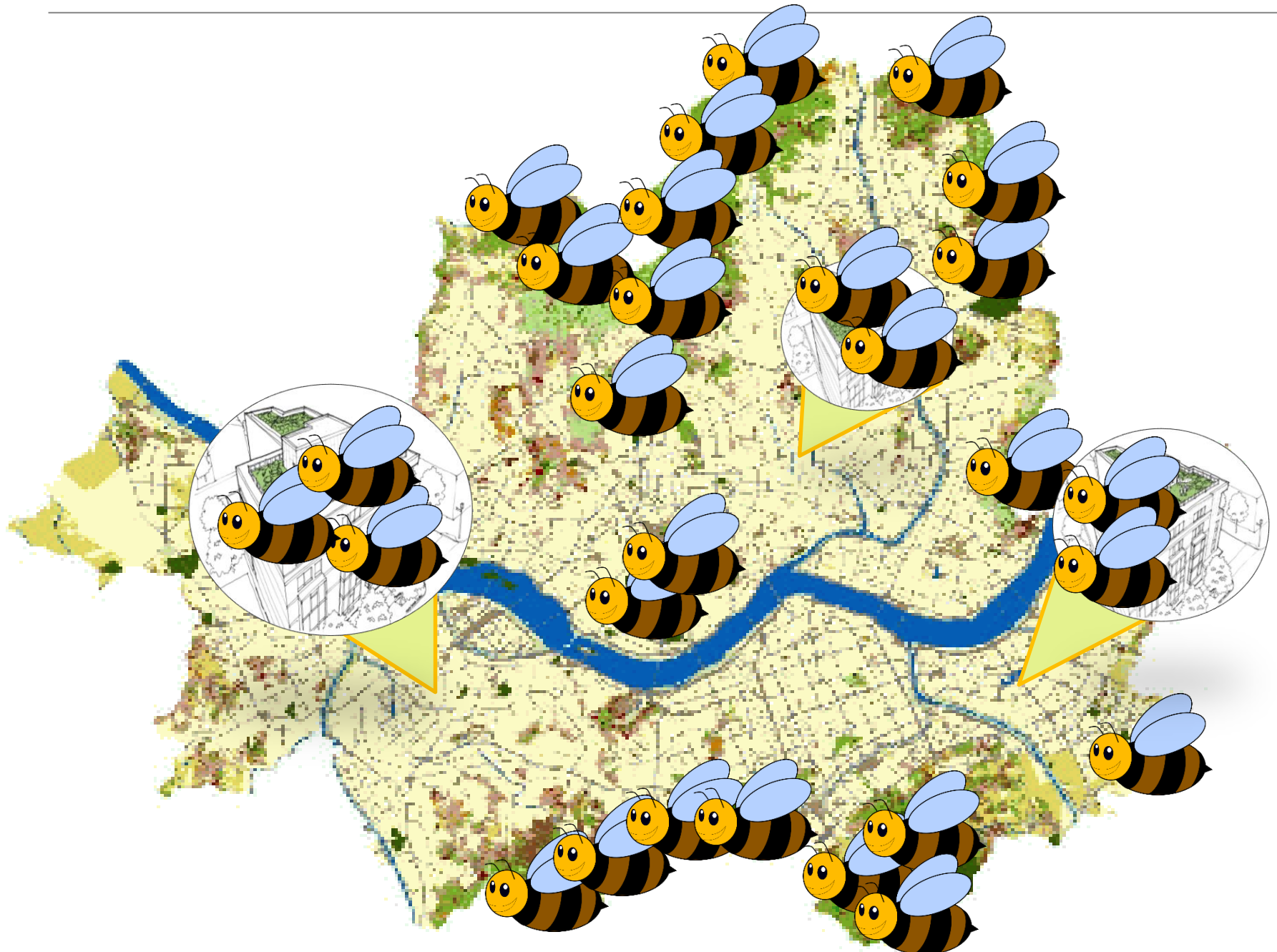
1. 서론 - 연구 목적



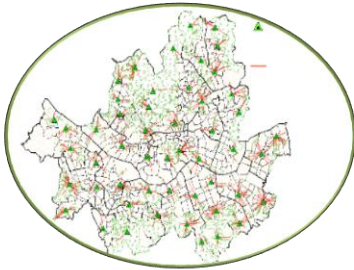
- 본 연구에서는 옥상 정원이 도심의 꿀벌 방화 활동 장소의 효과적 대안 중 하나로서 기존 녹지에 서식하고 있는 꿀벌의 도심 내 방화 활동 장소의 수요를 옥상정원이 만족시킨다고 가정함.
- 본 연구에서는 **최소의 옥상정원 거점으로 꿀벌의 방화 활동 장소 수요를 만족시킬 수 있는 입지 후보를 선정**하고 이 중 도시민의 **사회, 환경, 경제적 관점의 옥상 정원 효용을 극대화하는** 최종 옥상정원 입지를 제안함.
- 제안한 전체 프로세스를 **서울시 빅데이터에 적용**, 서울시 내 옥상 정원 입지를 건물 단위로 추천하고자 함.

Copyright © Diana Dominguez

1. 서론 - 연구 목적



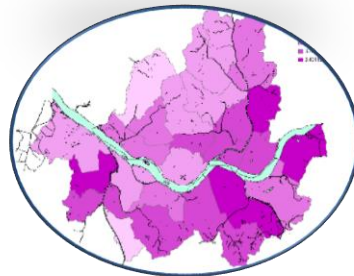
1. 서론 - 연구 방법



1단계: 꿀벌 방화활동 장소 수요 만족 옥상정원 입지 선정

Maximal Covering Location Problem 해결 접근 방법을 통해 옥상정원(동 단위) 입지 선정

- ≪ 2013 행정구역 경계
- ≪ 2014 도로명주소 기본도



2단계: 옥상정원 4가지 주 효과 기반 입지 평가

옥상정원 4가지 주 효과(냉·난방 비용 감소, 대기 질 개선, 침수피해 감소, 문화생활 공간 창출)간 중요도를 AHP분석을 통해 도출하여 구 단위 데이터에 적용, 구 단위 입지 순위 결정

- ≪ 2013 기상자료
- ≪ 2014 대기오염측정자료
- ≪ 서울안전누리 침수피해 자료
- ≪ 2014 서울서베이 자료



3단계: 사회·경제적 편익 고려 옥상정원 건물 입지 선정

1·2단계를 통해 선정된 구/동 내에서 건물의 용도에 따른 옥상정원의 레저 효과와 초기 설치 비용의 경제적 가치 그리고 이외 사회 경제적 효과 합을 통한 건물 단위 순위 결정

- ≪ 2013 행정구역 경계
- ≪ 2014 도로명주소 기본도

2. 선행연구 검토

- 국내외 옥상정원에 대한 연구들은 옥상정원의 다양한 효과 각각에 대한 분석, 옥상정원의 수익성 분석, 옥상정원의 구성 요소(식물 종, 토양 종류)에 따른 효과 분석 등을 목적으로 이루어짐
 - ⇒ 생애주기를 고려한 옥상정원의 개인적, 사회적 비용과 효용에 대한 확률적 분석을 통해 옥상정원의 비용보다 잠재적 이익이 더 크다는 것을 보여줌(Bianchinim과 Hewage, 2012)
 - ⇒ 시카고에서 옥상정원에 의한 대기오염 물질의 감소량에 대해 분석함(Jun Yang 외, 2008)
 - ⇒ 옥상정원이 여름철과 겨울철에 냉난방 시 전력소모를 감소시키는 효과가 있다는 것을 보여줌(Fabrizio Ascione 외, 2013)
 - ⇒ 건물 지붕의 표면, 경사, 토양 층 두께에 따라 달라지는 옥상정원의 빗물 보유 효과에 대해 보여줌(Nicholaus D. VanWoert 외, 2005)
 - ⇒ 옥상정원의 구성 시나리오(식물종, 토양 종류)에 따른 경제적, 환경적 효과를 분석함(Jimin Kim 외, 2012)
- 공간적 위치에 따라 옥상 정원 효용 크기가 다양할 수 있으나 선행 연구에서는 옥상 정원 주변의 환경과 이에 따라 변하는 효용이 고려되지 않음.
 - 도심 내 생태계 보존으로서 옥상 정원의 역할을 논의하지만, 옥상 정원의 효용에 대한 대부분 연구는 우리 인간에게 직접적으로 이익을 주는 내용에 집중되어 있음.
 - 옥상 정원의 주요 구성원인 꿀벌의 생태를 고려한 옥상 정원 입지 선정 연구는 선행된 바 없음.

3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.1 꿀벌의 방화(訪花)활동 관점

- 옥상정원은 기존 도심 녹지와 더불어 꿀벌이 도심에서 방화활동을 하며 생존할 수 있는 효과적인 서식지 대안임.
- 본 연구에서는 도심과 도시 주변 기존 녹지에서 서식하고 있는 꿀벌들이 도심의 녹지가 없는 지역으로 확산되어 안정적으로 방화활동을 하는데 옥상 정원이 그 장소가 된다고 가정함.
- 방화 활동 장소 수요를 만족시키는 최소한의 옥상정원의 거점 수와 그 위치를 선정하기 위해 본 연구에서는 Church and Velle (1974)가 제안한 **Maximal Covering Location Problem**을 수정한 최적화 방법론을 제안함.

목적함수

$$\text{Max } z = \sum_{i \in I} a_i y_i + \frac{1}{\sum_{j \in J} x_j} \quad \text{식 (1)}$$

$$\text{s.t. } \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i ; i \in I \quad \text{식 (2)}$$

$$\sum_{j \in J} x_j \neq 0 \quad \text{식 (3)}$$

$$x_j, y_i = (0, 1) ; j \in J, i \in I \quad \text{식 (4)}$$

$$N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq 2000\} \quad \text{식 (5)}$$

where

i, I : 꿀벌의 기존 서식지에 대한 인덱스와 그 집합

j, J : 옥상정원 입지 인덱스와 그 후보 집합

a_i : 기존 서식지 i 에 서식하는 꿀벌의 방화활동 장소에 대한 수요 크기

d_{ij} : 꿀벌의 기존 서식지와 옥상정원 입지 간의 최단 거리

N_i : 기존 서식지 i 에 서식하는 꿀벌의 방화활동 장소에 대한 수요를 만족시키는 옥상정원 입지 집합

$x_j = 1$, j 입지가 선정되었을 때,

0, j 입지가 선정되지 않았을 때

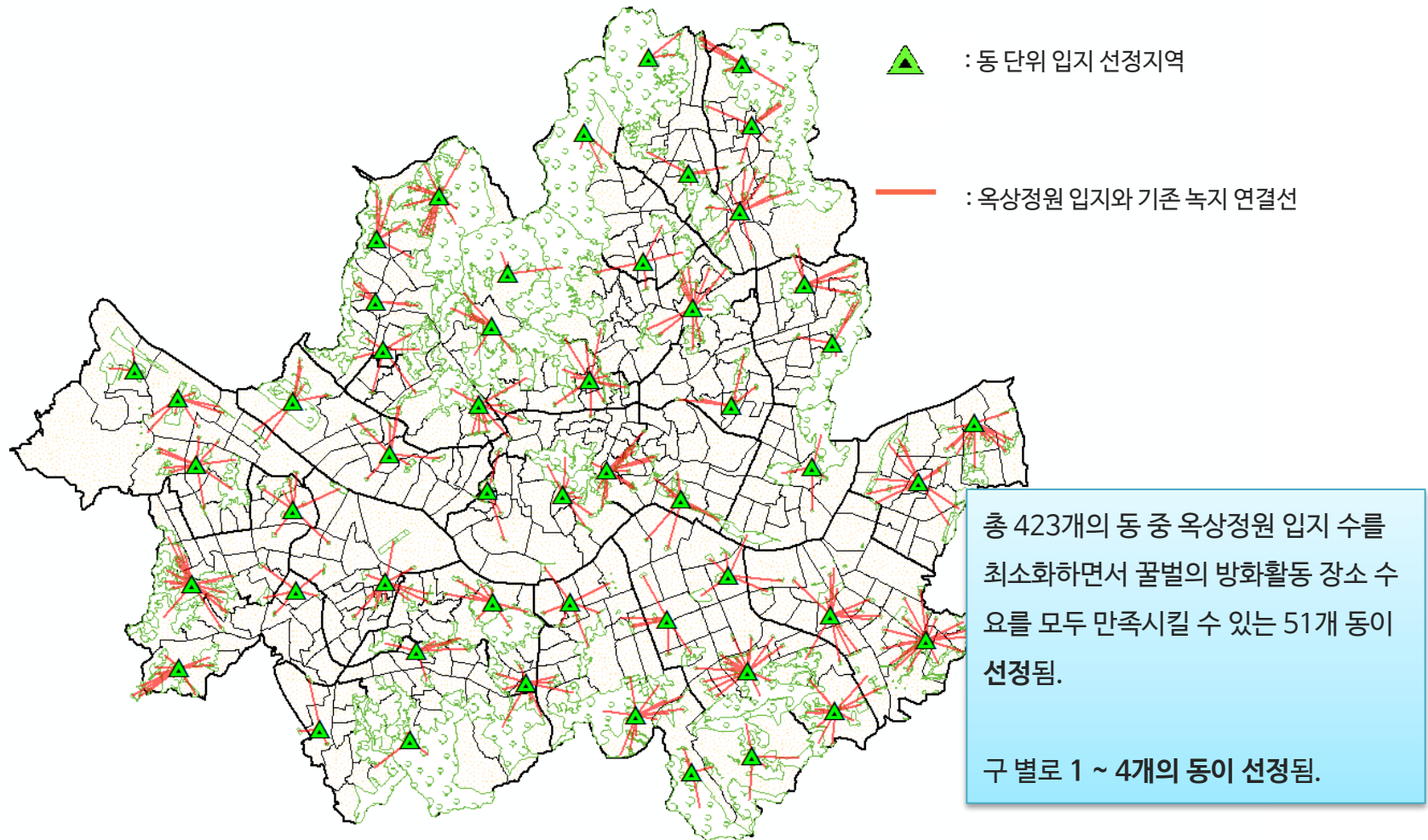
$y_i = 1$, 기존 서식지 i 에 서식하는 꿀벌의 방화활동 장소에 대한 수요가 만족되었을 때,

0, 기존 서식지 i 에 서식하는 꿀벌의 방화활동 장소에 대한 수요가 만족되지 않았을 때

- ⇒ 서울시 내 꿀벌의 개체 수는 서울 도심 및 주변의 녹지 면적에 비례한다고 가정함.
- ⇒ 옥상정원 입지 단위는 자유롭게 설정할 수 있으며, 본 연구에서는 서울시 동 단위를 입지 단위로 정의함.
- ⇒ 꿀벌의 활동 반경은 직선 거리 2000m이므로 꿀벌 기존 서식지와 옥상정원 입지 간의 최단 거리 d_{ij} 는 2000m 이하로 가정함 (식5)

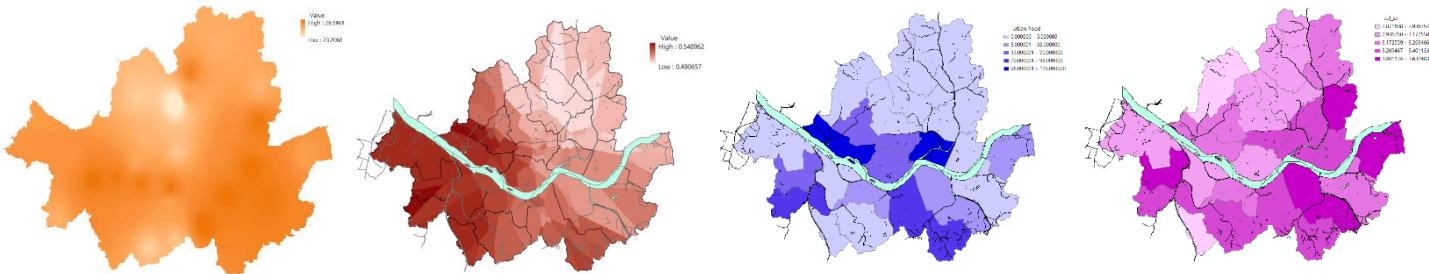
3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.1 꿀벌의 방화(訪花)활동 관점



3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

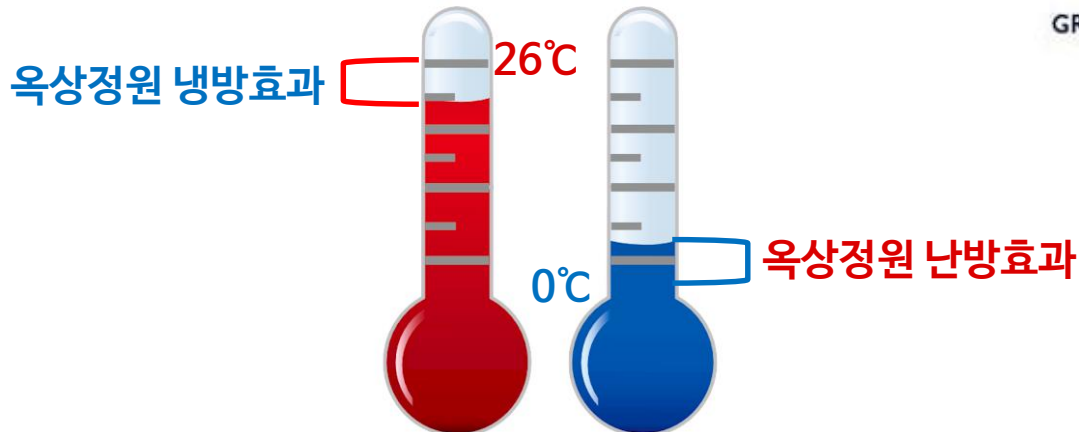


3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

냉·난방 비용 감소 효과

- 단열효과로 냉·난방에 소요되는 전력소비를 줄일 수 있음
- 서울시 내 구 별로 여름철(6~8월) 최고기온과 겨울철(12~2월) 최저기온들의 평균을 측정함
- 여름철에는 26℃, 겨울철에는 0℃와 비교하여 평균 기온과의 차이가 클수록 옥상정원의 효과가 커질 것이라 가정
- 구 별로 측정된 효과의 값들을 0 ~ 1의 값으로 정규화함

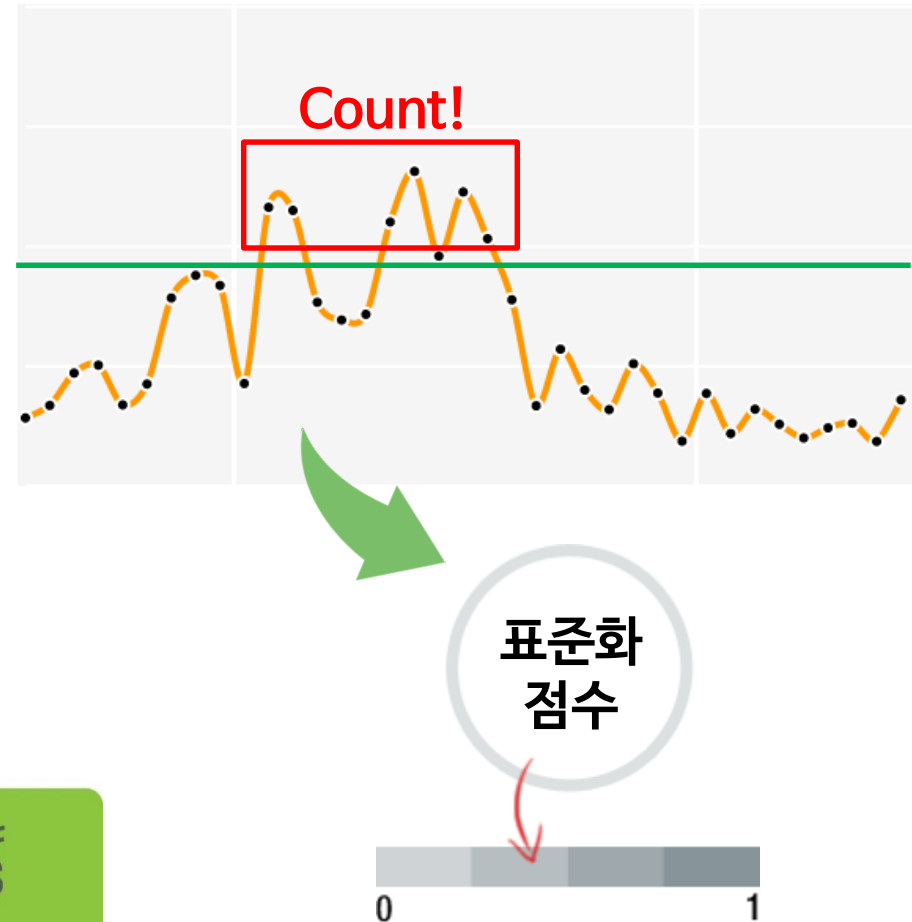


3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

대기 질 개선 효과

- NO_2 , CO , O_3 , PM_{10} , SO_2 를 흡수하여 **대기의 질을 개선**
- 이 효과를 측정하기 위해, 구 별로 1년간 한 시간 단위로 측정된 대기오염 물질 NO_2 , CO , O_3 , PM_{10} , SO_2 각각에 대해 서울시에서 정한 대기환경기준 값을 1년 동안 몇 회 초과하는 지를 카운트 한 후 구별로 합산
- 수치 값이 클수록 옥상정원에 의한 대기 질 개선 효과가 클 것이라 가정



3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

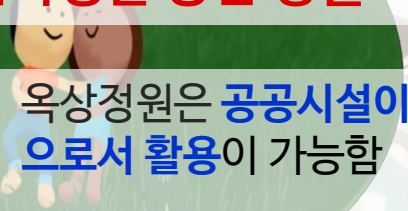
침수피해 감소 효과

- 옥상정원은 **강우 시 토양이 빗물을 흡수하여 보유함으로써 도로로 흘러드는 물의 양을 감소시켜 침수피해를 감소**시키는 효과를 가져옴
- 서울안전누리에서 제공한 구 단위 연간 침수피해 횟수 데이터를 기반으로, 침수피해 횟수를 효과의 수치를 정함
- 연간 침수피해 횟수가 많을수록 옥상정원에 의한 침수피해 감소 효과가 클 것이라 가정



문화생활 공간 창출 효과

- 옥상정원은 **공공시설이나 회사건물 등의 옥상에 설치되어 휴식 장소를 제공하고 문화 생활 공간으로서 활용**이 가능함
- 서울시 서베이 자료에서 문화생활 만족도 (1 ~ 5의 값, 5로 갈수록 만족도는 높음) 응답결과로 구 별 평균 수치를 계산
- 문화생활 만족도가 낮을수록 옥상정원에 의한 문화생활 공간 창출 효과가 클 것이라 가정

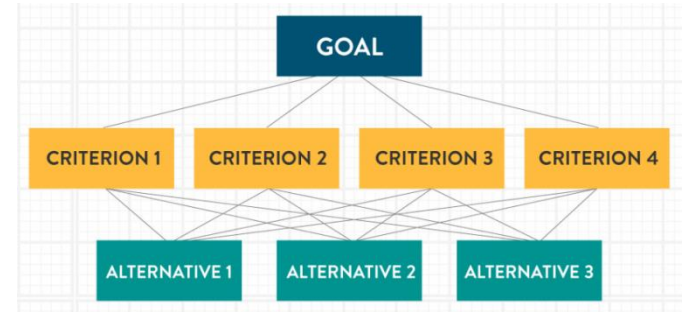


3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

AHP 설문 진행

- 옥상정원의 네 가지 효과에 대한 가중치를 설정하기 위해 **AHP 설문을 진행함**
- 산업공학분야 대학원, 서울 연구원, 경기도·경상남도·경상북도 산림환경연구원 소속의 교수 및 연구원 7명과 서울시에 거주하는 8명의 학생들을 대상으로 설문을 진행함



Analytic Hierarchy Process

AHP 설문 결과

	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04
Factor 01	1.000	1.024	2.945	0.322
Factor 02	0.977	1.000	1.729	0.357
Factor 03	0.340	0.578	1.000	0.227
Factor 04	3.103	2.802	4.410	1.000

Factor 01 : 냉·난방 비용 감소 효과

Factor 02 : 대기 질 개선 효과

Factor 03 : 침수피해 감소 효과

Factor 04 : 문화생활 공간 창출 효과

	Factor 01	Factor 02	Factor 03	Factor 04
Weight	0.207	0.181	0.094	0.518

Consistency Index : 0.056 < 0.1

Factor 04 : 문화생활 공간 창출 효과

▼

Factor 01 : 냉·난방 비용 감소 효과

▼

Factor 02 : 대기 질 개선 효과

▼

Factor 03 : 침수피해 감소 효과

3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.2 옥상정원 4가지 주 효과 관점

	구분	냉·난방 지수	대기질 지수	침수 지수	문화생활 지수	합계	순위
1	종로구	0.20	0.31	0.04	0.69	0.459	13
2	중구	0.59	0.21	0.33	0.40	0.397	20
3	용산구	0.35	0.39	0.41	0.69	0.537	6
4	성동구	0.00	0.64	0.92	0.44	0.433	14
5	광진구	0.31	0.83	0.00	0.36	0.401	19
6	동대문구	0.20	0.34	0.02	0.39	0.309	23
7	중랑구	0.84	0.89	0.00	0.18	0.429	16
8	성북구	0.35	0.29	0.00	0.69	0.430	15
9	강북구	0.39	0.44	0.02	0.63	0.487	11
10	도봉구	0.67	0.30	0.01	0.70	0.556	5
11	노원구	1.00	0.62	0.00	0.56	0.607	2
12	은평구	0.98	0.14	0.01	0.91	0.703	1
13	서대문구	0.47	0.48	0.40	0.54	0.501	8
14	마포구	0.27	0.50	1.00	0.50	0.498	10
15	양천구	0.35	0.24	0.54	0.00	0.166	25
16	강서구	0.27	0.63	0.00	0.75	0.557	4
17	구로구	0.22	0.46	0.73	0.42	0.417	17
18	금천구	0.22	0.00	0.00	1.00	0.564	3
19	영등포구	0.24	0.55	0.00	0.60	0.463	12
20	동작구	0.67	0.51	0.12	0.50	0.501	9
21	관악구	0.51	0.41	0.00	0.44	0.408	18
22	서초구	0.45	1.00	0.76	0.30	0.503	7
23	강남구	0.22	0.41	0.26	0.28	0.286	24
24	송파구	0.31	0.10	0.00	0.48	0.328	21
25	강동구	0.49	0.25	0.26	0.27	0.312	22
	weight	0.169	0.251	0.092	0.487		

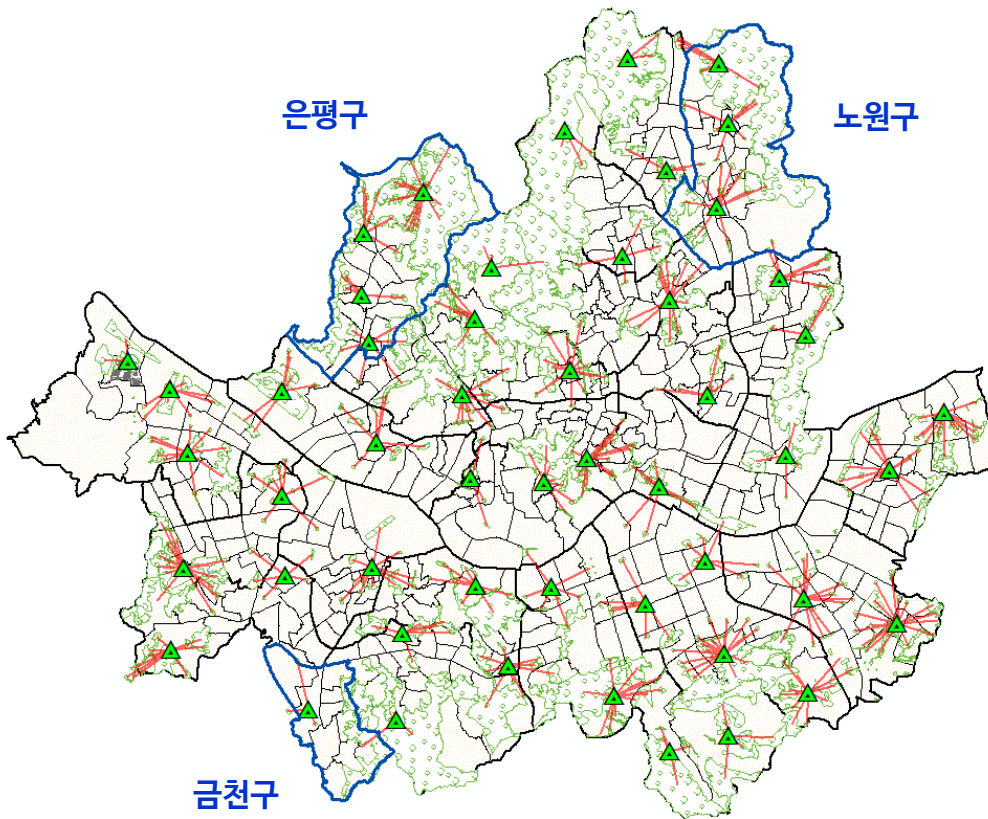
옥상정원의 주요 네 가지 효용 우수 서울시 구



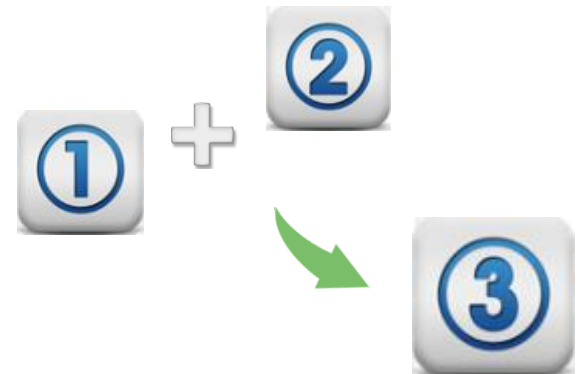
- 각 효과의 수치에 AHP를 통해 산출한 weight를 곱하고 구별로 합계를 구한 후 순위를 매김
- 상위 3순위 안에 은평구, 노원구, 금천구가 포함됨
- 은평구와 금천구의 경우 문화생활 만족도가 가장 낮은 축에 속하기 때문에, 가중치가 가장 큰 문화생활 공간 창출 효과의 영향을 많이 받아 3순위 안에 포함됨
- 반면 노원구는 여름철의 높은 기온, 겨울철의 낮은 기온으로 인해, 냉·난방 비용 감소효과의 영향을 많이 받아 3순위 안에 포함됨

3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.3 사회·경제적 편익 관점



- 사회·환경적 효과 분석을 통해 얻은 상위 3순위(은평구, 노원구, 금천구) 구 안에 각각, 은평구는 4개의 동, 노원구는 3개의 동, 금천구는 1개의동이 선정
- 이후, 1·2단계 종합결과 선정된 동 내부에서 **사회·경제적 효용과 비용을 고려한 건물단위 옥상정원의 입지를 선정** (3단계) 함



3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.3 사회·경제적 편익 관점

구분		금전적 가치(원/m2)	발생 횟수	생애주기 효용(원/m2)	
사회·경제적 효과	효용	교육 및 레저 공간 제공	7000~15000	연간	50000~108000
		심미적 효과	9400~49000	한번	9400~49000
		자산 가치 상승	205900~735000	한번	205900~735000
		세금 감소	0~54000	한번	0~54000
	비용	초기 시설물 구축 비용	187000~613000	한번	187000~613000
		유지관리 비용	800~15300	연간	5800~110000
		매립 비용	0.31~150	한번	0.31~150

- 옥상정원의 효용과 비용을 생애주기를 고려하여 경제적 가치로 환산한 선행연구 (Bianchinim과 Hewage, 2012)의 데이터를 바탕으로, **사회·경제적 관점에서 건물 단위로 효용과 비용을 모두 고려하여 옥상정원의 경제적 가치를 계산**
- 사회·경제적 관점에서의 효용과 비용 요소들 중 공간에 따라 차이가 있는 교육 및 레저 효과와 시설물 구축 비용은 건물단위로 값을 다르게 배분하고, 차이가 없다고 가정한 나머지 효과들은 경제적 가치 범위의 중간 값을 더해줌



3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.3 사회·경제적 편익 관점

교육 및 레저 효과의 경제적 가치 배분

- 건물의 용도 별로 옥상정원의 교육 및 레저 효과가 달라질 수 있기 때문에, 4개의 그룹으로 분류함.



그룹 1



그룹 2



그룹 3



그룹 4

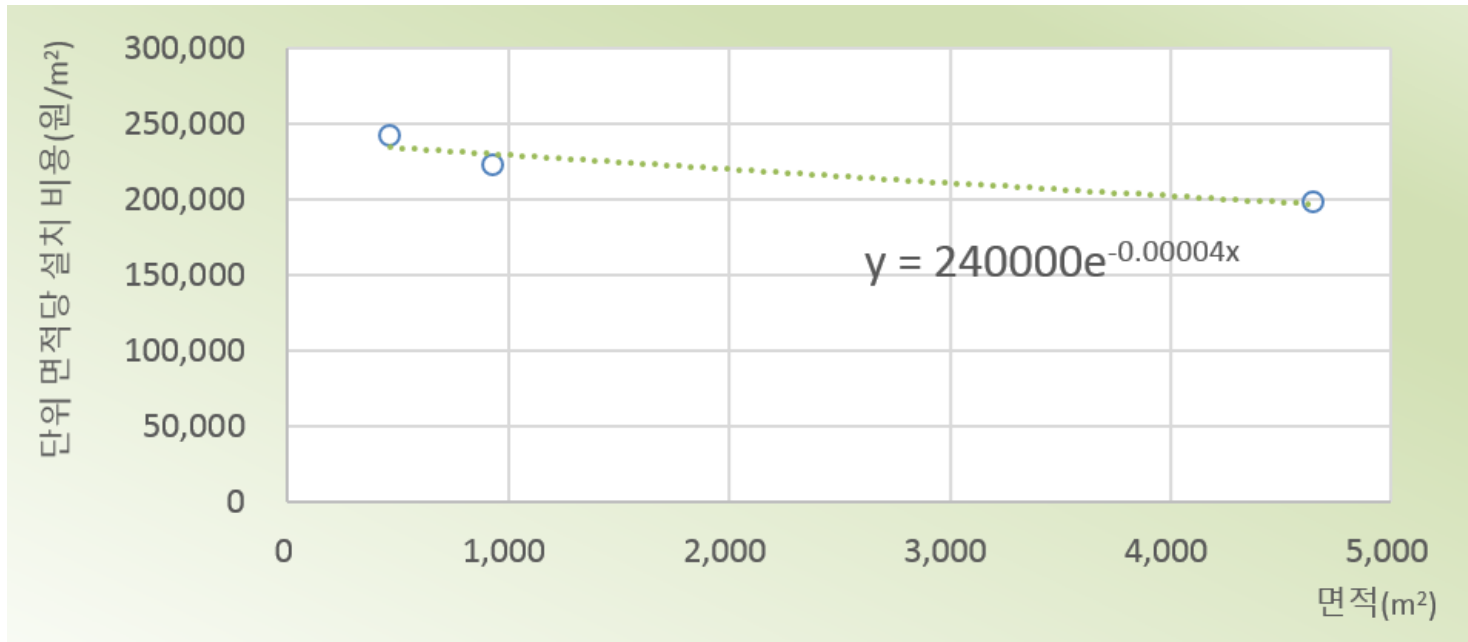
	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
효용	50,000원/m ²	69,333원/m ²	88,666원/m ²	108,000원/m ²
건물 유형	단독주택	다중/다가구/공동/연립/다세대주택, 아파트	복지시설, 마을공동시설, 마을공회당, 마을공동작업소, 공공시설, 동사무소, 공공도서관, 기타공공시설, 도서관, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설, 기타 교육연구 및 복지시설, 금융업소, 사무소, 기타 사무소, 백화점, 대형판매점, 대형점, 대규모 소매점, 의료시설, 종합병원, 연구소, 초등학교, 중학교, 고등학교, 청소년 수련원(관), 청소년 문화의 집, 기타 생활권 수련시설, 기타 자연권 수련시설	문화 및 집회시설, 박물관, 미술관, 과학관, 기념관, 식물원, 기타 동·식물원, 기타 문화 및 집회시설, 극장(영화관), 음악당, 연예장, 기타 공연장, 관광 휴게시설, 관광지 시설, 기타 관광 휴게시설
그룹 특징	접근 기회가 극히 제한적	개인주택보다 많은 사람들이 접근할 수 있음	그룹2보다 더 많은 사람들이 접근가능함 일부 연령에 제한적일 수 있음	모든 연령대의 사람들이 접근 가능 건물용도가 문화,예술 서비스 제공 혹은 교육적 목적을 가지고 있어 가장 큰 효용을 줄 수 있음

3. 입지 선정 모형 및 서울시 적용

3.3 사회·경제적 편익 관점

초기 설치 비용

- 옥상정원의 설치 규모가 클수록 단위 면적당 설치 비용은 줄어듦. 따라서 선행연구에서 제시한 혼합형(semi-intensive roof)의 단위면적 당 설치비용 데이터를 바탕으로 면적 대비 설치비용을 회귀모형을 통해 추정함.



- ARCGIS를 통해 건물별 옥상의 면적을 측정하고, 건물의 면적을 회귀식에 대입해 건물 별 초기 설치비용을 계산

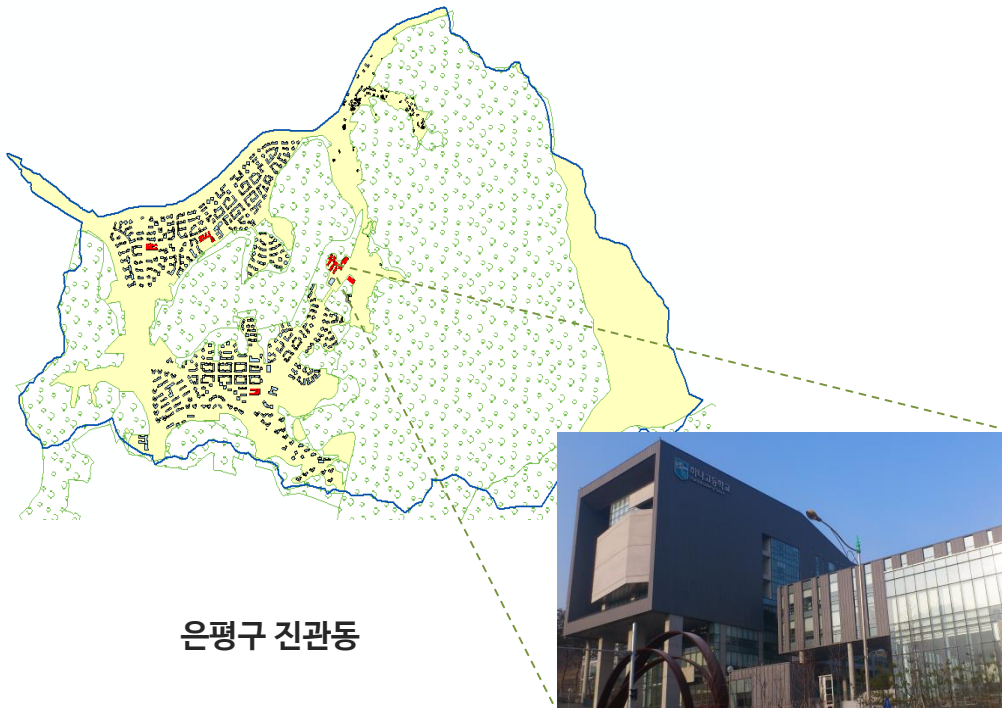


4. 결론 및 제언

건물 단위 최종 옥상정원 입지

- 모든 경제적 효용과 비용을 건물 단위별로 합산한 후, 동 별로 경제적 가치가 상위 5위 안에 드는 건물을 최종 옥상정원의 입지로 선정
- 선정된 건물의 유형은 **초·중·고의 교육시설이 23개 건물로 가장 많이 차지했고**, 그 뒤로 **사무소 6개, 종합병원 4개, 대형판매점 3개**, 그리고 **금융업소, 박물관, 기타 문화 및 집회시설**이 각각 1개 건물로 나타남

은평구



은평구 진관동

서울 하나고등학교



서울 응암초등학교

은평구 응암3동

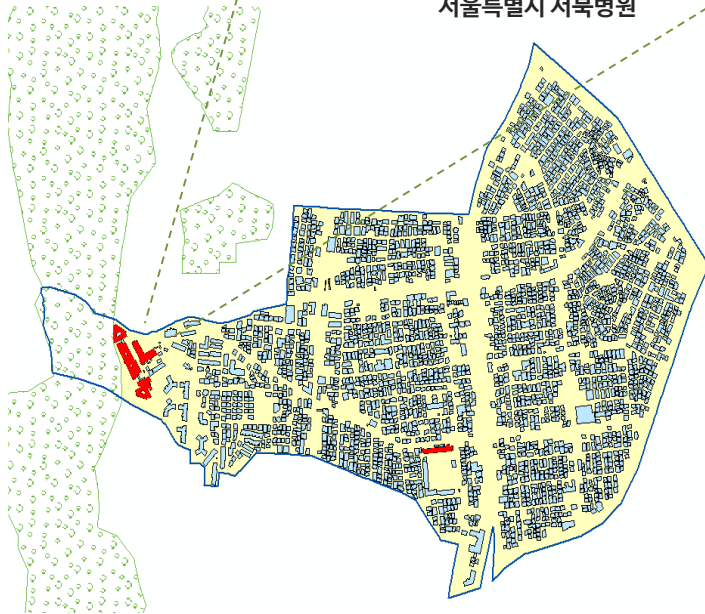
4. 결론 및 제언

건물 단위 최종 옥상정원 입지

은평구



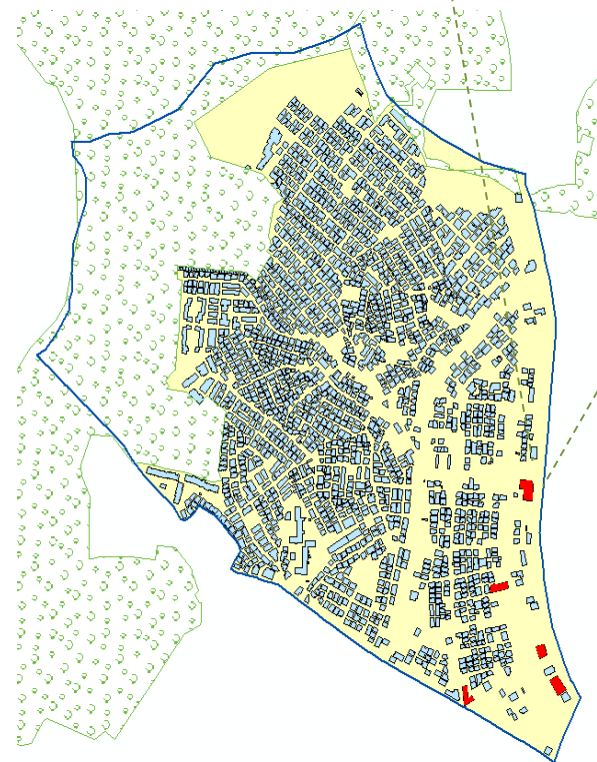
서울특별시 서북병원



은평구 역촌동



신한은행 갈현동점



은평구 갈현1동

4. 결론 및 제언

건물 단위 최종 옥상정원 입지

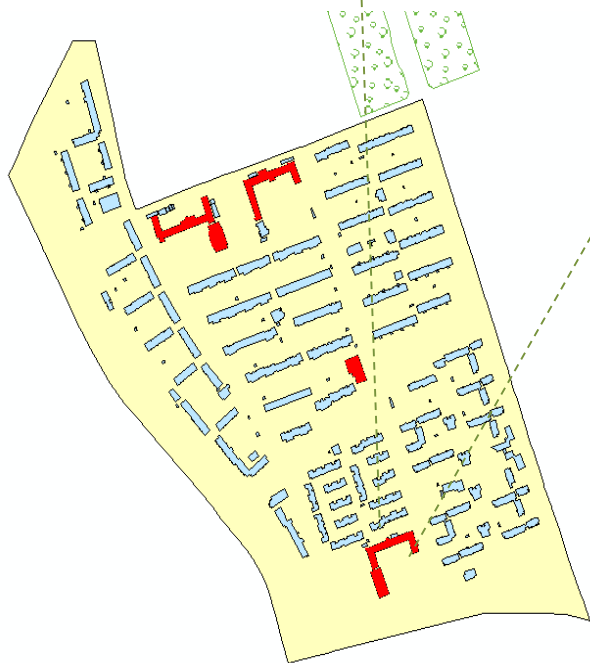
노원구



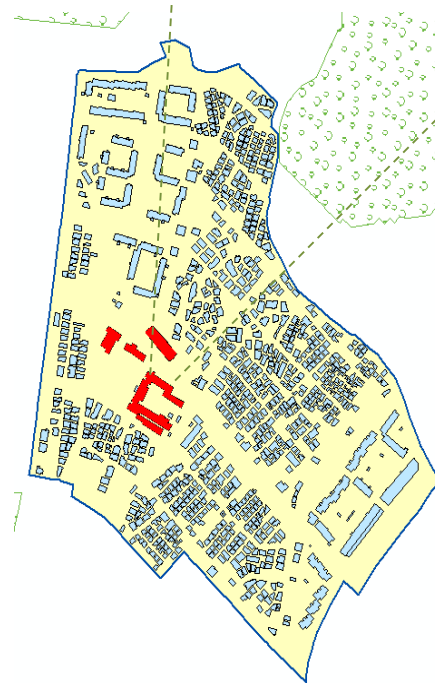
서울 중현초등학교



서울 계상초등학교



노원구 하계2동



노원구 상계5동

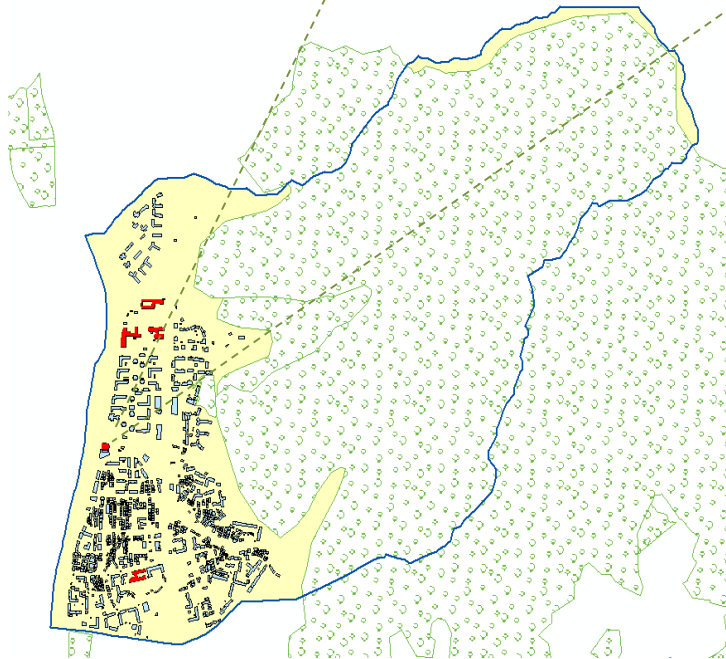
4. 결론 및 제언

건물 단위 최종 옥상정원 입지

노원구

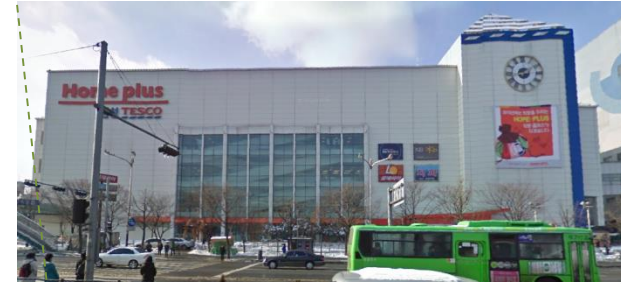


상계 문화정보도서관

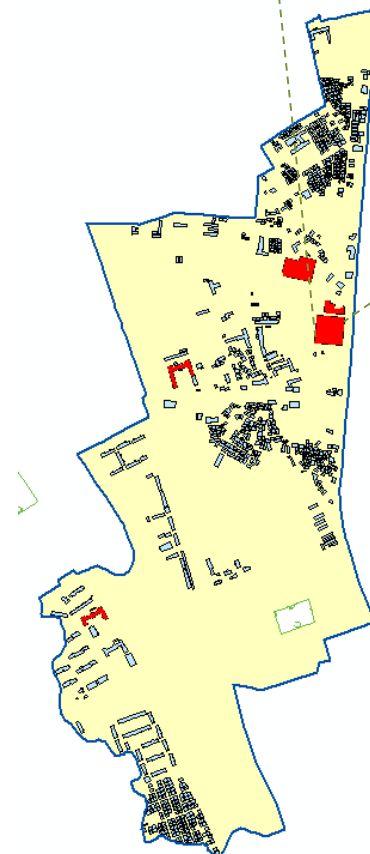


노원구 상계1동

금천구



홈플러스 독산점



금천구 독산1동

4. 결론 및 제언

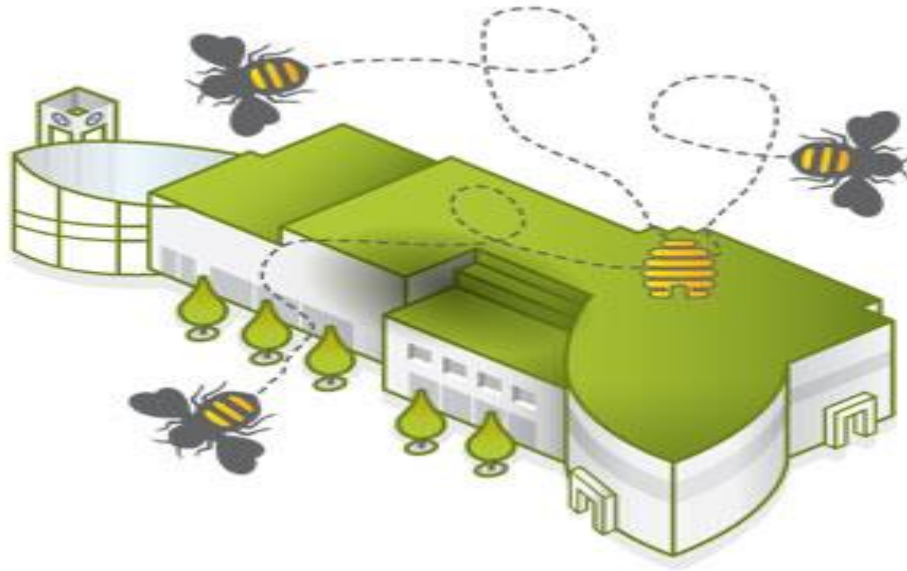
결론

- ✓ 벌과 사람에 대한 옥상정원의 효용을 함께 고려하였음.
- ✓ 구체적인 건물을 옥상정원 후보입지로 제안함으로써 정책에 **실용적인 결과를 제공함**.
- ✓ 옥상정원의 효과에 대한 연구에 비해 아직 미약한 옥상정원의 위치 선정 연구에 방향성을 제시하고 점진적 발전에 기여할 수 있음



4. 결론 및 제언

제언



- 본 연구에서는 꿀벌의 분포가 녹지에 분포되어 있다고 가정하고 연구를 진행하였지만, 실제 꿀벌의 분포에 대한 **비오톱 자료**가 있다면 실제 분포를 반영하면 좀 더 실질적인 결과를 얻을 수 있을 것이며 향후 **꿀벌의 생태 특성을 최적화 방법에 반영하여 모형을 발전** 시킬 예정임.
- 서울시 기온 데이터와 대기오염 농도 데이터는 현재 구 단위의 데이터를 통해 연구를 진행하였는데, 세부 지역 단위로 측정된 데이터를 얻을 수 있다면 옥상 정원의 효용을 소지역 단위로 산출할 수 있음.
- 옥상 정원 지원 공공 사업에서 예산 및 최대 옥상 정원 입지 수가 확정되면 Maximal Covering Location Problem이 아닌 **P-Median Problem** 해결 방법을 통해 **최적 입지를 선정할 수 있음.**



- Alp, O., Erkut, E., & Drezner, Z. (2003). An efficient genetic algorithm for the p-median problem. *Annals of Operations Research*, 122(1-4), 21-42.
- Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., & Vanoli, G. P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? . *Applied Energy*, 104, 845-859.
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: a lifecycle approach. *Building and Environment*, 58, 152-162.
- Bradbear, N. (2009). Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. *Non-wood Forest Products*, (19).
- Carreck, N., & Williams, I. (1998). The economic value of bees in the UK. *Bee World*, 79(3), 115-123.
- Cerimagic H. (1985): Beekeeping. Svjetlost, Sarajevo.
- Church, R., & Velle, C. R. (1974). The maximal covering location problem. *Papers in regional science*, 32(1), 101-118.
- Colla, S. R., Willis, E., & Packer, L. (2009). Can green roofs provide habitat for urban bees (Hymenoptera: Apidae)? . *Cities and the Environment (CATE)*, 2(1), 4.
- Delaplane, K. S., Mayer, D. R., & Mayer, D. F. (2000). Crop Pollination by Bees. Cabi.
- Kim, J., Hong, T., & Koo, C. W. (2012). Economic and environmental evaluation model for selecting the optimum design of green roof systems in elementary schools. *Environmental Science & Technology*, 46(15), 8475-8483.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Hansen, P., & Mladenović, N. (1997). Variable neighborhood search for the p-median. *Location Science*, 5(4), 207-226.
- Hennig, E. I., & Ghazoul, J. (2012). Pollinating animals in the urban environment. *Urban Ecosystems*, 15(1), 149-166.
- Kluser, S., & Peduzzi, P. (2007). Global pollinator decline: a literature review.
- MacIvor, J. S., & Lundholm, J. (2011). Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban Ecosystems*, 14(2), 225-241.
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? . *Landscape and Urban Planning*, 77(3), 217-226.
- Smith, H. K., Laporte, G., & Harper, P. R. (2009). Locational analysis: highlights of growth to maturity. *Journal of the Operational Research Society*, S140-S148.
- Toniello, R., Fant, J., Ascher, J., Ellis, K., & Larkin, D. (2011). A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 102-108.
- Uchida, T., & Kuwabara, M. (1951). The Homing Instinct of the Honey Bee, *Apis mellifica* (With 1 Text-figure). 北海道大學理學部紀要= JOURNAL OF THE FACULTY OF SCIENCE HOKKAIDO UNIVERSITY Series V I . *ZOOLOGY*, 10(2), 87-96.
- VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernandez, R. T., & Xiao, L. (2005). Green roof stormwater retention. *Journal of Environmental Quality*, 34(3), 1036-1044.
- Wong, N. H., Chen, Y., Ong, C. L., & Sia, A. (2003). Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment*, 38(2), 261-270.
- Yang, J., Yu, Q., & Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42(31), 7266-7273.
- Protecting the pollinators(2005). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Available from: <http://www.fao.org/ag/magazine/0512sp1.htm>

사용데이터

- 행정구역 경계, 통계청, 2013
- 도로명주소기본도, 행정자치부, 2014
- 기상자료, 기상청, 2013
- 대기오염 측정자료, 국립환경과학원, 2014
- 서울서베이 자료, 서울시(정보공개정책과), 2014
- 침수피해 자료, 서울안전누리, 2012 ~ 2013



본 연구는 2015 서울연구논문 공모전의 공공데이터를 제공받아 수행되었습니다. 자연과 사람의 지속 가능한 도심 생활을 위한 연구를 할 수 있도록 기회를 주신 서울시에 감사 드립니다.

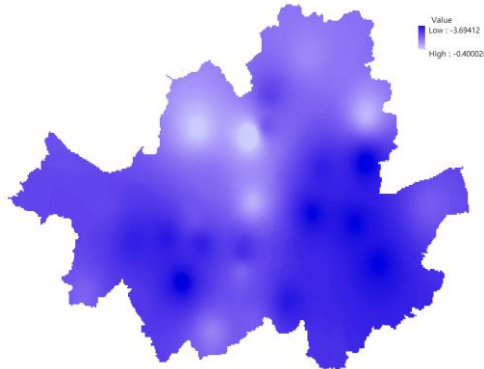
더불어 설문 조사에 적극 응답해주신 전라남도 산림자원 연구소 고여빈 연구사, 경기도 산림환경연구소 권건형 녹지연구사, 온실가스종합정보센터 김나예 연구원, 산림환경연구원 산지보전과 노현정 주사, 경기도 산림환경연구소 채정우 연구사, 서울연구원 송인주 부연구위원에게 감사 드립니다.

마지막으로 연구 전반에 걸쳐 관심을 가지고 조언을 아끼지 않으신 연세대학교 정보산업공학과 손소영 교수님에게 감사 드립니다.

냉·난방 비용 감소 효과



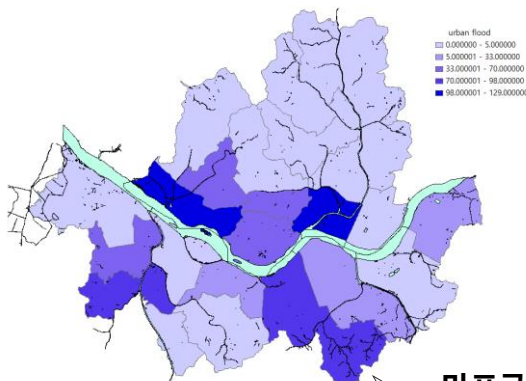
여름철(6~8월) 최고기온의 평균



겨울철(12~2월) 최저기온의 평균

➤ 여름철과 겨울철의 평균기온을 보면, 산과 같은 녹지에서 멀리 위치할수록 여름에는 최고기온이 더 높고, 겨울에는 최저기온이 더 낮게 측정된 것을 알 수 있음. 즉, 일반적으로 여름철에 최고기온이 높은 지역이 겨울철에 최저기온이 더 낮게 나타나는 것을 알 수 있음

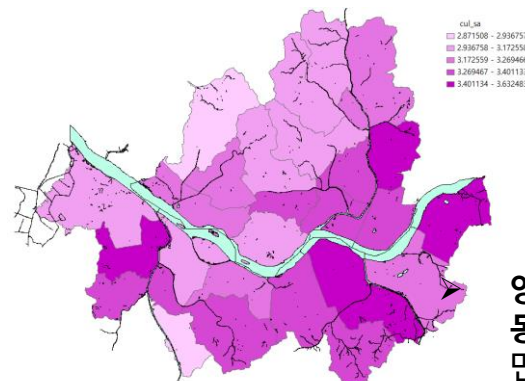
침수피해 감소 효과



구별 침수피해 정도

➤ 마포구, 성동구, 서초구, 구로구는 상대적으로 침수피해 빈도가 높은 것을 알 수 있음

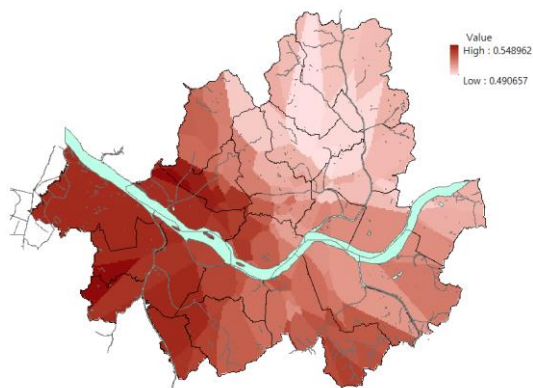
문화생활 공간 창출 효과



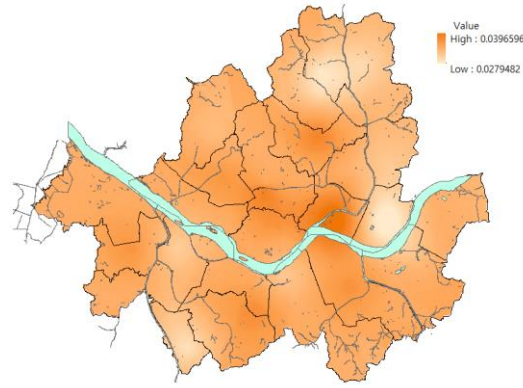
구별 문화생활 만족도

➤ 양천구, 강남구, 중랑구, 강동구는 상대적으로 문화생활 만족도가 높은 반면, 금천구, 은평구, 강서구는 낮은 것을 알 수 있음

대기 질 개선 효과



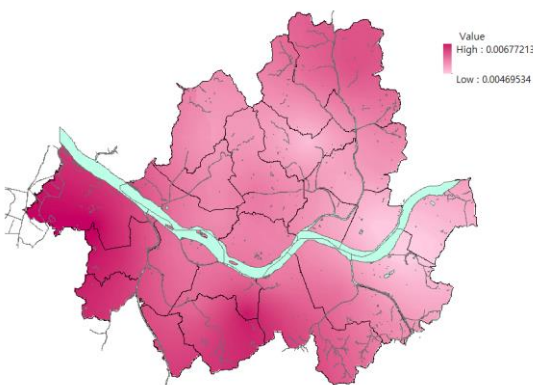
CO의 연간 평균 오염농도



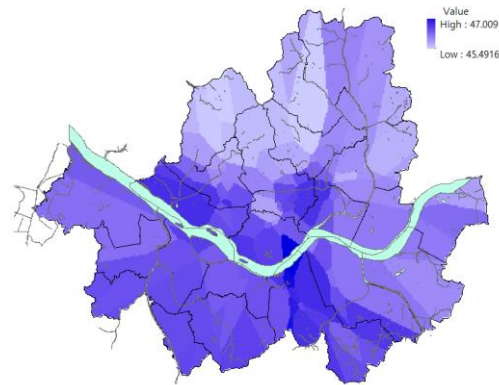
NO₂의 연간 평균 오염농도



O₃의 연간 평균 오염농도



SO₂의 연간 평균 오염농도



PM10의 연간 평균 오염농도

- 각 오염물질의 발생원이 다르기 때문에 **지역별로 큰 패턴이 없는 것**을 알 수 있음



감사합니다.