

물순환 도시 서울을 위해



-빅데이터를 기반으로 한 빗물마을의 최적 입지선정-

| 워터보이 |

김건우
박종규
홍진영

목차

1. 분석배경

- 불투수 면적 현황
- 불투수 면적으로 인한 문제
- 불투수 면적 감소 및 물 순환 방안
- 빗물마을 도입의 효과
- 서울시 현황

2. 분석과정

- 불투수 면적률과 지표면 온도 상관관계 분석
- 불투수 면적률과 침수피해액 상관관계 분석
- 불투수 면적과 수질 상관관계 분석
- 불투수면적의 연관성
- 데이터 분석 절차
- 지표면온도 데이터 분석
- 침수피해 데이터 분석
- 수질 데이터 분석

3. 분석결과

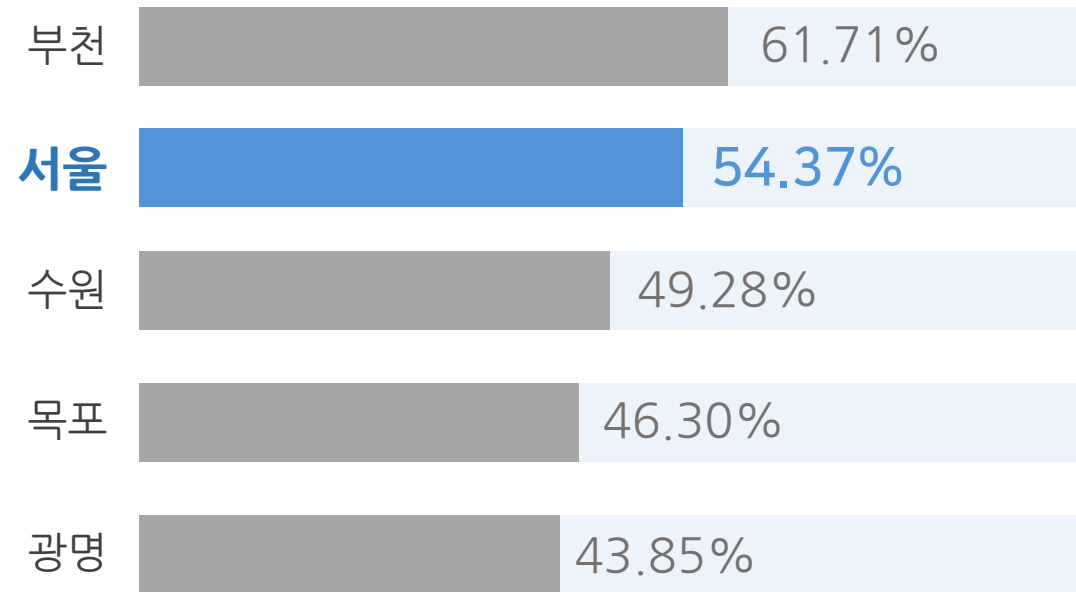
- 최적 행정구 입지 선정

4. 결론

- 시사점
- 한계점 및 개선사항

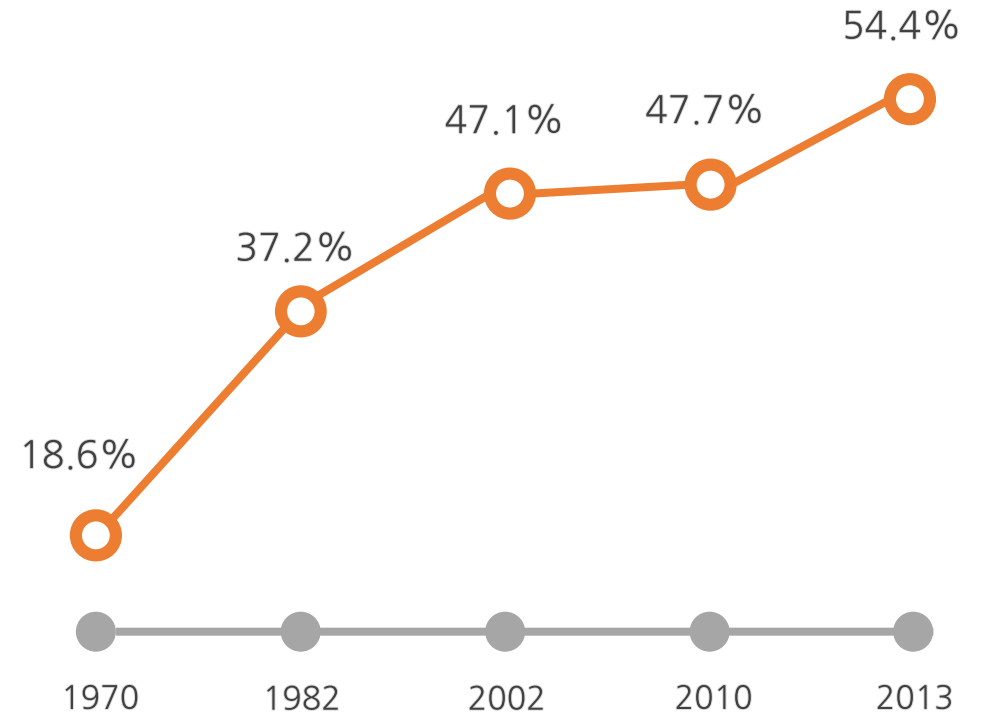
불투수 면적 현황

불투수 면적률 10개 中 상위 5개 지자체



출처 : 환경부

서울의 불투수 면적 증가율



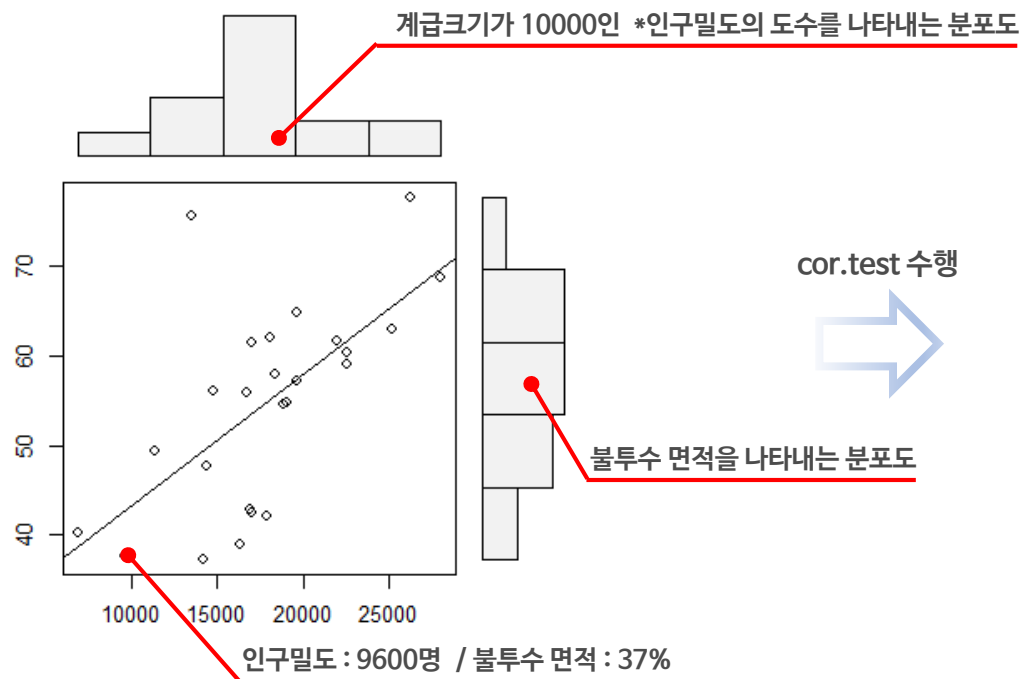
출처 : 환경부

* 불투수 면적 : 아스팔트 등으로 덮여 빗물이 침투하지 못하는 토지 등의 면적

불투수 면적으로 인한 문제

인구밀도와 불투수 면적을 상관관계 분석

<인구밀도와 불투수 면적을 상관관계>



cor.test 수행

```
> cor.test(x,y)

Pearson's product-moment correlation

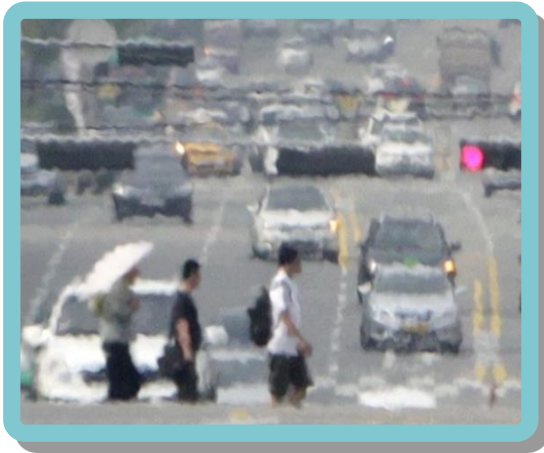
data: x and y
t = 3.9443, df = 23, p-value = 0.0006459
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.3205305 0.8236202
sample estimates:
      cor 
0.635211
```

* 인구밀도: 행정구역 면적당 인구수

- 상관계수: 0.635
- 유의수준 0.05 이내의 강한 양의 상관관계
- 인구밀도가 높을수록 불투수 면적률이 높아진다.

불투수 면적으로 인한 문제

불투수 면적 증가로 인한 물 순환 파괴



① 대기기온조절 상실

콘크리트와 아스팔트 포장재질은
열섬현상의 원인



② 집중호우 시 도심 침수피해 가중

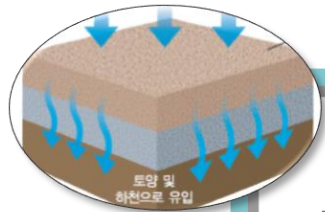
흡수되지 않은 빗물이 모여
집중호우 피해 가중



③ 수질오염

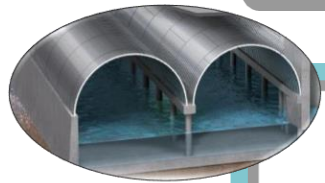
오염부하량 증가로
부영양화 등 수질오염 심화

불투수 면적 감소 및 물 순환 해결방안



투과 도로

비를 토양에 침투
오염물질을 저감
수질오염개선



빗물 저류조

빗물 일정기간 보관
침수피해 감소
가뭄 대비 비상용수



출처: 환경부

옥상 정원

옥상에서 비를 차집
열섬 해소에 효과



빗물 저금통

집수된 물을 재사용
상수도 사용량 절감



녹색 주차장

잔디를 설치
빗물의 침투를 도움

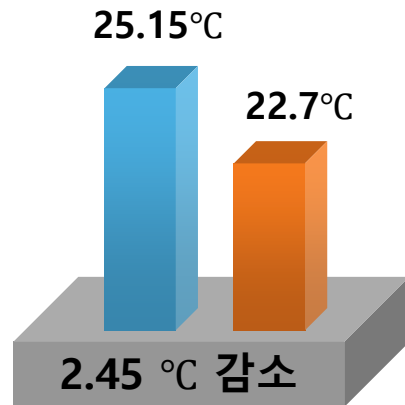


빗물 마을

버려지는 빗물을 자원으로 재활용하고 땅속으로 스며들게 하는 친환경 물 순환 마을
즉, 불투수 면적을 줄여 물 순환을 도와주는 마을이다.

빗물마을 도입의 효과

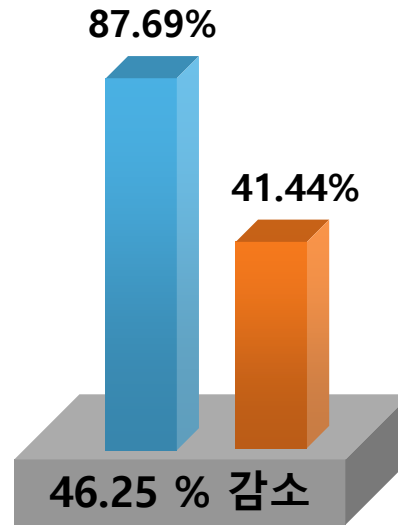
옥상정원의 기온저감 효과



중랑구 면적대비 8.24%의 옥상정원 조성 시

김희주, 중규모 기상모델을 활용한 서울시 옥상녹화의 기온저감 효과 분석, 2018

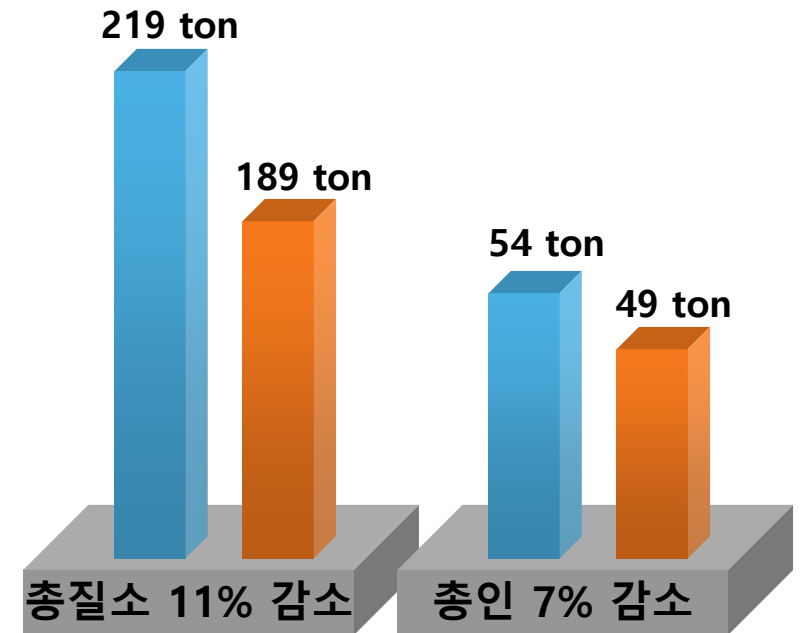
빗물이용시설 도입에 따른 유출률의 변화



분산형 빗물이용시설 103,107 m² 도입시

윤재봉, 폭우재해 완화를 위한 녹색도시 계획요소의 우수유출 저감효과, 2013

투수성포장적용 시 수질오염부하



2012년, 유등천 유역 주거지역 10% 불투수면적 감소 시
박형석, 불투수면 저감기법의 유출량 및 오염부하량 저감 효과, 2015

* 유출률: 강수량에 대하여 하천의 하구에서 물이 유출되는 비율로 높을수록 홍수 가능성이 높다.

서울시 현황

서울특별시 빗물마을 현황

‘침수·건조화 없는 도시 만들기’

- ‘16.06.21~ ‘18.02.09 : ‘빗물마을 사업 대상지 선정(인수, 장위, 불광/ 시흥, 제기, 신월/ 송정, 전농, 우이, 독산) 총 10개의 빗물마을’
- 빗물마을 대상지는 자치구 및 주민 공모와 신청을 통해 선정.

- 서울특별시 내 빗물마을 도입 시 가장 효과를 볼 수 있는 지역을 선정하는 거시적 정책 방향이 필요

- 마을의 신청을 받아 선정하던 빗물마을에서 벗어나, 데이터에 기반하여 최적의 입지를 선정하는 ‘찾아가는 빗물마을’ 방식으로의 접근이 요구됨

서울특별시 물 순환 회복 기본조례

[서울특별시조례 제5617호, 2014.1.9., 전부개정]

제4장 빗물관리의 촉진 및 지원

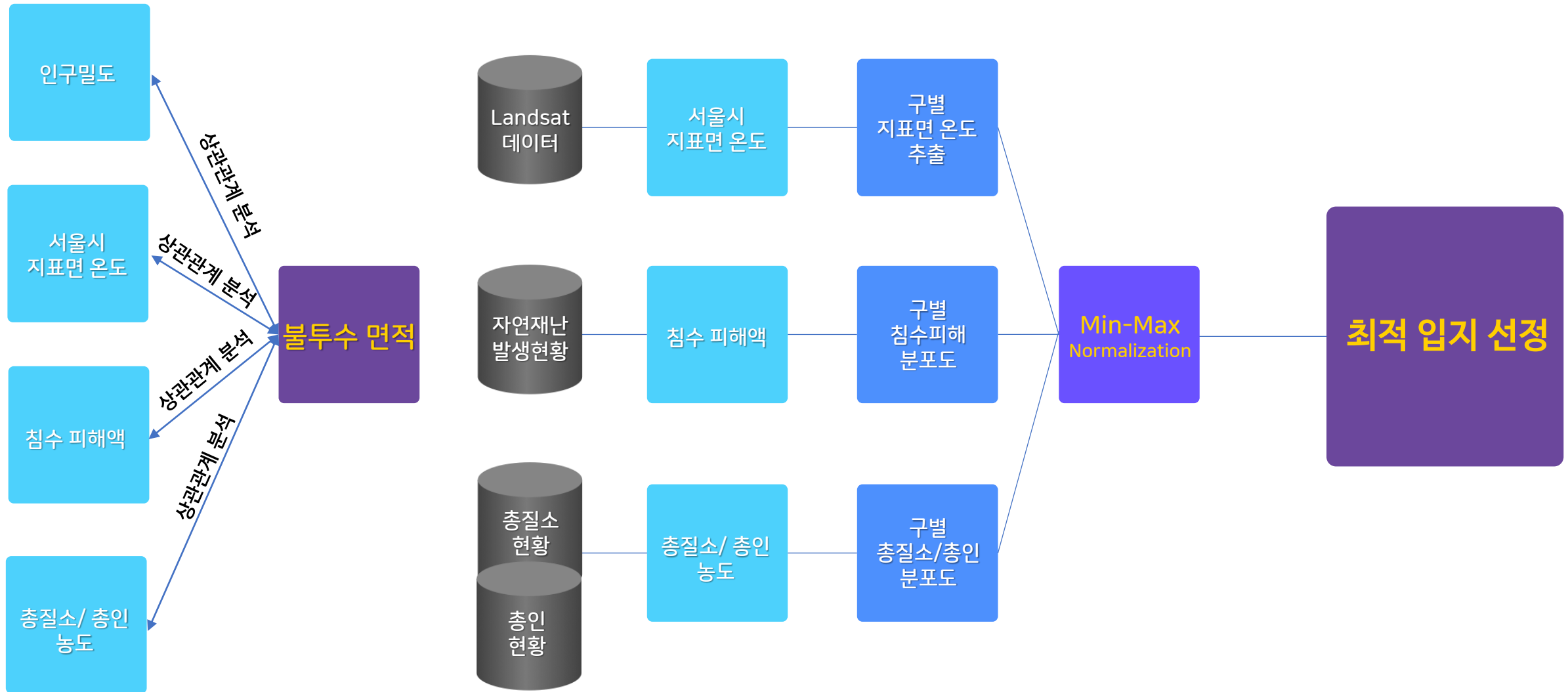
제15조(지하수의 함양) 시장은 지하수 함양을 통한 환경보전 등을 위하여 빗물침투를 통한 지하수 함양이 효율적인 지역을 선정하여 지하수 함양 촉진을 위한 시책을 우선적으로 추진 할 수 있다.

제5장 물의 재이용 촉진 및 지원

제17조(물의 재이용 촉진) 시장은 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조의 빗물이용시설 등 물 재이용시설을 확대 보급하여 물의 재이용을 촉진하여야 한다.

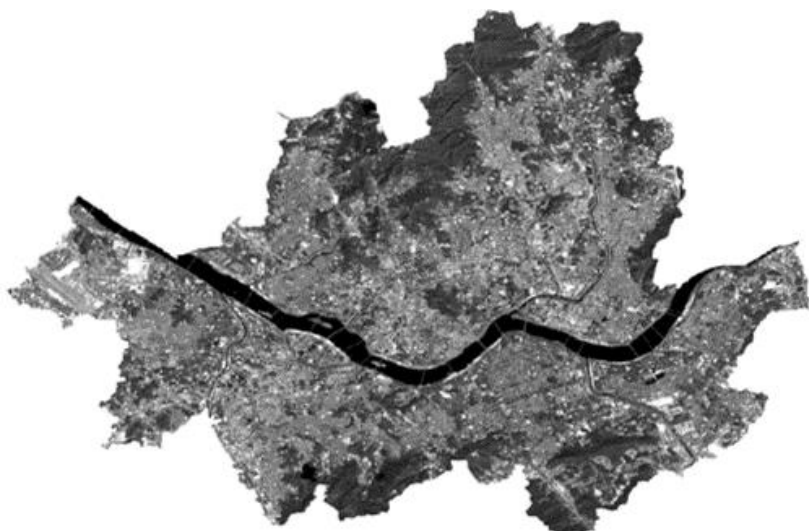
- 물순환 : 하천의 물이 증발하여 빗물로 내려 지하수나 하천에 흘러 사람들에게 이용되고, 다시 바다로 돌아오는 자연계 물의 순환과 상수도나 하수도 등의 급배수 시설의 영향에 따라 발생하는 인공계 물의 순환을 포함한 물의 순환계를 말한다.

데이터 분석 절차

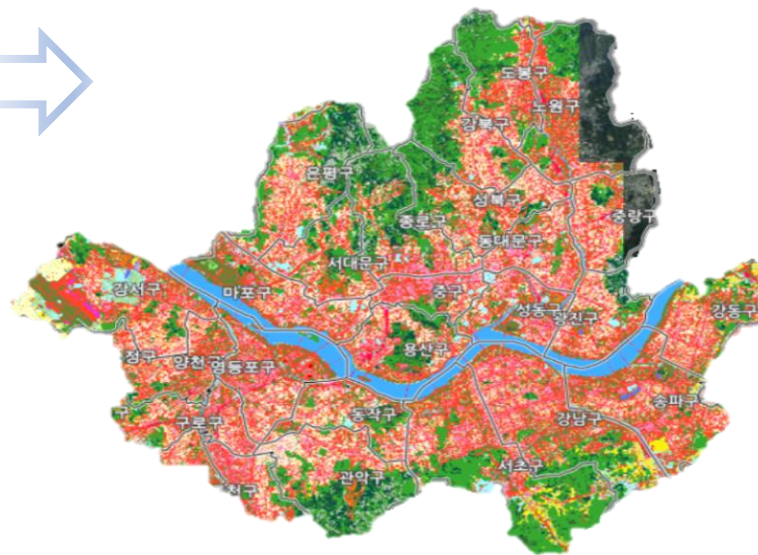
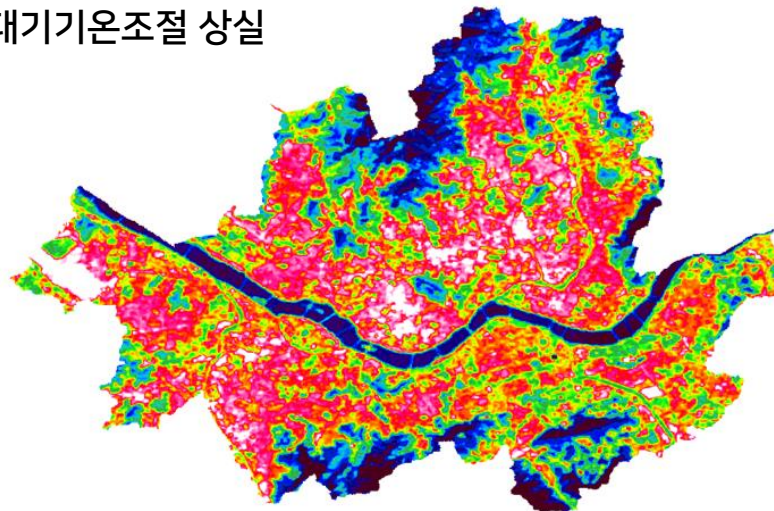


불투수 면적으로 인한 문제점 ①

불투수 면적률과 지표면 온도 상관관계 분석 - 대기기온조절 상실



〈서울특별시 위성 지도〉



〈서울특별시 지표면 온도〉

Landsat 8 위성자료의 열적외밴드를 이용한 지표면온도 산출
구름 양이 10% 이하인 18/02/05 기상관측 자료 사용
위성으로 측정된 밝기온도를 QGIS SCP플러그인을 통해 섭씨온도로 변환

플러그인에 사용한 최종 알고리즘

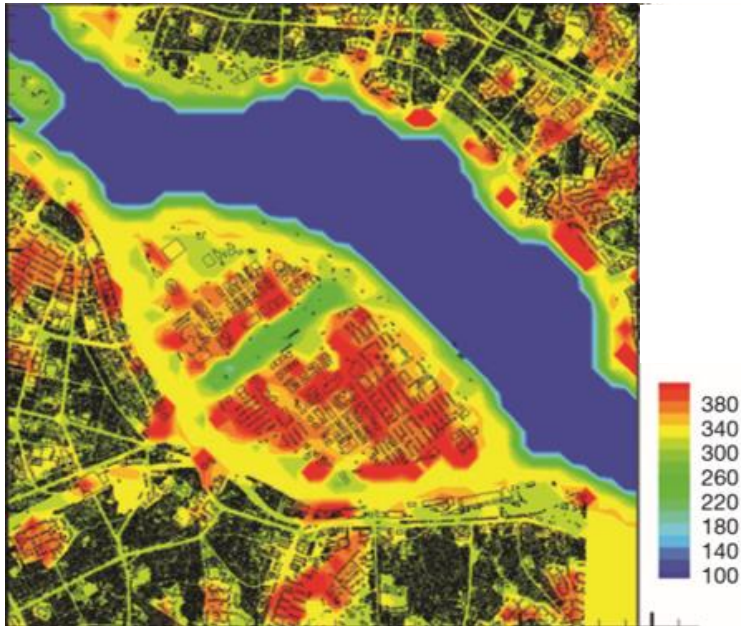
$$(1287.71/\text{LN}(666.09/(((12.65-3.2)/(255-1))) \\ *(\text{FLOAT}([B6]-1)+3.2)+1))-273.15$$

〈서울특별시 토지피복도〉

인공위성이 촬영한 영상을 이용하여 지표면의 상태를 표현한 지도
숲, 초지, 콘크리트 포장과 같은 지표면의 물리적 상황을 분류

불투수 면적으로 인한 문제점 ①

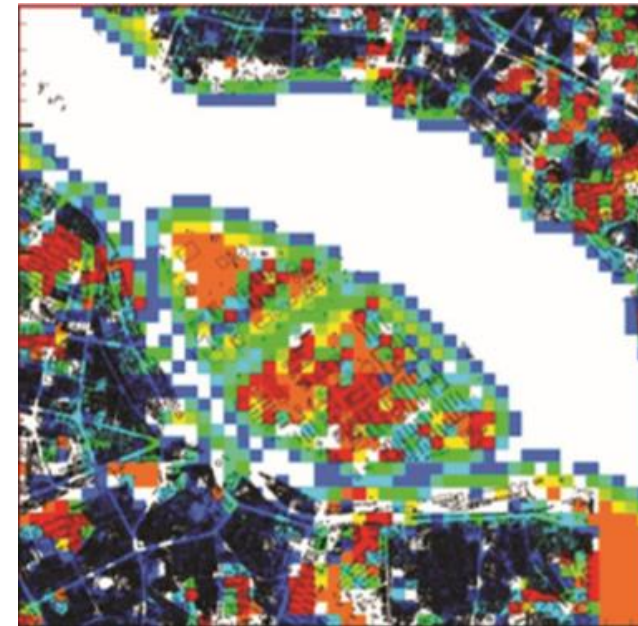
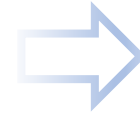
불투수 면적률과 지표면 온도 상관관계 분석 - 대기기온조절 상실



〈여의도 지표면 온도〉

- 〈서울특별시 지표면 온도〉中 여의도 부분만 추출

래스터 데이터 모델링

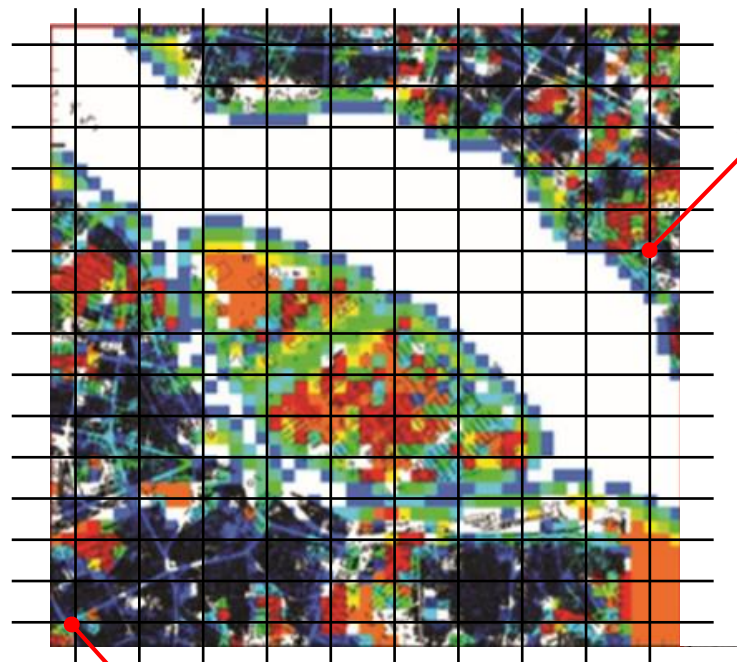


〈래스터 데이터 모델〉

- 규칙적으로 배열된 정사각형의 셀(cell)로 공간 객체를 표현

불투수 면적으로 인한 문제점 ①

불투수 면적률과 지표면 온도 상관관계 분석 - 대기기온조절 상실



불투수면적 : 12% / 지표면온도 : 17.4도

59개의 좌표 데이터 추출

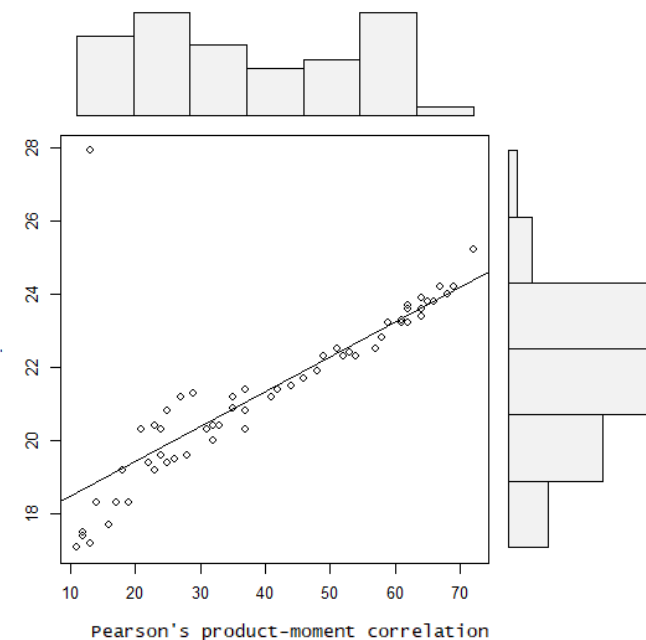


불투수면적률 : 67% / 지표면온도 : 24.2도

〈여의도 레스터 모델 온도 데이터〉

- 59개 좌표의 불투수면적과 지표면온도 추출

〈불투수 면적률과 지표면 온도 상관관계〉



```
data: data$불투수면적 and data$지표면온도
t = 10.079, df = 57, p-value = 2.816e-14
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6845897 0.8767460
sample estimates:
cor
0.8003599
```

- 상관계수 : 0.800
- 유의수준 0.05 이내의 매우 강한 양의 상관관계
- 불투수 면적이 높을수록 지표면 온도가 높아지는 상호연관성 존재

불투수 면적으로 인한 문제점 ②

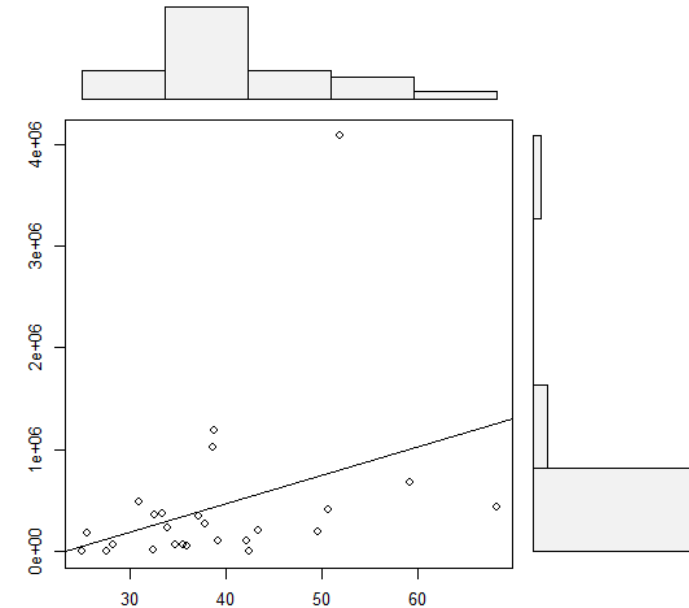
불투수 면적률과 침수피해액 상관관계 분석 - 침수피해 가중

행정구역	2010	2011	2012	2013	2014	평균
강남구	313,800	1,823,141	31,800	20,400	6,000	439,028
강동구	887,135	795,000	20,400	0	0	340,507
강북구	133,800	158,804	0	0	0	58,521
강서구	1,629,527	403,200	25,328	858	0	411,783
관악구	3,053,506	2,889,788	0	0	0	1,188,659
광진구	1,144,948	0	0	0	0	228,990
구로구	1,060,800	202,800	56,400	0	0	264,000
금천구	376,800	541,800	0	0	0	183,720
노원구	0	6,600	0	8,829	0	3,086
도봉구	0	3,600	0	600	0	840
동대문구	35,400	194,400	0	600	0	46,080
동작구	819,000	1,050,800	4,800	0	0	374,920
마포구	337,800	147,000	47,400	0	0	106,440
서대문구	1,641,840	189,000	9,600	603,000	0	488,688
서초구	2,961,826	17,158,930	22,800	255,321	0	4,079,775
성동구	200,306	46,200	55,600	0	30,000	66,421
성북구	33,000	992,809	0	0	0	205,162
송파구	491,230	2,865,216	0	0	0	671,289
양천구	4,417,960	652,000	40,200	0	0	1,022,032
영등포구	749,400	181,200	0	0	0	186,120
용산구	1,368,830	395,028	19,200	15,000	600	359,732
은평구	247,800	279,000	0	600	0	105,480
종로구	54,370	37,800	0	0	0	18,434
중구	15,000	1,800	10,200	0	0	5,400
중랑구	163,800	125,969	0	0	0	57,954

〈2010~2014년 평균 침수피해액, 단위: 천원〉

- 풍수해가 집중된 2010~2014년 5개년 선정
- 2015년 자연재난으로 인한 발생 재해 無

〈불투수 면적률과 침수피해액 상관관계〉



Pearson's product-moment correlation

```
data: v1 and v2
t = 1.8168, df = 23, p-value = 0.0823
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.04751966 0.65737449
sample estimates:
cor
0.3542631
```

- 상관계수: 0.354
- 유의수준 0.1이내의 약한 양의 상관관계
- 불투수 면적이 침수피해를 가중하는데 어느 정도의 상호연관성이 있다.

불투수 면적으로 인한 문제점 ③

불투수 면적률과 수질 상관관계 분석 - 수질오염

하천수 수질환경기준 항목

수질 기준	수소이온농도 (pH)	용존산소량 (DO,mg/ℓ)	생물화학적 산소요구량 (BOD,mg/ℓ)	화학적 산소요구량 (COD,mg/ℓ)	부유물질량 (SS,mg/ℓ)	대장균군수 (MPN/100ml)	총질소 (T-N,mg/ℓ)	총인 (T-P,mg/ℓ)
-------	----------------	--------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------	----------------------	-------------------	------------------

출처: 환경부

하천 유역 23개 지점 수질 및 불투수면적

하천	경안천2	경안천3	경안천4	경안천5	경안천6	탄천	조종천	중랑천
불투수 면적	12.55%	14.02%	14.32%	12.50%	11.33%	...	...	...
Ph	8.100	7.825	7.900	8.116	8.341	...	...	...
DO	11.816	10.625	11.533	10.958	11.258	...	...	...
BOD	2.458	3.875	3.000	1.991	2.375	...	...	...

출처: 물환경정보시스템

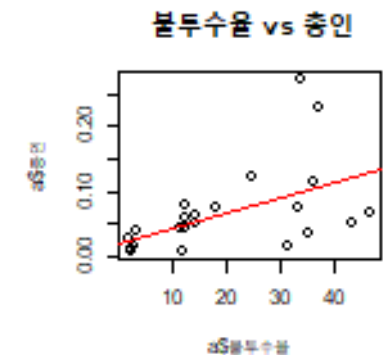
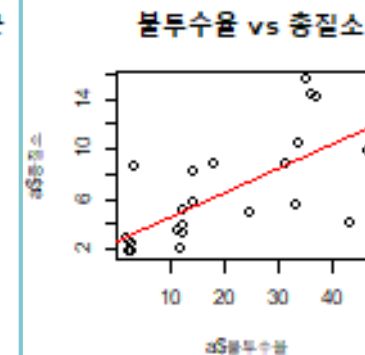
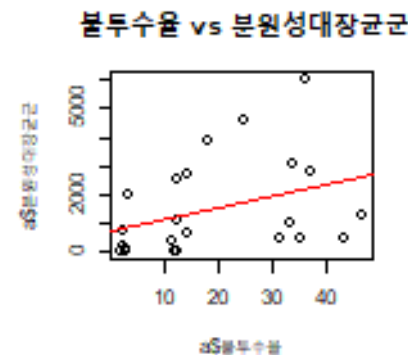
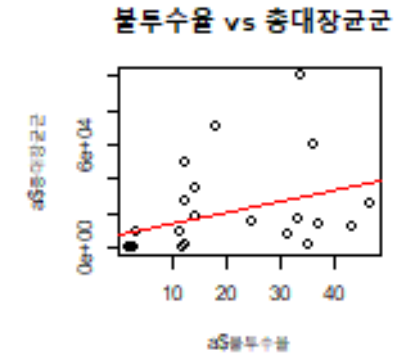
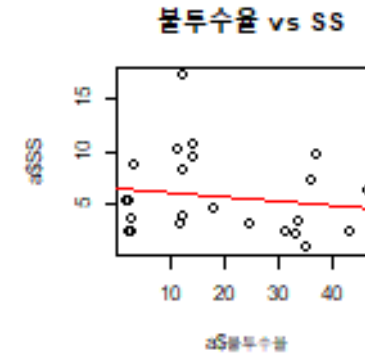
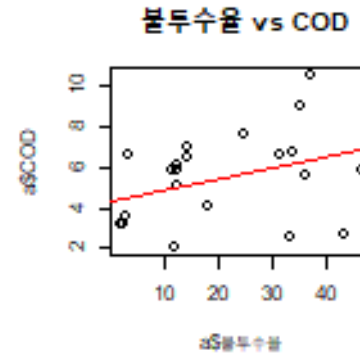
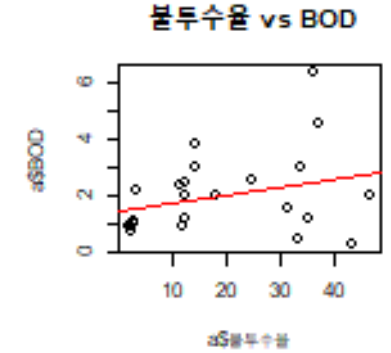
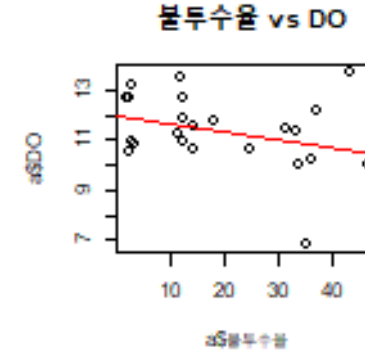
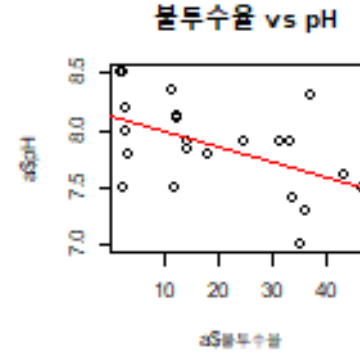
이하생략

```
> summary(lm(불투수율~pH+DO+BOD+COD+SS+총대장균군+분원성대장균군+총질소+총인))
```

Residual standard error: 11.25 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6528, Adjusted R-squared: 0.4125
F-statistic: 2.716 on 9 and 13 DF, p-value: 0.04988

- 9가지 수질환경기준 항목으로 회귀분석 실시
- R^2 (결정계수) : 0.6528
- 회귀분석으로 얻어진 표본 회귀선이 표본 자료를 65.28%로 설명
- 그래프 상 양의 상관관계를 보이는 총질소, 총인의 cor.test 필요

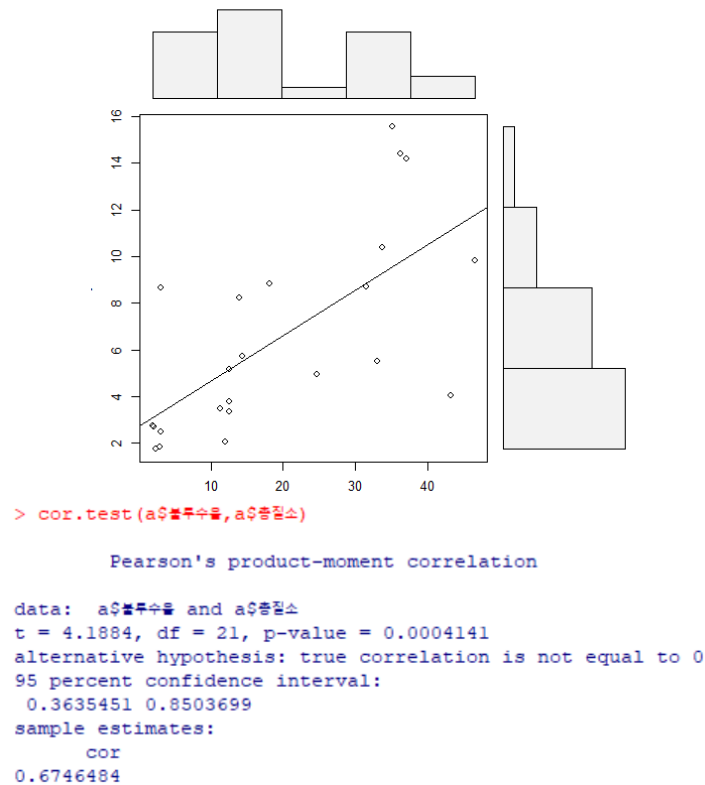
1. 분석배경 2. 분석과정 3. 분석결과 4. 결론



불투수 면적으로 인한 문제점 ③

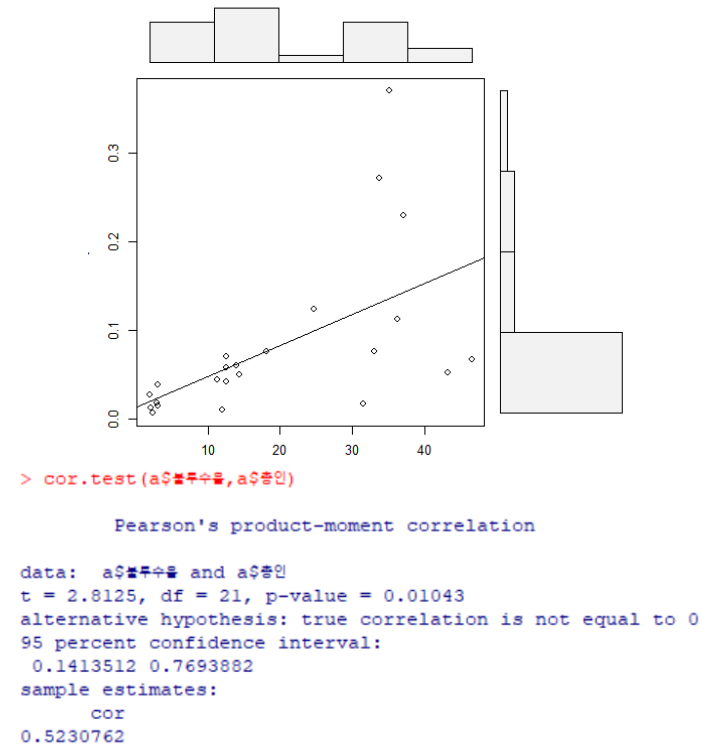
불투수 면적과 수질 상관관계 분석 - 수질오염

〈불투수 면적률과 총질소 상관관계〉



- 유의수준 0.05이내의 강한 양의 상관관계 -

〈불투수 면적률과 총인 상관관계〉



- 유의수준 0.05이내의 강한 양의 상관관계 -

부영양화 현상과 플랑크톤의 이상 발생의 가장 중요한 원인으로 알려진 총질소와 총인이 불투수 면적이 높을수록 증가한다.

불투수 면적의 연관성

대기온도에 관한 다중회귀분석 결과

독립변수	회귀계수
Intercept	25.61
온도(°C)	-
평균고도(m)	-
교통시설지(m ²)	-
녹지면적(m ²)	-0.000163**
불투수면적(m²)	4.58 × 10⁻⁶***
자동차등록대수(대/m ²)	-
도로총연장(m)	-
건물연면적(m ²)	-
F = 32.05 R ² = 0.7904	

김학열, 도시환경인자에 따른 대기온도 변화 연구 - 서울시를 대상으로, 2003
(* : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%)

2011년 7월 침수피해에 대한 회귀분석 결과

독립변수	회귀계수
Intercept	-2.786**
강우	시간당 최대강우량(mm) 0.041**
지형	하천 하상고 이하 지역 비율(%) 0.017**
	하천 계획홍수위 이하 지역 비율(%)
	경사 2% 미만 지역 비율(%) 0.005
피복	불투수 토지피복 비율(%) 0.008*
용도	상업업무지역 비율(%) 0.020*
	공공시설지역 비율(%) -0.021
분구 수	분구 수 239
모형 적합도	F = 15.28 R ² = 0.283

서울시정개발연구원, 토지이용특성과 침수피해지역 간의 관계 연구, 2011
(* : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%)

유역별 하천수질에 영향을 미치는 인자분석

구분	회귀계수
총질소	Intercept -25.889***
	인구밀도 0.187
	하수처리량 -0.506***
	임야의 면적 비율 2.784***
	유역의 면적 4.027***
	불투수 토지피복 비율(%) 6.378***
	모형 적합도 R ² = 0.99
구분	회귀계수
총인	Intercept -1.219***
	인구밀도 -0.068***
	하수처리량 -0.026***
	임야의 면적 비율 -0.066***
	유역의 면적 0.311***
	불투수 토지피복 비율(%) 0.619***
	모형 적합도 R ² = 0.77

장수환, 불투수 지표면 비율 증가와 하천수질농도 상승의 연관성에 대한 사례 연구, 2005
(* : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%)

불투수 면적이 대기온도 / 침수피해 / 하천수질에 영향을 미치는 인자이다.

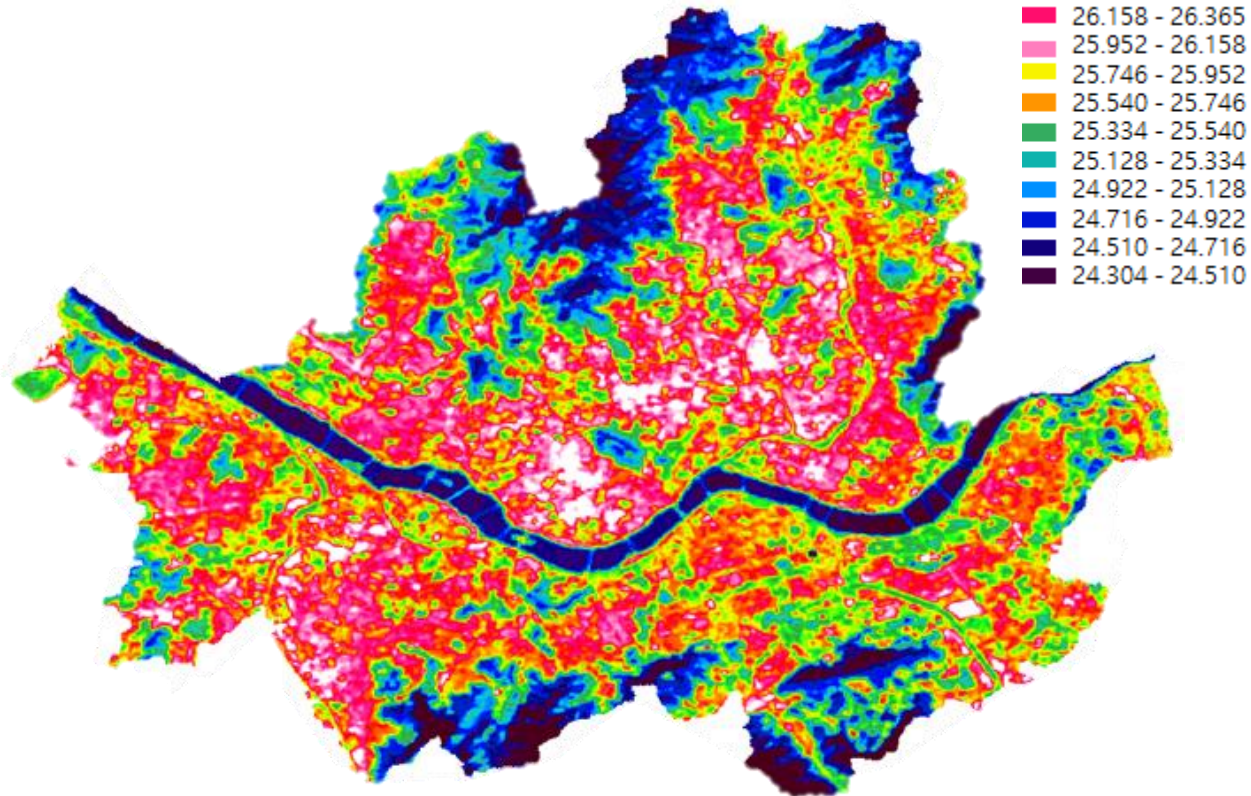


높은 불투수 면적률로 인하여 자연스러운 물 순환 구조가 파괴
건강한 도시 물 순환 체계를 구축하기 위한 빗물마을 필요

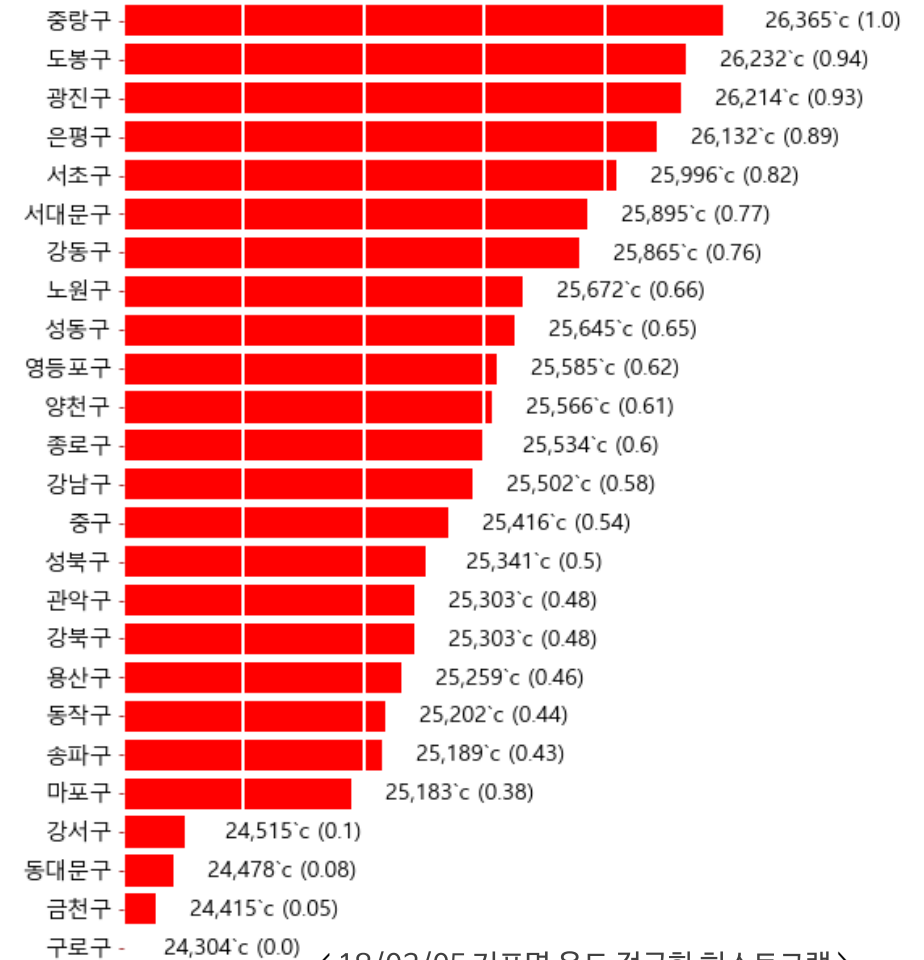


“기온 분포, 침수 피해, 수질 오염 현황의 데이터를 활용하여
서울특별시 내 빗물마을 도입 시 가장 효과를 볼 수 있는 지역을 선정”

지표면 온도 데이터 분석



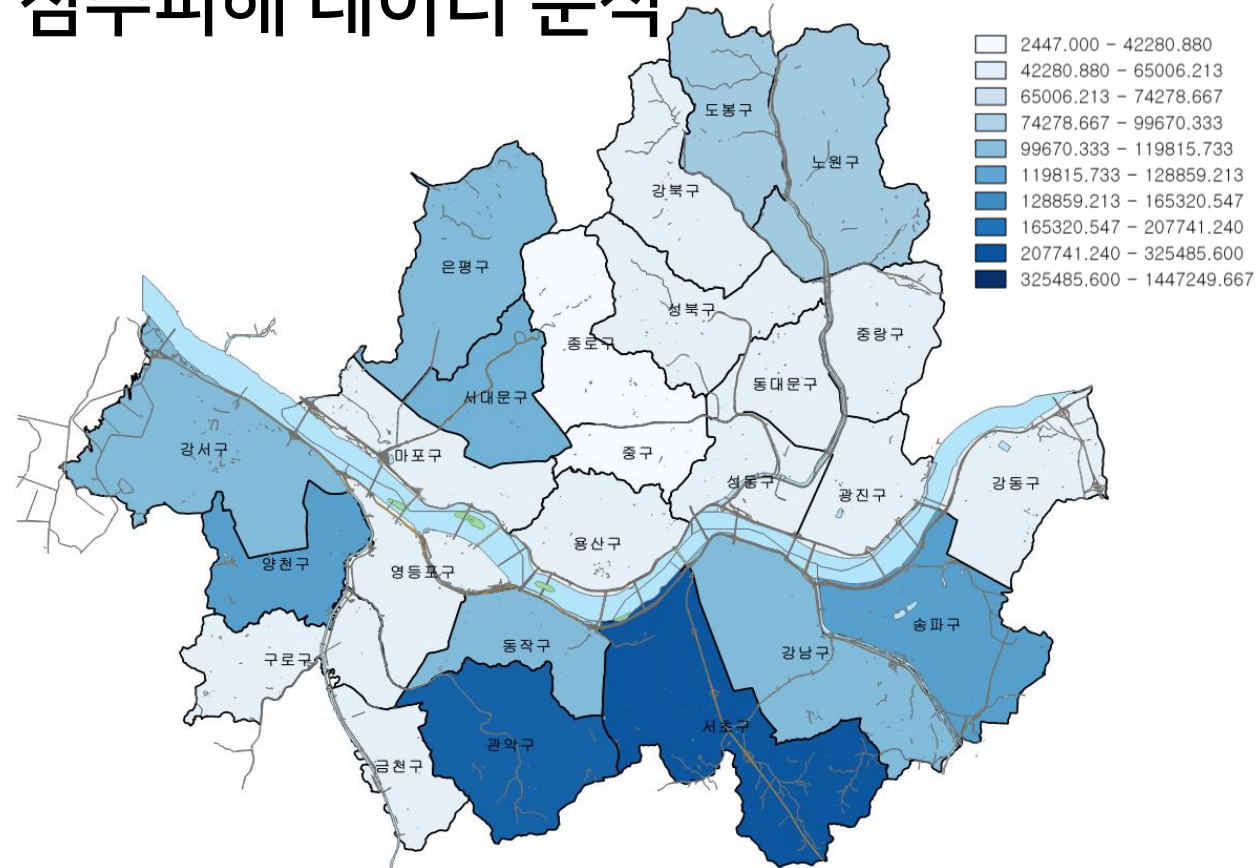
< 구름 양이 10% 이하인 18/02/05 지표면 온도 분포도 >



< 18/02/05 지표면 온도 정규화 히스토그램 >

- Landsat 8 위성자료를 이용한 지표면온도 산출
- 구름 양이 10% 이하인 18/02/05 기상관측 자료 사용
- 위성으로 측정된 밝기온도를 QGIS SCP플러그인을 통해 섭씨온도로 변환
- 중랑구의 지표면 온도가 가장 높음.

침수피해 데이터 분석



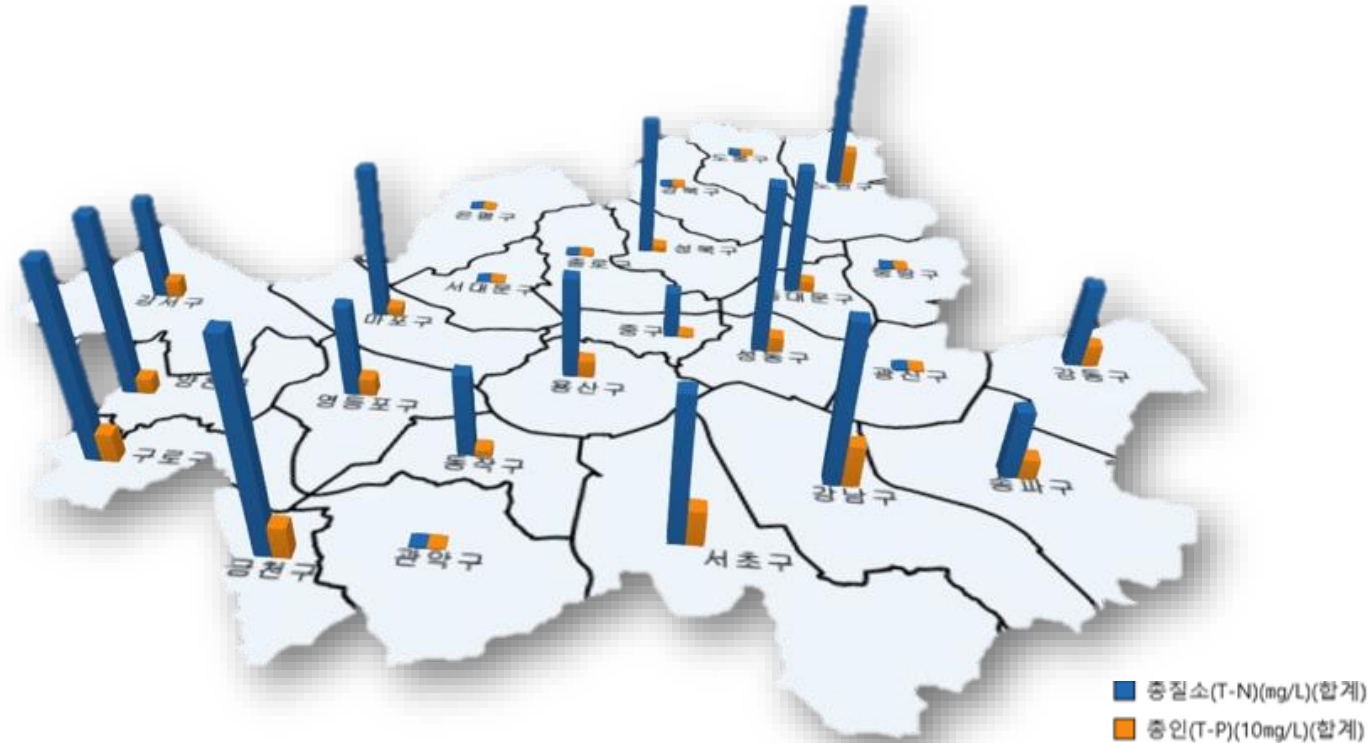
〈2012~ 2016년 평균 침수피해액 분포도〉



〈2012~ 2016년 평균 침수피해액 정규화 히스토그램〉

- 서울시 자연재난 발생현황 통계에는 이재민 수, 주택침수세대, 침수피해액 자료가 존재
침수피해액은 주택지, 공공시설등의 항목별로 당해 물가를 반영해 산정하므로 데이터 분석 대상으로 선정.
- 서초구 부근이 상업업무지 분포가 높고, 사당역 부근이 저지대이기 때문에 침수피해 규모가 큼.

수질 데이터 분석

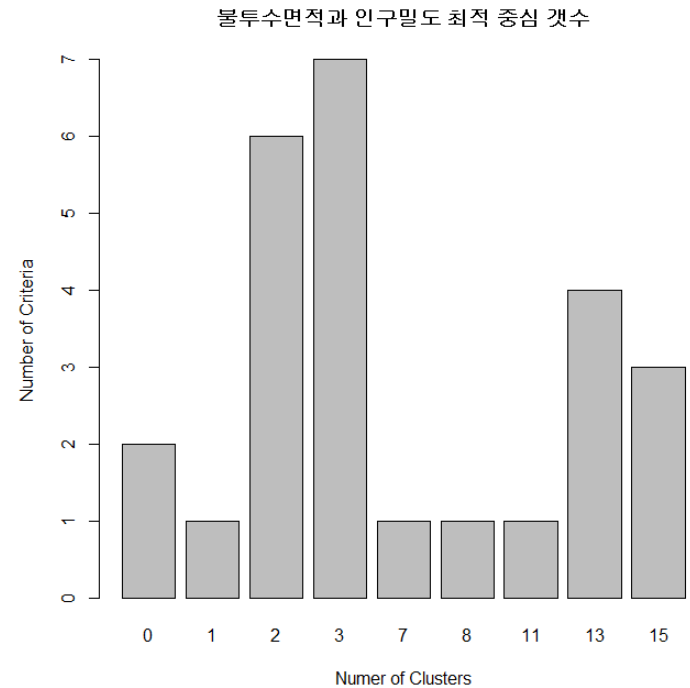
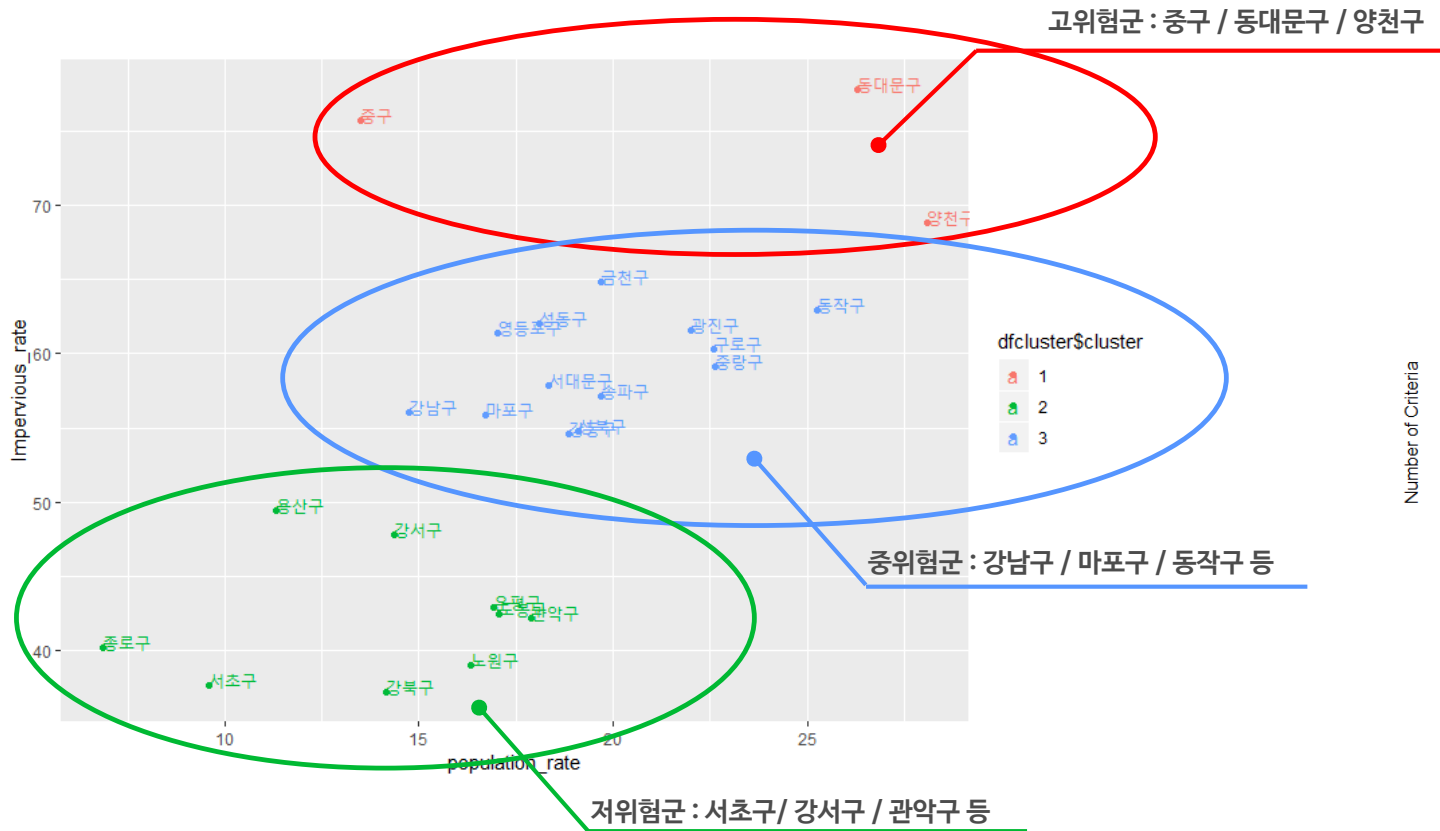


〈2017년 총인/질소 수질 분포도〉

- 불투수면적과 높은 양의 상관관계를 보이는 수질 항목 (총질소/총인) 수치 이용.
- 하천유역간 총질소가 가장 높은 행정구역은 노원구, 총인이 가장 높은 행정구역은 강남구이다.

불투수 면적 클러스터링

불투수 면적률과 인구밀도 K-means 클러스터링



- 불투수 면적과 실거주자의 인구밀도가 함께 고려될 필요가 있음.
- 집중 관리할 대상 선정에 있어 기준이 모호
- 행정구역을 주어진 데이터 특성에 따라 유사한 것 끼리 묶음 -> 군집화



- 최적 중심개수 : 3개
- 불투수 면적과 인구밀도 모두가 높은 유형 : 고위험군
- 불투수 면적과 인구밀도 모두가 낮은 유형 : 저위험군
- 그 외의 경우 : 중위험군

최적 행정구 입지 선정

평가 순위 산정 방법

- ① 경제적 편익을 고려한 가중치 설정
- ② <지표면 온도 데이터 분석>
<침수피해 데이터 분석>
<수질 데이터 분석> 자료들을 활용해
Min-Max normalization 점수를 합산하여 순위를 산정.

경제적 편익을 고려한 가중치 선정

(연간 하수처리비용 저감 편익, 원/년) =
(연간 강우유출 저감량, m^3 /년) \times (하수처리비용 단가, 원/ m^3)

(연간 냉방용 전기 에너지 저감량, kWh/년) =
(연간 냉방도일, $^{\circ}C \cdot day$) $\times \Delta U$ (MJ/ $m^2 \cdot ^{\circ}C \cdot day$) \times
0.278 kWh/MJ \times (시설 면적, m^2)

(연간 우수저류시설 설치에 따른 편익)=
(피해해소액/피해개소수)*소비자물가지수 + 직접피해해소액*0.3 + 피해해소액*3.5

- 이승원, 서울시 저영향개발(LID) 시범 시설에 대한 편익 특성 연구 2016

행정구역	지표면 온도	침수피해액	수질	-
중구	25.416	77,016	7.200	
동대문구	24.478	3,480	9.740	
양천구	25.566	60,168	15.020	

2,457,231

961,547.7 + 1,972,476.0 + 2,457,231

항목	지표면 온도	침수피해액	수질	-
경제적 편익(원/년)	961,548	1,972,476	2,457,231	
Min-Max Normalization에 부여할 가중치	0.17835	0.36587	0.45578	

순위/행정구역	지표면 온도 표준화 점수	침수피해액 표준화점수	수질 표준화점수	합계
1. 양천구	0.17800	0.15567	0.34170	0.67537
2. 중구	0.15345	0.20194	0	0.35539
3. 동대문구	0	0	0.11099	0.11099

$$x_{\text{new}} = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} = \frac{25.416 - 24.478}{25.566 - 24.478} * 0.17800 (\text{가중치})$$

Min-Max Normalization 을 통해 온도/침수/수질 변수들이

상대적으로 동일하게 기여하도록 한다.

K-means 클러스터링 결과로 얻은 고위험군(중구/동대문구/양천구) 中
양천구를 최우선적으로 빗물마을 입지로 고려

결론

- 시사점

1. 빗물마을의 장점을 극대화 시킬 수 있는 입지선정
 - 열섬현상해소 : 지표면 온도 분포도
 - 침수피해감소 : 행정구역별 평균 침수피해액 분포도
 - 수질개선 : 총인/질소 수질 분포도

불투수 면적과 인구밀도를 이용한 K-means 클러스터링
고위험군 중 Min-Max Normalization 을 통해 우선순위 선정



2. 빗물마을 관심 확대 및 강화
 - 서울시 물순환 인프라 구축
 - 폭염, 폭우, 가뭄 등의 기상이변을 대비

- 개선방안

1. 토양의 물리적 특성의 고려.
 - 프로젝트를 통해 선정된 행정구를 중심으로 지질학적 가치를 측정한다.
2. 주민의 동참 독려
 - 차후 인구 및 상·하수도 요금현황 분석을 통한 빗물이용 가능량을 분석
 - 빗물 재사용의 사적·사회적 편익을 검토하여 동참의 근거자료로 제시

- 한계점

1. 데이터의 한계성
 - 세밀한 단위의 데이터가 필요

데이터 목록

데이터셋명	제공기관	기준년도	데이터설명
서울시 자연재난 발생현황 통계	서울 열린데이터 광장	2010~2016년	서울시 자치구별 풍수해 자연재난으로 인한 피해현황
Landsat	NASA	2018년	Landsat 8 위성자료를 이용한 지표면온도
서울시 토지피복도	환경공간정보서비스	2013년	숲, 초지, 콘크리트 포장과 같은 지표면의 물리적 상황을 분류
하천 유역 23개 지점 수질	물환경정보시스템	2017년	환경부 9개의 하천수 수질환경기준 항목에 따른 수질현황
서울시 인구 현황	서울 열린데이터 광장	2017년	서울에 거주하는 인구수
서울시 행정구별 불투수 면적률	도시안전건설위원회	2015년	불투수 포장면적과 불투수 면적률 데이터
서울시 도시 개발사업 현황	서울 열린데이터 광장	2017년	새로운 단지 또는 신 시가지를 조성하기 위한 도시개발구역 면적
기상관측데이터 (TV_DUST_STATION)	서울시특별시 빅데이터 캠퍼스	2009~2017년 6~8월(여름철)	서울시 기상관측소 별 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수 데이터
서울시 배경지도	서울시특별시 빅데이터 캠퍼스	2016년	서울시 행정구역 및 도로, 하천 위치 지적도
구별 경계 shp파일	서울시특별시 빅데이터 캠퍼스	2016년	서울시 행정구역 경계 레이어

참고자료

- 임태진 (2016), R-확률통계 : 생능출판사
 - 변완용, [박원순시장 공약 점검 시리즈] ③ 환경·에너지 분야: 매일건설신문
 - 서울연구 "상습침수지역 원인은 포장도로 · 건물“ : 연합뉴스
 - 윤혜경, 서울시 '비'만오면 물에 잠기는 상습침수구역 10곳 : 라이프
 - 빗물이용시설 보급확대를 위한 정책방안 연구 : 환경부
 - 김동규, 버려지는 빗물 활용...서울에 '빗물마을' 늘린다 : 연합뉴스
 - 김학열, 도시환경인자에 따른 대기온도 변화 연구 - 서울시를 대상으로, 2003
 - 서울시정개발연구원, 토지이용특성과 침수피해지역 간의 관계 연구, 2011
 - 장수환, 불투수 지표면 비율 증가와 하천수질농도 상승의 연관성에 대한 사례 연구, 2005
 - 김희주, 중규모 기상모델을 활용한 서울시 옥상녹화의 기온저감 효과 분석, 2018
 - 윤재봉, 폭우재해 완화를 위한 녹색도시 계획요소의 우수유출 저감효과, 2013
 - 박형석, 불투수면 저감기법의 유출량 및 오염부하량 저감 효과, 2015
 - 이승원, 서울시 저영향개발(LID) 시범 시설에 대한 편익 특성 연구 2016
 - 라그랑지안 입자모델을 활용한 도시기온 예측기법의 연구 : 김석철

분석도구



- R
scatterplot3D
text3D 패키지



- QGIS
TMS for korea,
Qgis2threejs 플러그인
SCP 플러그인



- Python
matplotlib, numpy
pandas, folium 패키지



- Excel
3D Map tour