

# GIS 기법을 이용한 공공 시설 입지분석 및 타당성 검토

## Analysis and Evaluation on the Location of Public Service Facility using Geographic Information System : The case of Kumchon Gu - Office in Seoul

장 훈\* · 허 준\*\* · 김민구\*\*\*

\*성균관대학교 토목환경공학과 전임강사 · 공학박사 · 031-290-7524  
\*\*성균관대학교 토목환경공학과 석사과정 · 공학사 · 031-290-7641  
\*\*\*성균관대학교 토목환경공학과 석사과정 · 공학사 · 031-290-7641

### 요 약

도시주민들은 경제, 문화생활 및 의식수준이 향상됨에 따라 보다 다양하고 양질의 공공서비스를 요구하게 되었다. 주민들의 이러한 요구는 공공서비스 시설의 입지문제와 직결되는 것으로 도시의 입지결정 시 가장 중요한 고려사항 중의 하나는 공공서비스를 보다 저렴하고 편리하게 시민들이 이용할 수 있게 제공함으로써 이용주민들의 복지를 극대화 시켜야한다는 점이다. 이러한 기본 목적을 충족시키기 위해서는 공공시설의 위치결정이 중요한 문제가 된다.

본 논문에서는 접근성 이론과 GIS 공간분석 기법을 접목하여 입지분석을 시행하였으며 연도별 최적 입지를 산출하고, 각 구청의 연도별 최적 입지점의 지도화를 통해 그들의 이동 추이를 추적하며 각 구청의 연도별 최적값의 변화 추이를 살펴보았다. 또한 비교분석을 통하여 연도별 현구청의 입지 혹은 이전할 입지의 적합성을 평가하였다.

이를 위해서 입지분석을 위한 이론적 검토로서 공공서비스 시설의 입지이론에 대해 살펴보고 구청사의 입지 적정성을 객관적인 기준에 따라 평가할 수 있는 계량적인 입지분석 방법을 검토 정립하였다. 본 연구에서는 이론적인 근거를 실제 공공시설적용을 위하여 금천구를 선정하였고, 구청의 도시현황을 분석하고, 도로망, 인구추정을 통하여 관련자료를 수집하였다. 이를 토대로 정성적, 정량적 분석 및 효율성과 형평성을 고려하여 구청사 위치의 적정성에 대한 결론을 도출하였다.

### 1. 서 론

공공시설이란 대다수의 시민을 위해 도시정부가 제공하는 공공서비스를 전달하는 물리적인 시설들을 말한다. 이러한 시설들은 도시의 물리적 환경을 구성하며, 도시생활에 필수적인 구성요소이자 생활의 질을 좌우하는 시설로서, 시설의 계획건설 및 유지관리가 공공기관에 있고 그 용도가 영리에 있지 않고 공공의 복지에 있다.

주민들은 경제, 문화생활 및 의식수준이 향상됨에 따라 다양하고 양질의 공공서비스를 요구하게 되었으며 이는 그들의 납세에 대한 정당한 급부로 인식하여 질적으로 보다 향상된 공공 서비스의 혜택을 원하고 있다. 또한 주민들은 이러한 공공서비스 시설을 보다 편리하고 공평하게 접근하여 이용하기를 바라는데 이는 공공서비스 시설의 입지문제와 직결된다.

그러나 이제까지 공공서비스 시설의 입지는 서비스 이용자 편의보다 공급자 편의상으로 결정된 부분이 많았고 그 결과 사회적인 형평성 문제와 중복 투자로 인한 예산낭비라는 불이익을 가져오게 되었다. 지방 자치체가 정착되고 있는 현시점에서 주민이 행정과 정책 결정에 참여할 수 있는 공간이 넓어짐에

따라 공공서비스 시설의 입지 결정문제는 매우 중요한 문제로 대두되고 있다.

따라서 공공서비스 시설의 입지결정 시 분석, 평가, 비교할 수 있는 합리적인 기준과 방법이 필요한 것이다. 본 연구는 이러한 점을 착안하여 객관적이고 합리적인 접근성 이론과 GIS 공간분석 기법을 접목하여 구청사의 연도별 최적입지를 산출하고 지도화하여 연도별 최적값의 변화추이를 살펴본다. 또한 비교분석을 통하여 구청의 연도별 현구청의 입지 혹은 이전할 입지의 적합성을 평가한다. 이 연구를 통해 구청의 최적 입지점을 탐색하고 평가하며, 현구청 입지의 타당성을 검토하여 이전 여부를 판단하는 기초자료로 활용하는 것을 논문의 주목적으로 삼는다.

이 연구는 2장에서 공공시설의 분석방법 및 분석모형에 대해 살펴보고, 3장에서 금천구청의 사례를 통하여 최적입지를 분석하며 현구청의 적합성을 평가하며, 4장에서는 본 연구에서 얻은 결과를 요약하고 앞으로의 연구과제를 제시하기로 한다.

## 2. 공공시설의 분석방법 및 분석모형

### 2.1 공공시설의 분석방법

입지적 요인에 대한 검토는 정성적 분석과 정량적 분석으로 구분된다. 정성적 분석은 지역의 중심성 및 상징성, 접근·이용의 편의성, 공간의 활용성 및 개방성, 지역발전의 기여도, 환경의 쾌적성 등을 고려하여 입지를 분석한다.

정량적 분석은 입지 분석시 지형공간의 상태를 유클리드 평면으로 간주하여 그 위에 최적 입지점을 선정하는 연속모형과 지형공간의 상태를 결절점(Node)과 통로(Link)로 구성된 Network로 간주하여 결절점 위에서 최적입지를 선정하는 이산모형으로 구분된다. 정량적 분석시 먼저 대상지역을 일정한 수의 행정동으로 구분하고 중심점을 선정하여 각 행정동의 인구가 그 중심점에 거주하고 있다고 가정하였으며, 토지이용도를 활용하여 주거예외지역(산지 등)은 중심점 선정 및 연속적, 이산적 모형 분석시 고려하지 않았다. 또한 입지분석을 위해 공공서비스 시설이 어디에 입지 하였느냐에 따라 공공서비스 이용자가 부담해야하는 총통행비용(거리의 함수)을 최소화하였는가의 정도로 입지의 적정성 여부를 평가하는 공간적 효율성과 공공서비스 시설로부터 가장 멀리 떨어진 지역까지의 거리인 최대 통행거리를 최소한 정도로 입지의 적정성 여부를 평가하는 공간적 형평성을 기본적인 평가기준으로 분석하였다.

정량적 분석에서 효율성을 평가기준으로 한 경우 연도별 최적입지점의 변화 추이를 살펴보기 위해 인구 데이터는 통계청 자료를 토대로 Exponential (regression) model을 사용하여 추정을 하였으며, 그 식은 다음과 같다.

$$\log(Y) = \log(a b^X)$$

$$\log(Y) = \log(a) + X\log(b)$$

$$Y' = a' + b'X$$

여기서,  $Y' = \log(Y)$ ,  $a' = \log(a)$ ,  $b' = \log(b)$

$$b' = (n \sum Xi Yi - \sum Xi \sum Yi) / (n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)$$

$$a' = (\sum Yi - b' \sum Xi) / n$$

여기서,  $Xi$  : 시간계수(0, 1, 2, 3...),  $Yi$  :  $Xi$ 에서의 인구,  $n$  :  $\sum Xi$

### 2.2 연속적 분석모형

연속적 모형은 도시의 공간상태를 유클리드 평면으로 보고 평면 공간상에 어느 지점이라도 공공서비스 시설의 최적입지점이 될 수 있고, 지역별 공공서비스 시설의 이용자수는 인구의 크기에 비례한다는

가정을 전제로 한다.

1) 효율성 기준

• 중심점(central point) 모형 : 통행거리의 합을 최소화하는 지점을 찾는 모형

$$MinZ = \sum_{j=1}^n r_j \sqrt{(X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2}$$

여기서, Z : 목적 함수, n : 해당구에 포함되는 동의 수, r<sub>j</sub> : j동의 인구,

X<sub>j</sub> : j동의 X 좌표값, Y<sub>j</sub> : j동의 Y 좌표값

• 평균점(arithmetic mean point) 모형 : 통행거리 제곱의 합을 최소화하는 지점을 찾는 모형

$$MinZ = \sum_{j=1}^n r_j ((X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2)$$

여기서, Z : 목적 함수, n : 해당구에 포함되는 동의 수, r<sub>j</sub> : j동의 인구,

X<sub>j</sub> : j동의 X 좌표값, Y<sub>j</sub> : j동의 Y 좌표값

• 중위점(median point) 모형 : 직선거리의 합을 최소화하는 지점을 찾는 모형

$$MinZ = \sum_{j=1}^n r_j (|X - X_j| + |Y - Y_j|)$$

여기서, Z : 목적 함수, n : 해당구에 포함되는 동의 수, r<sub>j</sub> : j동의 인구,

X<sub>j</sub> : j동의 X 좌표값, Y<sub>j</sub> : j동의 Y 좌표값

2) 형평성 기준

• 중앙점(center point) 모형 : 이용자와 서비스시설간의 최대통행거리를 최소화하는 지점을 찾는 모형

$$MinZ = \max_{j=1 \dots n} \sqrt{(X - X_j)^2 + (Y - Y_j)^2}$$

여기서, Z : 목적 함수, n : 해당구에 포함되는 동의 수,

X<sub>j</sub> : j동의 X 좌표값, Y<sub>j</sub> : j동의 Y 좌표값

2.3 이산적 분석모형

이산적 모형은 연속적 모형과는 달리 도시의 공간상태를 결절점(Node)과 통로(Link)의 결합으로 보고, 이를 이용하여 시설 입지의 최적점과 입지의 적정성을 평가하는 방법이다.

1) 네트워크 모형

네트워크 모형 또한 공간적 효율성과 형평성을 기준으로 분석해 보았다.

• 효율성 기준

$$MinZ = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} x_{ij}$$

여기서, a<sub>i</sub> : 수요지점의 i의 인구, d<sub>ij</sub> : i 지점과 j 지점 사이의 최단거리,

n : 해당구에 포함되는 동의 수,

x<sub>ij</sub> : j 지역 이용자가 i 시설을 이용할 수 있는지의 여부(0 또는 1)

- 형평성 기준

$$MinZ = \underset{j=1 \dots n}{Max} di$$

2) 서비스 범위 설정 모형

이 모형은 시설과 서비스 이용자간의 최대한 허용되는 통행거리를 감안하여 최적입지를 모색하는 모형으로 최대허용거리를 고려한 서비스 범위 설정문제와 서비스 제공범위의 최대화 문제를 푸는데 적용할 수 있다. 4m 미만인 도로의 자동차 평균통행속도를 20km/hr, 4m 이상인 도로는 40km/hr로 가정하여 적용하였음.

3. 사례 분석

3.1 금천구청

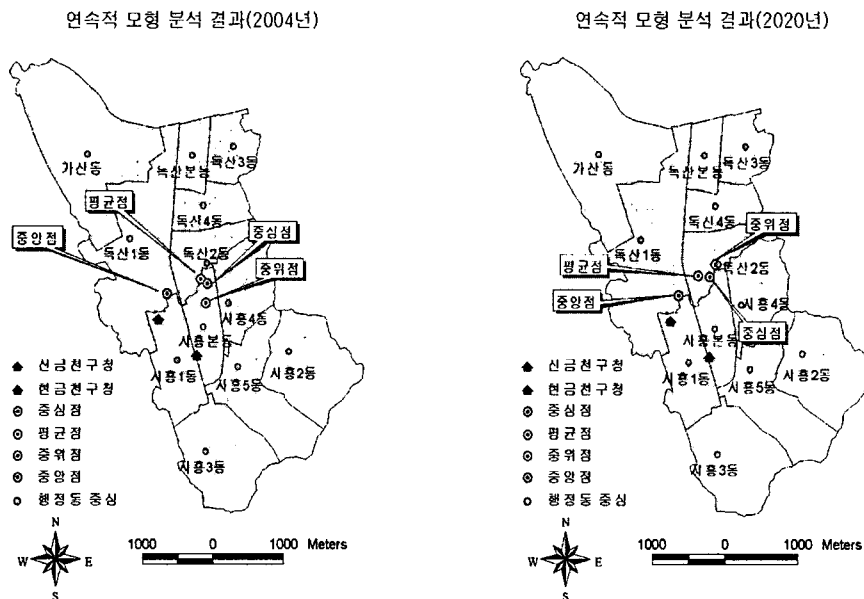
1) 금천구 행정동별 입력자료(행정동별 중심점 및 추정 인구)

금천구 인구는 2005년에 268,154명, 2010년에 263,124명, 2015년에 259,429명, 2020년에 256,908명으로 추정되어 2005년까지 증가추세를 보이다가 이후 감소하는 추세를 보였다. 특히 금천구의 가산동, 독산 1동, 시흥 5동은 인구의 증가추세를 보이며, 나머지 동은 감소추세를 보이는 것으로 나타났다.

2) 연속적 모형 분석 결과

연속적 모형에 의한 입지분석 결과 효율성을 기준으로 하는 중심점과 중위점은 각각 시흥 본동 865번지, 853-23번지 주거지에, 평균점은 독산 2동 1074-29번지 주거지에, 형평성을 기준으로하는 중앙점은 독산 1동 863번지 군부대 지역에 위치하였다.

2004년과 2020년의 인구증가에 영향을 받는 공간적 효율성을 고려한 중심점, 평균점, 중위점의 이동 추이를 살펴보면, <그림 1>에서 보는 바와 같이 가산동, 독산 1동의 인구 증가함에 따라 북쪽 또는 북서쪽으로 같은 값을 갖는 이동하였고 중앙점은 인구변화에 영향을 받지 않으므로 것을 볼 수 있다.



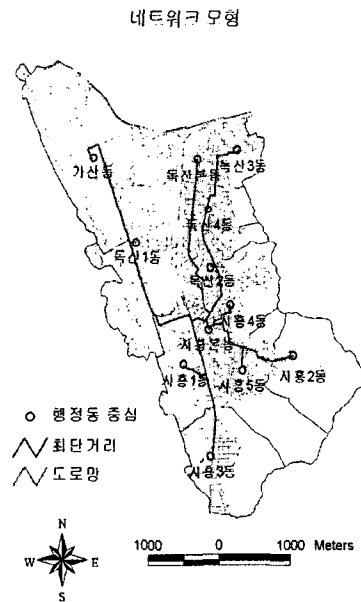
< 그림 1 >

현금천구청과 이전 가능성이 있는 부지를 비교 분석해보면, 우선 현금천구청의 위치는 시흥 1동과 시흥본동의 경계부에 형성된 시흥대로변에 위치하고 있고, 신청사부지는 시흥 1동과 독산 1동의 경계부에 형성된 시흥역에서 시흥대로로 연결되는 대로 3-82호선변에 위치하는데 2004년 기준으로 구청사와 신청사부지는 공간적 효율성은 비슷한 결과를 보였지만, 공간적 형평성은 신청사부지가 유리한 것으로 나타났다. 그리고 2020년 기준으로 구청사와 신청사부지를 비교해보면 공간적 효율성, 공간적 형평성 모두 신청사부지가 유리할 것으로 판단되었다.

신청사부지의 경우 14개 표본(각 행정동 중심 12, 구청사, 신청사부지)중에 효율성 기준으로 4위, 형평성 기준으로 2위로 나타나 최적입지 선정 고려시 양호한 지역으로 판단된다.

### 3) 네트워크 모형(이산적 모형) 분석 결과

네트워크 모형의 분석 결과를 보면 독산 2동의 중심점 node가 총통행거리 395,031.21 (km<sup>2</sup>·인)으로 최적의 입지조건으로 나타났다. 금천구청과 현금천구청 부지와 근접한 시흥본동의 경우 총통행거리 428,859.81 (km<sup>2</sup>·인)으로 전체 12개 행정동 중 3위로 나타나 교통 접근성 측면에서 대체로 양호한 것으로 판단된다. 최대통행거리가 최소가 되는 지역은 독산 2동으로 3,051.57m로 나타났으며, 현금천구청과 현금천구청의 부지와 근접한 시흥본동의 경우(그림 2) 3,716.17m로 12개 행정동 중 5위를 차지하여 대체로 양호한 것으로 나타났다.



< 그림 2 >

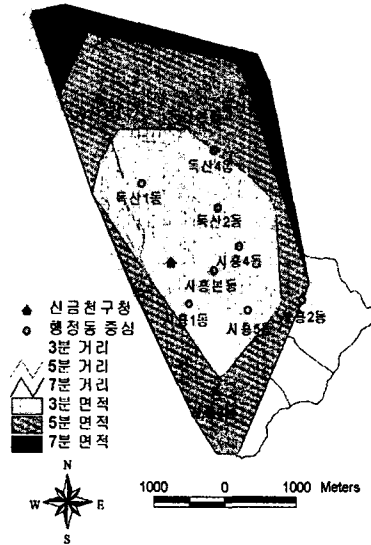
### 4) 서비스 범위 설정 모형(이산적 모형) 분석 결과

서비스 범위 설정 모형 분석결과를 보면, 3분 통행거리 서비스면적에서는 독산 4동(6.42km<sup>2</sup>), 독산 2동(6.28km<sup>2</sup>), 독산 1동(5.87km<sup>2</sup>)순으로, 5분 통행거리 서비스면적에서는 독산 2동(11.74km<sup>2</sup>), 독산 4동(11.37km<sup>2</sup>), 신청사부지(11.36km<sup>2</sup>)순으로, 7분 통행거리 서비스면적에서는 독산 1동과 독산 4동, 신청사부지가 현금천구 전범위에 서비스를 제공할 수 있는 것으로 나타났다.

신청사부지에서의 3분 서비스 인구수는 금천구 인구의 58%에 해당하는 152,114명, 5분 서비스 인구수는 금천구 인구의 90%에 해당하는 237,025명이고 7분 서비스 인구수는 금천구 인구의 95%에 해당하는 246,928명으로 나타났다.

서비스 범위 설정 모형에서는 신청사부지(그림 3)와 인접한 동의 최적 입지점 순위가 높게 나타났으며, 신청사의 입지 순위를 볼 때 14개 표본 중 3분 통행거리 서비스 면적 5위, 5분 통행거리 서비스 면적 3위, 7분 통행거리 서비스 면적 1위로 양호한 것으로 나타났다.

신금천구청 서비스 면적 분석



< 그림 3 >

#### 4. 결 론

본 연구는 금천구 12개 행정동 중심을 대상으로 최적입지를 분석하고 현구청사와 신청사부지에 대해 적합성을 비교 분석하는 것이 주목적이었다. 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

연속적 모형의 공간적 효율성의 측면에서 볼 때 최적 입지점의 변화추이는 2004년 중심점, 중위점은 시흥본동 평균점은 독산 2동에 위치하고 2020년의 경우에는 중심점, 평균점, 중위점 모두 독산 2동이 최적 입지동으로 나타나고 있다. 공간적 효율성 기준으로 최적입지점이 북 또는 북서방향으로 이동한 이유는 가산동 및 독산 1동의 인구 증가 추세와 밀접한 관계가 있었다. 공간적 형평성의 측면에서 볼 때 최적 입지점인 중앙점은 2004년, 2020년 모두 독산 1동으로 나타났다.

네트워크 모형의 효율성 측면에서 총통행거리가 최소가 되는 최적 입지동은 2004년, 2020년 모두 독산 2동으로 나타났으며, 형평성 측면에서 최대통행거리가 최소가 되는 최적 입지동은 2004년, 2020년 모두 독산 2동으로 나타났다.

서비스 범위 설정 모형에서는 독산 4동, 독산 1동, 신청사부지, 독산 2동이 넓은 서비스 범위를 제공하는 것으로 나타났다.

연속적 모형, 이산적 모형 분석 결과 전체적으로 볼 때 독산 2동이 최적 입지동이나 이 지역은 일반 주택지역으로 현재 시흥본동에 있는 구청을 독산 2동으로 옮기기엔 무리가 따른다. 현재 군부대가 위치하고 있는 지역에 고려중인 신청사부지는 근처에 시흥본동, 시흥 1동과 근접하여 연속적 모형의 공간적 효율성 고려 시 14개 표본(현구청, 신청사부지 포함)중 4위이고, 공간적 형평성 고려 시 14개 표본중 2위를 차지해 양호하고 현구청보다 더 양호한 입지로 나타났다. 네트워크 모형의 효율성 고려 시 12개 표본 중 3위를 차지하였고, 형평성 고려 시 12개 표본 중 2위를 차지하여 이산적 모형에서도 양호한 입지로 분석되었다.

마지막으로 이 연구는 더 정확한 입지 분석을 위해 실제 구청을 이용하는 실거주자에 대한 인구자

료, 군부대 이전과 관련된 개발계획(주로 도로확장 및 예상되는 도로정체, 주변 공공서비스 시설의 건립 계획 등)과 그로 인한 주변 여건 변동을 고려하여 보완할 필요성이 있다.

#### 참고문헌

1. 김광식, 1992, “대도시 구청의 입지분석과 평가”, 국토계획
2. 황홍섭, 1994 “대도시 공공서비스 시설의 입지평가와 최적입지 선정“, 경북대학교 박사학위 논문
3. 김황배, 김시곤, 권영인, 2001, “GIS 공간분석기법을 활용한 도시시설의 최적입지 평가방법 연구”, 대한토목학회 논문집
4. 조성호, 박순호, 1996, “GIS 기법을 이용한 도시공공서비스 시설의 입지 분석”, 한국지역지리학회지
5. 김광식, 1987, “도시공공서비스 시설과 그 이용자간의 접근성 측정에 관한 연구”, 국토계획
6. 김광식, Lüder Bach, 1988, “도시 공공서비스 시설의 입지분석“, 국토계획