

출퇴근 자전거이용 활성화를 위한 자전거도로 구축 방안

- 서울시 구로구를 대상으로 -

Construction Plan for Commuting Bicycle Riding Vitalization

- Focused on Guro-gu in Seoul, Korea -

이백진¹⁾ · 이재협²⁾
Lee, Baek-Jin · Lee, Jae-Hyub

요 약

현재 우리나라의 교통수단은 자동차 중심으로 더 나은 도시환경을 위해서는 친환경적인 교통 수단으로의 전환이 필요하다. 이에 정부는 자전거의 활성화를 위한 노력을 기울였지만 자전거의 이용이 여가 및 레저용으로 편중되는 등 효과는 미비하다. 따라서 이 연구는 서울시 구로구를 대상으로 출퇴근용 자전거의 이용 증대를 위한 자전거도로 노선을 제안한다. 출퇴근용 자전거를 위해서는 여러 가지 요소들을 적용시켜야 한다. 첫째, 기점과 종점을 선정해야한다. 기점은 자전거를 이용하여 출퇴근하는 비율이 약 70%정도가 되는 30~50대 인구가 많이 거주하는 지점으로 선정하였고 종점은 출퇴근할 때 연계할 수 있는 대중교통수단인 지하철역으로 선정한다. 둘째, 자전거 이용자가 피로를 느끼지 않도록 높은 경사도를 제외시켜야 한다. 셋째, 자전거도로를 신설할 때 기존 도로를 줄여가며 신설할 수 있어야 하기 때문에 기존 도로의 폭을 고려해야 한다. 도로 폭이 좁다면 자전거도로 노선 선정에서 제외시킨다. 이 연구는 위에 제시한 여러 가지 요소들을 적용시켜서 GIS프로그램의 Network Analyst를 통해 분석하였다. 이로 인해 6군데 기점이 선정되었지만 제한요소를 적용하여 분석한 결과 총 4개의 자전거도로의 노선이 선정되었다.

키 워 드 ■ 자전거도로, 출·퇴근, GIS, 네트워크분석, 기·종점, 경사도, 도로폭
Keywords ■ Bicycle Road, GIS, Network Analyst, Origin and Destination, Slope, Improvements

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

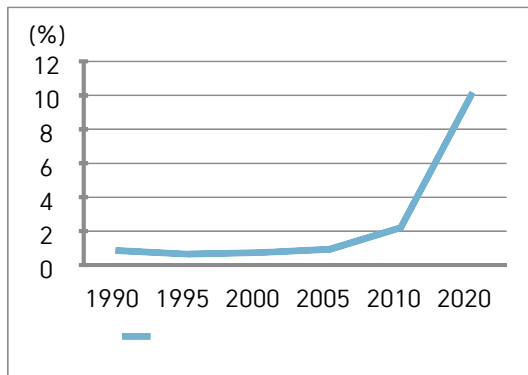
1) 배경

우리나라는 교통혼잡 비용이 연 25조원 이상에 이를 정도로 자동차 중심 문화로 인해 막대한 유·무형의 비용을 지불하고 있다. 이에 자동차 중심의 교통 문화를 다변화하기 위한 방안의 일환으로 무동력·친환경 교통수단인 자전거 이용 활성화 정책의 추진 필요성이 대두되었다. (행정자치부, 2010) 우리나라에서는 자전거 이용을 독려하기 위해서 많은 정책을 시행하고 있다. 실제로 자전거 공원 등 자전거 생활문화

공간의 확충, 공공자전거(Public Bike)의 활성화 등 구체적인 노력을 해왔고 노력을 하고 있다. (서울연구원, 2010) 하지만 대부분의 자전거 시설들은 한강 및 녹지 중심의 공원에 집중되어 구축되었다. 그 결과 우리나라의 자전거 이용은 레저 및 여가에 편중되었고, 일상생활이나 이동과 관련한 자전거 이용은 제한적으로 나타났다. (김영호, 2010) 우리나라에서 자전거 이용 활성화 정책을 추진하였지만 교통수단 분담률이 낮은 이유는 이 때문이다. 실제로 해외사례와 비교해봤을 때 우리나라의 자전거 교통수단 분담률은 2.4%로 네덜란드(27%), 덴마크(18%), 일본(14%)등과 비교했을 때 현저히 떨어지는 수준이다. (환경부, 2007)

¹⁾ 서경대학교 도시공학과 (주 저자: leebjzz@naver.com)

²⁾ 서경대학교 도시공학과 (주 저자: woguqdl20@naver.com)

그림 1. 우리나라 자전거 교통수단 부담률(%)¹⁾

자전거에 대한 투자나 계획이 많았고 2020년까지 자전거 교통수단 부담률을 10%까지 올리기 위해 노력하고는 있지만 이 투자나 계획이 레저 및 스포츠 중심으로 이루어진 반면에 일상생활, 즉 출퇴근 및 통학으로의 자전거 이용은 고려하지 못했기 때문에, 자전거의 실질적인 이용률이 크게 성장하지 못하고 있는 것이다. 따라서 현재 자전거 도로보관시설 등과 같은 자전거관련시설에 대한 제도적인 기반 구축 및 자전거관련법·제도를 보완하고 특히 출퇴근 자전거이용자들을 위한 물리적인 대책을 세워야 할 필요성이 높아지고 있다.

2) 목적

본 연구는 레저 및 스포츠 중심으로 이루어진 자전거도로가 일상생활에서도 적용될 수 있도록 하여 생활밀착형 자전거이용을 활성화하는데 목적이 있다. 서울시 출근시간대의 자전거이용특성을 고려한 결과 구로구에서 출발하는 자전거수요가 가장 많았다. 이 연구를 통해 구로구의 생활밀착형 자전거도로의 새로운 구축으로 출퇴근의 수단으로서 교통수단 부담률을 높이는 효과를 기대할 수 있다.

2. 연구 범위

이 연구는 GIS프로그램을 통해 진행되기 때문에 여러 데이터베이스가 필요하다. 연구의 범위도 데이터베이스를 따라 설정되었다.

1) 공간적 범위

2014년 서울시 출근시간대 자전거이용량을 보면 서울시 25개 구 중 구로구가 가장 많았다. 따라서 공간적 범위는 구로구로 선정하였다.

2) 시간적 범위

먼저, 구로구로 선정한 배경이 되는 출근시간대의 자전거이용량 자료²⁾는 2014년 자료를 사용하였고 연구를 하기 위해 필요한 기본적인 자료인 서울시 행정동 경계, 서울시 도로망, 서울시 지하철역, 서울시 등고, 서울시 인구³⁾는 2013년 자료를 사용하였다.

II. 본 론

3. 연구 과정

먼저 연구를 진행하기 위해 GIS 프로그램에서 구동할 수 있는 데이터베이스를 구축한다. 필요한 데이터베이스를 구축할 때 가능한 최근의 데이터들을 구축한다. 구축한 데이터베이스 중 인구 데이터와 지하철역 데이터를 통해 자전거도로의 기점과 종점을 구한 뒤, 네트워크분석으로 출퇴근을 위한 자전거도로를 신설한다. 아래 그림에서는 연구의 과정을 도식화한다

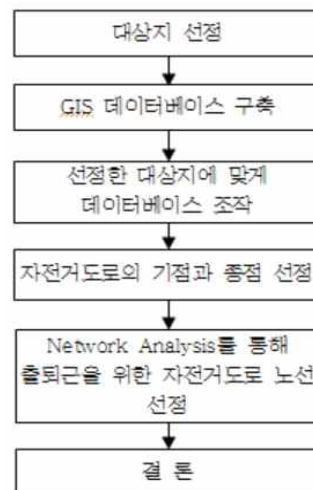


그림 2. 연구 과정

1) 서울시 도시교통본부, 2009

2) 서울시 정책지도, <http://115.84.164.26:9978/spm/gly/main.do#>

3) 통계지리정보서비스, <http://sgis.kostat.go.kr/>

4. 선행연구검토

현재 우리나라의 자전거도로관련 연구는 우리나라의 낮은 자전거도로 교통수단 부담률을 극복하는 것에 집중되어 진행되고 있다. 도시계획에 있어서 환경 문제에 대한 중요성이 점점 높아지고 있는 현재 우리나라의 자전거 교통수단 부담률은 더욱 문제시 되고 있기 때문이다. 이에 대한 해결책으로 많은 연구가 진행 중이고 본 연구도 같은 목적을 갖는 연구이기 때문에 선행연구에서 많은 정보를 얻을 수 있었다. 먼저 홍석기 저 '시민의 자전거 이용문화, 어떻게 활성화할 것인가?'라는 연구에서는 자전거의 이용을 여가용에서 생활용 이동수단으로 전환시켜야할 필요가 있다고 하였고, 환경부에서 제공한 '환경 친화적 자전거 문화 정착 종합 계획'에서는 자전거이용의 활성화를 위한 획기적인 방안이 제시되지 않는다면 자전거 교통수단 부담률을 높이지 못할 것이라고 하였다. 위의 연구는 본 연구의 방향성에 힘을 실어주었다. 연구의 방법에 대한 검토 중 이광원 저 'GIS에 의한 이용자의 이동특성을 고려한 자전거 노선 선정 방법'에 관한 연구에서는 자전거도로의 노선을 선정하기 위해서는 기점과 종점을 선정해주어야 하고, 이는 목적에 따라 달라진다고 하였다. 같은 연구에서 목적이 되는 대상자의 연령대를 고려하여 그에 맞는 자전거도로 노선을 선정해야 한다고 하였다. 하지만 이 선행연구에서는 표본 수가 적은 웹 사이트에서 투표한 결과를 토대로 대상 연령대를 선정했다는 점에서 한계점이 있기 때문에 표본 수가 많고 공신력 있는 기관에서 제시한 통계결과를 통해 대상 연령대를 선정하여 연구를 진행할 필요가 있다. 선행연구에서는 30대와 40대를 대상으로 연구를 진행하였지만 통계청에서 통계 자료를 확인한 결과 50대도 높은 비율을 차지하기 때문에 본 연구에서는 50대도 연구대상으로 포함시켰다. 또 김성희, 이창무, 안건혁 저 '대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향'에서 대중교통 수단으로의 보행접근거리가 통행수단선택에 많은 영향을 미친다고 하였고 사람들이 대중교통을 보행으로 이동하여 이용할 수 있는 거리를 400m~500m라고 느낀다고 한 점을 착안하였다. 행정자치부, 국토해양부에서 제시한 '자전거 이용시설 설치 및 관리지침'에서

는 5%를 초과하는 경사도를 가진 도로는 자전거운전자에게는 바람직하지 않다고 하였고, 도시지역에서 자전거도로를 확보하기 위하여 기존 도로를 줄이기 위해서 필요한 제한 도로 폭이 제시되어있다. 이는 자전거도로를 설치할 때 제한조건으로 무분별한 설치를 피할 수 있다.

5. 연구방법

자전거도로 노선을 선정하기에 앞서 먼저 기점과 종점을 선정해야 한다. 본 연구의 대상은 자전거를 이용하여 출퇴근을 하는 사람이기 때문에 이에 맞춰 기점과 종점을 선정할 필요가 있다. 보통 자전거를 이용하여 출퇴근을 하는 사람들은 자전거만 이용해서 출퇴근하지 않고 다른 교통수단과의 연계를 통해 이동하므로 기점은 주거지역, 종점은 지하철역으로 선정하였다. 또 자전거도로를 설치할 때 고려해야하는 법적기준이나 설치 및 관리지침을 통해 자전거도로 노선의 제한 요소를 선정해야 한다.

1) 선정 방법

기점을 선정하는데 있어서 사람들이 사는 모든 주거지역을 기점으로 선정하여 자전거도로를 설치하게 되면 무분별한 설치가 되기 때문에 가장 이용 수요가 많을 것이라고 예상되는 지역 즉, 인구밀도가 높은 지역만을 기점으로 선정한다. 정확한 지점은 인구밀도가 높은 지역 부근 사람들이 작은 도로로부터 많이 합류할 것으로 예상되는 큰 도로의 교차로이다. 자전거를 이용하여 출퇴근하는 연령대 중 약 70%가 30대~50대 이므로 이때 고려한 인구의 연령대는 30대~50대로 한정한다. 기점 선정에 위해서는 인구데이터가 필요하다. 인구데이터의 구축방법은 공동주택의 각 호수에 1세대, 공동주택이 아닌 단독주택에는 각 건물에 1세대를 부여하여 구로구의 세대 당 인구수를 각 건물의 세대 수에 곱하여 구축한다. 이 구축한 인구데이터를 GIS Tool을 통해 인구밀도를 산정할 수 있다. 인구밀도의 표현은 인구밀도가 상대적으로 높은 지역을 표현하기에 가장 적합하다고 생각했기 때문에 Natural Breaks방법으로 Class를 구분하였다. 또 지하철역에서 가까운 지역에 거주하는 사람들은 자전거를

이용하지 않을 것이라고 판단하였기 때문에 인구밀도가 높아도 지하철역에서 400m 이내에 있는 지역은 기점으로 선정하지 않는다.

2) 선정 방법

종점을 선정하는데 있어서 자전거도로가 버스정류장과 연계도 필요하지만 현재 우리나라에서는 버스정류장에 자전거거치시설이나 자전거정류장이 있는 경우가 드물어서 버스와 연계하여 출퇴근하는 사람도 드물 것이라고 판단하였기 때문에 버스정류장은 종점 선정에 포함시키지 않았다. 따라서 종점은 지하철역으로만 한정하였다.

3) 노선 제한 요소 선정

자전거도로는 사람들이 이용할 때 많은 힘이 들지 않고 쾌적하다고 느낄 수 있어야 한다. 본 연구에서는 기존도로의 경사도와 도로 폭을 고려하여 자전거도로 노선의 제한 요소를 선정하였다. 먼저, 5%를 초과하는 경사는 자전거전자에게 바람직하지 않다는 지침서를 토대로 분석 시 경사도가 5%를 초과하는 도로가 있으면 제외하여 분석하였다. 또 경사도에 따라 실제 도로거리가 달라지므로 최단거리를 산출해서 분석하는 Network Analyst에 경사도에 따른 실제도로 거리를 산출해야 더 현실성 있는 노선이 나올 것이다. 따라서 기존도로에 1+경사도를 더하여 실제도로 거리를 산출하고 이 거리를 경로분석을 할 때 사용한다. 다음으로 자전거도로를 신설하는데 기존 도로망에 자전거도로를 설치하기 위해선 기존 도로를 축소해야 하기 때문에 차로 폭을 줄여야 한다. 편도 2차로 이상의 도로에서는 기존도로의 축소를 고려할 수 있으므로 도로 폭이 12m 이하인 구간은 자전거도로 신설 구간에서 제외하였다.

6. 분석방법

본 연구는 벡터데이터를 중심으로 GIS의 네트워크 분석을 통해 자전거도로신설노선을 설정한다.

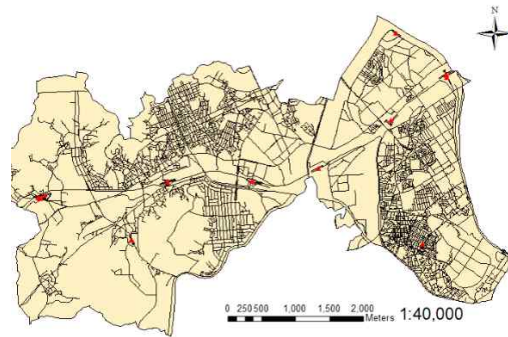


그림 3. 구로구 도로망 형태 및 지하철역 위치

그림 3은 구로구의 도로망을 도로중심선형태로 나타낸 것이다.



그림 4. 구로구 자전거도로 현황

그림 4는 구로구의 자전거도로 현황이다. 자전거 노선 설정과정에서 Network Analyst를 통해 나온 노선 중 현재 자전거도로와 중첩되는 부분은 제하기 위해 자전거 도로 현황 주제도를 네이비지도에서 확인하였다.

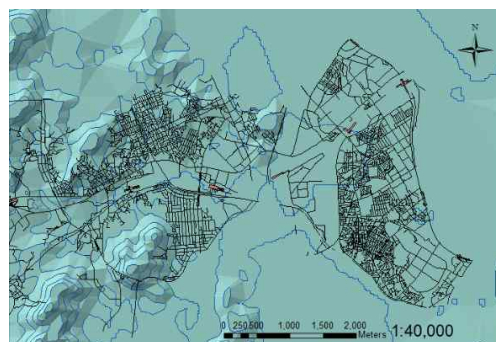


그림 5. 구로구주변 등고형태를 create TIN한 것

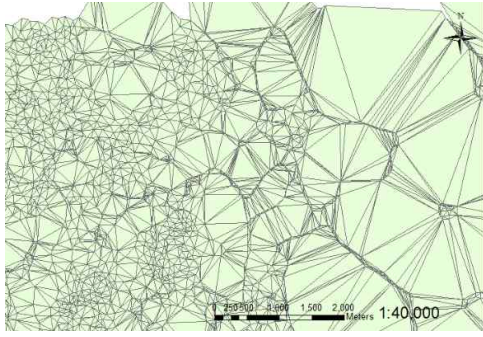


그림 6. create TIN한 자료를 TIN Triangle 한 자료

그림 5와 그림 6은 구로구 주변의 등고선을 통해 create TIN 한 뒤 TIN Triangle 작업을 통해 나타난 자료이다. 등고 형태를 TIN Triangle로 나타내어 래스터자료를 벡터자료에 대입할 수 있게 하기 위함이다. 기존 구로구의 도로중심선 자료와 TIN Triangle 한 자료를 Identity 하여 등고자료를 구로구 도로중심선에 대입시킨다. 그리고 Identity한 자료를 그림 7과 같이 New Network Dataset을 하여 Network analyst를 할 수 있게 자료를 만든다.

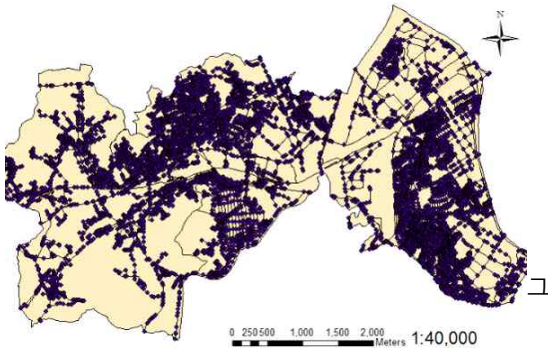


그림 7. New Network Dataset을 통해 Network analyst를 할 수 있게 자료를 만든 주제도

그림 7의 주제도가 도로망을 Network analyst를 할 수 있게 만든 최종 형태이다. 다음으로 기점 설정을 위해 인구를 인구 밀도로 표현하여 주거 인구가 밀집 되어 있는 부분을 찾아 높은 부분을 기점으로 선정해야 하는 과정이다.

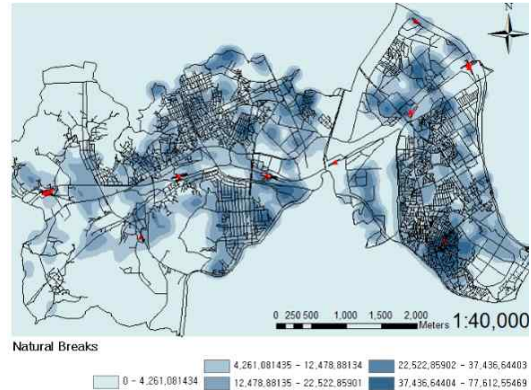


그림 8. 구로구 인구 데이터를 통해 밀도 산정

안전행정부 시군구별 주민등록 인구통계, 지자체 건축물대장, 통계청 2010 인구 공간통계자료, 국토교통부 공동주택 공시정보, 안전행정부 새주소사업 데이터베이스를 통해 조사한 구로구 인구 데이터를 통해 공동주택의 각 호수에 1세대, 공동주택이 아닌 단독주택에는 각 건물에 1세대를 부여하여 구로구의 세대당 인구수를 각 건물의 세대 수에 곱하여 구로구 인구데이터를 산정하여 나타난 자료를 통해 인구 밀도를 나타내고 Natural Breaks로 class 5개로 나누어 나타난 자료가 그림 8이다. 그래서 그 중 가장 첫 번째 class만 기점으로 정하고 나머지 부분은 제한한다. 또한 그림 9와 같이 지하철역을 400m buffer하여 그 안에 포함되는 기점은 제외하여 설정한다.

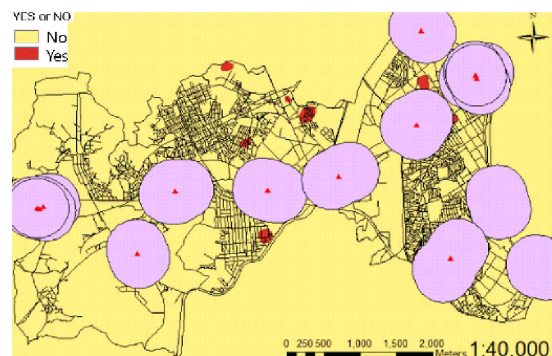


그림 9. 지하철역 buffering을 통해 기점 설정

그래서 총 6개의 기점을 설정하여 각 기점에서 가장 가까운 지하철역을 종점으로 설정하여 Network Analyst를 하여 노선을 설정 한다.

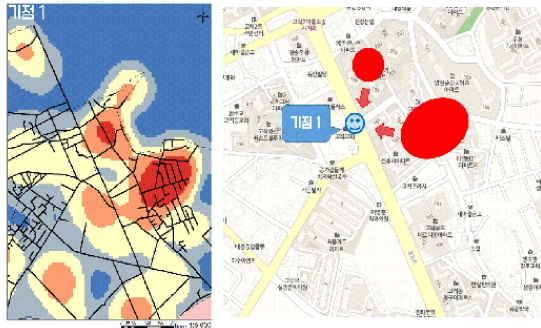


그림 10. 기점 1을 Arcmap과 네이버지도로 나타낸 주제도

그림 10과 같이 ArcMap에서 나타낸 인구 고밀도 지역을 네이버지도에서 도로폭과 교차로 지점을 확인하여 합류지점을 찾아 기점을 선정하였다.

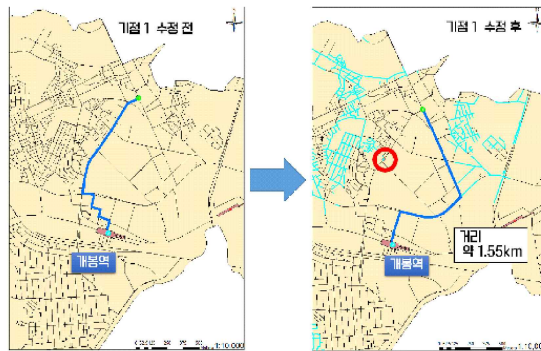


그림 11. Network analyst를 통해 나타낸 기점1의 최적경로

그림 11과 같이 기점 1에서 가장 가까운 개방역을 종점으로 삼아 Network analyst를 하여 나타내었다. 처음 Network analyst를 통해 나온 노선 중 경사도가 5% 이상인 지점이 있어서 그 부분을 restriction을 통해 제하고 다시 분석하여 나온 루트이다. 그래서 기점 1의 노선거리는 약 1.55km이다.

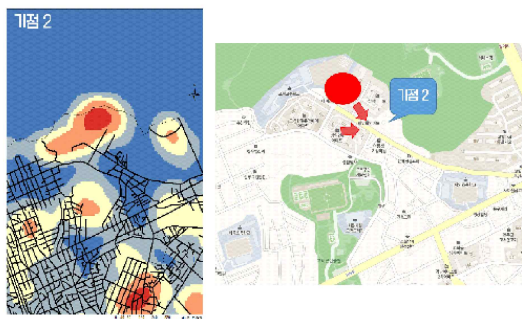


그림 12. 기점 2를 Arcmap과 네이버지도로 나타낸 주제도

그림 12에서 기점 2도 기점 1과 마찬가지로 선정하고 가장 가까운 개방역을 종점으로 하여 Network Analyst를 통해 최적 노선을 탐색하려 하였으나 그림 13에서 보면 하늘색으로 선택된 부분이 경사도가 5%가 넘는 도로 구간이다. 기점 2에서는 어느 방향으로 가도 경사도가 5%가 넘기 때문에 본 연구에서 자전거 도로 신설 기점에서 제하기로 하였다.

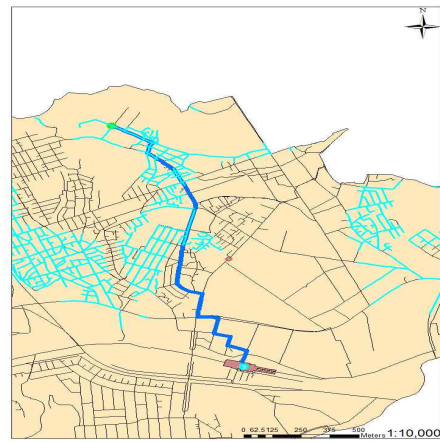


그림 13. 기점 2에서 Network Analyst를 통해 나타낸 부분(5%가 넘는 경사도 부분)

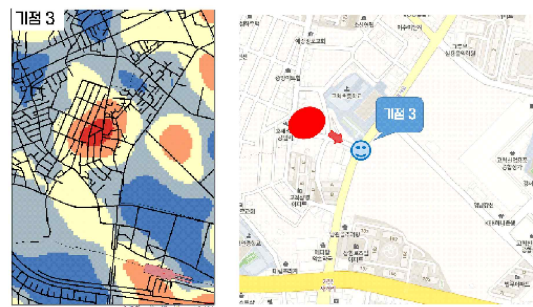


그림 14. 기점 3을 ArcMap과 네이버지도로 나타낸 주제도

그림 14에 기점3도 기점 1과 같은 기준으로 하여 나타낸 주제도이며, 그림 14와 같이 개방역까지의 최적경로가 나왔다. 경로의 길이는 약 810m이며 그림 15의 네모 지점으로 restriction 된 부분은 저 지점의 도로폭이 12m미만 인 부분은 제하고 분석한 결과이다. 그림 16에 기점 4도 이전의 기점 선정 방법과 같이 하여 나타낸 기점이며 기점4도 가장 가까운

역이 개봉역이기 때문에 개봉역을 종점으로 선택하였다.



그림 15. Network analyst를 통해 나타낸 기점3의 최적경로

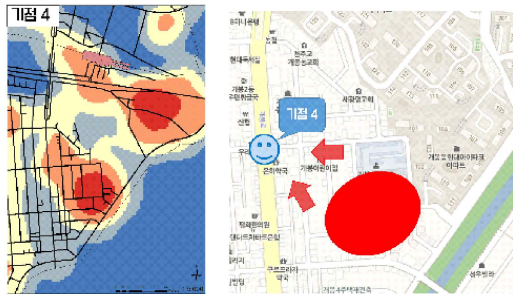


그림 16. 기점 4를 ArcMap과 네이버지도로 나타낸 주제도

그림 17은 기점 4부분의 Network Analyst를 통해 나타낸 최적경로노선 부분이다. 거리는 약 725m 이며 기점 4에서 개봉역까지 분석한 지점에는 어떠한 제한 조건도 위반 되는 것이 없기 때문에 이대로 노선이 결정되었다. 그림 18의 기점 5도 이전의 기점 선정 방법과 같이 하여 나타낸 기점이며 기점 5지점은 가장 도림천역과 신도림역이 거리 차이가 미비해서 환승역인 신도림역을 종점으로 선정 하려 하였으나 기점 5에서부터 신도림역까지는 이미 자전거도로가 설치 되있어서 종점을 신도림역으로 하지 않고 도림천역으로 하여 Network analyst를 하였다.



그림 17. Network analyst를 통해 나타낸 기점4의 최적경로

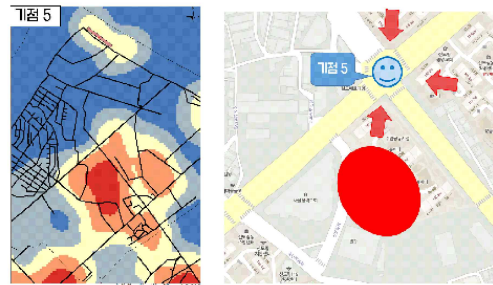


그림 18. 기점 5를 ArcMap과 네이버지도로 나타낸 주제도

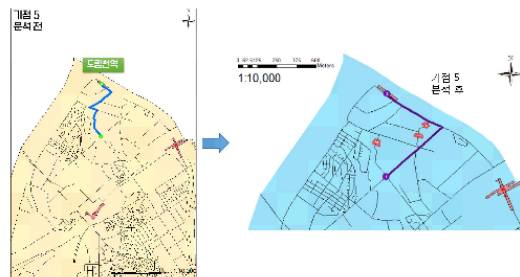


그림 19. Network Analyst를 통해 나타낸 기점 5 지점의 최적 경로

그림 19에서 기점 5에서 도림천역 까지 중간 restriction 부분은 도로폭이 12m 미만이기 때문에 제한 부분이다.



그림 20. 기점 5에서 도림천역까지의 자전거도로 현황

하지만 그림 20에서 나와 있는 것 같이 기점 5에서 도림천역까지 자전거도로가 이미 건설된 것을 확인 할 수 있다. 그래서 기점 5에서 자전거도로 신설은 하지 않기로 판단 하였다.

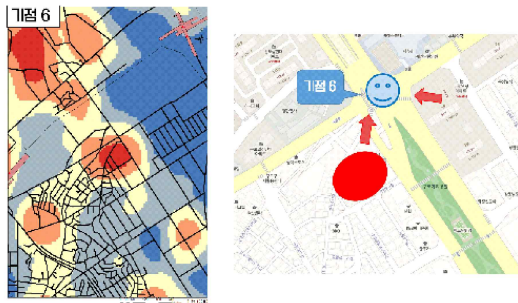


그림 21. 기점 6을 ArcMap과 네이버지도로 나타낸 주제도

그림 21의 기점 6도 이전의 기점 선정 방법과 같이 하여 나타낸 기점이며 기점 6에서의 근접한 역은 신도림역과 구로역이다. 그러나 기점 6에서 신도림역까지 자전거도로가 이미 건설 되었기 때문에 구로역을 종점으로 설정하였다.



그림 22. 기점 6에서 구로역까지의 자전거도로 현황

기점 6에서 구로역까지 Network analyst를 통해 나타낸 주제도가 그림 22이다. 거리는 약 844m 이다. 최적경로노선 중 제한 요소가 없기 때문에 그대로 노선 신설을 하기로 판단 하였다. 최종적으로 노선 신설을 하는 부분은 그림 23과 같이 4개의 노선을 신설 한다.

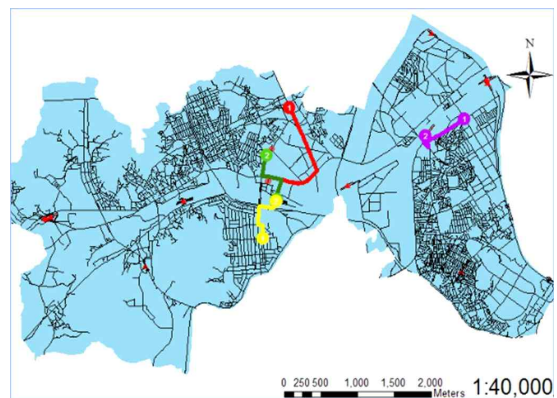


그림 23. 구로구 자전거 도로 신설 최종 노선

그림 23의 최종 노선 신설부분에서 적색 노선이 기점 1에서 개봉역까지의 부분이고 거리는 약 1.55km이다. 녹색 노선이 기점 3에서 개봉역까지의 부분이고 거리는 약 810m 이다. 노란색 부분이 기점 4에서 개봉역까지의 부분이고 거리는 약 725m이다. 자주색 부분이 기점 6에서 구로역까지의 부분이고 거리는 약 844m이다.

III. 결 론

본 연구에서는 Network Analyst기법 중 하나인 최적경로분석을 통해 구로구 자전거도로노선 신설 위치 탐색 및 설치를 통해 자전거로 출퇴근하는데 불편함을 감소시켜주고 일상생활에서 자전거 이용의 활성화를 위한 목적과 의의가 있다.

하지만 본 연구에서는 몇 가지의 한계점이 존재한다. 첫째로, 기점을 선정할 때 인구 고밀도 지역에서도 합류지점을 선택할 때, 연구자의 주관적인 생각이 개입되어있다. 객관적인 지표를 통해 도로 합류지점을 찾은 것이 아니라 주관적인 생각으로 도로 합류지점을 찾았기 때문에 다른 연구에서 일반화하기에는 무리가 있다. 향후 기점 선정에 있어서 일반화를 통해 다른 연구에서도 사용할 수 있어야 할 것이다. 둘째로, 자전거노선 선정과정에서 경사도를 고려하는 과정에서 자전거 속도에 따른 경사도의 기준이 다른데 본 연구에서는 행정안전부에서 제시한 5%경사도로 한정 지었기 때문에 구체적이지 못하다. 향후 경사도를 고려하여 노선 선정할 때는 좀더 구체적인 경사도 기준을 통해 노선 선정을 해야 할 것이다. 세 번째로, 기존 자전거 도로망과 연계가 아닌 단순 기, 종점에만 의존하여 도로 신설을 하였기 때문에 기존 자전거 도로망과의 연계성이 떨어진다. 향후 연구에서는 기존 자전거 도로망과의 연계를 통해 유기적인 자전거도로 노선 신설을 해야 할 것이다.

IV. 감사의 글

본 연구는 서경대학교 도시공학과 3학년 공간정보체계 학기 프로젝트로써 수행되었으며, 학기 프로젝트를 진행하는데 있어서 아낌없는 조언을 해주신 김학열 교수님과 도시공학과 학우들께 감사의 인사 드립니다.

인용문헌

1. 환경부, 2007.10, 「환경친화적 자전거 문화 정착계획」
2. 서울시 도시교통본부, 2009, 「서울시 도시교통본부 업무계획」
3. 홍석기, 2010.1, 「시민의 자전거 이용문화, 어떻게 활성화할 것인가?」, 서울연구원, 제54호, 19pages
4. 행정자치부·국토해양부, 2010.7, 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」

참고문헌

1. 행정자치부, 2010.7, 「자전거 이용시설 설치 및 관리지침」
2. 홍석기, 2010.1, 「시민의 자전거 이용문화, 어떻게 활성화할 것인가?」, 서울연구원, 제54호, 19pages
3. 김영호, 2010, 「서울시 자전거 이용의 공간 네트워크 패턴 연구 : 공간적 네트워크 자기상관을 중심으로」, 국토지리학회지, 44(3), 339-352
4. 이광원, 2011, 「GIS에 의한 이용자의 이동특성을 고려한 자전거 노선 선정 방법에 관한 연구」, 인천대학교 대학원, 123pages
5. 김형배, 2013, 「GPS와 GIS데이터를 이용한 자전거도로의 노선 적합성 연구」, 경북대학교 과학기술대학원, 53pages
6. 김성희 외2명, 2001, 「대중교통으로의 보행거리가 통행수단선택에 미치는 영향」, 대한국토도시계획학회, 297-307(11pages)
7. 이진형 외2명, 2013, 「서울시 생활밀착형 자전거 이용 확대를 위한 출퇴근용 자전거 전용도로의 노선 선정 모델링」, 한국도시지리학회 제 16권 3호, 117-127(11pages)
8. 이재빈 외1명, 2013, 「자전거 이용자의 이용목적에 부합하는 자전거 전용도로 설계에 관한 연구」, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography 제 31권 5호, 385-391(7pages)
9. 서울특별시, 2015, 「서울형 자전거도로 설치 및 유지관리 매뉴얼」, 189pages
10. 통계지리정보서비스, <http://sgis.kostat.go.kr/>
11. 서울시정책지도, <http://115.84.164.26:9978/spm/gly/main.do#>
12. (주)비즈지아이에스, <http://www.biz-gis.com/>
13. 네이버지도, map.naver.com
14. 한국에스리, www.esrikr.com