

GIS와 입지모형을 이용한 지방중소도시의 주거지 적지분석 A Locational Analysis by Using GIS and Allocation Model for Residential Area of Local Cities

안기원* · 유환희** · 김 영**

Ahn, Ki-Won · Yoo, Hwan-Hee · Kim, Young

요 旨

본 연구는 지방중소도시 근교지역의 주거입지선정을 위한 최적대안을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 가용 주거지의 파악은 물론, 주거지개발 우선순위 도출을 위하여 진주시를 대상으로 다음과 같은 3단계 과정을 거쳤다. 첫 번째 단계에서는 지형 관련 데이터베이스 구축을 위하여 인공위성 화상데이터를 이용한 수치화상처리기법을 통하여 토지이용현황을 파악하였다. 두 번째 단계에서는 GIS기법에 의한 진주시의 지형의 표고, 경사, 경사향, 법적 제한성, 인구밀도 및 지가의 평가를 통하여 가용 주거지를 파악하였다. 세 번째 단계에서는 수학적 모형을 설정하고 통계적 분석과 정수계획법의 적용을 통하여 최적 주거지 개발 후보지를 선정하고 개발 우선순위를 도출하였다. 본 연구의 결과는 지방중소도시의 주거지 입지선정을 위한 가용토지의 파악, 개발우선순위의 결정 및 효율적 토지이용정책을 수립하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

This Study aims at identifying optimum residential area of small and medium local cities to be relocated in the future. In the object of study, Chinju City was chosen and it consists of three stages of application to choose the priority of residential development as well as available residential locations. In the first stage, a digital image processing technique was applied to generate the existing urban land use information from the satellite image data. In the second stage, GIS technique was used to choose the available residential area by evaluating the elements for residential site allocation such as road accessibility, topographic height, slope, aspect, legal limit, population density, and land price.

In the third stage, some mathematical location models were applied to identify optimum candidates of residential areas chosen by carrier stages. The results were evaluated by statistical methods and integer programming to identify the development priority. We expect this procedures and the results will be able to be used as a guideline to support housing policies of Chinju City by allocating residential sites as well as a technique to apply a locational analysis for the future residential areas of small and medium local cities.

1. 서 론

우리나라의 도시들은 인구의 집중과 도시내의 한정된 토지자원으로 인하여 가용택지부족이 심화되고 있으며 도시주변의 택지수요가 크게 증가되고 있다. 또한 무분별한 토지개발, 농지잠식 및 산지훼손이 크게 증가

하고 있다. 더구나 중소도시 주변지역에 있어서는 개발제한구역의 과다지정으로 인하여 토지개발이 크게 제약받고 있기 때문에 이러한 문제의 해결을 위하여는 광역적인 택지개발과 구릉지를 이용한 장기적인 토지수급정책이 시급히 요구되고 있다.

경남의 중소도시들은 도시인구집중과 도시화가 가속화됨으로써 도시근교지역의 산지나 농업용지가 도시적 토지로 크게 전용되고 있다. 그러한 농지잠식을 극소화하여 국가정책에 부합될 수 있는 토지의 개발방법으로서 도시근교의 산지나 구릉지를 이용하는 도시적 토지

*경상대학교 공과대학 토목공학과 부교수(경상대학교 생산기술연구소 연구원)

**경상대학교 공과대학 도시공학과 부교수(경상대학교 생산기술연구소 연구원)

자원의 개발이 중요한 국가토지정책의 하나가 되고 있다. 특히 진주시의 근교지역은 개발제한구역이 과다하게 지정되어 있어서 도시개발의 큰 장애가 되고 있으며, 장래의 도시성장과 균형개발에 대비한 토지자원의 수급책이 한계에 이르고 있기 때문에, 도시근교의 구릉지중에서 도시적 토지로 용도전환이 가능한 적지를 우선적으로 도출하고 장기적인 도시개발 및 도농통합개발의 지표로 삼아야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 진주시 근교지역을 국지적인 지역을 대상으로 하기 때문에 보다 심층적인 조사가 요구되고 대상지역의 토지이용조사 및 적지분석을 위한 보다 미시적인 연구방법이 필요하며 방대한 자료를 분석할 수 있는 기술적인 연구방법이 도입되어야 한다. 따라서 인공위성사진을 이용한 토지이용분류, 수치표고자료를 바탕으로 GIS와 수치화상처리기법에 의한 화상처리 및 지형분석을 통한 적절한 토지자원조사와 주거입지 선정이 보완되었다.

이에 따라 본 연구는 도시근교의 도시적 토지이용, 특히 주거용도의 토지이용을 위한 적지분석을 시도하고 물리적 형태에 의해 가용주거지를 도출한 다음, 그러한 개발가능지를 대상으로 사회 경제적 인자에 의해 최적 주거지를 선정하고 각 후보지에 대한 우선순위를 부여함으로써 장기적이고 단계적인 도시개발을 위한 기초자료를 제시하고자 하며, 다음 3 단계의 연구과정을 거쳤다. 먼저 기존의 토지이용현황 분석단계에서는 진주시 근교지역을 조사대상으로 개발제한구역밖의 지역에 대한 지형, 고도, 경사, 경사향, 토양 등 물리적 요소와 지목별 토지이용현황, 법적개발요소, 지가, 도로와의 거리 등 지역현황을 데이터베이스화 하였다.

다음 단계에서는 가용주거지를 조사하기 위해 각 요소들에 대한 분석기준을 설정하고 GIS기법을 적용하여 주거지로서 이용 가능한 후보지를 도출하였다. 마지막 단계에서는 도출된 후보지를 대상으로 모도시의 도시적 토지이용과 주거입지선정을 위한 주거입지모형을 설정하여 적용하였는데 . 이 단계에서는 소득, 가구수, 지가 등의 도시의 경제 사회적 인자와 개발가능지의 면적, 모도시와의 접근성 등을 변수로 하는 수학적 모형을 설정하고, 통계 및 정수계획법에 의한 최적해를 도출하여 주거지개발 최적지와 개발순위를 선정하였다.

2. 적지분석을 위한 GIS 데이터베이스 구축

2.1 인공위성 화상데이터를 이용한 토지이용현황 데이터베이스 구축

토지의 구성인자는 생태적 요소이며 이 생태적 요소 간의 상호작용은 토지이용계획상 인간에게 기회요소로 작용하기도 하고 개발상 장애요소로 작용하기도 한다. 그러므로 토지이용의 적합성을 결정하기 위해서는 각종 생태적 요소에 대한 자료를 수집 정리하여 토지이용 측면에서 각 생태적 요소가 가지고 있는 가치를 평가한 후 이를 종합해야 하는데, 도시와 같이 넓은 면적인 경우에 인공위성 화상데이터를 이용하여 단 시일에 지형적 조사를 행하는 것이 효율적이다.^{1~3)}

본 연구의 토지이용현황 데이터베이스 구축을 위하여 사용된 인공위성 화상데이터는 1994년 6월 1일 관측수집된 Landsat-5호의 TM데이터이며, 사용된 하드웨어 및 소프트웨어 시스템은 PC, 디지털타이저 및 IDRISI 화상처리시스템이다. 사용된 화상데이터는 기

표 1. 진주시의 토지이용현황

(1994.6.1현재)

분류 항목	화 소 수	면 적 (km)	비 율 (%)	비 고
도시역1 (열은 적색)	2,523	6.3075	0.9	저밀도
도시역2, 공장 (짙은 적색)	7,486	18.7150	2.6	고밀도
논 (갈 색)	34,542	86.3550	12.1	
밭, 과수원 (짙은 녹색)	32,032	80.0800	11.2	
비닐하우스 (회 색)	23,262	58.1550	8.2	
운동장, 나지 (열은 청색)	309	0.7725	0.1	
하천, 호수 (짙은 청색)	7,974	19.9350	2.8	
삼 림 (열은 녹색)	176,940	442.3500	62.1	
계	285,068	712.6700	100.0	

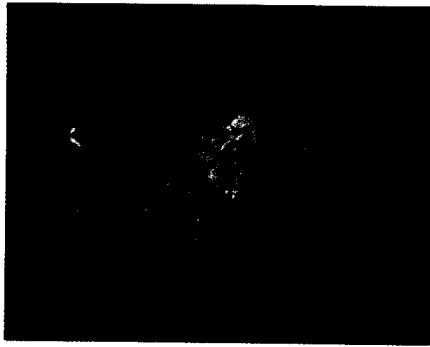


그림 1. 진주시의 인공위성화상

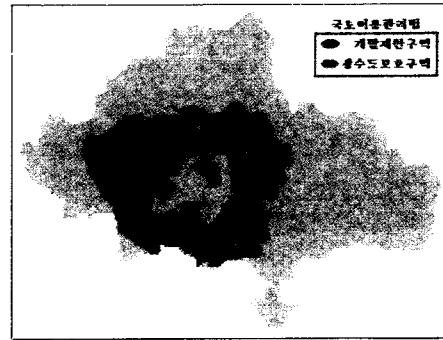


그림 5. 진주시의 법적개발제한요소의 수치화상

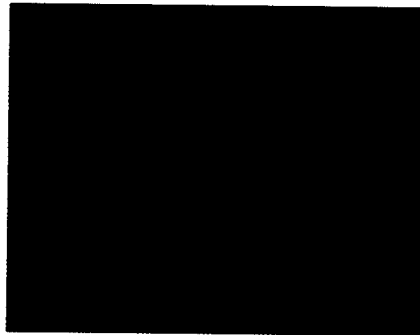


그림 2. 진주시의 토지이용분류화상

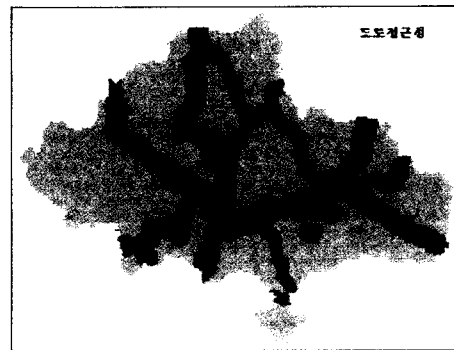


그림 6. 진주시 도로접근성 등급

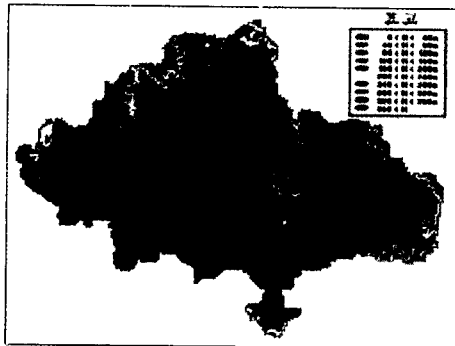


그림 3. 진주시 표고분포도

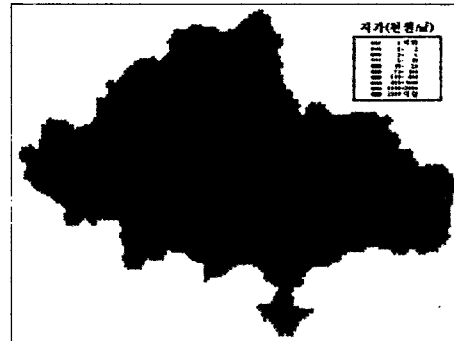


그림 7. 진주시 지가분포도

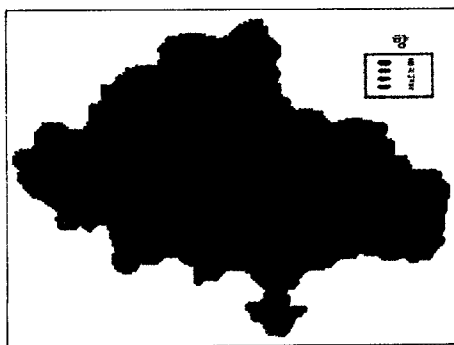


그림 4. 진주시 경사향분포도

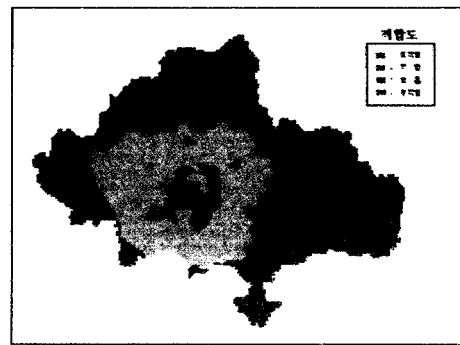


그림 8. 진주시 주거지개발 가능후보지

하학적 왜곡을 갖고 있으므로 affine 변환식에 의한 기하보정을 실시한 후, 진주시 행정구역을 절출하여 토지이용분류 대상화상으로 사용하였으며, 그림 1은 절출된 진주시의 false color 화상(화소크기:28.5×28.5 m, 화상크기:1024×768화소)이다.

토지이용분류에 있어서는 분류항목을 8개로 하였으며 분류방법으로는 최대우도법(maximum likelihood classifier)을 사용하였는데, 분류에 사용된 화상은 다른 band의 해상력(약 30 m)에 비하여 해상력이 나쁜 band 6(해상력 약 120 m)를 제외한 6개 band 화상이다. 그림 2는 화상처리 결과로서 얻어진 진주시의 토지이용분류화상이고, 표 1은 분류된 항목별 면적이다.

2.2 수치화상처리기법을 이용한 GIS 데이터베이스 구축

주거지 입지선정을 위하여는 연구대상지역내의 지형분석이 필수적이며 종래의 수작업에 의한 지형분석방법은 시간과 경비가 많이 들 뿐만 아니라 높은 정확도의 분석이 불가능한 방법이다. 최근에는 GIS의 이용과 수치화상처리 기법의 활용을 통하여 효율적인 지형정보의 획득과 분석이 가능^{4~7)} 하기 때문에 본 연구에서도 이들 기법을 적용하여 신뢰할 만한 지형정보를 획득하였다. 사용된 하드웨어 및 소프트웨어 시스템은 PC, 정전플로터 및 PC ARC/INFO이다.

① 지형정보 D/B 구축

표고자료획득을 위해 1/25,000 지형도를 이용하여 등고선을 추출하였다. 추출된 등고선을 스캐닝하여 수치자료로 컴퓨터에 입력한 다음 250 m 간격으로 표고를 추출하여 182×140 크기의 수치표고모형을 생성하였다. 생성된 수치표고모형을 이용하여 진주시 전지역에 대한 표고, 경사 및 경사향을 나타내면 그림 3 및 4와 같다.

② 법적개발제한요소 데이터베이스 구축

개발제한구역과 상수도보호구역에 대한 정보는 digitizer를 이용하여 1/50,000 지형도로부터 각각의 경계선의 좌표들을 측정된 후, 수치화상처리기법을 이용하여 구역내 화소들의 데이터값은 1과 2로, 구역외의 화소들은 그 데이터값은 0으로 부여하여 수치화상데이터를 구축하였다. 그림 5는 개발제한구역과 상수도 보호구역의 수치화상(화소크기:182×140화소)으로서 이 화상의 1개의 화소는 지상 250×250 m 크기에 해당한다.

③ 도로망 데이터베이스 구축

디지털라이저와 1/50,000 지형도를 이용하여 진주시내에 있는 고속도로, 국도, 지방도 및 철도선의 좌표들을 측정된 후, 수치화상처리기법을 이용하여 도로가 위치하는 화소들은 그 데이터값을 1, 2, 3, 및 4로, 그 외 지역의 화소들은 데이터값을 0으로 부여하여 수치화상데이터를 구축하였다. 도로망에 대한 접근성을 부여하기 위해 고속도로와 국도로부터 1km 이내지역은 1등급, 2km 이내지역은 2등급, 2km 이상은 3등급으로 하였으며 지방도는 500 m 이내지역을 1등급, 1km 이내지역을 2등급, 1km 이상은 3등급으로 하였다. 철도는 철도역을 중심으로 1km 이내지역은 1등급, 2km 이내지역은 2등급, 2km 이상지역은 3등급으로 정하였는데 그림 6(화소크기:182×140화소, 화소크기:250×250 m)은 그 결과를 나타낸 것이다.

④ 지가 데이터베이스 구축

지가 데이터베이스 구축을 위해 구 진주시지역내에는 동단위로, 통합된 구 진양군지역내에는 리단위로 표본추출(동 또는 리마다 약 20~60필지)된 필지의 공시지가를 이용하여 동이나 리를 대표하는 지가로 산정하였다. 그림 7은 평균공시지가를 10등급으로 구분하여 표시한 그림이며 이를 이용한 GIS분석에서는 평균공시지가가 20,000원/m² 이하는 1등급, 20,000원/m² 100,000원/m² 는 2등급, 100,000원/m² 이상은 3등급으로 구분하였다.

3. GIS를 이용한 주거지 적지분석

주거지 적지분석을 위하여 구축된 표고, 경사, 경사향, 지가, 도로망, 법적제한요소, 토지이용현황 데이터베이스를 이용하여 적지후보지를 분석하였다. 각각의 데이터베이스를 3등급으로 나눠 분류를 하였고 데이터

표 2. 데이터베이스 항목들의 등급 및 경중률

데이터베이스 항목	구분		비고
	등급	경중률	
표고	3등급	5	
경사	3등급	5	
경사향	3등급	7	
지가	3등급	7	
도로망	3등급	8	
법적제한요소	없음	0	개발가능여부 판단
토지이용현황	3등급	6	

표 3. 주거지 개발가능 후보지의 면적 및 거리

(단위:km², km)

후보지	1	2	3	4	5	6
면적	57.063	40.313	59.375	141.313	80.250	58.000
도심과의 거리	33.654	25.031	30.457	46.524	33.377	36.785
지역명	명석면(오미리) 일대	명석면(왕지리), 집현면(냉정리, 대암리) 일대	대곡면(단목리) 일대	진성면(천목리), 사봉면(방촌리, 우곡리) 일대	문산면(삼곡리, 이곡리) 일대	금곡면(동례리, 두분리) 일대

베이스들에는 각기 다른 경중률을 적용하여 주거지 적지분석의 객관성과 정확성을 향상시켰다. 그림 8은 본 연구에서 조사한 지형의 7가지 항목에 대해 표 2와 같은 등급과 경중률을 고려하여 대상지역내의 적지분석 적합도를 최적합, 적합, 보통, 부적합으로 분류한 화상이며, 최적합과 적합부분이 집중되어 있는 주거지개발 가능지를 6개 지역으로 나타낸 것이다.

그림 8의 6개 개발가능지역중, 각각의 후보지에 대한 적합성을 재평가하기 위해 면적과 도심(시청위치를 도심위치로 가정하였음)으로부터의 직선거리를 산출한 결과 표 3과 같았다.

4. 주거입지이론과 모형설정

4.1 주거입지 모형의 설정

앞서 주거지 적지분석을 위하여 표고, 경사, 경사향, 지가, 도로망, 법적제한요소, 토지이용현황 데이터베이스 등 물리적 결정인자를 중심으로 분석하였다. 그러나, 이와 같은 물리적 인자에 의한 주거입지분석은 도시의 인구 및 사회경제적인 잠재력을 도출해 낼 수가 없다. 사실상 비물리적인 공간하에서 주거지의 입지패턴은 교통비용, 쾌적성, 주택시장여건, 도시인구의 유입과 유출, 기반산업과 비기반산업의 정도, 소득, 지가 등 다양한 변수에 따라 크게 달라질 수 있다. 또한 소득 탄력성, 소득분포, 통행비용, 속도, 안락정도에 따라 크게 달라지기도 한다.⁸⁾

그러나 주어진 자료의 제약과 시간의 절약을 위하여 가장 기본적인 결정인자를 중심으로 몇가지 입지모형 분석을 통하여 주거입지 우선순위를 도출하고자 한다. 즉, 이미 본 연구대상지역인 진주시의 주거지를 위한 토지이용을 전제로 GIS에 의한 지형분석으로 주거용 토지이용이 가능한 후보지가 선정되었기 때문에 여기

서는 토지이용정책면에서 사회경제적인 인자를 감안한 입지모형을 적용하여 주거입지 우선순위를 도출하는 방법을 채택하고자 한다.

본 모형분석 및 적용단계에서는 주거입지 분석결과의 객관성을 높이기 위해, 통계적 기법에 의한 다양한 결정변수의 검증과 주거입지모형을 설정하고 각 모형의 결과를 비교분석한다. 아울러 기본식된 물리적 인자에 의한 적지분석결과와 검증과 주거지확보를 위한 토지정책상의 우선순위를 부여하기 위한 또 다른 모형의 설정과 분석결과를 도출한다.

첫째, 라우리(Lowry)모형을 이용하여 진주시 전 지역의 33개 지구별로 예측되는 비기반인구를 추정함으로써 기존의 비기반인구와 비교분석하여 장래 요구되어지는 주거지 수요를 순위별로 추정한다. 또한 진주시 지역의 주거지 개발시 주거용도전환의 확률을 알아볼 수 있는 주거지성장 확률모형을 적용분석하여 진주시의 우선적 주거지 성장지구를 살펴본다.

둘째, 진주시 근교의 주거지입지 선정을 위한 방법으로는 진주시의 외곽 부분읍(면지역)이라 할 수 있는 진양지역의 16개 면을 중심으로 주거지 적정입지를 선정한다. 먼저 주거입지의 인자들간의 상관관계와 인자 회귀분석을 통하여 주거지적지 요인으로 작용하는 변수들을 살펴본 후, 잠재력 극대화모형을 적용한다.

셋째, GIS를 이용하여 얻어진 진주시 근교의 주거입지 후보지 6개소를 대상으로 장래 진주시의 장단기적인 계획에 따른 우선개발가능지를 선정한다. 여기서는 후보지를 중심으로 주변지역을 포괄할 수 있는 범위에 따른 분석과 비용최소화법에 의한 편익비용모형을 사용한다. 이 과정은 앞서 설정된 라우리 모형과 주거지 성장확률모형에 의한 물리적(지형)분석 결과로 얻어진 후보지들을 대상으로 포괄모형 및 비용최소화모형을 적용하여 검증한다. 결과적으로 주거입지모형의 비교

검증을 통하여 보다 객관적으로 모형을 적용하고 본 연구의 최적 입지선정방법이 대도시보다는 중소도시의 범용적 주거입지선정을 위한 정책수단으로 제시되도록 하며, 우선순위를 통하여 장기적인 토지이용 정책수립의 기본자료로서 활용되도록 한다.

이와 같은 주거입지 모형의 설정과 검증 순서를 간단히 정리하면 그림 9와 같다.

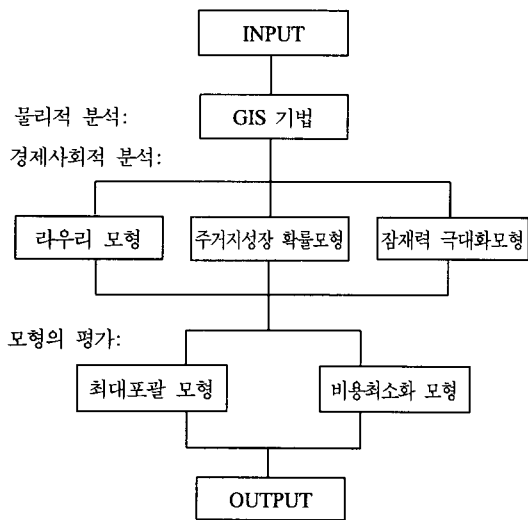


그림 9. 주거입지 모형의 설정 및 검증순서

4.2 지구별 주거입지분석

4.2.1 라우리모형 주거입지

이 모형은 고용분류를 기반부문과 비기반부문으로 이분화하고 있다. 기반부문의 입지는 서비스 고용자와 인구 등과 같은 다른 활동들의 패턴과는 무관하지만, 후자의 활동들은 기반부문 고용자의 입지에 관계한다고 가정하고 있다. 따라서 이 모형은 경제기반이론을 바탕으로 가구와 서비스들은 기반부문 고용자로부터 도출될 수 있다고 가정한다.⁹⁻¹¹⁾ 이 모형을 이용한 주거입지선정은 진주시의 총인구와 서비스부문 고용인구의 산출 및 배분작업을 제약조건하에서 행하는 방법이다. 이 모형을 적용하는 의도는 외생적으로 각 지구별 기반부문의 고용규모가 변동함에 따라 각 지구에 유발될 총인구와 서비스부문 고용자수를 예측하여 앞으로 소요될 주택시설(주거지)의 공간적 배분에 대한 정책적인 지침을 제시하는 것이다.

본 연구의 조사대상지역은 진주시의 교통지구를 중심으로 그림 10과 같이 33개 지구로 구분한다. 규모는 지구내 공공시설(소재지 중심)의 밀집도가 높고 가장 변화한 곳을 지정한다. 각 지구간의 통행거리는 각 지구의 중심과의 유클리드 거리(ucldian distance)로서, 동일지역내의 거리는 그 지구의 면적이 πr^2 일때 r 로 간주한다. 첫 단계로 각 지구별 경제활동인구를 구하기

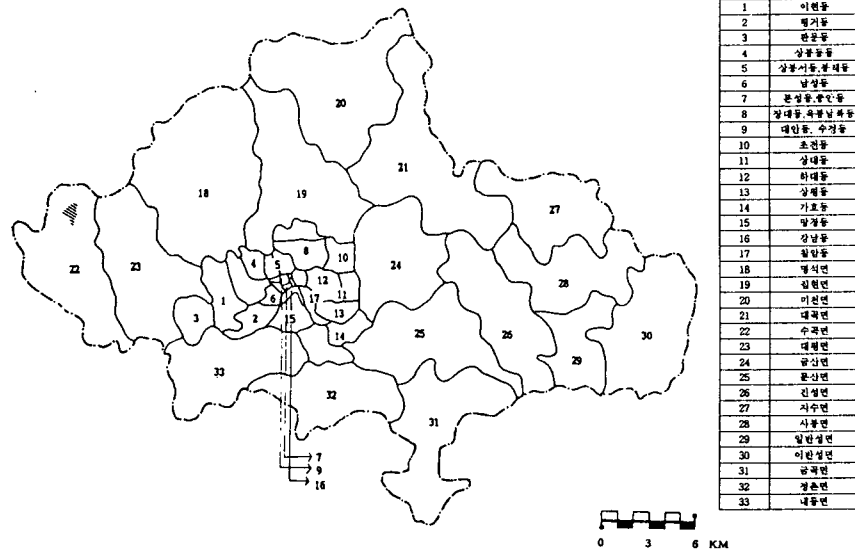


그림 10. 진주시 주거입지분석을 위한 지구의 위치

표 4. 인구승수 및 인구분담율

승수 및 분담율	1993년	2001년
α (인구승수)	5.095	5.236
β (인구분담율)	0.246	0.296

위해 우선적으로 진주시 총고용자수를 도출하며, 총고용자수는 각 지구별 인구에 진주시의 경제활동 인구구성비를 곱하여 구한다. 1차 산업인구와 2차 산업인구를 기반인구로 간주하고, 3차 산업인구를 비기반인구로 간주하여 진주시 전체의 산업별인구(취업인구)와 각 지구별 기반인구, 비기반인구를 추정할 수 있다. 둘째 단계로 인구승수(α)와 인구분담율(β)을 다음 식에서 산정하며 그결과는 표 4와 같다.

$$\alpha = \sum P_j (\text{총인구}) / \sum E_i (\text{총인구})$$

$$\beta = \sum S_j (\text{총비기반인구}) / \sum P_i (\text{총인구})$$

셋째단계로 총통행량(T_{ij})을 산정하는 단계로 기반부분 고용자들을 주거지구에 할당하며 다음과 같은 방정식을 이용한다.

$$T_{ij} = A_i O_j P_j f(c_{ij})$$

여기서, T_{ij} ... 총통행량(i지구와 j지구간의 통행량의 합)

A_i ... 주거지 인구

O_i ... 고용지 인구

P_j ... j지구의 기반인구

$f(c_{ij})$... 지구간 교통비용에 의한 통행량의 감소함수

넷째단계로 인구승수와 인구분담율을 이용한 기반비기반 인구를 추정한다. 여기서는 앞에서 구한 통행분포 $T_{ij}(i)$ 를 이용하여 상업지구에서 있는 최초의 총기반인구와 서비스(비기반)부분 고용인구를 산출한다.

다섯째 단계는 상업지구에서의 서비스부분 고용인구를 배분한다. 즉 총인구와 서비스부분 고용인구의 산출 및 배분의 의미는 외생적으로 기반부분의 고용규모가 변동함에 따라 각 지구에 있어 유발될 총인구와 서비스부분 고용자수를 예측하여 앞으로 소요될 주택 및 상업시설의 공간적 배분에 대한 지침을 제시하는 데 있다.

표 5. 라우리모형의 적용결과(적정 주거지구 선정 결과)

구분	진 주(시가화지역)		진 양(농촌배후지역)	
	현재	장래	현재	장래
지구	2 (평거동)	2(평거동)	20 (미천면)	25(문산면)
	9(대안·수정동)	10(초전동)	26 (진성면)	26(진성면)
	10 (초전동)	11(상대동)	28 (사봉면)	29(일반성면)
	11 (상대동)	12(하대동)	32 (정촌면)	30(이반성면)
번호	12 (하대동)	13(상평동)		
	16 (강남동)	16(강남동)		
	17 (철암동)	14(가호동)		

따라서 상업지구의 서비스부분의 고용인구를 배분할 수 있다.

본 연구에서는 적용모형식을 단순화하기 위하여 목표년도 예측인구를 기초로 기반-비기반인구를 산출하여, 지구별 인구를 산출하고 이에 따른 인구의 적정배치를 유도하였다. 각 지구별 비기반인구(서비스인구)의 예측값이 경제활동인구를 이용한 예측된 비기반인구와 비교 분석한 결과, 진주시역은 대부분 기존 예측치보다 높은 값을 가지며 진양지역은 낮은 값을 보이고 있다. 표 5에서 보는 바와 같이 진주시역은 2지구(평거동), 9지구(대안 수정동), 10지구(초전동), 11지구(상대동), 12지구(하대동), 16지구(강남동), 17지구(철암동)이 높게 나타났으며, 진양지역 중 상대적으로 높게 나타난 지구는 20지구(미천면), 26지구(진성면), 28지구(사봉면), 32지구(정촌면)으로 나타났다. 장기적으로 볼 때, 가구당 인구수, 인구밀도, 도시의 제약조건이 주어지면 우선적으로 주거지 개발이 가능한 지구로는 평거, 초전, 상대, 하대지구(진주 시가지지역)와 문산, 진성지구(진양 배후지역)이다.

이러한 지구들은 장기적으로 보아 비기반인구의 증가가 클 것으로 예상되며 특히 진양지역은 새로운 전원주거지로서 적합한 토지자원이 많기 때문에 도시교외화 현상과 함께 향후 크게 각광을 받을 수 있을 것으로 예상된다.

4.2.2 주거지성장 확률모형

주거지성장 확률모형(probabilistic model for residential growth)은 토지개발이라는 시각에서 도시개발의 분포와 강도에 미치는 요인을 분석하고 새로운 주거지 개발을 예측하기 위한 정책결정 대안으로서 개발 제시한 모형이다. 이 모형의 설정 및 단계별 적용방법은 제1단계에서는 주거지역 성장과 관련된

변수들을 파악하고, 제2단계에서는 미개발지구에 대한 신주택의 할당모형을 정립한다.¹²⁾ 이 모형은 주택을 입지들에 할당하기 위해 무작위 표본선정절차를 사용하고 있기 때문에 앞으로의 개발기간동안 미개발지구 각각에는 그의 유인력에 비례한 주거용도 전환 확률이 할당되어져야만 한다. 이 확률은 다음 식과 같이 표현된다.¹³⁾

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_j \beta_j x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_j \beta_j x_{ij}}$$

여기서, α_j 및 $\beta_j \dots$ 독립변수와 관련된 파라메타
 $x_{ij} \dots$ 지구 i의 j변수
 $n \dots$ 지구수
 $m \dots$ 독립변수 수
 $\sum_{j=1}^m \alpha_j \beta_j x_{ij} \dots$ 미개발지의 유인력

본 모형의 적용 결과, 표 6에서 보는 바와 같이 주거지로서 성장가능성이 큰 지구는 2지구(평거동), 5지구(상봉동), 10지구(초전동), 12지구(하대동), 16지구(강남동)으로 나타났으며, 6지구(남성동), 7지구(본성 중앙동), 9지구(대안 수정동), 17지구(칠암동) 지역은 도심 또는 그 인근지역이 현실적으로 새로운 대규모 주거지입지가 불가능한 지역이다. 또한 교외주거지로서 19지구(집현면), 20지구(미천면), 24지구(금산면), 25지구(문산면),

표 6. 주거지역성장 확률모형 적용결과

지역	우선적 주거지 성장지구	제한된 주거지 성장지구
진주	2(평거동)	
	5(상봉동)	6(남성동)
	10(초전동)	7(중앙 본성동)
	12(하대동)	9(대안 수정동)
	16(강남동)	17(칠암동)
진양	19(집현면)	
	20(미천면)	
	24(금산면)	21(대곡면)
	25(문산면)*	23(대평면)
	26(진성면)*	32(정촌면)
	28(사봉면)	
	29(금곡면)	

26지구(진성면), 28지구(사봉면), 31지구(금곡면)이 주거지성장 가능지역으로 예측된다. 특히, 진성, 문산지구는 농촌배후지원 거점지역으로서 주거지 성장이 크게 예상된다. 그리고 현재로서는 큰 가능성은 없으나, 21지구(대곡면), 23지구(대평면), 32지구(정촌면)도 소규모 주거지로서 제한된 개발이 가능할 것으로 예상된다.

4.3 잠재력극대화모형(면별 주거입지선정)

진주시 근교지역의 주거지 입지선정 방법으로 근교의 면급을 중심으로 장래 진주시의 적정 주거입지분석을 실시하였다. 먼저, Maximize 분석으로 거리제공에 대한 인구소득의 합에 의한 분석과 주거입지 인자의 상관분석 및 회귀분석을 통하여 주거입지분석인자들을 살펴보고, 이를 토대로 잠재력 극대화모형을 이용하여 분석한다.

4.3.1 주거입지요인의 분석

① 상관분석에 의한 주거입지 요인분석

각 면별 주거지 입지요인들간의 상관관계를 파악하여 주거입지의 주된 요인과 함수관계를 도출한다. 입지요인으로는 각 면별 교통량, 소득, 인구, 가구수, 지가를 이용한다. 상관관계는 하나의 변수가 다른 변수와 어느 정도 밀접한 관련성을 갖고 변화하는가를 알아보기 위해서 이용된다. 즉, 진주시 근교의 주거입지 인자로서 교통량, 소득, 인구, 가구수, 지가가 서로 관련성이 있는지의 여부를 분석하고자 할 때 이용된다. 여기서 각 면별 주거지입지 인자간의 상관관계를 살펴본바, 교통량과 인구, 가구수, 지가는 대단히 밀접한 상관도를 나타내었고, 인구와 가구수, 지가는 또한 대단히 밀접한 상관도를 나타내었으며, 가구수와 지가의 상관관계도 0.8777로 밀접한 상관도를 나타내었다. 반면에 교통량과 소득의 상관도는 매우 낮았고, 소득과 인구, 가구수는 상관관계가 비교적 적게 나타났다.

② 회귀분석에 의한 주거입지 요인분석

주거지성장의 궁극적인 목적은 종속변수를 예측할 수 있는 하나의 선형방정식을 도출하는데 있다. 이 회귀식은 종속변수의 실제값과 회귀식에 의해서 예측될 수 있는 값의 차이를 최소화하는 선형함수로서 최소제곱법을 이용하게 된다.

일반적인 회귀식의 모형은 (3.1)식에서와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i \cdot x_i$$

여기서, Y ... 종속변수

x_i ... 독립변수

β_i ... 독립변수에 관련된 파라메타

β_0 ... 그밖의 다른 파라메타

진주시 근교의 주거지 입지를 선정하기 위해 종속변수를 교통량과 가구수로 2가지 가정을 하였다. 여기서, 종속변수를 교통량과 가구수로 둔 이유는 주거입지의 척도로서 교통통행량과 가구수가 적합하기 때문이다. 먼저 교통량을 종속변수로 했을 경우는 독립변수로서 소득, 인구, 가구수, 지가, 도심거리를 투입하였다. 가구수를 종속변수로 했을 경우는 독립변수로서 교통량, 소득, 인구, 지가, 도심거리를 투입하였다.

주거지적지모형에서 사용되어진 여러 변수들간의 관계를 알아보기 위해 회귀분석을 이용한 결과, 종속변수를 교통량으로 두었을 때 R^2 (결정계수)가 0.86으로서 종속변수가 교통량인 회귀식을 양호하게 만족시키고 있으며, 도심거리와 소득 그리고 가구수, 지가 등이 서로 많은 관련성을 가짐으로써 주거지입지의 주요 변수들로 확인되었다. 다른 인자를 종속변수로 둔 경우는 대부분이 회귀계수들이 낮은 값을 나타내어 적합하지 못함을 알 수 있다.

4.3.2 잠재력 극대화모형의 설정 및 적용

이 분석은 주거입지 선정을 위한 한 방법으로, 인구와 소득을 각 지역간의 거리를 제곱으로 나눈 합으로서 주거입지 잠재력을 표현 하므로 인구와 소득이 증가할수록, 총통행거리가 작을수록 주거입지 잠재력이 크며 주거입지로서 적합하다고 간주한다. 이는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{Max} \sum_j \text{pop} * \text{cost} / \text{dis}^2$$

여기서, pop ... 지구별 인구(가구)

cost ... 가구당 소득

dis ... 도심에서의 거리

표 7에서 보는 바와 같이 잠재력 극대화모형의 분석 결과, 지구별 잠재력 합이 크게 나타나 진주근교 지역의 주거지 적지로서 우선 개발되어야 할 지구는 금산면, 문산면, 집현면, 정촌면, 금곡면 순으로 나타났으며 이 지구들은 현재 진주 근교지역의 부도심의 역할을 하고 있는 바, 주거지 수요가 증가하고 있음과 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나 정촌면은 지구의 많은 부분이 그린벨트로 묶여 있어 주거지 적지로서는 사실상 개발 불가능 지역이라 볼 수 있다.

표 7. 잠재력 극대화 모형의 적용 결과(지구별 잠재력 합)

지구번호	1	2	~	31	32	33	계	순위
18	733,963	590,927		167,683	409,806	266,111	13,535,477	10
19	871,049	1,045,052		399,037	819,325	293,222	25,755,496	3
20	151,631	164,440		148,606	12,233,441	77,876	18,342,099	6
21	284,572	356,350		922,125	1,215,783	165,454	16,516,546	9
22	246,985	178,323		51,514	59,611	209,531	7,429,401	13
23	275,691	176,472		38,513	43,301	189,783	543,8053	14
24	701,378	1,087,507		4,111,526	476,708	423,146	48,058,371	1
25	422,033	576,608		2,785,561	218,804	440,291	32,030,372	2
26	108,777	139,657		1,510,599	94,159	101,369	17,610,837	7
27	54,229	65,524		364,929	93,219	44,255	5,168,655	15
28	100,248	130,648		3,100,539	98,316	86,056	16,686,348	8
29	75,892	91,132		368,715	72,086	76,020	10,037,652	12
30	36,707	42,734		132,329	39,939	36,180	4,204,742	16
31	208,580	287,045		1,206,632	190,760	161,424	21,114,980	5
32	171,297	187,961		201,164	1,933,090	93,213	24,820,069	4
33	660,693	596,139		95,310	52,190	868,594	13,378,726	11

4.4 GIS에 의한 적정입지 타당성검증

진주시 근교 주거지 적지분석을 위해 표고, 경사, 경사향, 지가, 도로망, 법적제한요소, 토지이용현황 등을 GIS로 분석한 결과 주거지 적지후보지로 6개 지역을 우선 선정하였다. 왜냐하면 진주시의 난개발을 방지하고 보다 종합적이고 장기적인 토지수급을 위해서는 주거지 적지후보지 중 우선개발가능지의 선정이 요구되기 때문이다. 여기서 각 후보지의 인구 및 접근성을 이용하여 후보지중 우선개발지의 순위를 알아봄으로써 앞서 적용한 각 모형의 결과치를 검증할 수 있다. 만약 이러한 적정 후보지로서 도심, 시가화구역 또는 다른 지역(예: 마산, 창원지역)으로부터의 인구유입을 감안하지 않고 후보지 인근주민을 최대한 포괄할 수 있도록 유도하고 새로운 주거지의 편익(예: 상하수도, 교육 시설 등)을 최대한 활용할 수 있도록 배려되어야 한다. 한편 이러한 후보지를 도심 또는 시가화지역의 직장간의 통행비용을 최소화할 수 있도록 배려하는 것이 바람직하다.

따라서 최대포괄모형과 비용최소화모형을 적용하여 적정주거지로서 요구되는 현실적인 문제를 충족시키고 그 결과를 라우리모형, 주거지성장확률모형, 잠재력 극대화모형 등과 비교함으로써 물리적 조건에 부합되고 편익극대화 및 비용최소화를 동시에 충족할 수 있는 최적주거지를 선정하고자 한다.

4.4.1 포괄법을 이용한 주거지입지 타당성분석

포괄모형은 시설입지 배치문제에서 포괄거리이내의 인구를 극대화하고 많은 접근기회를 제공함으로써 그 시설의 이용율과 만족도를 증가시킬 수 있도록 한다. 여기서 포괄거리의 크기는 각 시설의 종류에 따라 다양하며 적정포괄거리의 산정이 그 모형의 결정적인 변수요인이 된다. 각 지구에서의 포괄값을 구하는 방법은 입

지수(지구수)를 n , 포괄값을 구하려는 입의 j 지구와 각 i 지구간의 거리가 d_{ij} , i 지구의 인구가 P_i 일때, d_{ij} 가 포괄거리 S 이내에 있으면 $Y_i=1$, 그렇지 않으면 $Y_i=0$ 를 사용하여 다음 식에 의하여 구한다.

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^n P_i Y_i$$

이러한 포괄모형은 포괄거리이내의 인구를 극대화하고 많은 접근기회를 제공함으로써 그 시설의 이용율이나 만족도를 증가시킬 수 있다. 그러나 다른 한편으로는 포괄거리가 크면 포괄할 수 있는 범위가 넓어지기 때문에 오히려 접근거리내의 이용자에게는 더 불리할 지도 모른다. 주거지의 경우, 통학권 및 출퇴근거리(시간)의 크기에 따라 입지 배치문제의 포괄거리나 대상이 달라진다. 본 연구의 대상지역은 진주시 근교에 위치하고 있는 6개 후보지역과 생활이용가능한 진주시 33개 지역의 관계에서 포괄범위를 10 km, 15 km, 20 km, 30 km 를 중심으로 조사하였다.

표 9에서 보는 바와 같이 포괄법에 의한 결과로, 진주근교의 주거지입지 후보지 6개소 중 포괄범위를 10 km로 두었을 때 후보지 2와 후보지 5지역을 우선개발함이 바람직한 것으로 나타났다. 주거지 입지의 포괄범위를 15 km로 둘 때, 후보지 3, 5, 2지역이 우선개발 선정지역으로 볼 수 있다. 원거리로서 포괄범위를 20 km로 둘 때, 주거지 우선개발 적정지역으로는 후보지 3, 5, 2지역을 들 수 있으며, 포괄범위를 30 km로 둘 때는 대부분의 후보지가 개발우선 적정지로 볼 수 있으나, 포괄범위가 너무 넓어 이용자의 불편을 야기하므로 실제로는 의미가 적다. 따라서 GIS를 이용하여 선정한 진주 근교의 주거입지 후보지 6개소 중 우선개발이 요구되는 지역으로는 후보지 2, 3, 5지역이라고 할 수 있다.

표 8. 후보지별 이용가능면적 (단위 : km²)

후보지	최 적	적 합	보 통
1	16.438	31.500	9.125
2	10.500	21.563	8.250
3	10.875	38.000	10.500
4	53.813	77.688	9.813
5	14.625	48.438	17.188
6	7.375	37.938	12.688

표 9. 포괄범위에 따라 얻어진 최대포괄값(단위 : 인)

지역 거리	후보1	후보2	후보3	후보4	후보5	후보6
	10km	72,273	259,286	177,634	40,196	200,768
15km	286,228	300,893	315,040	259,508	308,269	238,794
20km	304,701	323,983	328,315	319,348	328,315	310,965
30km	328,754	332,123	332,123	332,123	332,123	332,123

4.4.2 비용최소화법

이 방법(모형)은 교통거리 내의 이용거리와 평균거리를 최소화하거나 총입지별로 최소화라는 문제로 접근한다. 이것은 교통비용이나 거리를 최소화하는 문제로서 특히 거리는 총이동거리, 평균이동거리, 최대이동거리로 구분될 수 있으며^{14),15)} 다음과 같이 표현된다.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n P_j d_{jk}$$

여기서, $P_j \dots j$ 지구의 인구

$d_{jk} \dots j$ 지구에서 k 까지의 통행거리

본 연구에서는 앞에서 GIS를 이용하여 구하여진 주거지 입지후보지 6개소의 장래 인구예측치와 진주지역의 각 지구간의 거리를 이용하여 비용최소화법을 적용한다. 우선 후보지역의 장래 인구를 예측하기 위해 여기서는 적정인구밀도를 250인/ha로 간주한다. 최소비용화법을 이용한 결과, 표 10에서 보는 바와 같이 GIS에 의해 구해진 진주 근교의 주거지입지 후보지 6개소 중 우선개발 적지로는 $\sum P_j d_{jk}$ 값이 최소가 되는 지역으로 후보지 2지구가 가장 적합한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 후보지 3 및 5지구 순으로 나타났다.

표 10. 각 후보지 인구밀도, 예측인구 및 비용

후 보 지	1	2	3	4	5	6
면 적 (km ²)	0.57063	0.40313	0.59375	1.41313	0.80250	0.58000
인 구 수 (인)	40	38	72	217	303	159
인구밀도(인/km ²)	70.0	95.5	120.9	153.4	377.4	274.3
예측인구(인)	14266	10078	14844	35328	20063	14500
비 용 ($\sum P_j d_{jk}$)	6,834,412	3,531,230	5,131,125	15,313,981	6,648,662	7,118,775

표 11. 각 모형별 최적입지선정

적지선정방법	주거지 적지		주 거 지 적 지 선 정		
	라우리모형	주거지역성장	확률모형	잠재력극대화 모형	
지구별 입지선정	라우리모형	2(명거동), 9(대안 수정동), 10(초전동), 11(상대동), 12(하대동), 16(강남동), 17(철암동) 20(미천면), 26(진성면), 28(사봉면)	2(명거동), 5(상봉동), 10(초전동), 12(하대동), 16(강남동)	19(집현면), 20(미천면), 24(금산면), 25(문산면), 26(진성면), 28(사봉면), 29(금곡면)	24(금산면), 25(문산면), 19(집현면), 32(정촌면), 31(금곡면)
	주거지역성장	2(명거동), 5(상봉동), 10(초전동), 12(하대동), 16(강남동)	19(집현면), 20(미천면), 24(금산면), 25(문산면), 26(진성면), 28(사봉면), 29(금곡면)	24(금산면), 25(문산면), 19(집현면), 32(정촌면), 31(금곡면)	
	확률모형	19(집현면), 20(미천면), 24(금산면), 25(문산면), 26(진성면), 28(사봉면), 29(금곡면)	24(금산면), 25(문산면), 19(집현면), 32(정촌면), 31(금곡면)		
	잠재력극대화 모형	24(금산면), 25(문산면), 19(집현면), 32(정촌면), 31(금곡면)			
후보지별 입지선정	포괄모형	후보지 2(명석면, 집현면), 후보지 3(대곡면) 후보지 5(문산면)	최소비용화모형	후보지 2(명석면, 집현면), 후보지 3(대곡면) 후보지 5(문산면)	

5. 최적 주거입지선정

5.1 지구별 적지선정

각 모형의 적용결과를 종합적으로 비교하여 본 결과, 표 11, 그림 11 및 그림 12에서 보는 바와 같이 주거지 적지지구로 시가지지역(구진주시)은 부도심으로 자리 잡고 있는 평거지구, 상대 하대 초전지구, 강남 철암지구이며, 농촌배후지역(구진양군)은 문산면, 집현면, 정촌면, 진성이다.

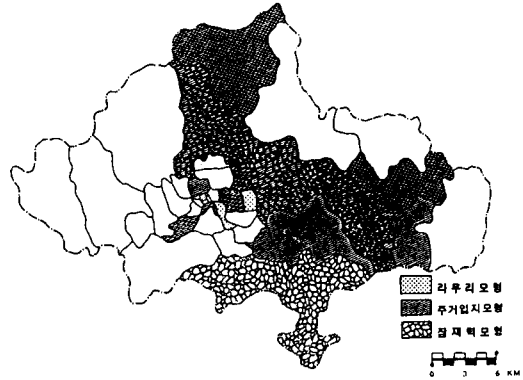


그림 11. 지구별 적지선정

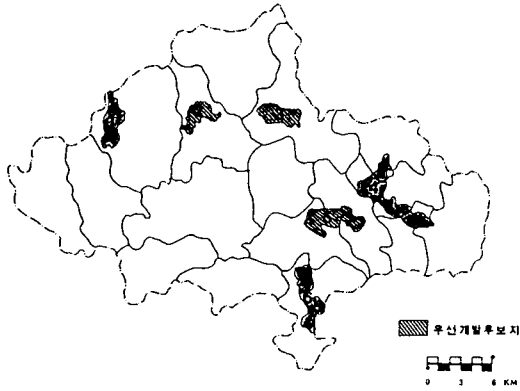


그림 12. 후보지별 적정입지선정지

6. 결론 및 요약

본 연구에서는 주거지 적지분석을 위해 GIS기법과 주거지 입지모형을 적용한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) GIS를 통한 지형, 경사, 토양, 표고, 도로와의 접근성, 지가 등을 토대로 자연적 환경을 분석하고, 인공 위성자료에 의한 물리적 토지이용을 분석함으로써 주거지 적지분석을 위한 사전 조사연구를 수행할 수 있었으며, 이 결과와 설정된 모형의 적용 결과를 종합평가 분석함으로써 최적주거지를 도출할 수 있었다.

2) 현 지역주민의 편익증대와 도시민의 새로운 주거지로서 직주통행에 의한 비용감소를 전제로 한 포괄모형과 비용최소화모형으로 주거지선정의 적부성을 검증하였다. 또한 그 결과를 라우리모형, 주거지성장모형, 잠재력 극대화모형의 결과와 비교함으로써 그 적합성을 검토할 수 있었다.

3) 적용된 각 모형의 결과와 비교검증을 통하여 최종적인 적정주거입지를 선정하였고, GIS 및 인공위성 자료에 의한 물리적 조건하에서 경제 사회적 인자에 의한 각 주거입지 모형 결과치를 비교분석하여 최적인 주거입지가 갖는 한계를 지적하고 장기적인 주거지개발 방향을 제시할 수 있었다. 이상과 같은 주거지 적지분석은 지방도시의 주거입지선정을 위한 우선순위를 부여함으로써 보다 면밀하고 현실적인 토지이용정책을 수립하는데 유용한 자료로서 활용될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 경남개발연구원의 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 연구비 지원에 감사드립니다.

參考文獻

1. 안기원, 인공위성 화상데이터를 이용한 지형표고의 추출, 서울대학교 박사학위논문, 1988.
2. 안철호, 안기원, 김용일, "LANDSAT(MSS, TM) Data를 이용한 서울시의 토지이용 경년변화의 추출에 관한 연구(1972년-1985년)", 대한토목학회 논문집, 제9권, 제4호, 1989, pp.113-124.
3. 안철호, 윤정섭, 안기원, "도시 및 지역연구를 위한 인공 위성 Data의 분석 및 그 활용방안에 관한 연구", 한국측지학회지, 제3권, 제1호, 1985, pp.1-13.
4. 유복모, 유환희, "스캐너를 이용한 지형공간정보체계(GSIS)의 지형자료구축방안", 대한토목 학회 학술발표회 개요집, 1992, pp.309-312.
5. 유환희, "수치사진측량과 GIS의 통합 및 적용기법의 개발", '93 Post-Doc 보고서, 한국과학재단, 1994.
6. 유환희, "지형정보체계의 DB구축을 위한 Softcopy Photogrammetry의 역할", 한국지형공간 정보학회 학술발표회 개요집, 1994, pp.6-23.
7. 유환희, 안기원, 김희규, "도시정보시스템의 Database구축에 관한 연구", 대한토목학회 학술 발표지, 1991, p.460.
8. Alan W. Evans, The Economics of Residential Location, 1972.
9. A. G. Wilson, Entropy in Urban and Regional Modelling, Pion Limited, London, 1970.
10. A. G. Wilson, Urban & Regional Models in Geography & Planning, John Wiley & Sons Ltd., 1974.
11. Donald A. Krueckberg and Arthur L. Silvers, Urban Planning Analysis : Methods and Models, 1974.
12. 국토개발연구원, 지역분석을 위한 계량적 접근방법, 1981.
13. Edward J. Kaiser, Urban Land Use Planning, 1994.
14. 김 영, "신도시계획을 위한 공공시설 배치모형에 관한 연구", 경상대학교 생산기술연구소 논문집, 제8권, 1992, pp.53-69.
15. 김 영, "지방중소도시의 생활편익시설 입지분석과 적정 배치를 위한 계량적 연구", 대한국토도시계획학회지, 제26권, 제3호, 1991.