

공간분석 및 모델링을 이용한 지방행정구역 재설정에 관한 연구*

김감영** · 이진학*** · 신정엽****

A Study on Reconstructing of Local Administrative Districts Using Spatial Analysis and Modeling*

Kim, Kamyong** · Lee, Gunhak*** · Shin, Jungyeop****

요약: 본 연구의 목적은 공간분석 및 모델링을 이용하여 지방행정구역을 재설정하는 최적화 모델을 개발하는 데에 있다. 이를 위해 먼저 기존의 지방행정체제 개편과 관련된 논의들을 비판적으로 검토하여 구역 설정을 위한 기준을 도출하였다. 도출된 기준을 바탕으로 행정구역 재설정을 위한 최적화 모델을 정의하였다. 구역내 동질성, 구역간 형평성, 공간적 배열이라는 세 가지 요소를 행정구역 재설정 최적화 모델의 주요 기준으로 고려하였다. 행정구역과 실제 생활권(경제권)을 일치시키기 위한 구역내 동질성은 구역에 포함된 단위 지역간 상호작용의 형태로 정량화되었다. 인구, 면적, 재정력 등의 차이를 이용하여 구역간 형평성을 평가하였다. 마지막으로 조밀하고 연속적인 구역이 형성되도록 공간적 배열을 제약하였다. 제시된 행정구역 재설정 최적화 모델은 GIS 환경에서 자동구획절차(AZP) 알고리즘을 이용하여 구현되었으며, 시군 공단 단위의 합역을 통한 광역체계 행정구역을 설정하는 문제에 적용되었다. 적용 결과 제시된 모델은 목적함수 대안에 따른 최적화된 구획체계를 도출하였다.

주요어: 지방행정구역, 구획 문제, 자동구획절차, 최적화

Abstract: The purpose of this study is to develop an optimization model for reconstructing local administrative districts using spatial analysis and modeling. For this, literature related to reorganization of local administrative systems was critically reviewed and criteria for redistricting were extracted. An optimization model for reconstructing administrative districts was formulated based on these criteria. The model considered three criteria: homogeneity within a reconstructed district, equity among reconstructed districts, and spatial arrangement. Homogeneity for relieving spatial mismatch between administrative and living(economic) boundaries is measured by spatial interaction within a district. Equity among districts is evaluated using population, area, and financial independence. Finally, spatial arrangement is measured by compactness and contiguity. The developed optimization model was implemented using Automated Zoning Procedure(AZP) in GIS environment and applied to a problem aggregating Si-Gun administrative units into broader districts. Application results demonstrate that the model can provide optimal districts according to alternative objective functions.

Key Words: Local Administrative Districts, Districting Problems, Automated Zoning Procedure, Optimization

1. 연구 배경 및 목적

세계화 추세에 따라 경제, 사회, 문화 등 다양한 측면의 역동성이 국토 공간의 변화를 자극하고 있다. 또한 시대적 변화에 따라 지역은 점차 다원화되고 있고, 지역적 특성 또한 계속 변화하고 있다. 이러한 국토 및 지역의 변화 과정 속에서 국토 공간은 불균등하게 변화되고 있고, 지역간의

관련성 및 상호작용을 반영하지 못하는 경우가 많아지며, 궁극적으로는 국토 공간의 비효율성과 지역간 양극화가 심화되고 있다. 이러한 상황에서 국토내의 지역간 불균형 해소 및 지역간 통합을 이루고, 세계, 국가, 지역, 장소 등 다양한 공간 스케일에서 발생하는 상호작용의 흐름을 원활하게 하기 위해 국토공간조직을 재구성하여 세계화라는 큰 시대적 흐름에 능동적으로 대처할 필요

* 본 연구는 2009학년도 이화여자대학교 RP-지원사업에 의한 결과임.

** 경북대학교 사범대학 사회교육학부 지리교육전공 전임강사(Full-Time Lecturer, Kyungpook National University)(kamyoungkim@knu.ac.kr)

*** 이화여자대학교 사회생활학과 연구교수(Research Professor, Ewha Womans University)(gunhlee@gmail.com)

**** 서울대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Seoul National University)(geoshin@snu.ac.kr)

가 있다.

국토 환경의 변화 속에서 국토공간조직의 재설정은 인문·사회 현상에 막대한 영향을 주기 때문에 매우 중요한 문제이며, 체계적으로 접근할 필요가 있다. 적절한 절차와 방법론에 기반한 국토공간조직 설정은 해당 지역의 동질성, 통합성을 강화시킬 뿐만 아니라 지역간의 교류와 상호작용을 증대시킨다. 이러한 중요성에도 불구하고 현재의 국토공간조직은 시대적 변화와 요구를 제대로 반영하지 못하고 있다. 이러한 이유로 국토공간조직 재설정의 문제점과 필요성 검토 및 대안 제시에 대한 연구는 오래 전부터 다양한 영역에서 이루어져 왔으며(최창호, 1980; 김안제, 1984; 이규환, 1993; 임석희, 1995), 최근 정치권의 행정구역 개편안 논의에 의해서 구체화되고 있다(박승주 등, 1999; 이동우 등, 2003; 홍준현, 1998; 행정자치부, 2000).

지금까지 수행된 행정구역 재설정 논의를 비판적으로 검토해보면 몇 가지 문제점이 드러난다. 첫째, 지역의 공간적 특성에 대한 이해의 중요성을 간과하고 있다. 지역 또는 권역설정은 해당 지역의 다양한 특성을 고려하고 최적화된 결과를 도출해야 하나 실제로는 그렇지 못하다. 많은 경우 제한된 또는 피상적 기준에 의해 권역설정이 수행된 경우가 많아 지역의 다양한 특성을 반영하지 못하는 한계를 지닌다. 둘째, 주관적이고 비과학적인 절차를 통해 지역 재구성이 이루어졌다. 지역 또는 권역설정이 개인의 주관적 경험이나 판단 등에 의해 결정되거나 제한된 정보를 토대로 임의적인 방식에 의해 이루어진 경우가 많다. 이러한 주관적, 비과학적 절차에 의한 지역 재설정의 결과는 많은 사람들에게 지지받기 어려우며, 그만큼 불합리한 요소를 내포하고 있어 잠재적으로 많은 부정적인 파급효과를 가질 수 있다. 이러한 상황에서 많은 대안들의 난립은 행정구역 재설정에 대한 방향 설정을 더욱 복잡하고 어렵게 만들고 있다.

최근 행정구역 개편에 대한 활발한 논의 속에서 위에서 언급한 기존 접근의 한계점을 극복하기 위한 과학적 권역설정의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 지리정보시스템(Geographic Information Systems: GIS)과 공간분석 및 모델링 분야의 발달은 이전에는 불가능했던 높은 수준의 공간의사결정을 가능

하게 하고 있어, 기준설정 및 강조점에 따른 다양한 권역설정 시뮬레이션의 수행 및 분석에 GIS를 바탕으로 한 컴퓨팅 기술과 공간분석 알고리즘을 효과적으로 활용할 수 있게 되었다. 이러한 방법론상의 비약적인 발전은 행정구역 재설정 등에 대한 보다 과학적인 방안 및 모형수립을 효과적으로 지원할 수 있으리라 판단된다.

위와 같은 배경에서 본 연구의 목적은 빠르게 변화하는 국내외 환경에 효과적으로 대처하며, 미래에 지속적인 국토발전을 위해 사회통합과 지역성을 고려한 행정구역 재설정 방안과 권역설정 모델을 수립하여 우리나라의 행정구역 재설정 문제에 적용하는 것이다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 기존의 권역설정 논의를 비판적으로 검토하여 논의의 특징과 한계점을 파악하고, 이를 통해 보다 나은 권역설정을 위한 시사점을 도출하고자 한다. 또한 지리학과 지역과학 등의 분야에서 제시된 권역 재설정 방법론을 검토하고 이를 발전시켜 권역설정 모델을 제시하고자 한다. 나아가 이 모델을 최근 정치·사회적으로 중요한 이슈가 되고 있는 지방행정구역 재설정 문제에 적용하여 대안을 제시하고자 한다.

2. 지방행정구역 재설정 논의에 대한 비판적 검토

1) 지방행정체제 구조 및 개편 필요성

2008년 1월 현재 우리나라의 지방행정체제는 3계층 또는 4계층(인구 50만 명을 초과하는 도시)의 다계층 구조로 이루어져 있다. 2개의 자치계층으로 특별시·광역시·도의 광역자치단체와 시·군·자치구의 기초자치단체가 있고, 읍·면·동 또는 인구 50만 명을 초과하는 시의 행정구로 구성된 행정계층이 추가로 구성되어 있다.

역사적으로 우리나라의 지방행정체제는 조선말기와 일제 초에 중앙 통치의 용이함과 행정의 편의성을 목적으로 기본 골격이 형성된 후(최길수·김영재, 2007) 해방 이후 권위주의적 중앙집권시대를 거치는 동안 줄곧 형태가 바뀌지 않고 유지되어 왔다. 그러나 오늘날 세계화, 지방화, 정보통신의 발달 등과 같은 시대적 흐름 속에 중앙뿐 아

나라 지방정부의 행정환경이 급격하게 변화하고 있어 기존의 경직된 행정체계가 시대적 요구를 수용하고, 적절하게 대처할 수 있는지에 대해 의문이 제기되었다(하혜수·김영기, 2006).

이에 따라 오래전부터 많은 학자들과 정치권에서 현행 지방행정계층과 구역에 대한 현실적 문제들을 논의해 왔는데(김종표, 1993; 최창호, 1994; 오희환·김익식, 1994; 김안제, 1998; 김병국 등, 1998; 정덕주, 2007), 이들 논의에서 공통적으로 지적되는 지방행정체제의 문제점은 다음과 같다. 첫째, 현행 다단계의 행정계층은 계층간 기능 중복 및 중간계층(예: 도)의 단순 중계기관화, 과도한 인력과 예산 소모, 거래비용 증가, 의사전달체계의 왜곡, 행정업무 지체 등과 같은 행정적 비효율성을 조장하고 있다. 둘째, 교통 및 정보통신의 발달에 따라 지역 주민의 사회·경제적 생활 공간 범위가 크게 달라지면서 실제 생활권 또는 경제권과 현행 행정구역이 불일치하게 되었고 이로 인하여 지역 주민의 불편이 가중되고 있다. 셋째, 농촌 지역의 인구감소, 고령화 등에 따른 지역 중심성이나 기초자치단체의 역량 상실은 지방자치단체간의 지역적 불균형을 가져오고 있다.

현행 지방행정체계가 안고 있는 위와 같은 문제점은 결국 행정계층의 단순화를 통해 행정적 효율성을 증대시키고, 실질적 생활권이나 지역 균형발전 요소들을 고려한 지방행정체제 개편을 통해 완화될 수 있을 것이다.

2) 주요 지방행정체제 개편안 및 재구성 기준

지방행정체제 개편을 둘러싼 주요한 쟁점은 자치 및 행정계층의 수와 같은 계층조정, 광역 및 기초자치단체의 기능조정, 자치 및 행정구역 획정 등으로 구분될 수 있다. 행정계층과 행정구역은 상호 밀접한 관계가 있기 때문에 지방행정체제 개편에 대한 논의들은 대개 이 두 가지 문제를 포괄적으로 다루었다. 지금까지의 논의를 바탕으로 지방행정체제의 개편 모형을 살펴보면 특정시 도입(자치2계층), 도시군 기능분리(자치2계층, 기초자치기능 확대, 수평적 관계), 도 기능전환(자치1계층, 도를 국가행정기관화), 도시군 통합(자치1계층, 새로운 행정시도), 시군 통합(자치2계층, 현행 유

표 1. 지방행정체제 개편 모형

모형	특징	주요 연구
자치 1 계층	도폐지, 도의 국가행정기관화, 시군구 광역화, 읍면동 자치권 부여	이달근(1995), 이종수(1996), 강용기(1998), 박승주 등(1999)
자치 2 계층	광역-기초자치계층 유지, 도와 시군 기능 분리	이기우(2006), 임승빈(2006), 조성호(2006), 육동일(2006)
혼합형	대도시와 도 지역내 자치계층구조 이원화, 도와 시군 기능 분리, 시군 광역화	한국지방행정연구원(2007)

지, 부분적 시군 통합) 모형 등이 있다. 이러한 개편 모형들은 공통적으로 자치계층을 어떻게 조정하느냐에 따라서 자치1계층, 자치2계층 및 혼합형으로 분류될 수 있으며, 현재 정치권의 지방행정체제 개편안과 직간접적으로 연계되어 있다¹⁾. 각 개편 모형의 특징과 관련 연구는 <표 1>과 같다.

여러 개편안 중 최근 정치권에서 활발히 논의되고 있는 내용의 이론적 배경이 되고 있는 주요 개편안들을 살펴보면 다음과 같다. 1996년 L 국회의원은 시도 폐지, 도시군 통합 등을 통해 자치계층을 단층화하고, 48개의 자치단체로 개편할 것을 주장하였다. 박승주 등(1999)은 L 국회의원의 논의를 바탕으로 도를 폐지하고 전국을 광역시 체제로 개편하는 안을 제시하였는데, 구역설정을 위한 핵심변수로 인구와 면적을 사용하였고 동일경제권, 연담경제권, 관광개발권, 국토개발권 등 사회·경제적 요소를 일부 반영하여 기존 행정구역을 58개 광역시로 조정하였다. 이와 유사하게, 국회지방행정체제특별위원회(2006)는 행정구역과 생활경제권 불일치, 고비용 저효율, 지자체간 불균형에 따른 문제점 등을 지적하면서 도폐지를 통한 계층구조의 단순화, 시군구 광역화, 읍면동 준자치단체화 등의 개편안을 제안하였다.

한편 이동우 등(2003)은 통근권을 기초로 28개의 기초생활권(경제권) 설정에 따른 시군 통합안을 제시하였는데, 서울, 인천, 부산 등 대도시와 경기도를 제외하면 60~70개의 광역시 체제와 유사한 수치를 나타내는 특징을 보인다. 이와 유사

한 관점에서, 홍준현(1998)은 행정구역과 생활권의 일치에 근거하여 읍면동 폐지와 같은 권역 재설정 방안을 논의하였다. 그는 읍면에 대한 정주생활권의 중심지와 범위를 실증적으로 조사하였고, 서울 근교의 경우 통근통학 인구 비율로 정주생활권을 분석하였다.

이동우 등(2003)과 홍준현(1998)이 생활권 개념을 이용하여 개편안을 제시했다면 한국지방행정연구원(2007)은 행정의 효율성 측면을 강조한 여러 가지 시안을 제시하였다²⁾. 한편 행정자치부(2000)는 국가 경쟁력 강화, 고효율 저비용 행정체제구축, 민선자치행정 책임성과 주민요구 대응성 증대와 같은 포괄적인 수준에서 지방행정체제 개편의 필요성을 지적하였고, 이러한 인식을 바탕으로 특례시, 지정시 도입, 도시군 기능분리, 도 기능전환, 도시군 기능통합과 같은 여러 대안을 제시하였다. 이 중 도와 시군간 기능 통합 안은 인구, 면적, 주민 정서적 동질성, 정보 네트워크화 추진여부 등의 기준을 적용하여 54개 광역시로 재편된 행정구역을 구성하는 것이다.

이상의 지방행정체제 개편 논의들을 살펴보면, 인구 및 면적 균형, 민주성, 능률성, 지방분권화, 지역균형발전, 지역갈등해소, 지방자치단체의 경쟁력, 생활권, 지역 형평성 등 매우 다양한 기준들이 적용되었다(표 2). 특히 주민참여, 주민통제, 주민편의를 위한 민주성, 행정능률과 재정적 자립성, 경제적 조건을 고려한 지역간 형평성, 사회공동체, 생활권, 지리적 조건 및 역사적 전통과 같은 공간성이 중요한 근거로 고려되고 있음을 알 수 있다.

표 2. 지방행정구역 개편을 위한 조건

주요 연구	조 건
최창호(1980)	주민참여, 행정효율, 지리적 조건, 생활권, 전통과 주민감정
김안제(1984)	정부 및 주민의 접근도
최상철(1985)	일일생활권, 인구
이규환(1993)	효율성의 제고, 민주성의 확보, 실현성의 보장
임석희(1995)	생활권의 일치, 인구
홍준현(1998)	생활권과 행정권의 일치
박승주 등(1999)	인구, 면적, 경제권, 개발권
이동우 등(2003)	통근권, 거리

그러나 이러한 근거들을 어떻게 조작적으로 정의하고 측정할 것인지에 대한 논의는 거의 이루어지지 않았다. 또한 공간성 근거 측면에서 연속성이나 거리 개념이 어느 정도 반영되고 있지만, 구역 설정 문제의 또 다른 중요한 요소인 구역의 모양은 명시적으로 고려되지 않고 있다³⁾.

3) 지방행정체제 개편 논의의 시사점 및 권역설정 고려사항

지금까지 살펴본 지방행정체제 개편을 위한 선행 연구들은 대부분 일반적 원리와 방향 설정에 대한 논의에 치중하고 있다는 공통점이 있다. 몇몇 연구들은 행정구역 개편에 대한 구체적 시안들을 제안하고 있지만, 이들 연구 역시 구획을 위한 합리적인 근거와 명확한 변수 설정에서 한계를 가지고 있다. 즉 제시된 근거들을 계량화하거나 구체적으로 적용하는 것이 어렵고, 근거들이 상호 모순되는 경우도 있으며, 근거들의 상대적 중요성에 대한 논의가 간과되어 있다.

많은 경우 인구와 면적과 같은 단순한 기준에 따라 획일적으로 재조정된 행정구역을 제시하는데 그치고 있다. 물론 인구 및 면적 요건의 고려는 외연적인 규모에 있어 지역간 불균형 해소라는 긍정적 효과를 기대할 수 있지만, 지역경제발전이나 자립을 위한 재정적 안정성과 같은 실제적 측면에서의 지역균형은 고려되어 있지 않다. 외연적인 균형만을 유지한 통합은 통합과정에서 이질적인 특성을 지닌 지역들 간의 마찰을 가져올 수 있기 때문에 지역간 인문·사회적 통합성이나 동질성과 같은 요인 역시 반드시 고려되어야 할 중요한 기준이다. 이와 유사한 관점에서 주민참여와 같은 민주성의 반영은 구체적 변수 선정이 어렵다는 한계를 가지고 있지만, 최근 정부에서 추진한 행정구역 자율통합 노력에서 그 대안을 엿볼 수 있다⁴⁾. 기존 연구들의 또 다른 한계는 비록 연구들이 합리적인 기준을 선정하고 재구획화를 시도하였다 할지라도, 결과에 대한 최적성에 대해서는 과학적으로 검증하지 못하고 있다는 것이다. 즉 재조정된 행정체제가 의도한 바를 얼마만큼 반영하는지 평가할 수 없다. 따라서 보다 과학적이고 합리적인 지역 재구성 방법론 도입이 절실히 요구된다.

주지하다시피 지방행정구역 설정 및 재설정은 다양한 측면을 고려해야 하는 복잡한 문제이다. 따라서 보다 합리적이고 올바른 구역설정 방법론의 수립 및 결과 도출을 위하여 지방행정구역 재설정 과정에서 반드시 고려해야 할 측면들을 살펴볼 필요가 있다.

첫째, 지역 재설정을 위한 중요한 고려 측면으로 지역의 동질성을 들 수 있다. 지역의 동질성은 다른 지역들과 구분될 수 있는 기능 지역(functional region)으로서의 특성을 가져야 하며 이에 근거하여 지역 설정이 이루어져야 함을 의미한다. 특히 임의적 요인에 의해 설정된 다양한 공간 설정(예: 행정구역, 학군)의 경우 그 지역의 동질성을 유지하지 못하는 경우가 있으며, 이러한 경우 그 지역 주민의 생활과 경제활동 등에서 비효율성을 초래하여 궁극적으로 지역의 발전을 저해하게 된다.

둘째, 지역 재설정을 위해 고려할 측면은 형평성이다. 형평성은 국토공간의 변화과정에서 발생한 지역간의 불균형을 해소하기 위하여 반드시 고려해야 할 요소이다. 따라서 지역 재설정은 이러한 지역간 불균형과 격차로 인해 발생할 수 있는 문제점들을 완화시킬 수 있는 방향으로 이루어져야 한다. 지역 재설정 과정에서 공간적으로 인접한 혹은 가까운 지역들 간에 발생할 수 있는 문제점들을 공동으로 개선하고자 하는 노력은 지역의 통합이라는 측면에서도 긍정적으로 작용할 수 있다.

셋째, 지역 재설정에서 고려할 측면으로 공간적 배열을 들 수 있다. 지역 재설정이 사회, 문화, 경제적 측면을 고려하여 매우 만족스럽게 이루어졌다 하더라도, 그 지역의 공간적 통합과 유기적 배열이 제대로 이루어지지 않는다면 다른 측면의 효과가 반감될 수 있다. 이러한 이유로 지역의 공간적 통합과 배열을 고려한 권역설정 방법들이 많이 연구되어 왔으며, 행정구역, 선거구, 학군 등의 설정에서 중요하게 다루어져 왔다(Hess *et al.*, 1965; Morrill, 1981; Caro *et al.*, 2004). 따라서 지역의 공간적 통합과 배열을 고려한 지역 재설정이 요구된다.

이후에서는 현행 지방행정체제의 분석을 통하여 도출된 시사점과 고려사항을 바탕으로 공간분석 및 모델링에 바탕을 둔 구역설정 모델에 대하여 논의하고, 지역내 동질성, 지역간 형평성, 공간적

배열을 주요 기준으로 한 행정구역 재설정 최적화 모델을 제시한다.

3. 입지모델링을 이용한 권역설정

현재의 지방행정체제 개편의 핵심은 다계층 구조를 단일계층 또는 단순 구조로 조정하고, 다수의 행정단위를 소수로 줄이는 것이다. 특히 시군구가 행정단위 수 조정의 중심에 놓여 있으며(박승주 등, 1999; 이동우 등, 2003), 시군구 통합을 통한 광역시 기반의 행정구역 개편이 주축을 이루고 있다. 결국 단위 수에 초점을 둔 행정구역 개편은 시군구 단위를 함역하여 행정적 효율성 혹은 형평성과 같은 기준을 만족하는 새로운 공간단위를 만들어내는 구획 문제(districting problem)라고 할 수 있다. 따라서 지방행정구역 재설정의 방법론적 기초를 이루는 구획 문제와 이 문제에 대한 최적해를 구하는 대표적인 알고리즘인 자동구획절차(Automated Zoning Procedure: AZP)에 대하여 살펴볼 필요가 있다.

구획 문제는 일련의 기준에 따라 단위 지역들을 구역으로 함역하는 과정으로 정의될 수 있으며(Cope, 1971, 190), 선거구(Garfinkel and Nemhauser, 1970; Morrill, 1981), 판매권역(Hess and Samuels, 1971; Zoltners and Sinha, 1983), 학군(Caro *et al.*, 2004), 의료서비스 권역(Blais *et al.*, 2003; Hertz and Lahrichi, 2009; 김감영 등, 2009) 설정 등에 광범위하게 적용되어 왔다. 구획 문제는 공간배열과 조직화의 문제로 모든 단위 지역을 특정한 구역에 할당하고 경계를 설정한다. 이러한 구획 문제는 수학적으로 정의될 수 있으며, 설정된 구역이 기준에 얼마만큼 부합하는지 평가하는 통계적 절차가 필요하다(Morrill, 1981, 1). 다양한 구획 문제에서 공통적으로 사용되는 기준은 인구균형, 연속성(contiguity), 조밀성(compactness)이다(Hess *et al.*, 1965; Novaes *et al.*, 2009). 즉 설정된 구역 간 인구수 편차는 크지 않아야 하고 하나의 구역을 형성하는 단위 지역들은 서로 인접해야 하며, 가능하면 조밀해야 한다. 특히 조밀성은 게리맨더링(gerrymandering) 문제가 발생하지 않도록 하는데 중요한 역할을 하기 때문에 구획계획을 평가하는 중요한 기준이 되어 왔다.

일반적으로 조밀성과 인구 균형 조건은 구획 문제에 직접적으로 포함되지만, 연속성 조건은 그렇지 않다. 일반적으로 연속성 조건을 수학적으로 직접 진술하는 것이 복잡하기 때문에, 대개 개별 공간 단위와 구역 시드 사이의 거리를 최소화하여 조밀화된 구역 체계를 생성하도록 함으로써 간접적으로 연속성을 유지하는 방법이 사용되곤 하였다(Shirabe, 2005). 이는 조밀성이 일반적으로 불연속적인 구역이 형성되는 것을 방지하여 암묵적으로 연속성을 보장해줄 수 있기 때문이다. 그러나 조밀한 지역이 반드시 연속적인 것은 아니다(Cova and Church, 2000). 즉 공간 단위와 시드 사이의 거리를 최소화시키는 목적함수를 통하여 연속성 조건을 추구할 수 있지만, 비용 자체만으로 형성된 구역이 반드시 연속적인 것은 아니기 때문이다(Mehrotra *et al.*, 1998).

이러한 문제를 해결하기 위하여 Mehrotra *et al.*(1998)과 Shirabe(2005)는 연속성 제약조건을 명시적으로 포함하는 구역설정 모델을 제시하였다. 그러나 모델에 제약조건을 추가하는 것은 모델의 복잡성을 증가시키고 해를 구하는 것을 어렵게 만든다. 또한 실제 세계에서 접하게 되는 구획 문제는 많은 공간 단위를 포함하기 때문에 이러한 연속성 제약조건을 갖는 모델링 접근은 한계를 갖는다. 이러한 이유로 인구 균형과 조밀성 조건뿐만 아니라 연속적인 구역을 형성하는 정교한 휴리스틱 기법(heuristic methods)들이 개발되었다. 휴리스틱 접근은 많은 수의 공간 단위를 다룰 수 있을 뿐 아니라 빠르게 좋은 해를 찾을 수 있는 장점을 지니고 있기 때문에 많은 응용 영역에서 폭넓게 이용되고 있다. 연속성 조건을 엄격하게 준수하면서 구역을 설정하는데 널리 이용되고 있는 방법이 AZP이다.

AZP는 Openshaw(1977)가 제시한 휴리스틱 기반의 구획설정 알고리즘으로, 설정된 목적함수의 값을 극대화하도록 구획체계 설계 과정을 자동화하는 수단을 제공한다. 이 절차는 구역설정을 위한 제약조건 하에서 임의로 설정된 구역으로부터 구역의 경계를 공유하는 단위 지역을 교환함으로써 점진적으로 목적함수의 값을 향상시켜 나가는 반복적 재조합 과정에 토대를 두고 있다. AZP는 휴리스틱 기법이기 때문에 이를 통해 도출된 해는

지역적 해(global optima)가 아닐 수 있으며, AZP의 해보다 더 좋은 해가 존재할 가능성이 있다. 따라서 AZP가 아닌 다른 알고리즘을 사용할 경우 결과는 달라질 수 있음을 유의할 필요가 있다.

이러한 AZP는 GIS 및 다른 프로그래밍 환경에서 유연하고 용이하게 구현될 수 있는 장점을 갖고 있기 때문에(Openshaw and Rao, 1995; Palladini, 2004), 많은 응용 영역에서 폭넓게 활용되고 있으며, 특히 통계 집계구 설정(Martin, 1998; Martin, 2003; 강영옥 등, 2007) 및 의료서비스 권역설정문제(김감영 등, 2009) 등에 활발히 적용되고 있다.

4. 행정구역 재설정을 위한 최적화 모델링

1) 행정구역 재설정 기준

현행 지방행정체제의 주된 문제점은 다계층 구조에 의한 행정적 비효율성, 인구 및 경제활동의 변화 등 국토공간의 변화에 의한 행정체계와 생활 및 경제권의 불일치, 인구, 면적 등의 지역간 규모의 불균형과 지역 경제 발전 및 자립을 위한 재정적 격차 등으로 요약될 수 있다. 이 중 행정적 비효율성 문제는 계층구조를 단순화시킴으로써 어느 정도 해소될 수 있기 때문에 본 연구에서 행정구역 재설정을 위한 최적화 모델링은 행정체계와 생활 및 경제권의 불일치 문제와 인구, 면적, 재정력 등에서의 지역간 불균형 문제에 초점을 둔다. 즉 최적화 모델링의 궁극적 목적은 지역적 불균형을 최소화하고 생활권 및 경제권과 일치하는 새로운 행정구역체계를 도출하는데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 구역내 동질성, 구역간 형평성, 공간적 배열이라는 세 가지 요소를 구역설정의 기준으로 고려하였다.

구역내 동질성 요소는 설정된 행정구역 내의 사회·경제적 통합성을 높이는 것으로, 기존 연구에서 지적되어온 행정체계와 생활 및 경제권의 불일치 문제를 개선하기 위한 기준이다. 일반적으로 생활권(경제권)을 설정하기 위한 기초자료로 통근자료가 많이 이용되는데(홍준현, 1998; 이동우 등, 2003), 통근의 주된 흐름은 중심성이 강한 대도시를 중심으로 통근의 주된 흐름이 나타나고, 외부

통근량이 거의 없는 시군도 다수 있다(이동우 등, 2003). 그러나 본 연구의 경우 행정구역 재설정에서 중심성이 강한 특별시와 광역시를 제외한 나머지 시군을 대상으로 한다. 중심성이 강한 대도시를 제외한 점과 외부통근량이 거의 없는 시군이 다수라는 것을 고려하면 통근자료는 권역설정에서 그 유용성이 떨어진다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 단위 지역간 상호작용에 대한 조작적 정의를 위하여 지역간 거주지 인구이동 자료를 이용한다. 인구이동의 주된 목적을 취업, 교육, 주거환경 등으로 볼 때(이희연, 2005, 357), 구역을 구성하는 단위 지역 사이에 인구이동이 높다는 것은 생활 및 사회, 경제적 측면에서 상호작용이 높다는 것을 의미한다. 따라서 구역내 인구이동 상호작용이 많도록 구역을 형성한다는 것은 결국 구역내 동질성을 높이는 역할을 하게 된다.

구역간 형평성 요소는 지역 사이의 인구와 면적의 차이, 재정력의 격차 등의 불균형 문제를 완화하기 위한 조건이다. 기존 논의는 구역설정의 기준으로 인구(최상철, 1985; 임석희, 1995; 박승주 등, 1999), 면적(박승주 등, 1999) 등 외연적 규모에 주로 초점을 두었다. 인구의 경우 지역간 균형 및 형평성 조건이며, 간접적으로 행정의 효율성을 반영한다. 면적 또한 형평성과 효율성 요소를 함께 가지고 있다. 지역간 면적의 편차가 크면 클수록 지역 주민들의 행정 기관에 대한 접근성의 차이가 발생하고 행정 서비스에 대한 불균형을 초래하며, 동시에 행정 기관의 입장에서 서비스 제공의 효율성이 떨어지게 되는 것이다.

한편 많은 연구에서 현행 지방행정체제의 문제점으로 지역간 재정력의 격차를 지적하였음에도 불구하고(김종표, 1993; 오희한·김익식, 1994; 김병국 등, 1998; 정덕주, 2007), 이를 고려한 행정구역 개편 논의는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 인구와 면적뿐만 아니라 재정력을 고려하여 구역을 설정하고자 한다. 재정력을 측정하기 위하여 지역의 재정자립도를 이용한다. 기준값(전국 평균)과 개별 구역의 재정자립도⁵⁾의 편차를 작게 함으로써 구역간 형평성을 달성하고자 한다. 편차를 작게 할 경우 상대적으로 재정자립도가 높은 공간 단위는 상대적으로 재정자립도가 낮은 공간 단위와 결합된다.

마지막 구역설정 기준으로 공간적 배열, 보다 구체적으로 연속성과 조밀성 조건을 고려한다. 두 조건은 구획 문제의 기본적인 특성으로 공간적으로 연속적인 형태의 구역을 생성하도록 하며, 구역을 구성하는 단위지역들이 서로 근접하여 분포하도록 한다. 구역을 구성하는 단위 지역 사이의 거리를 가깝도록 하여 조밀성 조건을 달성하고자 한다. 이상에서 언급한 구역설정을 위한 기준 중에서 구역내 상호작용, 재정자립도, 조밀성은 최적화 모델링에서 목적함수 형태로 고려되고, 인구와 면적 기준은 제약조건의 형태로 고려되며, 연속성 조건은 최적화 모델을 구현하는 AZP 알고리즘 상에서 준수되도록 한다.

2) 행정구역 재설정 최적화 모델

구역내 상호작용, 재정자립도, 인구, 면적, 조밀성 등의 조건을 고려한 행정구역 재설정 최적화 모델을 구축하기 위해 다음과 같은 기호들을 먼저 정의할 필요가 있다:

$i, j =$ 단위 지역 인덱스, $i, j \in I$;

$k =$ 구역 시드 인덱스;

$f_{ij} =$ 단위 지역 i 와 j 사이의 인구이동량;

$d_{ij} =$ 단위 지역 i 와 j 사이의 거리;

$$\lambda_{ij} = \frac{f_{ij}}{d_{ij}};$$

$N_k =$ 구역 시드 k 에 할당된 단위 지역의 집합;

$p_i =$ 단위 지역 i 의 인구;

$a_i =$ 단위 지역 i 의 면적;

$LT_i =$ 단위 지역 i 의 지방세;

$NTR_i =$ 단위 지역 i 의 세외수입;

$GAR_i =$ 단위 지역 i 의 일반회계 세입합계;

$$T_k = \sum_k \left| \sum_{i \in N_k} \frac{LT_i + NTR_i}{GAR_i} - \bar{A} \right|;$$

$$\bar{A} = \frac{\sum_i LT_i + \sum_i NTR_i}{\sum_i GAR_i};$$

$[l_p, u_p] =$ 구역 인구의 최소 및 최대 허용 범위;

$[l_a, u_a] =$ 구역 면적의 최소 및 최대 허용 범위;

$m =$ 구획할 구역의 수;

$$y_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{단위 지역 } i \text{와 } j \text{가 } k \text{구역에 할당,} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우.} \end{cases}$$

여기에서 λ_{ij} 는 인구가동에 대한 조정값으로, 두 지역 사이의 인구가동량을 거리로 나눈 값이다. T_k 는 구역 k 의 재정자립도 편차로, 구역 k 의 재정자립도에서 기준값을 뺀 후 절대값을 취하였다. \bar{A} 는 기준값으로, 전체 재정자립도를 의미한다. y_{ijk} 는 결정변수로, i 와 j 가 모두 구역 시드 k 에 할당되었을 때 1이 된다. 이는 한 구역에 최소 두 개 이상의 단위 지역이 할당되도록 함으로써, 단위 지역 하나만을 포함하는 구역이 형성되는 것을 방지한다. 이러한 기호와 결정변수를 포함하는 행정구역 재설정을 위한 선형정수계획법(integer linear programming)은 다음과 같다:

목적함수 대안 1: *Maximize*

$$\sum_k \sum_{i \in N_k} \sum_{j \in N_k, i < j} \lambda_{ij} y_{ijk}, \quad (1)$$

혹은

목적함수 대안 2: *Minimize*

$$\sum_k T_k \left(\sum_{i \in N_k} \sum_{j \in N_k, i < j} d_{ij} y_{ijk} \right) \quad (2)$$

Subject to :

$$\sum_k y_{ijk} = 1, \quad \forall i, j, k (i < j) \quad (3)$$

$$y_{ijk} \leq y_{kkk}, \quad \forall i, j, k (i < j) \quad (4)$$

$$\sum_k y_{kkk} = m \quad (5)$$

$$l_p \leq \frac{1}{|N_k| - 1} \sum_i \sum_{j > i} (p_i + p_j) y_{ijk} \leq u_p, \quad \forall k \quad (6)$$

$$l_a \leq \frac{1}{|N_k| - 1} \sum_i \sum_{j > i} (a_i + a_j) y_{ijk} \leq u_a, \quad \forall k \quad (7)$$

$$y_{ijk} = \{0, 1\} \quad \forall i, j, k (i < j) \quad (8)$$

이 모델은 기본적인 구획 문제(Hess *et al.*, 1965)를 구역내 상호작용, 재정자립도 편차, 조밀성, 인구 및 면적 조건을 포함하도록 확장한 것이다. 본 연구에서는 목적함수 각각에 대하여 구획체계를 형성하도록 독립적인 두 개의 모델을 설정하였지만 두 개의 목적함수를 갖는 다목적 최적화 문제로 정의하는 것도 가능하다. 그러나 구역내 상호작용과 재정자립도가 상쇄관계(tradeoff)에 있다고

가정할 수 없기 때문에 각각 목적함수를 독립적으로 고려하였다. 목적함수 (1)은 구역내 단위 지역 간 인구가동량을 극대화(즉, 구역내 인구가동 극대화)하는 한편, 구역내 단위 지역간 거리의 합을 최소화한다. λ_{ij} 의 분자는 단위 지역간 상호작용량이고, 분모는 단위 지역간 거리이기 때문에 목적함수 (1)을 최대화할 경우, 자연스럽게 거리는 최소화된다. 이 목적함수를 통하여 구역의 내적 동질성을 높이는 한편, 조밀성을 확보하는 것이 가능하다. 목적함수 (2)는 구역내 단위 지역간 거리의 합과 구역의 재정자립도 편차의 곱을 최소화한다. 즉 편차의 합을 최소화함으로써 상대적으로 재정자립도가 높은 단위 지역과 낮은 단위 지역을 묶이도록 함으로써 산출된 구역들 간의 형평성을 향상시킬 수 있다. 또한 단위 지역 사이의 거리의 합을 최소화함으로써 조밀성을 확보할 수 있다. 그러나 이러한 형평성의 강조는 구역내 동질성을 악화시킬 수 있고 그 결과 산출된 구역이 생활권과 일치하지 않을 가능성이 있다. 제약조건 (3)과 (4)는 모든 공간 단위가 시드로 선정된 공간 단위에 오직 한번 할당되도록 한다. 즉 중복 없이 모든 공간단위가 할당되도록 함으로써 구획의 기본 특성인 포괄성과 상호 배타성을 확보하게 된다(김감영 등, 2009). 제약조건 (5)는 정확하게 m 개의 구역이 설정되도록 하고 제약조건 (6)은 형성된 구역의 인구 하한값과 상한값을 설정함으로써 구역 사이의 인구 편차가 작도록 한다. 제약조건 (7)은 산출된 구역 면적의 상한값과 하한값을 제한한다. 마지막으로 제약조건 (8)은 결정변수가 0과 1의 값을 갖는 이진정수(binary integer)임을 의미한다.

5. 행정구역 재설정 최적화 모델의 적용

행정구역 재설정 최적화 모델을 시군구를 기본 공간 단위로 하는 행정구역 개편 문제에 적용하여 광역체계의 새로운 행정구역을 산출하였다. 기본 행정구역은 통계청에서 제작한 2008년 1월 기준 시군구 단위 자료를 이용하였다. 기존 연구(박승주 등, 1999) 뿐만 아니라 정치권의 논의에서 특별시, 광역시, 자치도는 다른 시군구와는 별도로 다루어지고 있기 때문에 본 연구의 모델링 과정에서는 이들을 제외하였다. 또한 육로로 연결되어 있지

많은 지방자치단체인 울릉군은 인접성 정보를 추출할 수 없기 때문에 분석에서 제외하였다. 이렇게 하여 분석에 포함된 시군구 기본 공간 단위의 수는 155개이다. 한편 새로운 행정구역 설정과정에서 기존의 도체제를 고려하지 않았다. 즉 조정된 새로운 행정구역은 도가 다른 여러 개의 시군구를 포함할 수 있다. 물론 도체제를 고려하여 새로운 행정구역을 설정하는 것이 가능하다. 이런 경우 앞에서 제시된 모델을 각 도별로 적용하면 된다.

행정구역 재설정 최적화 모델의 적용을 위하여 사용된 기본 공간 단위의 속성정보는 다음과 같다. 단위 지역간 인구이동 정보는 통계청의 국가통계포털(KOSIS)에서 제공하는 온라인간행물 중 국내인구이동통계에서 얻었다. 2004년부터 2008년까지 인구이동 데이터를 누적하여 사용함으로써 특정 시점에서 이례적으로 발생한 인구이동의 영향을 최소화하였다. 단위 지역의 재정자립도는 각 시도의 2008년 통계연보의 지방세, 세외수입 및 일반회계 세외수입 정보를 이용하여 계산하였다. 마지막으로 인구 정보는 KOSIS의 2008년 주민등록인구로부터, 면적 정보는 2008년 한국통계연감으로부터 수집하였다.

행정구역 재설정 최적화 모델을 구현하는 AZP 알고리즘은 GIS 환경에서 개발되었다. 이를 위하여 ESRI ArcGIS(버전 9.2)의 ArcObjects VBA (Visual Basic for Applications)를 이용하였다. AZP 알고리즘의 입력 데이터는 공간 단위별로 수집된 속성 데이터(인구, 면적, 인구이동, 재정자립도) 외에 인접성 행렬, 시군구간 거리 행렬 등의 공간 관계에 대한 정보를 포함한다. 행정구역 경계의 공유 여부를 통하여 인접성을 판별하였고, 단위 행정구역의 중심점 사이의 직선거리를 이용하여 거리를 산출하였다. AZP 알고리즘 상에서 연속성 제약조건을 확인하고 준수하기 위하여 김감영 등(2009)과 같이 신장 트리(spanning tree) 생성 방법을 이용하였다.

AZP를 구현하기 위하여 입력 데이터와 함께 고려해야 하는 것이 최적화 모델의 파라미터 설정이다. 즉 구획할 구역의 수(m)를 몇 개로 할 것이며, 인구(p)와 면적(a)의 상한과 하한을 어떻게 설정할 것인지를 사전에 결정해야 한다. 본 연구

표 3. 행정구역 최적화 모델의 파라미터 설정 값

구역수	면적 범위 (km ²)	인구 범위 (만 명)
31	$a \leq 5200$	$15 \leq p \leq 300$
40	$a \leq 4500$	$15 \leq p \leq 200$
50	$a \leq 4000$	$10 \leq p \leq 200$
57	$a \leq 3500$	$8 \leq p \leq 200$

에서는 m 이 31, 40, 50, 57일 경우 각 목적함수 대안별로 새로운 행정구역 체계를 산출하였다. $m = 31$ 은 L 국회의원이 제안한 48개의 행정구역에서 서울특별시, 부산, 인천, 대구, 광주, 대전, 울산광역시, 제주특별자치도를 제외한 구역수이고, $m = 57$ 은 박승주 등(1999)이 제안한 도지역 광역시 설치안에서 제주도를 뺀 구역수이다. 이 둘의 중간체제로 $m = 40$ 과 $m = 50$ 를 선택하였다.

각 구역수에 따른 면적과 인구의 허용 범위는 표 3과 같다. 기존 시군 행정구역별 인구 및 면적은 지역적 편차가 심하다. 예컨대 군지역의 경우 인구가 희박한 반면 면적이 넓고, 시지역의 경우 인구가 많은 반면 면적이 좁다. 이러한 상황에서 인구와 면적의 한계 범위를 좁게 설정할 경우 조건을 만족시키는 해를 찾는 것이 어렵기 때문에 두 파라미터 값의 범위를 넓게 설정하였다. 면적의 경우 상한값만을 제약하였다. 표에서 제시된 값은 기본 행정구역에서 인접 공간단위를 함의하여 인구와 면적의 변화를 탐색한 후 설정한 것이다. AZP 알고리즘에서 이러한 파라미터 값은 사용자의 기준에 따라 유연하게 변경하여 적용할 수 있다.

입력 데이터 및 파라미터 설정값을 토대로 AZP 알고리즘을 수행하여 각 목적함수 대안에 대한 새로운 행정구역 체계를 산출하였다. AZP를 위한 초기 구획체계는 연속성 제약조건, 인구 및 면적 범위 조건 등을 만족시키도록 무작위로 생성되었다. 목적함수 대안에 대한 최적화된 구획체계를 살펴보기에 앞서 GIS 환경에서 구현된 AZP 알고리즘이 정상적으로 작동하였는지를 살펴보는 것이 필요하다. 이를 위하여 AZP 알고리즘에서 이동이 발생했을 때의 목적함수 값을 기록하여 그래프를 작성하였다(그림 1). <그림 1>에서 이동 회수는 인접한 구역 사이에 기본 공간 단위의 교환이 발

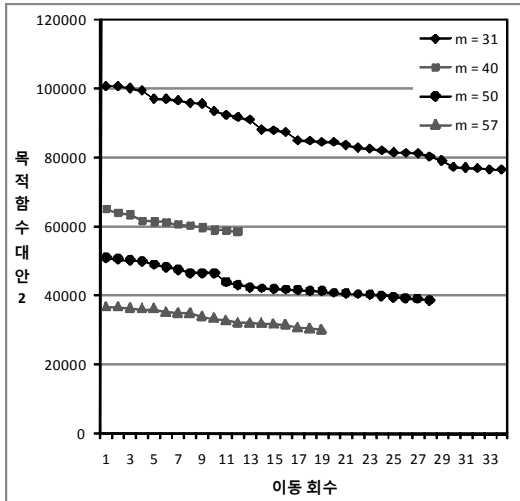
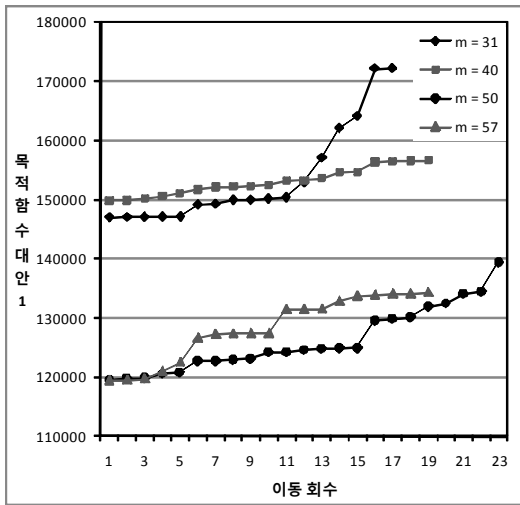


그림 1. 목적함수 대안별 이동 발생에 따른 AZP 알고리즘의 수렴과정

생한 회수를 의미한다. 목적함수의 값을 극대화시키는 대안 1의 경우 이동이 발생하면서 목적함수 값이 점진적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 알고리즘의 초기에는 구역수에 따른 목적함수 값의 차이가 명확하지 않지만 알고리즘의 종료 시점에는 구역수가 작을수록 목적함수 값이 큰 것을 알 수 있다. 이와는 대조적으로 목적함수를 최소화하는 대안 2의 경우 이동이 늘어나면서 목적함수 값은 점차 줄어드는 것을 볼 수 있다. 목적함수 대안 1과는 달리 목적함수 대안 2는 수렴과정의 좀 더 명확하고 구획할 구역수에 따른 차이를 직관적

로 반영하고 있다. 이와 같은 목적함수별 수렴과정은 구현된 AZP 알고리즘이 정상적으로 설계되었음을 의미한다.

한편 행정구역 재설정 최적화 모델의 두 목적함수 대안이 어떻게 관련되어 있는지 살펴보기 위하여 최적화되는 목적함수 대안 값뿐만 아니라 동일한 조건에서 다른 목적함수 대안 값을 계산하여 비교하였다. 두 목적함수의 측정 단위의 차이에 의한 비교의 어려움을 해결하기 위하여 각 목적함수의 초기해에 대한 상대적 비율을 계산하여 그래프화하였다. <그림 2>는 $m = 57$ 일 경우 목적함수 대안 1과 대안 2의 관계를 보여주고 있다. 그림 2a는 목적함수 대안 1을 최대화하는 과정에서 두 목적함수의 관계를 보여주고 있고, 그림 2b는 목적함수 대안 2를 최소화하는 과정에서 두 목적함수의 관계를 보여주고 있다. 두 그래프를 통하여 알 수 있는 것처럼 행정구역 재설정 최적화 모델의 두 목적함수 대안은 같이 증가하거나 하나가 증가하면 다른 하나가 감소하는 등의 관련성을 보

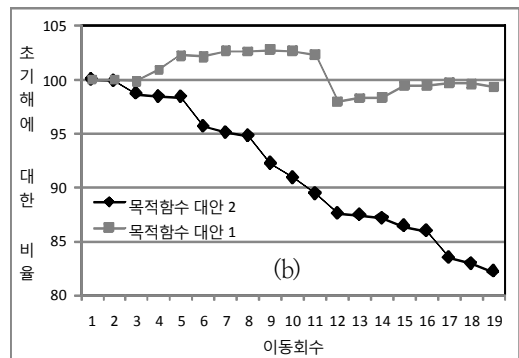
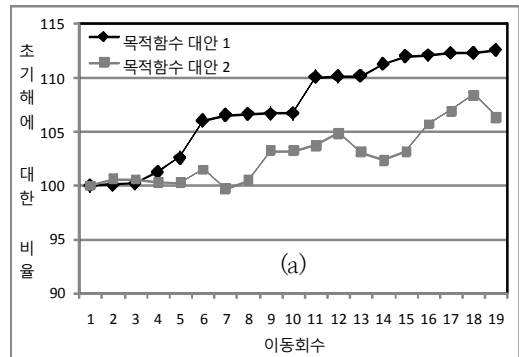


그림 2. 목적함수 대안 1과 2의 관계 (a-대안 1 최대화, b-대안 2 최소화)

이지 않았다.

구역 수와 목적함수 대안에 따른 구획체계와 현행 행정구역체계를 비교하기 위하여 구역내 인구이동, 재정자립도, 인구, 면적, 밀집도 등과 관련된 기술통계량을 계산하였다(표 4). 구역내 인구이동은 모든 구역의 구역내 단위 지역간 인구이동을 합한 것이고 이동률은 전체 인구이동 중 구역내 이동이 차지하는 비율을 의미한다. 분석에서 단위 행정구역 사이의 인구이동만 고려했기 때문에 현행 행정구역체계의 구역내 인구이동은 0이다. 구역의 수가 감소하면서 구역내 인구이동은 감소하고 있다. 이는 구역의 수가 감소하면서 한 구역에 포함된 단위 지역의 수가 증가하기 때문이다. 동일한 구역 수를 갖는 경우 구역내 인구이동을 극대화하는 목적함수 대안 1의 구획체계가 대안 2보다 더 높은 구역내 인구이동을 갖는다.

재정자립도의 경우 생성된 모든 구역에 대하여 구역 재정자립도와 기준값(전국 평균 46.58%)을 이용하여 편차합과 표준편차를 계산하였다. <표 4>의 계산결과를 보면 현행 행정구역체계와 비교하여 생성된 새로운 구획체계의 재정자립도 표준편차가 줄어들었다. 이는 생성된 구역간 재정자립도의 차이가 줄어들었다는 것을 뜻하고 이는 재정적 측면에서 구역간 형평성이 향상되었음을 의미한다. 재정자립도 표준편차는 구역수가 감소하면서 줄어드는 경향을 보인다. 재정자립도 편차합의 경우 모든 구획체계에서 이를 최소화하는 목적함수 대안 2가 더 낮은 값을 보인 반면, 재정자립도 표준편차의 경우 목적함수 대안 1이 더 낮은 값을

보였다.

인구와 면적을 비교하기 위하여 변동계수(coefficient variation)를 계산하였다. 변동계수는 표준편차를 평균으로 나눈 값으로, 이를 이용하여 값의 상대적 변이 정도를 비교할 수 있다. 인구와 면적의 경우 새로운 구획체계는 현행 행정구역체계보다 작은 변동계수를 갖는다. 이는 새로운 구획체계에서 구역간 인구와 면적의 변이가 현행 행정구역체계보다 적다는 것을 의미하고, 이는 이 두 조건 측면에서 지역적 격차가 줄어들었음을 뜻한다. 인구의 경우 구역 수가 동일한 경우 목적함수 대안 2가 목적함수 대안 1보다 구역간 변이가 작다. 면적의 경우는 반대의 경향을 보인다.

마지막으로 설정된 개별 구역의 밀집도를 산출하여 평균을 계산하였다. 밀집도 측정을 위하여 다음과 같은 일반적인 측도를 사용하였다(이상일 등, 2009, 376):

$$S = \frac{\text{둘레 길이}}{2\sqrt{\pi} \sqrt{\text{면적}}} \quad (9)$$

S의 값이 1이면 가장 밀집도가 높은 형태인 원을 나타내고, 값이 커지면 커질수록 밀집도는 떨어지게 된다. 새로운 구획체계의 평균이 현행 행정구역체계보다 큰데, 이의 밀집도가 떨어졌음을 의미한다. 구역수가 동일한 경우 대체적으로 대안 1의 결과가 대안 2의 결과보다 밀집도가 높다.

전체적으로 구역내 인구이동, 재정자립도의 표준편차, 면적, 밀집도에서 목적함수 대안 1이 좀

표 4. 구역수와 목적함수 대안에 따른 구획체계 비교

구 분	통계량	$m = 155$		$m = 31$		$m = 40$		$m = 50$		$m = 57$	
		현행 행정 구역	목적 함수 대안 1	목적 함수 대안 2	목적 함수 대안 1	목적 함수 대안 2	목적 함수 대안 1	목적 함수 대안 2	목적 함수 대안 1	목적 함수 대안 2	
구역내 인구이동 (천명, %)	이동량	0	2,760	2,150	2,221	2,008	2,069	1,503	1,947	1,641	
	비율	0	34.08	26.54	27.41	24.79	25.54	18.55	24.03	20.25	
재정 자립도	편차합	1,779.80	301.52	275.25	402.65	401.44	509.95	499.46	626.28	611.23	
	표준편차	13.34	10.98	11.08	11.80	11.74	11.78	11.89	12.72	12.73	
인구	변동계수	1.20	0.93	0.82	0.75	0.71	0.88	0.77	0.99	0.95	
면적	변동계수	0.56	0.37	0.42	0.42	0.44	0.43	0.48	0.45	0.46	
밀집도	평균	2.34	3.45	3.60	3.21	3.26	3.04	3.01	2.89	2.94	

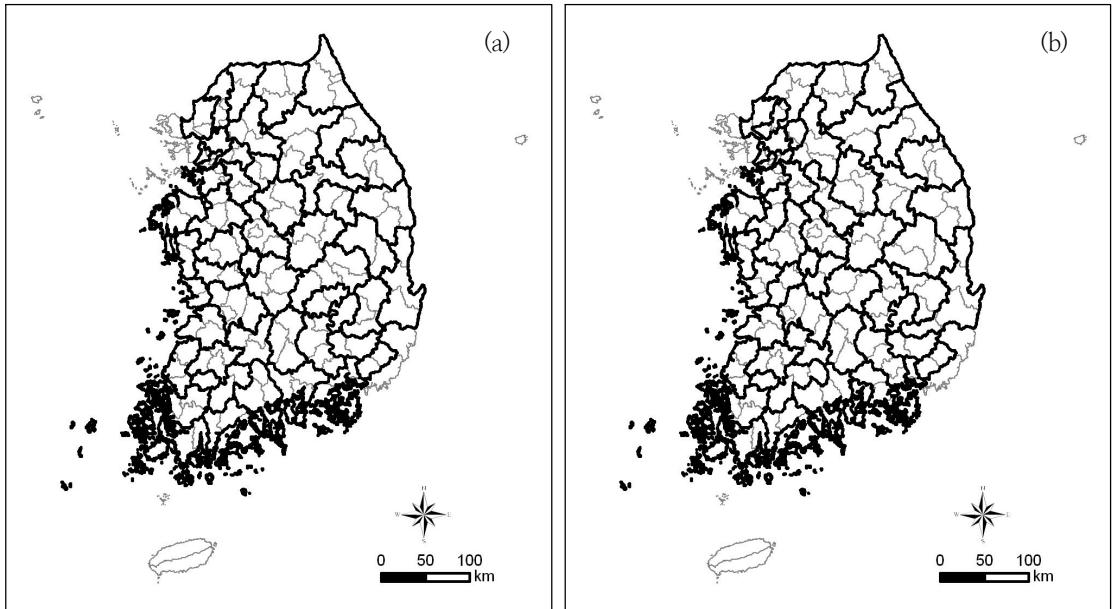


그림 3. $m = 50$ 의 구획체계 (a-목적함수 대안 1, b-목적함수 대안 2)

더 좋은 결과를 제시해주고 있음을 알 수 있다. 이는 목적함수 대안 1이 행정구역 재설정 기준에 좀 더 부합한 해를 제공한다는 것을 의미한다. <그림 3>은 $m = 50$ 인 경우 각 목적함수별 최적화된 구획체계를 보여주고 있다.

<표 5>는 구역의 수가 50개인 상황에서 목적함수 대안 1을 최적화하여 도출된 구획체계의 구역 목록을 보여주고 있다. 이 표는 구역에 포함된 기본 행정구역 목록과 구역의 인구, 면적, 재정자립도 및 밀집도 정보를 제공하고 있다. 구역별로 2개에서 5개의 기본 행정구역이 할당되었으며, 인구와 면적은 모두 <표 3>에서 설정한 범위 안에 있음을 알 수 있다. 인구 규모가 큰 구역들은 수도권과 지방에서 상대적으로 인구 규모가 큰 도시들을 중심으로 나타나고 있다. 반면 농촌지역의 경우 상대적으로 작은 인구 규모의 구역들로 구성되었다. 면적이 넓은 구역은 강원도와 경상북도에 걸쳐서 나타나고 있다. 재정자립도는 수도권에 분포하는 구역과 강원도에 있는 일부 구역에서 높게 나타나는 반면 소백산맥 주변과 전라남도 해안지역에 분포하는 구역들에서 낮게 나타나고 있다.

<표 5>에 제시된 행정구역 목록을 보면 몇몇 구역에서 현실과 동떨어진 결과를 확인할 수 있다. 예를 들어, 구역 1에서 한강이 자연 경계 역할

을 함에도 불구하고 고양시와 김포시가 하나의 구역으로 묶여 있다. 또한 구역 40의 의성군, 군위군, 구미시, 김천시와 같이 일상 생활권과 거리가 먼 결과가 도출되기도 하였다. 이러한 결과에 대해서는 추후 세밀한 현장조사가 병행될 필요가 있으며, 보다 정확하고 현실적인 구획 결과가 도출되기 위해서는 모델링에서 좀 더 많은 인문 및 자연적 기준을 고려할 필요가 있을 것이다.

6. 결론

국토공간을 어떻게 조직할 것인가는 국토 내 지역간 불균형 해소 및 지역간 통합을 이루기 위해 매우 중요한 국가 정책적 의사결정이며, 세계화와 더불어 강조되고 있는 지방자치의 성공적 실현을 위한 핵심사항이라 할 수 있다. 특히 지방행정체제 개편과 행정구역 재설정 문제는 지역 주민의 삶의 질과 직결되는 것으로 오래 전부터 정치권 및 학계에서 중요하게 인식되어 왔다. 이러한 중요성에도 불구하고 해방 이후의 중앙집권적 체제가 오랫동안 지속되면서 유지되어온 현재의 지방행정체제는 세계화, 지방화, 정보통신의 발달과 같은 시대의 급격한 변화에 능동적으로 대처할 수 없는 한계를 가지고 있다.

표 5. 목적합수 대안 1의 구역 목록 ($m = 50$)

번호	해당 시군	인구(명)	면적(km ²)	재정자립도(%)	밀집도
1	고양시, 파주시, 김포시	1,470,413	1226.42	63.30	2.07
2	의정부시, 양주시, 동두천시, 연천군	747,093	1156.14	43.82	2.20
3	포천시, 철원군	207,900	1591.05	38.57	1.84
4	구리시, 남양주시, 가평군, 양평군	848,661	2210.60	51.61	2.05
5	부천시, 광명시, 시흥시	1,570,935	230.47	63.30	2.01
6	과천시, 안양시, 군포시, 안산시	1,675,603	284.49	63.92	3.44
7	하남시, 성남시, 광주시, 의왕시	1,455,350	718.65	71.79	2.05
8	수원시, 화성시, 오산시	1,667,016	861.67	66.37	2.83
9	용인시, 안성시	986,308	1146.39	64.76	2.02
10	이천시, 여주군	303,988	1069.07	50.55	1.64
11	평택시, 아산시, 천안시, 예산군	1,273,505	2172.39	55.23	2.44
12	당진군, 서산시, 태안군	356,700	2008.13	42.52	4.53
13	홍성군, 보령시	195,061	1056.17	36.68	2.80
14	청양군, 공주시, 연기군	236,850	1782.62	36.30	1.86
15	계룡시, 논산시, 부여군	245,895	1237.80	33.97	2.08
16	화천군, 양구군, 춘천시	307,388	2898.36	42.40	1.72
17	고성군, 인제군, 속초시, 양양군	174,506	3074.85	55.38	1.71
18	홍천군, 횡성군, 원주시	417,748	3685.96	44.62	2.29
19	강릉시, 평창군	262,105	2508.73	62.86	2.01
20	동해시, 삼척시, 태백시, 정선군	258,903	2892.93	43.04	1.89
21	영월군, 제천시	175,939	2003.47	38.57	2.82
22	단양군, 영주시	145,859	1455.23	37.03	1.89
23	충주시, 음성군, 괴산군, 증평군	364,659	2427.02	39.36	1.94
24	청주시, 청원군, 진천군, 보은군	882,510	1958.48	46.91	2.12
25	옥천군, 금산군, 영동군, 무주군	187,508	2602.66	32.13	1.83
26	군산시, 서천군	324,352	739.25	36.25	4.07
27	전주시, 익산시, 완주군, 진안군	1,051,788	2326.65	40.51	2.02
28	김제시, 부안군, 정읍시	279,521	1692.52	27.77	2.59
29	임실군, 장수군, 남원시	143,353	1879.48	26.76	2.21
30	고창군, 영광군, 함평군	155,835	1497.55	29.23	2.97
31	장성군, 담양군, 순창군	125,869	1469.73	33.18	2.09
32	나주시, 영암군, 무안군, 목포시, 신안군	510,957	2546.95	37.47	10.90
33	강진군, 해남군, 진도군, 완도군	211,607	2335.45	32.13	11.28
34	장흥군, 보성군, 고흥군	169,392	2083.55	28.30	6.30
35	화순군, 곡성군	102,935	1334.97	38.84	2.07
36	순천시, 광양시, 여수시, 구례군	733,653	2316.15	46.01	6.43
37	봉화군, 울진군, 영양군	106,436	3019.46	33.98	1.95
38	문경시, 상주시, 예천군	228,860	2831.14	29.65	1.97
39	안동시, 청송군	194,589	2376.50	32.88	2.07
40	의성군, 군위군, 구미시, 김천시	617,357	3402.71	42.42	2.19
41	칠곡군, 성주군	161,496	1066.88	37.58	2.05
42	포항시, 영덕군, 경주시	820,169	3204.98	48.98	2.67
43	영천시, 경산시, 청도군	386,156	2018.95	37.73	1.91
44	영령군, 함천군, 의령군, 함안군	187,231	2267.18	39.48	2.07
45	거창군, 함양군, 산청군	138,758	2314.82	31.97	1.74
46	진주시, 사천시, 하동군, 남해군	548,263	2169.48	40.08	4.54
47	마산시, 창원시, 진해시, 고성군	1,139,242	1274.03	51.80	4.89
48	통영시, 거제시	353,486	679.10	48.99	11.20
49	밀양시, 창녕군	172,461	1330.17	38.14	1.73
50	김해시, 양산시	720,584	947.23	55.26	1.72

그동안 지방행정체제 개편에 대한 많은 논의가 학계와 정치권에서 이루어졌고, 구체적인 행정구역 개편안이 제시되었다. 하지만 많은 경우 행정구역 개편에 대한 일반적인 원리와 방향에 대한 논의에 치중하고 있으며, 다소 피상적인 기준에 의한 제안들이 대부분이었다. 또한 제시된 대안들은 체계적인 절차에 기초한 구획화 방법에 의거하지 않고, 제한된 정보나 개인적 판단과 같은 임의적인 방식, 혹은 정치적 의도에 기초하였다. 특히 지방 선거와 같은 정치적인 사안과 맞물려 제시된 개편안들은 대부분 현실에 반영되지 못하는 한계를 가지고 있다.

본 연구는 국토공간권역 재설정의 중요한 이슈인 지방행정체제 개편 논의에 초점을 맞춰 보다 합리적인 행정구역 재설정을 위해 공간분석 및 모델링에 기초한 방안을 논의하였다. 이를 위해 먼저 기존의 지방행정체제 개편과 관련된 논의들을 비판적으로 검토하여 주요한 시사점을 도출하였다. 또한 도출된 시사점을 바탕으로 구역설정을 위한 구체적인 기준을 마련하였으며, 이를 행정구역 개편을 위한 최적화 모델에 적용하였다. 본 연구에서 제시된 행정구역 재설정 최적화 모델은 구역내 동질성, 구역간 형평성, 공간적 배열이라는 세 가지 요소를 주요 기준으로 고려하였다. 특히 행정구역과 실제적 생활권(경제권)을 일치시키기 위한 구역내 동질성은 구역내 지역간 상호작용(인구이동)의 형태로 정량화되었으며, 최적화 모델의 목적함수로 정의되었다. 인구, 면적, 재정적 불균형과 같은 지역간 격차의 완화를 의미하는 구역간 형평성은 또 다른 목적함수로 정의되었으며, 조밀하고 연속적인 구역이 형성되도록 하는 공간적 배열은 모든 목적함수의 동일한 공간적 제약조건으로 정의되었다. 구축된 행정구역 재설정 최적화 모델은 GIS 환경에서 자동구획절차 알고리즘을 이용하여 구현되었으며, 시군구 공간 단위의 합역을 통한 광역체제 행정구역 재설정을 위한 사례 분석에 적용되었다. 적용 결과, 각 목적함수 대안(구역내 동질성 최대화, 지역간 격차 최소화)에 따른 최적화된 구획체계들이 도출되었다. 도출된 구획체계를 비교한 결과, 전체적으로 구역내 동질성을 최대화하는 목적함수가 행정구역 재설정 기준에 좀 더 부합한 구획체계를 제공하였다.

본 연구에서 제시된 행정구역 개편안은 공간분

석 및 모델링 기법을 이용하여 도출된 보다 합리적이고 체계적인 구획체계라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 기존의 다소 모호한 기준의 선택과 임의적인 절차에 따른 구획설정에 대한 대안적 접근이 될 수 있으며, 현재 활발히 논의되고 있는 지방행정구역 개편에 대한 실천적 방안을 제시하고 있다는 점에서 의의가 있다. 특히 다양한 구역수와 목적함수에 따른 광역구획체계를 제시하고 있어 행정구역 개편에 대한 가설적 실험과 제시되는 결과물에 대한 평가가 필요한 정책 입안자 및 국토계획가에게 매우 중요한 방법론적 시사점을 줄 수 있으리라 기대된다.

그러나 본 연구에서는 제한된 변수만을 고려하여 지방행정구역을 재설정하였기 때문에 제시된 결과는 매우 제한적인 의미를 갖는다. 이러한 이유로 모델의 분석 결과가 실제 생활권과 일치하지 않는 문제점을 보일 수 있다. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 보다 실재를 반영하는 변수들, 예를 들어 지형적 요소나 지역 사이의 제반 관계를 고려할 필요가 있다. 특히 산지나 하천 혹은 지역을 연결하는 교통망과 같은 경계의 인문 및 자연적 특성을 고려한 구역설정 연구가 요구된다. 또한 본 연구에서 지역 사이의 직선거리를 이용하여 모델링하였는데, 이는 지역 사이의 관계를 잘 반영하지 못하는 한계가 있을 수 있다. 따라서 네트워크 거리나 다른 기능적 거리를 이용한 행정구역 재설정 연구와의 비교 분석은 보다 의미 있는 시사점을 제시해줄 수 있을 것이다.

주

- 1) A당의 경우 광역시, 도 폐지를 통한 시군구통합 광역통합시체제인 자치1계층 모형을 제시하였고, B당은 광역시, 도를 유지한 채 시군구통합 광역통합시체제인 자치2계층 모형을 제시하였다.
- 2) 자치1계층안: 도폐지 국가행정기관화, 시군구 광역화, 읍면동 자치기관화, 자치구의 행정구 전환, 자치2계층안: 현행 계층구조를 유지한 상태에서 도시군 기능분리, 혼합안: 대도시는 자치1계층, 행정구, 도지역은 자치2계층으로 두고, 도시군 기능분리, 시군통합, 중핵시, 읍면동 대동제 실시.
- 3) 선거구와 같은 구역설정 문제에서 모양은 게리맨더링 문제를 극복하기 위한 중요한 공간적 고려요소이다.
- 4) 행정안전부는 2009년 8월부터 행정구역 자유통합을 추진하였는데, 당초에는 18개 지역, 46개의 지방자

치단체로부터 행정구역 자율통합 건의안을 접수받았다. 하지만 2010년 2월 현재까지 실제로 통합에 합의된 곳은 2개 지역(경기도 성남·광주·하남, 경남 창원·마산·진해), 6개 지자체이다. 이 중 성남·광주·하남의 경우 무효소송이 진행되고 있어 사실상 지자체 행정구역 자율통합은 백지화되었다 해도 과언이 아니다. 하지만 정책 추진과정에서 정치적 논리나 이권의 개입을 통한 잡음이 있었을 지라도, 중앙 정부나 정치권의 일방적인 행정구역 개편이 아니라 주민의견 조사나 주민투표 실시와 같은 주민의 민주적 참여를 적극 유도하는 아래로부터의 지방행정체제 개편 논의라는 측면에서 그 의의가 있을 것이다.

- 5) 지방재정자립도는 재정 수입의 자체 충당능력을 나타내는 세입분석지표로, 일반회계의 세입중 지방세와 세외수입의 비율로 측정하며, 비율이 높을수록 세입 징수기반이 좋다는 것을 의미한다. 본 연구에서 재정자립도는 다음 공식을 이용하여 산출하였다:

$$\text{재정자립도} = \frac{(\text{지방세} + \text{세외수입})}{\text{일반회계세입합계}} \times 100.$$

문헌

- 강영옥·윤은주·정재희, 2007, 소지역 통계구역 확정방안 연구, 한국도시지리학회지, 10(1), 15-36.
- 강용기, 1998, 우리나라 지방자치단체 계층구조의 재편방안, 한국행정학회 동계학술대회 요약집.
- 국회지방행정체제특별위원회, 2006, 지방행정체제 개편 특별위원회 활동 결과 보고서.
- 김감영·신정엽·이건학·조대현, 2009, 농촌지역 노년인구를 위한 방문 의료서비스 구역 설정 모델 및 알고리즘, 대한지리학회지, 44(4), 813-831.
- 김병국·금창호·권오철, 1998, 지방자치(행정)체제의 개편방안: 지방행정계층과 행정구역의 개편대안을 중심으로, 한국지방행정연구원.
- 김안제, 1984, 지방행정계층구조 개편에 관한 연구, 충청북도.
- 김안제, 1998, 지방행정 계층구조 및 행정구역의 개편방향, 행정개혁위원회.
- 김종표, 1993, 지방행정구역개편의 과제와 전략, 지방행정연구, 8(2), 1-19.
- 박승주·박양호·심익섭·이남영, 1999, 마지막 남은 개혁@2001, 교보문고, 서울.
- 오희환·김익식, 1994, 지방행정구역개편방향에 관한 연구, 한국지방행정연구원.
- 육동일, 2006, 지방행정 체제 개편의 쟁점과 향후 추진방향, 경기논단, 8(1), 51-74.
- 이규환, 1993, 도구역의 합리적 개편방안: 경기도를 사례지역으로, 지방행정연구, 8(2), 69-86.
- 이기우, 2006, 지방행정 체제 개편에 관한 비판적 검토, 경기논단, 8(1), 37-50.
- 이달곤, 1995, 지방행정의 발전을 위한 행정구조 개편방안, 여의도연구소.
- 이동우·김광익·박은관·문정호, 2003, 자립적 지역발전을 위한 지역단위 설정 연구, 국토연구원.
- 이상일·신정엽·김현미·홍일영·김감영·전용완·조대현·김종근·이건학(번역), 2009, 지리정보시스템과 지리정보과학, 시그마프레스, 서울 (Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., and Rhind, D.W., 2005, *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex).
- 이종수, 1996, 지방자치계층, 행정구조 축소개편, 지방자치, 4월호, 10-14.
- 이희연, 2005, 인구학: 인구의 지리학적 이해, 법문사, 서울.
- 임석희, 1995, 공간구조 관점에서 본 한국행정구역의 문제와 개편방향, 서울대학교 박사학위 논문.
- 임승빈, 2006, 자치행정구역 개편논의와 방향성에 관한 연구, 경기논단, 8(1), 7-20.
- 정덕주, 2007, 지방행정계층의 개편에 관한 고찰, 청춘논총, 8, 221-246.
- 조성호, 2006, 지방행정체제 개편논의의 평가와 대안제시 연구, 서울도시연구, 7(3), 147-170.
- 최길수·김영재, 2007, 지방행정체제 개편에 관한 연구: 도와 시·군 개편기준과 대안에 대한 평가를 중심으로, 현대사회와 행정, 17(3), 247-276.
- 최상철, 1985, 자치구역설정과 지역개발의 방향, 경제연구, 6, 265-295.
- 최창호, 1980, 지방자치제도론, 삼영사, 서울.
- 최창호, 1994, 지방행정 계층구조 개편을 통한 자치구역과의 조화, 국회보, 7월호, 125-132.
- 하혜수·김영기, 2006, 지방행정구역과 자치계층구조의 개혁의 지향점과 기준에 관한 연구: 경남지역에의 적용, 한국행정논집, 18(1), 1-28.
- 한국지방행정연구원, 2007, 지방행정체제 개편 연구, 한국지방행정연구원.
- 행정자치부, 2000, 지방자치 행정체제 발전모형 및 정책효과 분석, 한국경제연구원·국토연구원.

- 한국지방행정연구원.
- 홍준현, 1998, 지방행정계층조정과 행정구역 개편 방안, 한국행정연구원.
- Blais, M., Lapierre, S.D., and Laporte, G., 2003, Solving a home-care districting problem in an urban setting, *Journal of the Operational Research Society*, 54(11), 1141-1147.
- Caro, F., Shirabe, T., Guignard, M., and Weintraub, A., 2004, School Redistricting: Embedding GIS Tools with Integer Programming, *The Journal of the Operational Research Society*, 55(8), 836-849.
- Cope, C. R., 1971, Regionalization and the Electoral Districting Problem, *Area*, 3(3), 190-195.
- Cova, T.J. and Church, R.L., 2000, Contiguity constraints for single-region site search problems, *Geographical Analysis*, 32(4), 306-329.
- Garfinkel, R.S. and Nemhauser, G.L., 1970, Optimal Political Districting by Implicit Enumeration Techniques, *Management Science*, 16(8), 495-508.
- Hertz, A. and Lahrichi, N., 2009, A patient assignment algorithm for home care services, *Journal of the Operational Research Society*, 60(4), 481-495.
- Hess, S. and Samuels, S.A., 1971, Experiences with a Sales Districting Model: Criteria and implementation, *Management Science*, 18(4), pp.41-54.
- Hess, S., Weaver, J., Siegfeldt, H., Whelan, J., and Zitlau, P., 1965, Nonpartisan Political Redistricting by Computer, *Operations Research*, 13(6), 998-1006.
- Martin, D., 1998, Optimizing census geography: the separation of collection and output geographies, *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), 673-685.
- Martin, D., 2003, Extending the automated zoning procedure to reconcile incompatible zoning systems, *International Journal of Geographical Information Science*, 17(2), 181-196.
- Mehrotra, A., Johnson, E., and Nemhauser, G., 1998, An Optimization Based Heuristic for Political Districting, *Management Science*, 44(8), 1100-1114.
- Morrill, R.L., 1981, *Political Redistricting and Geographic Theory*, Association of American Geographers, Washington.
- Novaes, A., Souza de Cursi, J., da Silva, A., and Souza, J., 2009, Solving continuous location-districting problems with Voronoi diagrams, *Computers and Operations Research*, 36(1), 40-59.
- Openshaw, S. and Rao, L., 1995, Algorithms for reengineering 1991 Census geography, *Environment and Planning A*, 27(3), 425-446.
- Openshaw, S., 1977, A geographical solution to scale and aggregation problems in region-building, partitioning and spatial modeling, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2(4), 459-472.
- Palladini, S., 2004, Arcobjects Development in Zone Design Using Visual Basic for Applications, *Lecture Notes in Computer Science*, 3044, 1057-1068.
- Shirabe, T., 2005, A Model of Contiguity for Spatial Unit Allocation, *Geographical Analysis*, 37(1), 2-16.
- Zoltners, A. and Sinha, P., 1983, Sales territory alignment: A review and model, *Management Science*, 29(11), 1237-1256.
- 교신 : 이진학, 120-750, 서울특별시 서대문구 대현동 11-1, 이화여자대학교 사범대학사회생활학과(gunhlee@gmail.com, 전화: 02-880-2557, 팩스: 02-882-9873)
- Correspondence : Gunhak Lee, Department of Social Studies, Ewha Womans University, 11-1 Daehyeon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-750, Korea(gunhlee@gmail.com, phone: +82-2-880-2557, fax: +82-2-880-9873)
- (접수: 2010.10.21, 수정: 2010.11.27, 채택: 2010.12.14)