

공간 최적화 기법을 이용한 국회의원 선거구 획정 -용인시를 사례로-

김명진* · 김감영**

Spatial Optimization Approaches to Redistricting for National Assembly Election: A Case Study on Yongin City

Myung Jin Kim* · Kamyoun Kim**

요약 : 우리나라 선거구 획정은 인구의 증감이나 행정구역의 변경뿐만 아니라 지극히 정치적인 의도와 목적을 가지고 이루어져 선거결과에 중대한 영향을 미친다. 이 논문은 선거구 구획의 실행 측면에 초점을 맞추어 선거구 구획을 위한 대안적 방법을 제시하는 데 초점을 맞추고 있다. 즉 과정에서 자의성이 개입될 수 있는 부분에 절차적이고 객관적인 선거구 획정 방법론을 제시하고자 한다. 이를 위하여 선거구 획정기준(인구등가성, 연속성, 공간적 조밀성)을 준수하는 공간 최적화 모델을 고안하고 제19대 선거구 획정결과에서 논란이 되었던 용인시에 적용하여 그 가능성을 평가한다. 모델의 분석 결과는 정치적 고려나 임의적 개입 없이 기저의 데이터만으로 기준을 만족하는 선거구를 확정할 수 있음을 보여주었다. 특히, 모델에 의해서 도출된 선거구는 기존 선거구에 비하여 인구등가성을 향상시켰다.

주요어 : 국회의원 선거구 획정 문제, 인구등가성, 연속성, 공간적 조밀성, 공간 최적화 문제

Abstract : Redistricting of National Assembly Election has a significant effect on the results of election because it has a strong tendency to be performed with political intentions rather than the equivalent representativeness of population and region. This paper focuses on proposing an alternative for restricting of National Assembly Election in terms of implementation, that is, an procedural and systematic approach, not allowing for political or arbitrary intervention. A spatial optimization model conforming with criteria for political redistricting such as population equality, contiguity, and spatial compactness is developed and applied to Yongin City where are some controversy over the redistricting of the 19th National Assembly. Modeling results show that it is possible to derive National Assembly Election districts based on the information of basic spatial units without political consideration or arbitrary intervention. In addition, The districts derived from the model improved population equality compared with the existing districts.

Key Words : National Assembly Election redistricting, Population equality, Contiguity, Compactness, Spatial optimization problem

* 경기과학기술진흥원 선임연구원(Senior Researcher, Gyeonggi Institute of Science & Technology Promotion), kmjing@gstep.re.kr

** 경북대학교 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Kyungpook National University), kamyounkim@knu.ac.kr

1. 서론

선거구란 선출직 공직자를 선출하기 위하여 선거가 실시되는 단위지역으로 선거의 종류에 따라 그 단위지역의 규모가 다르며, 단위지역에 따라 공직자를 선출하는 선거인단이 다르다. 우리나라의 지역구 국회의원선거구와 지역구 시·도의회의원 선거구는 하나의 선거구마다 의원 1인을 선출하는 소선거구제¹⁾를 채택하고 있고, 지역구 자치구·시·군 의회의원 선거구는 하나의 선거구마다 2~4인을 선출하는 중선거구제를 채택하고 있다²⁾.

평등선거원칙을 구현하기 위한 선거제도의 본질적인 요소로서 선거구 획정의 목적은 유권자의 투표가치를 평등하게 반영함으로써 공정한 대표성을 보장하는데 있다(김종갑, 2012). 그러나 현실적으로 선거구 획정은 지극히 정치적인 것으로, 선거에 출마하려고 하는 당사자들의 당락에 직접적인 영향을 미치는 가장 중요한 요소 중 하나이다(이종은, 2000; 심지연, 2005). 특히, 선거구의 규모가 작을수록 선거구 획정이 선거 결과에 미치는 영향은 더욱 크기에 우리나라와 같이 소선거구 단순 다수제를 채택한 나라에서 선거구 획정의 문제는 더욱 더 중요한 의미를 지니게 된다(강원택, 2002).

현행 선거구 획정은 선거구 획정절차를 규정한 공직선거법 제24조 규정에 의해서 국회에 설치된 선거구 획정위에서 이루어진다. 선거구 획정위는 공직선거법 제25조 제1항의 규정된 기준에 따라 선거구 획정안을 마련하고 선거일 6개월 전까지 국회의장에 제출한다. 선거구 획정위에서 제시한 획정안을 토대로 국회 정치개혁특별위원회에서 선거구 획정을 최종 작성하여 개정법률안을 국회 본회의에서 통과시킴으로써 국회의원 지역구가 획정된다. 비록 선거구 획정위에서 선거구 획정안을 제시하지만 결국 선거의 당사자인 국회의원이 선거구 획정안을 최종적으로 결정할 수 있는 권한을 가지고 있어서 현행 선거구 획정 과정은 결국 객관성을 갖기보다는 정치논리에 의해 이루어 질 수 있는 위험을 내포하고 있다(김종갑, 2012).

국회의원 선거구 획정을 위한 법적 토대 및 이를 결정하는 주체가 당사자인 국회의원이라는 점 때문에 현행 선거구 획정은 많은 문제점을 노출하고 있다. 현행 국회의원 선거구 획정과 관련하여 가장 크게 제기되고 있는 문제점 중 하나는 선거구별 인구 불균형으로 인해 투표 등가성이라는 선거의 평등원칙이 훼손되고 있다는 점이다(강휘원, 2001; 김영식, 2002; 강휘원, 2005; 정만희, 2012). 투표 등가성 훼손 문제는 근본적으로 공직선거법 제25조 제1항 “시·도의 관할구역 안에서 인구·행정구역·지세·교통 기타 조건을 고려하여 획정하되, 자치구·시·군의 일부를 분할하여 국회의원지역구에 속하지 못하게 한다”는 지역 대표성을 근간으로 하는 우리나라 선거구 획정 원칙에서 기인한다. 구체적으로 보면 선거구 획정의 기본 공간 단위가 되는 자치구·시·군들의 인구가 불균등하게 성장하여 자체적으로 인구 편차가 크게 나는 상태에서 선거구간 인구편차의 허용 상한과 하한 기준이 크기 때문에 선거구간의 큰 인구 편차가 발생하고 있다(강휘원, 2005). 현행 선거제도 틀 내에서 선거구 인구수 불균형에 대한 적절한 기준이 존재하지 않은 상태에서 헌법재판소 판례로 제시된 3:1 수준에 의존하고 있는 상황이다(서복경, 2012). 또 다른 문제점은 선거구 획정의 자의성 혹은 게리멘더링이다(강휘원, 2004; 심지연, 2005; 강민제·윤성이, 2007; 김종갑, 2012; 이정섭, 2012). 즉 선거의 당사자인 국회가 정치적 이해관계에 따라 선거구를 획정하고 있다. 공직선거법 제25조 제1항의 끝에는 공직선거법 제21조 제1항을 충족시키기 위하여 “다만, 제21조(국회의 의원정수)제1항 본문 후단의 요건을 갖추기 위하여 부득이한 경우에는 그러하지 아니하다”는 단서 조항을 둬으로써 게리멘더링의 가능성을 열어 놓고 있다. 다시 말해서 공직선거법 25조 제1항에 근거하여 자의적으로 행정구역을 통폐합하는 것이 가능하고 단서 조항에 의해서 필요할 경우 행정구의 일부를 다른 선거구에 포함시킬 수 있다.

현행 선거구 획정이 갖는 이러한 문제점을 극복하는 많은 방안들이 제시되었는데 그 핵심은 인구편차의 기준을 현행보다 엄격하게 적용하고(강휘원, 2001; 김영식, 2002; 강휘원, 2005), 그 기준을 공직

선거법에 명문화하는 것이다(정만희, 2012). 또한, 정치적 이해관계에 의해서 자의적으로 선거구가 획정되는 것을 막기 위하여 선거구 획정위원회를 상설기구화 하고 국회 이외의 기구에 설치하여 중립성과 객관성을 보장하는 것이다(김영식, 2002; 김형준·김도중, 2003; 강휘원, 2005; 심지연, 2005; 정만희, 2012). 이와 같이 선거구 획정의 문제점을 개선하기 위해 기존에 제시된 방안들은 제도적 측면에 초점이 맞추어져 있음을 알 수 있다. 선거구 획정 문제를 근본적으로 개선하기 위해서는 제도적 틀을 마련하는 것이 당연하지만 이에 대한 이해관계가 다양하고 기존 정치권의 저항이 클 것으로 예상되기 때문에 제도적 틀이 도입되고 정착되는데 많은 시행착오와 시간이 소요될 수밖에 없다. 본 연구에서는 행정구역의 통합, 분할, 혹은 일부 행정구역의 조정 등 선거구 획정의 실행 측면에 초점을 맞추어 선거구 획정을 위한 대안적 방법을 제시하는데 초점을 맞추고자 한다. 즉 선거구 획정 과정에서 자의성이 개입될 수 있는 부분에 절차적이고, 임의성이 배제된 보다 객관적인 선거구 획정 방법론을 제시하고자 한다.

본 연구의 목적은 공간 최적화 기법을 이용하여 일반적인 선거구 획정 기준인 인구등가성, 연속성, 조밀성 기준을 준수하는 보다 객관적인 선거구 획정 방법론을 제시하는 것이다. 제시된 세 기준을 준수하는 공간 최적화 모델을 고안하고, 고안된 모델을 사례 지역인 용인시에 적용하여 그 가능성을 평가하고자 한다. 용인시를 사례지역으로 선택한 이유는 19대 총선에서 획정된 선거구가 게리멘더링의 전형적인 모습이라는 비판(이정섭, 2012; 정만희, 2012)이 제기되기 때문이다. 2장에서는 한국의 선거구 선정 기준 및 원리를 고찰하고 선거구 구획과 관련된 기존 연구를 정리하였다. 3장에서는 최적화 기법을 이용한 선거구 획정 모델을 제시하였고, 4장에서는 모델을 바탕으로 용인시를 대상으로 실험한 결과를 정리하였으며 5장에서는 본 논문의 결론을 제시하였다.

2. 선거구 선정 기준에 관한 고찰

1) 한국 선거구 선정 기준 및 원리

대한민국의 선거구 획정은 대한민국 헌법에서 정하고 있지 않으며 4년마다 한번 씩 국회의원 선거에 앞서 국회에서 인구에 대한 기준을 가지고 자체적으로 정하고 있다. 다만 헌법 제 41조 제 1항에서 “국회는 국민의 보통·평등·직접·비밀선거에 의하여 선출된 국회의원으로 구성”되며, 헌법 제 41조 제 2항에서 “국회의원의 최소 정원을 200인 이상”으로 명시하고 있다. 선거구 획정의 법적 근거는 공직선거법에 제시되어 있다. 공직선거법 제 25조 제 1항에 따르면 “국회의원지역 선거구는 시·도의 관할 구역 안에서 인구·행정구역·지세·교통 그 밖의 조건을 고려하여 이를 획정하되, 자치구·시·군의 일부를 분할하여 다른 국회의원 지역구에 속하게 하지 못한다”고 명기하고 있다. “다만, 제21조 제1항 본문 후단의 요건을 갖 추가 위하여 부득이한 경우에는 그러지 아니한다”는 단서조항을 두고 있다.

대한민국의 선거구 획정 시 명기하고 있는 가장 중요한 또는 일차적인 요소는 인구등가성(population equality)이라고 말할 수 있다. 따라서 인구비례원칙에 의한 투표가치의 헌법적 요청을 가지고 있다고 판단할 수 있다. 또한, 특정 지역의 선거인들이 자의적인 선거구 획정으로 인하여 정치과정에 참여할 기회를 잃게 되거나 이들의 선거권을 의도적으로 박탈하려는 국가적 차원의 시도가 있을 경우는 헌법에 위배된다. 헌법재판소는 2001년 각 선거구간 인구 편차의 허용한계에 대하여 전국 선거구의 평균인구수를 기준으로 상하 50%의 편차(상한 인구수와 하한 인구수의 비율은 3:1)를 기준으로 위헌 여부를 판단하였다. 아울러 앞으로 상당한 기간이 지난 후에는 인구편차가 상하 33⅓% 편차(이 경우 상한 인구수와 하한 인구수의 비율은 2:1) 또는 그 미만의 기준에 따라 위헌 여부를 판단하여야 할 것이라고 밝혔다. 그렇지만 이렇게 중요한 인구 기준이 공직선거법에 명문화되어 있지 않을 뿐만 아니라 인구 산정일 기준이 선거 때마

다 다르게 적용되고 있는 실정이다.³⁾

제19대 선거구 획정 안에 따르면 국회의원 선거구 획정의 인구기준은 첫째, 인구기준일은 2011년 10월 31일이고 둘째, 헌법재판소의 결정기준에 따라 전 지역 선거구의 편차가 전국선거구 평균인구의 -50%~+50% 이내가 되도록 획정하며 셋째, 인구상한선 초과 선거구는 분리 조정하고 인구하한선 초과 선거구는 통합 조정하여 선거구수와 인구상하한선이 헌법재판소에서 정한 범위를 벗어나지 않도록 재조정한다.

2) 선거구 획정 관련 기존 연구

국내 선거구 획정에 관한 연구는 대부분 정치학분야에서 이루어졌으며 주로 선거구 획정의 문제점을 지적하고, 법적·제도적 측면에서 개선방안을 제시하고 있다. 국회의원 선거구 획정에 있어 문제점은 크게 두 가지로 지적되고 있다. 첫 번째는 인구등가성이라는 선거의 평등원칙이 훼손되고 있다는 점이다. 실제로 한국의 선거구 획정은 인구기준에 의한 평등대표성과는 상당한 괴리가 있으며, 시·군·구 같은 행정구역의 분할금지 원칙 및 게리멘더링(gerrymandering) 등 여러 요인에 의해 등가성을 높이는 어렵다(강휘원, 2004). 심지연·김민전(2001)과 강휘원(2005)은 한국 국회의원 선거구의 인구편차 요인을 분석하여 야당이 지지를 받는 서울, 부산 등 대도시지역은 과소대표되는 경향을 보이고, 여당이 지지를 받는 농촌지역을 포함하고 있는 도 단위들은 과다대표되는 경향이 나타나고 있음을 밝혔다. 최경옥(2012)은 제19대 국회의원 선거구 획정에 있어 인구등가성 원칙에 대하여 권역별·지역별 인구편차에 대한 고려 없이 단순히 1개의 지역 선거구당 인구편차의 범위만을 제한하고 있어서 인구수에 비례하여 의석수가 과다대표 또는 과소대표될 수 있음을 언급하였다. 정만희(2012)는 우리나라의 인구에 관한 기준(상하 50%의 인구편차 또는 최대인구수와 최소인구수의 비율 3대1)은 유권자의 평등한 투표가치 확보라는 관점에서 문제가 되고 있음을 주장하였다.

두 번째는 선거구 획정의 자의성 혹은 게리멘더링

이다. 즉, 자의적인 행정구역의 통폐합으로 인해 지역대표성을 더욱 악화시켰거나(강휘원, 2004), 특정 정당에 이롭게 작용하도록 선거구가 구획되기도 하였다(이정섭, 2012). 김형준·김도중(2003)은 선거구 획정의 문제점으로 선거구 획정기준이 작위적이고 인구산정일 역시 임의성이 강하다고 언급하였다. 강휘원(2004)은 평택시의 선거구 획정결과가 자의성을 갖는지에 관해 면밀히 살펴보고, 강휘원(2006a; 2006b)은 선거구 선정 기준 중에서 게리멘더링을 측정하는 조밀성 개념과 이의 중요성에 대한 이론적 논의 및 관련 연구경향을 살펴보고 다양한 조밀성 측정 방법을 논의하였다. 이정섭(2012)은 제18대와 제19대 총선의 선거구 획정은 게리멘더링의 전형적인 모습이 나타나고 있어 투표 등가치성이 훼손되었다고 지적하였다.

이렇게 문제점을 제시하고 있는 연구들이 제시하고 있는 해결책은 첫째, 인구편차를 현행보다 엄격하게 적용하는 것이다(강휘원, 2001; 김영식, 2002; 강휘원, 2005; 정만희, 2012). 강휘원(2001)은 최소 및 최대선거구의 인구격차를 2:1 미만으로 줄여 1인 1표제를 지향하도록 해야 한다고 주장하였고, 강휘원(2005)과 정만희(2012)도 인구편차 기준을 2:1 이하로 좁히고, 광역시나 도 등 권역별 인구불균형 문제 해결을 위해 인구비례에 의해 할당된 선거구를 고려하는 방안도 필요하다고 언급하였다. 김영식(2002)은 더 나아가 인구편차가 1.5:1까지 좁힐 것을 주장하였다. 둘째, 인구편차 기준을 공식선거법에 명문화하는 것이다(김형준·김도중, 2003; 정만희, 2012). 김형준·김도중(2003)과 정만희(2012)는 선거구 획정에 있어 인구편차의 구체적 허용범위와 선거구 획정을 위한 인구수 산정기준일을 법률에 명문화하고 선거구 획정주기도 현재 선거 때마다 하는 것에서 10년 주기로 하는 것이 바람직하다고 주장하였다. 셋째, 선거구 획정위원회를 상설기구화하여 국회의외 기구에 설치하여 중립성과 객관성을 보장하는 것이다(김영식, 2002; 김형준·김도중, 2003; 강휘원, 2005; 심지연, 2005; 정만희, 2012). 김영식(2002)은 선거구 획정위원회를 상설기구화하여 중립성과 객관성을 보장하고, 구성 및 운영측면에서의 법적 준비를 통해 그

역할을 강조하여야 한다고 주장하였다. 김형준·김도중(2003)은 이해당사자인 현직 의원을 제외시킨 중립적인 획정위원회가 구성되어야 하고, 획정 안이 반드시 채택되도록 법제화해야 한다고 주장하였다. 또한, 선거구 획정위원회는 독립적인 상설기구로 전환하는 것이 바람직하다고 보았다. 강휘원(2004; 2005)은 선거구의 자의성으로 인해 지역대표성이 약화되는 것을 막기 위하여, 중립적인 상설 획정위를 설립하고, 이 획정위가 인구와 지형 등을 충분히 고려하여 선거구 획정 안을 작성할 수 있도록 해야 한다고 주장하였다. 심지연(2005) 또한 현행 선거구 획정위원회의 존립이 항시적이고 독립적이며, 구속력 있는 결정을 내릴 수 있도록 구성과 활동이 바뀌어야 한다고 주장하였다. 최경옥(2012)은 선거구 획정위원회의 결정이 고려사항에 불과하다는 점을 지적하고 국회로부터 중립성과 독립성을 보장받을 수 있는 제3의 상설기구로 하여야 한다고 하였다. 정만희(2012)는 선거구 획정위원회를 상설기구로 운영하여, 공정하고 중립적으로 운영되어야 한다고 주장하였다.

이와 같이 기존에 제시된 선거구 획정의 문제점을 개선하기 위한 방안들은 법적·제도적 측면에 초점이 맞추어져 있음을 알 수 있다. 선거구 획정 문제를 근본적으로 개선하기 위해서는 제도적 틀을 마련하는 것이 당연하지만 이에 대한 이해관계가 다양하고 기존 정치권의 저항이 클 것으로 예상되기 때문에 제도적 틀이 도입되고 정착되는데 많은 시행착오와 시간이 소요될 수밖에 없다. 실제로 선거구 획정은 정치적인 문제일 뿐만 아니라 기술적인 문제이기도 하다(강휘원, 2004). 따라서 인구수 및 지리적 여건과 관련된 데이터를 가지고 인구등가성뿐만 아니라 공간적 조밀성과 연속성 등과 같은 기준을 준수하는 보다 정량적이고 절차적인 선거구 획정 방법론을 살펴볼 필요가 있다. 선거구 획정 방법론에 대한 기술적 필요성에도 불구하고 미국과는 달리 국내의 경우 관련 연구가 거의 이루어지지 않았다(김명진, 2012).

한편, 최적화 기법을 이용한 선거구 획정 모델을 제시하는데 있어 구역 혹은 권역 설정 연구들을 참조할 수 있다. 김민(2004a; 2004b)은 GIS를 활용한 석유제품 유통기관의 판매권역과 주유소입지를 공간적

상호작용 모델과 입지-배분 모델(location-allocation model)을 이용하여 구획하였다. 강영옥(2007; 2008)은 소지역통계공표구역인 집계구를 획정하고 그 획정결과를 검토하여 문제점을 살펴보았다. 강영옥·조선희(2012)는 최적의 국가기초구역 설정방법을 고찰하는 연구를 수행하여 지형지물 기준, 행정경계(읍면동) 기준, 자동구획절차(Automated zoning procedure, AZP) 알고리즘 활용 등의 3가지 방법을 도출하였다. 김감영 등(2009)은 구역 내 이동성, 구역 간 업무량 균형, 연속성 등의 조건을 고려한 농촌지역 노년인구를 위한 방문 의료서비스 구역 설정 모델을 수립하고 GIS환경에서 구역설정 모델을 구현하는 AZP 알고리즘을 개발하였다. 김영훈(2009)은 구역설정의 문제를 시설물 입지선정에 있어 최적 지점과 해를 탐색하는 p-median 문제를 적용하여 해결해보고자 하였다. 김감영 등(2010)은 공간분석 및 모델링을 이용하여 구역 내 동질성, 구역 간 형평성, 공간적 배열이라는 세 가지 요소를 기준으로 지방행정구역을 재설정하는 최적화 AZP 모델을 개발하였다. 김명진(2012)은 미국의회선거구 구획문제를 해결하기 위하여 새로운 인접성 식별방법을 제시하여 모의담금질 휴리스틱 기법을 이용하여 선거구를 구획하였다.

이 중 본 연구와 접근 방법이 유사한 최적화 연구들(김감영 등, 2009; 김영훈, 2009; 김감영 등, 2010; 김명진, 2012)은 휴리스틱 기법(heuristic methods)을 이용하여 해를 산출하였다. 휴리스틱 기법은 많은 수의 공간 단위를 다룰 수 있을 뿐 아니라 비교적 빠른 시간 안에 해를 찾을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 휴리스틱 기법으로 찾은 해는 전역해(또는 최적해)(global optimal solution)라는 보장이 없다(Cooper, 1964; Reeves, 1993). 이에 반해 선형계획법(linear programming), 정수계획법(integer programming), 혹은 혼합정수계획(mixed integer programming) 등을 이용한 정확기법(exact methods)은 체계적으로 모든 가능한 해를 탐색하여 전역해(또는 최적해)를 찾는다. 정확기법은 해를 찾는데 시간이 많이 소요되어 공간 단위가 많아질 경우 해를 찾지 못하는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 정의한 모델의 정확성을 평가하고 주어진 문제에 대한 최적해를 찾을 수 있다는 점

에서 가치 있는 접근방법이다.

3. 선거구 획정을 위한 최적화 모델

선거구 획정을 위한 최적화 모델로 우선 고려해 볼 수 있는 것은 기존 선거구 선정 연구에서 많이 이용되는 Hess *et al.*(1965) 모델이며, 두 번째 모델은 연속성 조건을 고려하여 새로 개발된 모델이다. 먼저 Hess *et al.*(1965) 모델은 선거구 선정과 관련한 연구에서 전통적으로 이용되어온 모델 중 하나로서 입지-배분 문제의 하나인 수송문제(transportation problem)를 선거구 구획에 적용한 것으로 모든 인구단위(선거구 선정 문제의 기본 공간 단위: population unit)를 q 개의 선거구에 할당하는 것이다. 모델에서 한 개의 결정 변수(x_{ij})가 이용되며, 모델 정의를 위한 기호와 모델 식은 다음과 같다.

P_j = j 번째 인구단위의 인구,

d_{ij} =인구단위 i 와 j 의 중심점 간 거리

($i, j=1, 2, \dots, n$),

a =선거구의 최소 허용 인구,

b =선거구의 최대 허용 인구,

q =필요한 선거구의 수,

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & j\text{번째 인구단위가 } i\text{번째 센터에 할당되었을 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우.} \end{cases}$

$$\text{목적함수: } \text{Minimize } \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n d_{ij}^2 P_j x_{ij} \quad (1)$$

제약조건:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ii} = q \quad (q \leq n) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n P_j x_{ij} \geq (a/100) \left(\sum_{j=1}^n P_j / q \right) x_{ii} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n P_j x_{ij} \leq (b/100) \left(\sum_{j=1}^n P_j / q \right) x_{ii} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

목적함수 (1)은 제리멘더링을 막기 위하여 선거구가 조밀한 기하학적 모양(spatial compactness)을 찾도록 인구단위 j 와 선거구 센터 i 간의 인구 가중 거리의 합을 최소화한다. 이는 물리학의 관성의 법칙(Moment of Inertia) 관점에서 공간적 조밀성을 측정하는 것이다. 제약조건 (2)는 모든 인구단위 i 는 오직 하나의 선거구에 할당되어야 한다는 것을 의미하고, 제약조건 (3)에 의해서 q 개의 선거구가 구획된다. 제약조건 (4)와 (5)는 선거구의 인구범위에 관한 것으로 선거구 인구는 최소 기준보다는 많아야 하고 최대 기준보다는 적어야 한다.

Hess *et al.*(1965) 모델은 명시적으로 공간적 조밀성 조건(목적함수)과 인구등가성(제약조건)을 가지고 있다. 목적함수가 인구단위로부터 센터까지의 인구 가중 거리 합을 최소화함으로써 공간적 조밀성을 확보하고 있다. 인구단위들이 밀집하게 되면 자연스럽게 연속성이 확보될 것이라는 것을 암묵적으로 전제하고 있다(김영훈, 2009). 다시 말해서 연속성 제약조건은 모델에 명시적으로 드러나 있지 않다. 대부분의 경우는 조밀성이 높은 구역을 만들어냄으로써 연속성을 확보할 수 있지만, 인구단위의 공간적 형상이나 배열 등에 의해서 연속성이 확보되지 않은 경우가 발생할 수 있다(Cova and Church, 2000). 이에 연속성 조건을 명시적으로 포함하는 최적화 모델을 고안하는 연구들이 이루어지기 시작하였다(Cova and Church, 2000; Shirabe, 2005, 2009; Duque *et al.*, 2011). 이 논문에서는 연속성 조건을 가장 직관적으로 이해할 수 있는 Shirabe(2005; 2009)의 논의를 바탕으로 선거구 획정을 위한 새로운 모델을 제시하고자 한다.

Shirabe(2005)는 토지 획득 문제(land acquisition problem)에 대한 연속성 제약조건을 고안하였고 Shirabe(2009)는 이를 확대 발전시켜 구획 문제에 적용하였다. 연속성 문제를 해결하는 Shirabe(2005, 2009)의 기본 아이디어는 인접된 공간 단위 혹은 필지 사이를 개념적 흐름(conceptual flow)으로 연결하고 이 흐름이 끊이지 않고 구역의 싱크(sink)로 향하도록 하여 구역을 구성하는 공간 단위들 사이에 연속성이 확보되도록 하는 것이다(그림 1). Shirabe(2005)는 필지의 선택여부를 파악하는 x_i 와 구역의 싱크 여

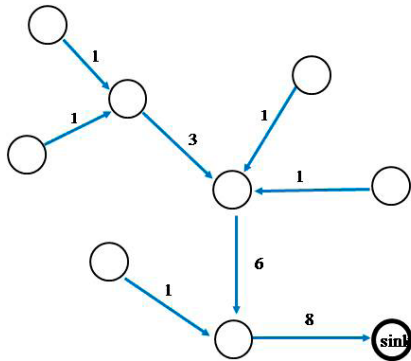


그림 1. Shirabe(2005; 2009) 연속성 해결 방법

부를 파악하는 w_i 의 두 결정변수를 이용하여 토지 획득 문제에서 연속적인 토지를 찾았다. Shirabe(2009)는 두 결정변수의 차원을 확대하여 공간 단위 i 가 구역 k 에 속하는 경우를 나타내는 결정변수 x_{ik} 와 구역 k 를 구성하는 공간 단위 i 가 싱크로 선택되는 경우를 나타내는 결정변수 w_{ik} 를 활용하여 연속적인 구역을 설정하고자 하였다.

이 논문에서는 Shirabe(2005; 2009)의 이러한 아이디어를 바탕으로 연속성을 명시적으로 확보하는 선거구 획정 모델을 고안한다. Shirabe(2005; 2009)의 경우 구역 내에서 싱크가 어디에 위치하는가는 중요한 것이 아니었지만 본 연구에서는 구역 내에서 싱크의 위치 선정을 통제하여 공간적 조밀성이 높은 선거구를 구획하고자 한다. Kim(2012)에 따르면 공간적 조밀성은 특정 정당에 유리하게 선거구가 구획된 계리멘타리를 막기 위하여 이용되고 있는 선정기준이지만 공간적 조밀성을 측정하는 완벽한 한 개의 방법이 존재하지 않는다. 선거구 둘레 측정(Schwartzberg, 1966; Adams, 1977; Wells, 1982), 선거구 길이-너비 비율 측정(Harris, 1964; Young, 1988; Niemi, et al., 1990), 둘레-넓이 측정(Schwartzberg, 1966; Niemi, et al., 1990), 선거구내에서 거리 최소화(The Relative moment of inertia)(Weaver and Hess, 1963; Hess et al., 1965; Boyce and Clark, 1964; Kaiser, 1966) 등 다양한 방법으로 측정되고 있다. 이들의 방법에 따라 공간적으로 조밀한 정도가 다르게 나타나고 있다(Altman, 1998). 그럼에도 선거구 획정에

있어서 공간적인 조밀성이 오랜 시간 지지를 받고 있는 이유는 선거구 획정이 미적으로 아름다운 선거구 모양을 찾는 것(beauty contest)은 아니지만 이상한 모양(bizarre shape)으로 채택되는 일을 방지하기 위함이다. 이런 이유로 새로운 공간적 조밀성 개념을 제시한다는 것은 의미가 있다. 새로 고안된 모델을 흐름 통제 모델(Flow Control Model, FCM)이라 명명한다. 선거구 획정을 위한 FCM을 수학적으로 기술하기 위하여 다음과 같은 기호를 정의할 필요가 있다:

i, j =인구단위의 인덱스 $i, j=1, \dots, n \in I, |I|=N$,

k =선거구의 인덱스 $k=1, \dots, q$,

N_i =인구단위 i 에 인접한 인구단위들의 집합,

P_i =인구단위 i 의 인구($j=1, 2, \dots, n$),

f_{ijk} =선거구 k 에서 인구단위 i 와 j 사이의 개념적 흐름,

q =구획할 선거구 수,

$M=N-q+1$.

M 은 선거구 획정에 있어서 선거구 k 에 할당될 수 있는 최대 인구단위의 수를 의미하는데 실제로 선거구 획정에 있어서 한 선거구가 몇 개의 인구단위로 이루어져 있는지는 알 수가 없기 때문에 총 인구단위 수(N)와 선거구 수(q)를 이용하여 $M=N-q+1$ 로 설정하였다. 모델은 세 개의 결정변수를 갖는다.

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{인구단위 } i \text{가 선거구 } k \text{에 할당되었을 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우,} \end{cases}$$

$$w_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{선거구 } k \text{에서 인구단위 } i \text{가 싱크로 선택된 경우} \\ 0, & \text{그렇지 않은 경우,} \end{cases}$$

f_{ijk} =선거구 k 에서 인구단위 i 와 j 사이의 개념적 흐름,

$$f_{ijk} \geq 0.$$

이러한 기호 및 결정변수를 이용하여 연속성, 공간적 조밀성, 인구등가성을 반영한 선거구 획정을 위한 흐름 통제 모델을 다음과 같이 기술할 수 있다.

Flow Control Model(FCM):

$$\text{목적함수: } \text{Minimize} \sum_k \sum_i \sum_{j \in N_i} f_{ijk} \quad (6)$$

제약조건:

$$\sum_k x_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (7)$$

$$\sum_i w_{ik} = 1 \quad \forall k \quad (8)$$

$$w_{ik} - x_{ik} \leq 0 \quad \forall i, k \quad (9)$$

$$\sum_k \sum_i w_{ik} = q \quad (10)$$

$$\frac{a}{100} \sum_{i=1} P_i \leq \sum_{i=1} P_i x_{ik} \leq \frac{b}{100} \sum_{i=1} P_i \quad \forall k \quad (11)$$

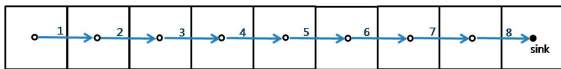
$$\sum_{j \in N_i} f_{ijk} - \sum_{j \in N_i} f_{jik} \geq x_{ik} - M w_{ik} \quad \forall i, k \quad (12)$$

$$\sum_{j \in N_i} f_{ijk} \leq (M-1)x_{ik} \quad \forall i, k \quad (13)$$

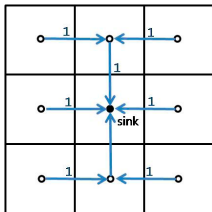
$$x_{ik}, w_{ik} = \{0, 1\} \quad \forall i, k \quad (14)$$

$$f_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, k \quad (15)$$

목적함수 (6)은 선거구 내에서 인구단위에서 싱크로의 개념적 흐름의 총량의 합을 최소화한다. 구역 내에서 발생하는 개념적 흐름의 총량을 최소화하기 위해서는 싱크가 선거구의 중간에 위치해야한다. 그림 2는 목적함수의 행태를 도식적으로 보여주고 있다. 그림 2a의 경우 개념적 흐름의 총량의 합을 최대화(36)한 것으로, 이러한 경우 싱크는 선거구의 한쪽 끝에 위치하게 된다. 이와는 달리 그림 2b는 개념적 흐름의 총량의 합을 최소화(12)한 것으로 싱크가 선거



(a) 선거구 안에서 개념적 흐름의 총량의 합이 최대(36)가 될 경우 싱크의 위치와 조밀하지 않은 선거구



(b) 선거구 안에서 개념적 흐름의 총량의 합이 최소(12)가 될 경우 싱크의 위치와 조밀한 선거구

그림 2. 싱크의 위치에 따른 선거구의 모습

구의 중앙에 위치하면서 그림 2a에 비하여 조밀한 구역이 형성된다.⁴⁾ 결국 목적함수를 통한 개념적 흐름의 최소화는 선거구의 공간적 조밀성을 높게 된다.

제약조건 (7)-(15)는 Shirabe(2009)에서 논의된 것이다. 제약조건 (7)은 모든 공간단위는 할당되어야 하며 오직 한 개의 선거구에 속하게 된다는 것을 의미한다. 제약조건 (8)은 각 선거구는 오직 한 개의 싱크를 갖도록 한다. 제약조건 (9)는 인구단위 i 가 선거구 k 에 할당된 경우만 해당 인구단위가 해당 선거구의 싱크가 될 수 있다는 것을 의미한다. 제약조건 (10)은 싱크가 되는 총 인구단위 수를 지정하는 것으로, 결과적으로 지정한 수만큼의 선거구가 구획되도록 한다. 제약조건 (11)은 선거구의 최소 및 최대 허용 인구를 설정한다. 제약조건 (12)와 (13)은 연속성을 확보하기 위한 조건이다. 제약조건 (12)는 선거구 k 에서 인구단위 i 로의 총 유출 흐름(outflow)과 총 유입 흐름(inflow) 간의 차이를 나타낸다. 먼저 인구단위 i 가 선거구 k 에 속하지만 싱크가 아닌 경우(즉 $x_{ik}=1, w_{ik}=0$), 해당 인구단위 i 는 흐름의 중간에 있게 되어 적어도 1 이상의 순 유출이 있어야 한다. 다시 말해서 이웃한 인구단위들로부터 들어온 흐름뿐만 아니라 자신으로부터 싱크로의 흐름이 있어야 한다는 것을 의미한다. 인구단위 i 가 선거구 k 에 속하면서 싱크이면(즉 $x_{ik}=1, w_{ik}=1$), 선거구 k 안에 있는 인구단위 i 는 $1-M$ 보다 크거나 같은 순 유출을 갖는다. 인구단위 i 가 선거구 k 에 속하지 않고 싱크도 아니면(즉 $x_{ik}=0, w_{ik}=0$) 선거구 k 에 있는 인구단위 i 에서는 적어도 총 유입 흐름만큼의 총 유출 흐름을 갖게 된다. 제약조건 (13)은 선거구 k 밖에서 유입되는 흐름은 없으며, 해당 선거구 어느 인구단위에서나 총 유입 흐름은 싱크의 최대 유입 흐름인 $M-1$ 을 넘길 수 없도록 한다. 제약조건 (12)와 (13)에 의해서 모든 개념적 흐름은 싱크를 향하여 흐르게 되고, 결과적으로 연속적인 선거구가 형성되게 된다. 제약조건 (14)는 결정변수 x_{ik} 와 w_{ik} 는 0과 1의 두 정수 값만을 가지며, 제약조건 (15)은 결정변수 f_{ijk} 는 0 이상의 양의 값을 갖는다는 것의 의미한다.

4. 분석 결과

Hess *et al.*(1965)의 모델과 본 연구에서 고안한 모델인 FCM을 적용할 사례지역으로 용인시를 선정하였다. 용인시의 경우 19대 총선을 위해 획정된 선거구가 게리맨더링의 전형적인 사례로 언급되는 곳이기 때문이다(이정섭, 2012; 정만희, 2012). 경기도 용인시 경우 기존 제 18대 선거구에서 용인시 수지구, 기흥구, 처인구로 구별된 선거구가 제 19대 선거구에서 용인시 갑, 을, 병으로 재분류되었으며 이 과정에서 행정구역이 다른 기흥구 동백동과 마북동을 처인구에 붙여 용인시(갑)으로, 상현2동을 기흥구에 붙여 용인시(을)을 구성하였다(그림 3). 선거구 획정의 인구 기준일인 2011년 10월 31일 기준으로 용인시의 총인구는 893,950명이고, 이 중 용인시(갑)은 305,978명, 용인시(을)은 304,564명, 용인시(병)은 283,408명이다(표 1). 이 세 선거구의 인구규모는 전국 선거구 평균인구인 206,702⁹⁾명보다 훨씬 크며, 헌법재판소

의 결정기준인 선거구 인구의 상한 +50%인 310,053명에 육박한다. 투표의 등가성이라는 선거의 평등원칙을 따른다면 용인시의 선거구는 네 개로 구획되는 것이 맞으나, 선거의 당사자인 정당의 정치적 이해관계에 의해서 법적인 인구 상한을 넘지 않도록 일부 동을 임의로 조정하여 선거구를 획정했음을 알 수 있다(김종갑, 2012).

사례 지역을 대상으로 모델을 구현하기 위해서 결정해야 하는 파라미터는 선거구의 최소 및 최대 인구 허용 범위와 선거구의 수이다. 첫째, 선거구 인구의 최소 및 최대 허용 범위는 헌법재판소 결정기준에 따라 전 지역 선거구의 편차가 제19대 총선의 선거구 획정안의 전국 선거구 평균인구의 -50%(103,351명)~+50%(310,053명) 이내가 되도록 설정하였다. 기본 인구단위는 행정동이며 공직선거법 25조 1항에 근거하여 행정구의 경계를 고려하지 않았다. 필요한 선거구는 2012년 2월 27일 제19대 총선의 선거구 획정안에서 정한 3개와 전국 선거구의 평균인구와 등가성을 확보할 수 있는 4개로 하였다.

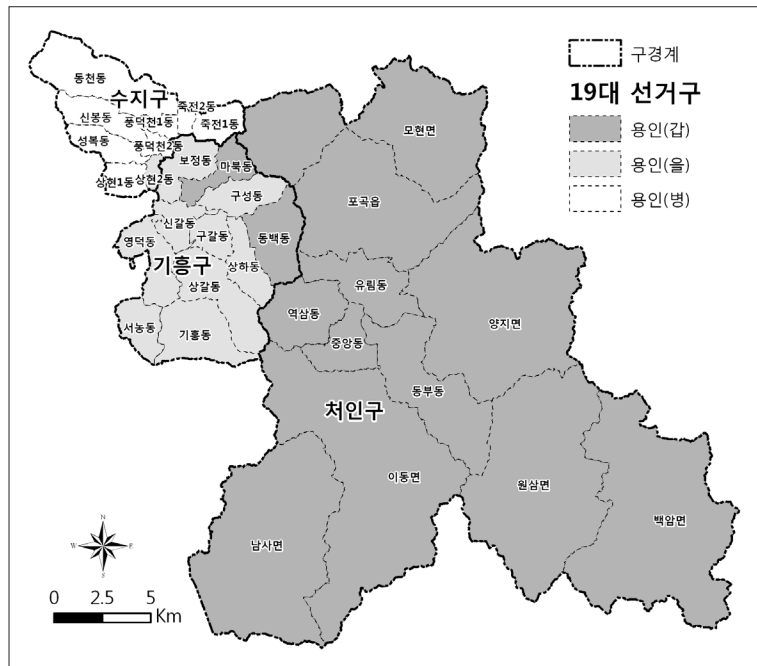


그림 3. 제19대 총선의 용인시 국회의원 선거구

표 1. 기존 선거구 및 최적화 모델의 결과 비교($q=3$)

(단위: 명)

제19대 총선 선거구			Hess <i>et al.</i> 의 모델*			FCM**		
선거구	인구수	편차***	선거구	인구수	편차	선거구	인구수	편차
용인시갑	305,978	7,995	선거구 1	295,570	2,413	선거구 1	289,763	8,220
용인시을	304,564	6,581	선거구 2	299,590	1,607	선거구 2	298,287	304
용인시병	283,408	14,575	선거구 3	298,790	807	선거구 3	305,900	7,917
합계		29,151	합계		4,827	합계		16,441

* $q=3$ 에 대한 Hess *et al.* 모델은 CPLEX에서 3,341번 반복하였고, 160개의 노드가 발생하였으며, 0.98초가 소요됨.

** $q=3$ 에 대한 FCM은 CPLEX에서 17,070,788번 반복하였고, 99,149개의 노드가 발생하였으며, 2893.47초가 소요됨.

*** 편차는 세 개의 선거구를 가정하였을 때 용인시의 선거구 평균인구(297,983명)와의 차이임.

Hess *et al.* (1965)의 모델과 FCM의 최적해를 산출하기 위하여 최적화 소프트웨어인 IBM CPLEX (12.1.0 버전)를 이용하였고 CPLEX에 필요한 코드 파일 생성을 위하여 Microsoft Visual C++ (5.0 버전)를 이용하여 프로그래밍 하였으며 인구단위 사이의 인접 여부를 평가하고 분석 결과를 시각화하기 위하여 GIS 소프트웨어인 ESRI ArcGIS(9.3버전)를 이용하였다. 해당 작업을 수행한 컴퓨터는 Intel(R) Core(TM) i3 CPU U380(1.33GHz, 2.92GB RAM)의 사양을 갖는다.

먼저 사례지역인 용인시에 Hess *et al.* (1965) 모델을 적용하여 현행과 같은 3개의 선거구를 구획하였고 선거구의 인구규모 및 공간적 분포가 표 1과 그림 4에 제시되어 있다. 먼저 표 1에서 보는 것처럼, Hess *et al.*의 모델은 기존 선거구(29,151)의 보다 인구편차가 작은 인구등가성이 향상된 결과를 산출하였다(4,827명). 그러나 그림 4에서 보는 것처럼 기존 가치구와 상당히 일치하는 세 개의 선거구 중에서 동천동, 신봉동, 성북동, 상현1·2동, 풍덕천1·2동, 죽전1동으로 구성되어 있는 선거구 1은 공간적으로 불연속적이다. 즉, 죽전1동이 다른 동들로부터 떨어져 있다. 이러한 결과는 Hess *et al.*의 모델은 인구등가성 측면에서 최적해를 산출할 수 있지만 연속성 조건을 만족시키지 못하는 결과를 도출할 수 있음을 보여준다. 이는 또한 선거구 획정을 위한 최적화 모델에서 연속성을 명시적으로 고려할 필요성을 실증적으로 보여준다.

동일한 사례에 본 연구에서 고안한 새로운 모델인

FCM을 적용하여 3개의 선거구를 구획한 결과가 표 1 및 그림 5에 제시되어 있다. 먼저 표 1의 FCM 결과를 보면, Hess *et al.*의 모델에 비하여 인구편차가 증가(16,441명)한 것을 알 수 있다. 이는 연속성 제약에 의해서 인구등가성이 어느 정도 희생되었음을 의미한다. 그러나 FCM에 의해서 산출된 결과는 기존 선거구보다 인구편차 측면에서 여전히 향상되었음을 알 수 있다. 그림 5를 통하여 확인할 수 있는 것처럼 구획된 선거구의 공간적 배열은 기존 및 Hess *et al.*의 결과와 상당한 차이를 보인다. 이는 FCM이 연속성을 고려하면서 조밀성을 극대화하였기 때문이다.

표 1에 제시된 것처럼 세 개의 선거구를 상정하였을 때 용인시 선거구 평균 인구는 297,983명으로 전국 선거구 평균인구(206,702명)보다 훨씬 커 용인시의 선거구는 과소대표되는 경향이 강하다는 것을 알 수 있다. 만약 용인시의 선거구를 네 개로 상정하면 용인시의 선거구 평균 인구는 223,488명이 되어 전국 평균에 근접하게 된다. 다시 말해서 용인시를 네 개의 선거구로 구획하는 것은 투표의 등가성이라는 선거의 평등원칙을 구현하는 시도로 볼 수 있다. 동천동, 신봉동, 성북동, 상현1동, 풍덕천2동으로 구성되는 선거구 1은 168,346명의 인구를 갖고, 풍덕천1동, 죽전1동, 죽전2동, 상현2동, 보정동, 마북동, 신갈동으로 구성되는 선거구 2는 245,583명의 인구를 갖는다. 구성동, 동백동, 구갈동, 상하동, 모현면, 포곡읍, 유림동, 양지면으로 구성되는 선거구 3은 256,091명의 인구를 갖고, 영덕동, 상갈동, 서농동, 기흥동, 역삼

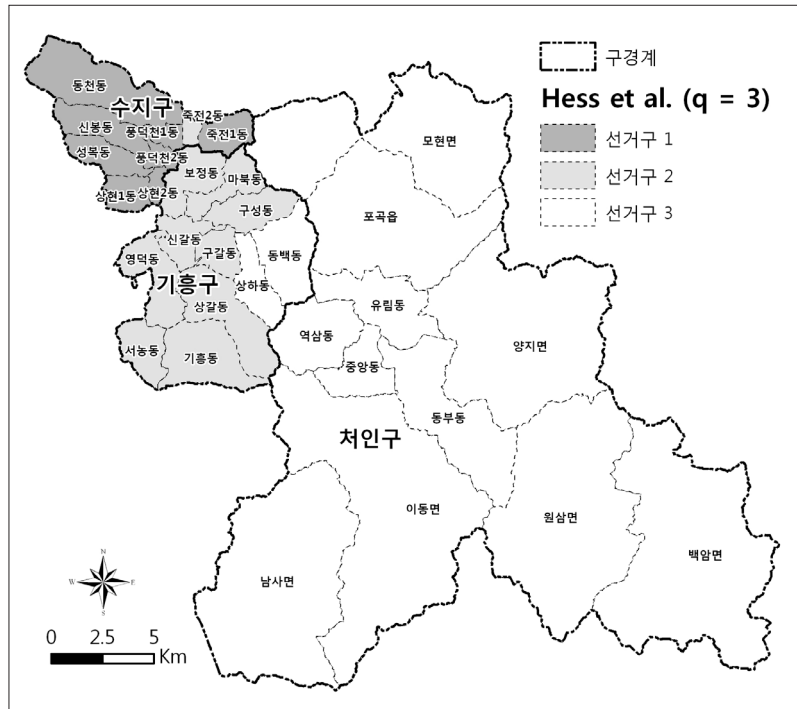


그림 4. Hess et al.의 모델 적용 용인시 선거구 구획(q=3)

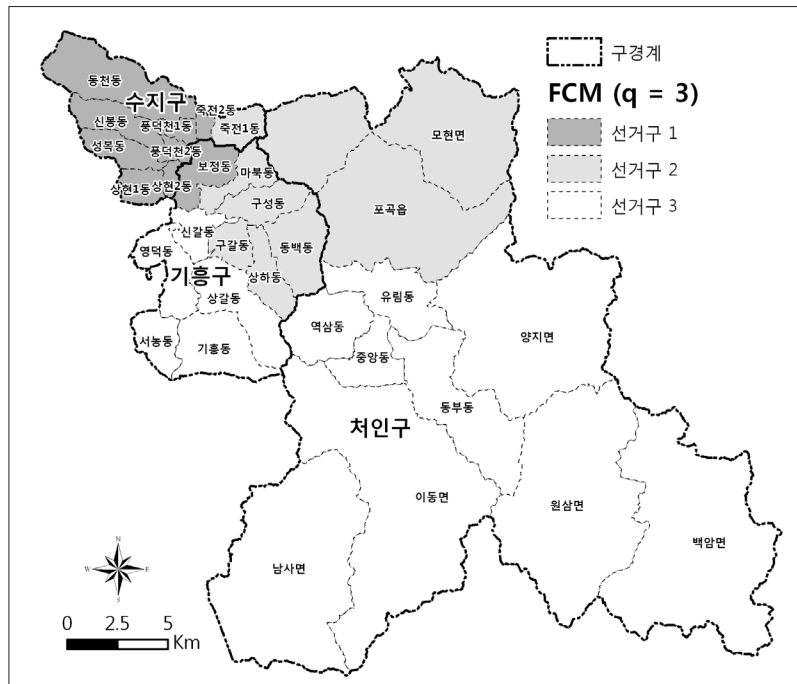


그림 5. FCM 적용 용인시 선거구 구획(q=3)

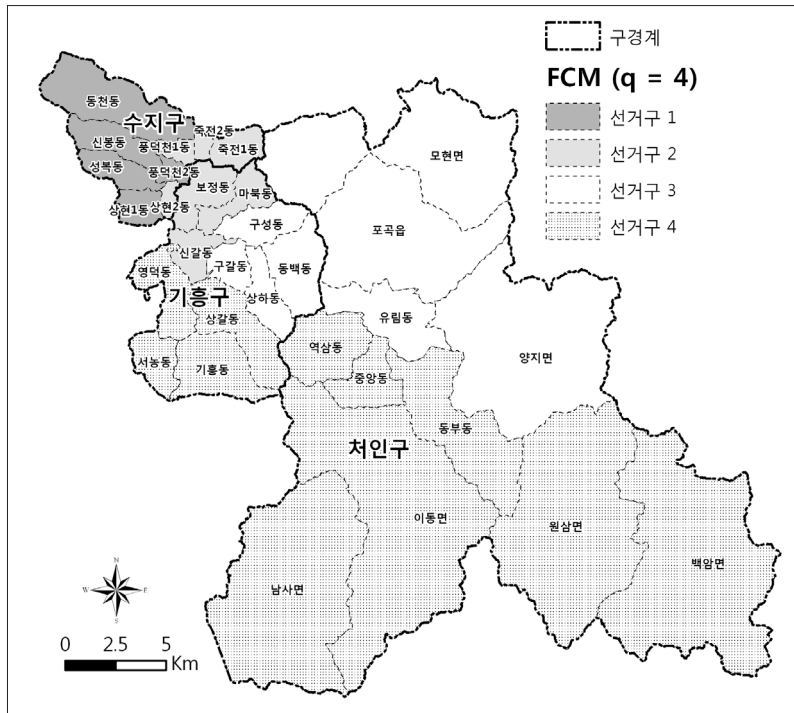


그림 6. FCM 적용 용인시 선거구 구획($q=4$)

동, 중앙동, 동부동, 남사면, 이등면, 원삼면, 백암면으로 구성되는 선거구 4는 223,930명의 인구를 갖는다(그림 6).

5. 결론

선거구 획정 관련 국내의 기존 연구들이 법적·제도적 측면에 개선 방안을 제시하는데 초점을 두었다면, 본 연구는 선거구 획정이 정치적인 문제일 뿐만 아니라 기술적인 문제라는 점에 착안하여 명시적인 기준, 구체적인 데이터, 수학적 절차에 바탕을 둔 선거구 획정의 실행 측면에 초점을 맞추어 선거구 획정을 위한 대안적 방법을 제시하는 데 초점을 두었다. 이를 위하여 공간 최적화 기법 중 정확기법을 이용하여 일반적인 선거구 획정 기준인 인구편차, 연속성, 조밀성 기준을 준수하는 선거구 획정 모델을 제시하

였고, 제19대 총선에서 확정된 선거구가 게리맨더링의 전형적인 모습이라는 비판을 받은 용인시를 사례 지역으로 모델의 가능성을 평가하였다. 선거구 획정을 위한 최적화 모델로 기존 선거구 선정 연구에서 많이 이용되는 Hess *et al.*(1965) 모델과 연속성 조건을 고려하여 구역 내에서 싱크의 위치 선정을 통제하여 공간적 조밀성이 높은 선거구를 구획하는 흐름 통제 모델(Flow Control Model, FCM)을 고안하였다. Hess *et al.*(1965) 모델은 선거구 선정과 관련한 연구에서 전통적으로 이용되는 모델로서 입지-배분 문제 중 하나인 수송문제(transportation problem)를 선거구 구획에 이용한 것으로 공간적 조밀성과 인구등가성이 모델에서 명시적으로 고려되지만 연속성은 고려되지 않는다. 따라서 불연속적인 선거구가 도출될 가능성이 있다. 불연속적인 구역이 형성되는 문제점을 해결하고자 고안된 FCM에서는 Shirabe(2005; 2009)의 아이디어를 바탕으로 연속성이 명시적으로 고려되었고 구역 내에서 인구등가성 만족 범위 안에

서 싱크의 위치 선정을 통제하여 공간적 조밀성이 높은 선거구가 도출되도록 설계되었다. 본 연구의 실험 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, Hess *et al.*의 모델은 인구등가성 측면에서 최적해를 산출할 수 있지만 연속성 조건을 만족시키지 못하는 결과가 도출되어 선거구 획정을 위한 최적화 모델에서 연속성을 명시적으로 고려할 필요성을 실증적으로 보여주었다. 둘째, 본 논문에서 고안된 공간최적화 모델인 FCM을 적용하여 3개의 선거구를 구획한 결과 연속성 제약만 만족시키기 위해 인구등가성이 어느 정도 희생되었지만 기존 선거구보다 인구편차 측면에서 향상된 결과가 도출되었다.

본 연구는 지금까지 많은 선거구 관련 연구와는 달리 기본적인 선거구 선정 요인을 보다 객관적이고 절차적으로 만족시키는 선거구 선정 모델을 제시하였다는데 의의가 있다. 본 연구에서 제시된 FCM은 선거구 설정뿐만 아니라 학군설정, 판매 권역 설정, 의료서비스권역 설정, 통근권 설정 등 다양한 구획문제에 적용하는 것이 가능하다. 그러나 이 논문은 다음과 같은 한계점이 있다. 첫째, 두 모델은 공간적 조밀성을 만족시키기 위하여 각기 다른 방법으로 접근을 하고 있다. 다시 말해, Hess *et al.* (1965)는 물리학의 관성의 법칙(Moment of Inertia)을 이용하여 인구가중거리 최소화, FCM은 개념적 흐름의 총량의 합을 최소화하여 조밀성을 확보하기 때문에 두 모델의 결과를 정량적으로 비교하는 것이 어렵다. 둘째, 본 연구에서는 지형, 교통, 실제적인 생활권 등에 대한 고려가 이루어져 있지 않다. 향후 연구에서 이러한 요소들을 반영한 모델링 접근이 요구된다.

주

- 1) 소선거구제는 선거구 하나에서 1명의 대표자를 선출하는 것으로, 유권자들은 후보자 1명에게만 투표를 할 권리를 가지며, 다수의 표를 획득한 자를 해당 선거구의 당선인으로 결정한다.
- 2) <http://law.nec.go.kr/lawweb/index.jsp>
- 3) 해외사례로 미국의 경우를 살펴보면 선거구선정에 있어서

크게 인구학적 선정 기준(Demographic criteria), 지리적 선정 기준(Geographic criteria), 정치적 선정 기준(Political criteria)로 나누어질 수 있다. 이 중에서 미국 헌법에서 필수로 규정하고 있는 선정 기준은 인구학적 선정 기준인 인구등가성과 지리적 선정 기준인 연속성이고 나머지 선정 기준들은 각 주에서 필요시 규정하도록 한다. 첫째, 인구학적 선정 기준에는 인구등가성과 소수인종보호(minority representation)가 있다(Parker, 1989; Williams, 1995). 둘째, 지리적 선정 기준에는 연속성(Mills, 1967; Nagel, 1972; Grofman, 1985)과 공간적 조밀성이 있다(Garfinkel and Nemhauser, 1970; Young, 1988; Niemi *et al.*, 1990). 셋째, 정치적 선정기준에는 게리맨더링과 기존 선거구 구획 보호(the respect of existing plans)가 있다(Nagel, 1965; Morrill, 1981; Williams, 1995). 이외에도 자연적 경계, 행정구역경계 보호, 사회적 동질성, 형평성 등 다양한 선정 기준이 있다.

- 4) 모델에서 싱크(sink)의 개념은 싱크대(개수대)를 생각하면 그 의미가 더욱 쉽게 이해되는데, 싱크대(개수대)의 위치와 싱크대로 물이 모이는 양을 계산하여 선거구 구획을 하는 것이다. 인접된 지역간 적어도 한 양동이(1 개념적 흐름)의 물이 나오는데, 옆에서 온 물의 양(개념적 흐름)을 모두 더해서 인접지역으로 이동하게 된다. 그리하여 싱크대에 도달할 때는 이러한 물의 양이 모두 더해져 적어도 $M-1(M=N-q+1, N=총\ 인구단위\ 수, q=선거구\ 수)$ 의 흐름이 생기게 된다(제약조건 (13) $\sum_{j=N_j} f_{ijk} \leq (M-1)x_{ik}$). 싱크대의 위치가 가운데 있을 때에는 사방에서 물이 흘러들어올 수 있지만, 끝에 위치하여 있을 경우는 오직 한쪽에서만 물을 받을 수밖에 없기 때문에 그 양이 많아진다. 이렇게 싱크대(개수대)의 위치를 통해 개념적 흐름의 총량을 조절하게 되면 선거구 공간구획(spatial configuration)이 달라진다.
- 5) 이 수치는 <http://info.nec.go.kr>에서 제공하는 인구수와 선거구 수를 이용하여 산출하였다.

참고문헌

- 강민제·윤성이, 2007, “선거구 획정과 선거결과와 왜곡: 2006년 지방선거를 중심으로,” 한국정당학회보, 6(2), 5-28.
- 강영욱, 2007, “소지역통계구역 획정방안 연구,” 한국도시지리학회지, 10(1), 15-36.
- 강영욱, 2008, “소지역통계공표구역 유지관리방안 연구,”

- 한국도시지리학회지, 11(3), 53-65.
- 강영욱 · 조선희, 2012, “국가기초구역 설정 방법 비교 연구 - 종로구, 아산시, 태안군을 사례로,” 한국지도학회지, 12(1), 113-127.
- 강원택, 2002, “국회의원 선거제도의 개혁: 의원 정수 및 선거구 획정 문제를 중심으로,” 국가전략, 8(3), 133-151.
- 강휘원, 2001, “투표의 등가성을 위한 선거구 획정의 정치와 기법,” 한국정치학회보, 35(2), 89-112.
- 강휘원, 2004, “선거구 획정 기준과 게리멘터링: 평택시 국회의원 선거구 사례연구,” 대한정치학회보, 12(1), 321-342.
- 강휘원, 2005, “제16대 총선의 선거구 인구수 편차요인 분석,” 대한정치학회보, 12(3), 305-331.
- 강휘원, 2006a, “선거구 획정의 조밀성 측정방법 개발을 위한 이론적 연구,” 대한정치학회보, 14(1), 21-45.
- 강휘원, 2006b, “제17대 국회의원 선거구의 조밀성 측정과 GIS,” 한국정치학회보, 40(2), 99-123.
- 김감영 · 신정엽 · 이견학 · 조대현, 2009, “농촌지역 노년인구를 위한 방문 의료서비스 구역 설정 모델 및 알고리즘,” 대한지리학회지, 44(6), 813-832.
- 김감영 · 이견학 · 신정엽, 2010, “공간분석 및 모델링을 이용한 지방행정구역 재설정에 관한 연구,” 한국지역지리학회지, 16(6), 673-688.
- 김명진, 2012, “새로운 인접성 식별 방법을 이용한 의회 선거구 구획연구 알고리즘 개발,” 한국지도학회지, 12(3), 81-94.
- 김민, 2004a, “GIS를 활용한 석유제품 유통기관의 판매권역 분석,” 대한지리학회지, 39(3), 360-373.
- 김민, 2004b, “GIS를 활용한 대전시 주유소 입지와 판매권역 분석,” 한국GIS학회지, 12(2), 211-228.
- 김영식, 2002, “한국의 정치개혁과 선거구 획정: 등가성 기준의 강화의 필요성과 효과성을 중심으로,” 한국정치학회보, 36(2), 175-197.
- 김영훈, 2009, “구역설정문제에 있어 P-median 알고리즘 적용연구,” 한국지도학회지, 9(2), 73-80.
- 김종갑, 2012, “국회의원 선거구 획정의 문제점과 개선방향,” NARS 현안보고서, 제147호, 국회입법조사처.
- 김형준 · 김도중, 2003, “국회의원 선거구 획정의 제도개혁에 관한 연구,” 대한정치학회보, 11(2), 45-64.
- 서복경, 2012, “한국 의석할당제도의 문제점: 선거구 획정과 선거인수 불균형,” 한국정치연구, 21(1), 79-100.
- 심지연 · 김민전, 2001, “역대 국회의원 선거구 획정에 대한 평가: 표의 등가성과 정당 간 공정성을 중심으로,” 한국정치학회보, 35(1), 125-148.
- 심지연, 2005, “국회의원 선거구 획정의 변화,” 한국정당학회보, 4(2), 45-72.
- 이정섭, 2012, “지역균열정치와 국회의원선거구 획정의 게리멘터링과 투표 등가성 훼손,” 대한지리학회지, 47(5), 718-734.
- 이중은, 2000, 한국 국회의원 선거구 획정에 관한 연구, 국민대학교 정치대학원 석사학위논문.
- 정만희, 2012, “선거구 획정의 기본문제: 국회의원 선거구 획정의 문제점에 관한 비교법적 검토,” 공법학연구, 13(3), 117-154.
- 최경옥, 2012, “선거구 획정의 문제점과 해결방안,” 공법학연구, 13(4), 135-169.
- Adams, B., 1977, A Model State Reapportionment Process: The Continuing Quest for ‘Fair and Effective Representation, *Harvard Journal on Legislation*, 14, 825-904.
- Altman, M., 1998, Modeling the effect of mandatory district compactness on partisan gerrymanders, *Political Geography*, 17(8), 989-1012.
- Boyce, R. R. and Clark, W. A. V., 1964, The Concept of Shape in Geography, *Geographical Review*, 54, 561-572.
- Cooper, L., 1964, Heuristic Methods for location-allocation problems, *SIAM Review*, 6, 37-54.
- Cova, T. J. and Church, R. L., 2000, Contiguity Constraints for Single-Region Site Search Problems, *Geographical Analysis*, 32(4), 306-329.
- Duque, J. C., Church, R. L., and Middleton, R. S., 2011, The p-Regions Problem, *Geographical Analysis*, 43(1), 104-126.
- Garfinkel, R. S. and Nemhauser, G. L., 1970, Optimal Political Districting by Implicit Enumeration Techniques, *Management Science*, 16(8), B495-B508.
- Grofman, B., 1985, Criteria for redistricting: A social science perspective, *UCLA Law Review*, 33, 77-184.
- Harris, C. C., Jr., 1964, A Scientific Method of District-

- ing, *Behavioral Science*, 9, 219-225.
- Hess, S. W., Weaver, J. B., Siegfeldt, H. J., Whelan, J. N., and Zitlau, P. A., 1965, Nonpartisan Political Redistricting by Computer, *Operations Research*, 13(6), 998-1006.
- Horn, D. L., Hampton, C. R., and Vandenberg, A. J., 1993, Practical application of district compactness, *Political Geography*, 12(2), 103-120.
- Kaiser, H., 1966, An objective method for establishing legislative districts, *Midwest Journal of Political Science*, 10, 200-213.
- Kim, M. J., 2012, Comprehensive review of compactness measures to political redistricting problems, *The Geographical Journal of Korea*, 46(4), 403-413.
- Mills, G., 1967, The determination of local government electoral boundaries, *Operations Research Quarterly*, 18, 243-255.
- Morrill, R. L., 1981, *Political Redistricting and Geographic Theory*, Washington D.C., Association of American Geographers.
- Nagel, S. S., 1965, Simplified bipartisan computer redistricting, *Stanford Law Review*, 17, 863-899.
- Nagel, S. S., 1972, Computers and the law and politics of redistricting, *Polity*, 5, 77-93.
- Niemi, R. G., Grofman, B., Carlucci, C., and Hofeller, T., 1990, Measuring Compactness and the Role of a Compactness Standard in a Test for Partisan and Racial Gerrymandering, *The Journal of Politics*, 52(4), 1155-1181.
- Parker, F. R., 1989, *Racial gerrymandering and legislative reapportionment*, Washington, D.C., Howard University Press.
- Reeves, C. R. ed., 1993, *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*, Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Schwartzberg, J. E., 1966, Reapportionment, Gerrymanders, and the Notion of Compactness, *Minnesota Law Review*, 50, 443-452.
- Shirabe, T., 2005, Model of Contiguity for Spatial Unit Allocation, *Geographical Analysis*, 37(1), 2-16.
- Shirabe, T., 2009, Districting modeling with exact contiguity constraints, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(6), 1053-1066.
- Weaver, J. B. and Hess, S. W., 1963, A procedure for nonpartisan districting: development of computer techniques, *The Yale Law Journal*, 72, 288-308.
- Well, D., 1982, Against affirmative Gerrymandering, in Grofman, B., Lijphart, A., McKay, R. B., and Scarrow, H. A. (eds.), *Representation and Redistricting Issues*, Lexington Press, Lexington.
- Williams, J. C., 1995, Political redistricting: A review, *Papers in Regional Science*, 74(1), 13-40.
- Young, H. P., 1988, Measuring the compactness of legislative districts, *Legislative Studies Quarterly*, 13, 105-115.
- 교신: 김감영, 702-201, 대구광역시 북구 대학로 80, 경북대학교 지리교육과(이메일: kamyoungkim@knu.ac.kr, 전화: 053-950-5861)
- Correspondence: Kamyoung Kim, Department of Geography Education, Kyungpook National University, 80 Daehakro, Buk-gu, Daegu 702-201, Korea (e-mail: kamyoungkim@knu.ac.kr, phone: +82-53-950-5861)

최초투고일 2013. 4. 29

수정일 2013. 6. 11

최종접수일 2013. 6. 14