

연구논문

## 태양에너지 가용잠재량 자원지도 분석

정 종 철

남서울대학교 지리정보공학과

(2012년 06월 22일 접수, 2012년 07월 27일 승인)

### The Analysis of a Potential Solar Energy Resource Map

Jong-chul Jeong

Dep. Geoinformatics Eng. Namseoul University

(Manuscript received 22 June 2012; accepted 27 July 2012)

### Abstract

Many countries have recently been expanding efforts for low-carbon global economy to solve the problem of global warming. Development and research for various types of new reusable energy is on the rise throughout the world. The most promising source of energy is the solar photovoltaic energy and the government take an initiative to establish both short-term and long-term policies to develop the solar energy potential resource map. The solar energy and industrialize area researched by GIS methods for optimum site for solar power transfer system. This study attempts to address the hot issue of the development and suitability of the solar photovoltaic energy site using GIS spatial analysis. We need to analyze and describe the solar technology, green energy policies and the energy market trend of the field.

Keywords : global warming, solar energy, potential resource map

### 1. 서론

전 세계는 고유가 시대에 따른 자원문제와 지구 온난화에 따른 이상기후 문제에 직면해 있다. 이상기후 현상은 고에너지 소비 사회에서 에너지 사용의 집중화를 초래하여 폭염시기에 과도한 전력사용의 문제점을 나타낸다. 특히, 우리나라는 비산유국가로 고유가에 영향을 많이 받으며(김광득 등, 2006) 기후변화에 관한 유엔 기본협약에 따라 염화플루오린

화탄소(CFC)를 제외한 모든 온실가스의 배출량과 제거량을 조사하여 이를 협상위원회에 보고해야 하며 기후변화 방지를 위한 국가계획도 작성해야하는 대상국가이다(UNFCCC, 1992).

태양광발전은 연료가 불필요하고 열적공해와 환경오염이 없으며 소음, 방사성, 폭발 위험이 없고 운전, 유지가 간편하고 무인화가 용이한 것이 큰 장점이다(에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2008). 그러나 태양광발전은 아직 발전단가가 높아 경제성

이 약하고, 기상조건에 따라 발전량이 일정하지 않으며 한정된 일조시간(밤, 우천 시)으로 발전시간이 제한받는 단점이 있다(오희갑, 2006). 에너지, 환경, 경제를 동시에 해결할 수 있는 유력한 대안인 태양광 발전의 경쟁력을 확보하기 위하여 태양전지의 고 효율화와 모듈의 대형화에 의한 가격 저하가 이루어져야 하지만 태양 광기술 개발의 과정과 함께 최적의 태양광발전 적합지역을 판단하는 것은 매우 중요한 요소가 된다.

그린에너지 개발 분야에서 가장 문제가 되는 환경자원의 최적화된 이용과 에너지 전환 효율의 극대화를 해결하기 위하여 태양, 풍력, 지열 등과 같은 재생에너지의 최적지를 공간적으로 파악하고 다양한 환경변수를 분석하여 그린에너지 생산과 활용을 위한 기초 연구가 중요시 되고 있다. 이러한 노력은 기후변화에 관한 유엔 기본협약 및 저탄소 녹색성장 정책과도 부합된다.

정부의 태양광 분야에 대한 기술개발 지원은 1989년 이후로 지속적으로 이루어지고 있으며, 2004년에 3개 분야(태양광, 수소/연료전지, 풍력)에 대한 효율적인 기술개발을 하기 위해 각 분야별 사업단을 신설하여 정부주도형 기술개발 사업을 지원하고 있다(김호근, 2008; 나덕주, 2009). 태양에너지 전환기술의 대규모 투자와 기술개발은 태양에너지를 생산하는 태양에너지의 잠재 가용량을 산정하고 태양광발전의 최적지를 선정하는 연구의 필요성이 증가하였다. 태양에너지 가용잠재량은 소규모 태양발전과 대규모 태양발전의 국토면적 중 임야와 하천면적 등을 제외한 사람이 살 수 있는 거주면적으로 계산한 량으로 가용잠재량 예측결과의 효과적인 정보 전달을 위하여 정보전달의 대상(류근원 외, 2007)과 서비스 매체 및 언제, 어떠한 방법으로 정보를 제공할 것인가에 대하여 연구되어 왔다.

태양광에너지의 공간적 분포를 해석하는 기반 연구에 대한 적용은 다양한 기법의 해석이 이루어질 수 있는데 이준과 김지인(2002)은 비격자형 자료의 시각화를 위한 등치선도 생성 알고리즘을 제시하였고, 염종민 등(2008)은 MTSAT-1R 자료를 이용한

표면도달일사량을 산출하였다. 유호천 등(2007)은 FS 통계분석을 이용하여 서울과 부산의 표준 일사량 산정을 제시하였고, 차주완 등(1996)은 구름 효과를 고려한 지표면 일사량 추정 모델에 관한 연구를 통해 지표면 일사량을 산정하였다. 본 연구에서는 실시간 태양에너지의 관측 자료를 상시 관측소로부터 원하는 정보의 확보를 통한 실시간 태양에너지 가용잠재량 서비스를 제공하기 위하여 태양에너지 가용잠재량 자원지도 작성 방안을 제시하였다. 또한 토지피복과 지형자료의 공간자료를 적용하여 태양에너지 산업 입지 적정성을 행정구역 단위로 평가하고 효과적인 태양에너지 활용을 위한 공간분석 방안을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

## II. 연구범위 및 방법

우리나라에서 일사량이 본격적으로 측정되기 시작한 것은 1972년부터이다. 1981년 까지 10년 동안은 기상청에서 농산물의 생산예측 등 단순히 농업용 목적으로 일사량이 간이 측정되었고, 2009년 16개 지역으로부터 태양에너지 전일사량, 청명일사, 운량, 일조율 등에 대한 분석이 이루어지고 있다(조덕기 등, 2000; 2008).

본 연구에서는 그림 1과 같이 태양에너지 측정지점 위치정보와 태양에너지 전일사량, 청명일사, 운량, 일조율을 공간정보로 구축하고 그림 2의 16개 태양에너지 측정지점 위치 정보에 공간보간기법을 적용하여 행정구역 단위의 태양에너지 가용잠재량 자원지도를 작성하였다. 16개 측정지역에 해당하는 측정지점으로부터 위·경도를 WGS84 좌표계에 단위격자로 측정지점에 대한 공간정보를 생성하였다. 태양에너지 측정지점으로부터 측정 및 보정된 태양광에너지 전일사량을 통하여 보간분석(IDW)을 250m 간격으로 수행하였으며, 행정구역 단위로 태양광에너지 잠재량을 추출하였다. 태양에너지의 일사량 정보는 우리나라 16개 지역으로부터 2007년부터 2009년까지 측정된 결과를 이용하여 표 1과 같이 정리하였다.

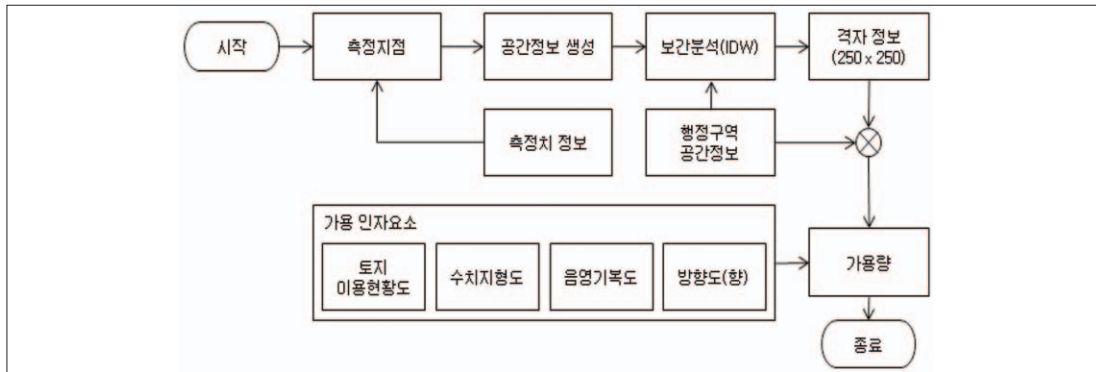


그림 1. 태양광에너지 자원지도 생성과정



그림 2. 태양에너지 측정지점 위치정보

표 1. 측정지점 및 태양에너지 전일사량

지역명	평균	단위	지역명	평균	단위
춘천	2,932	kcal/day	대구	3,074	kcal/day
강릉	3,034	kcal/day	전주	2,946	kcal/day
서울	2,780	kcal/day	광주	3,170	kcal/day
원주	3,006	kcal/day	부산	3,161	kcal/day
서산	3,206	kcal/day	목포	3,344	kcal/day
청주	3,078	kcal/day	제주	2,966	kcal/day
대전	3,126	kcal/day	진주	3,309	kcal/day
포항	3,106	kcal/day	영주	3,139	kcal/day

본 연구에서는 대표적인 공간보간기법인 IDW를 이용하여 태양에너지 전일사량에 대한 잠재량을 예측하였다. IDW의 기본 가정은 공간적으로 인접한 지점 사이의 값을 공통된 위치요인으로 인하여 유사성을 갖는 반면에 두 지점 사이의 거리가 증가할수록 이러한 유사성은 상대적으로 감소하게 된다는 것에 기초한다. IDW에 대한 기본 수식은 식 (1)과 같이 표현된다(Johnston *et al.*, 2001).

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (1)$$

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}} \quad \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (2)$$

여기서  $Z(S_0)$ 는 위치  $S_0$ 에서 예측하고자 하는 값을 나타내며,  $N$ 은 측정지점의 수,  $\lambda_i$ 는 측정지점  $S_i$ 에서의 측정값을 나타낸다.

식 (1)에 포함된 가중치는 거리가 증가함에 따라 그 값이 줄어드는 모습으로 식 (2)와 같이 표현된다. 식 2에서  $d_{i0}$ 는 관측지점  $S_i$ 와 예측지점  $S_0$ 사이의 거리를 나타내며, 지수에 포함된  $p$ 는 거리에 따른

본 연구에서는 태양광에너지 자원지도의 공간적 분포를 제시하기 위해 공간보간 기법으로 IDW (Inverse Distance Weighted), 스플라인(spline), 크리깅(kriging), 경향면 분석(trend surface model)을 비교하여 IDW를 적용하였다. 태양광에너지 자원은 공간적 이질성의 영향을 최소화하며 공간적 균질도가 높기 때문에 구름의 영향을 제외하면 관측 자료에 대한 공간보간 기법의 적용으로 미관측 지점의 값을 예측하려는데 효과적인 것으로 판단된다(조홍래, 정종철, 2006).

가중치의 변화 정보를 결정한다(Johnston, K., Ver Hoef, J.M, Krivoruchko, K, Lucas, N., 2001).

GIS기반의 태양에너지 분석은 기상자원 수치통계 데이터를 분석하여 태양에너지를 분석 평가하는 DB에 대한 효율적인 데이터 분석방법이 된다. 태양광에너지에 대한 기상자원 융합서비스를 위해 태양광에너지 자원지도는 기상자원에 대한 수치통계 형태의 원시데이터를 태양광과 풍력에 대한 한반도 지역별 태양광 발전에서의 입지선정, 규모, 적정 생산량, 운영 효율성의 경제성 평가를 위해 관측데이터를 기반으로 지형, 토지피복 등의 특성을 고려한 태양광에너지 공간분석이 수행되었다.

### III. 연구결과

본 연구에서는 태양광에너지 측정지점으로부터 측정 및 보정된 태양광에너지 전일사량을 공간보간 기법인 IDW를 이용하여 그림 3과 같이 태양광에너지 전일사량 분포도를 생성하였다. 이를 통해서 태양광일사량의 지역적인 분포 특성을 비교하였다. 그림 4는 태양에너지의 행정구역별 태양광에너지

가용잠재량을 제시한 것으로 본 연구에서는 격자별 태양광에너지 측정지점으로부터 측정 및 보정된 태양광에너지 전일사량의 가용 인자 요소와 토지이용 현황도, 수치지형도, 음영기복도 공간정보에서 교통지역, 활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 내륙습지, 연안습지, 채광지역, 기타 나지, 내륙수, 해양수 등의 대상지역을 제외하여 태양에너지 발전시설이 위치하기에 적합한 지역을 선정하기 위한 잠재가용량을 산정하였다(그림 5).

격자별 분석 평가된 가용 잠재량은 행정구역 단위로 태양에너지 가용잠재량을 추출하고 이를 통해 태양광에너지의 효율적인 활용을 위한 행정구역 단위의 지도를 도시하였다.

가용 잠재량을 행정구역 단위의 태양 에너지 가용잠재량으로 재평가하여 중서부 남해안 지방과 태안반도 일대가 잠재량 수치가 높은 결과를 나타내고 있다. 이러한 결과는 이들 지역이 연평균 일사량이 높아 전국에서 가장 발전효율이 좋은 곳이기 때문이다. 그림 5는 행정구역 단위를 읍면동으로 표시한 것으로 태양에너지 잠재량을 기준으로 하여 충남, 전남, 제주, 경북 등 순서로 가용잠재량이 높은 결과를 얻었다. 태양에너지 잠재량 자원지도에 음영

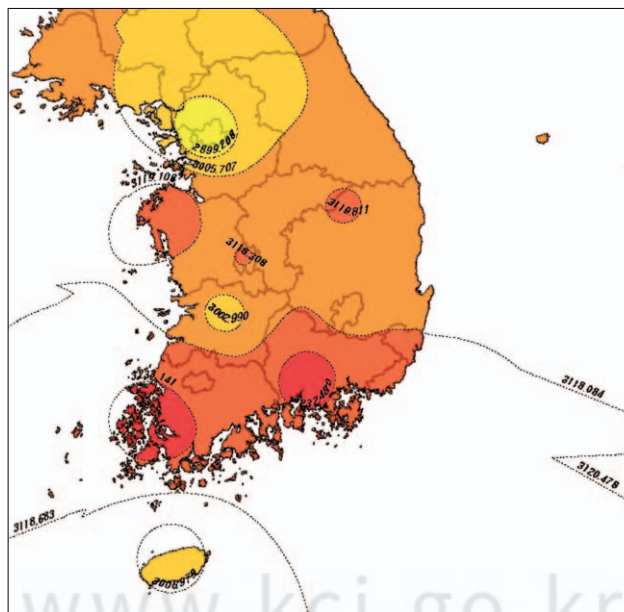


그림 3. IDW를 이용한 태양광에너지 전일사량

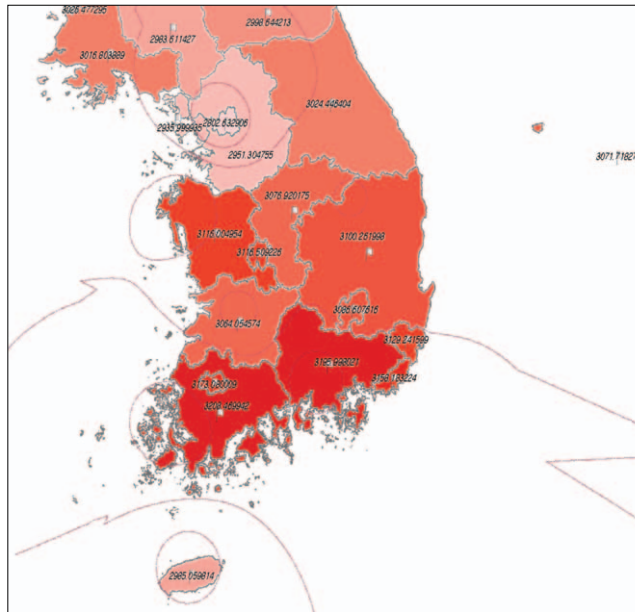


그림 4. 태양에너지의 행정구역별 태양광에너지 가용잠재량(kcal/m<sup>2</sup>/day)

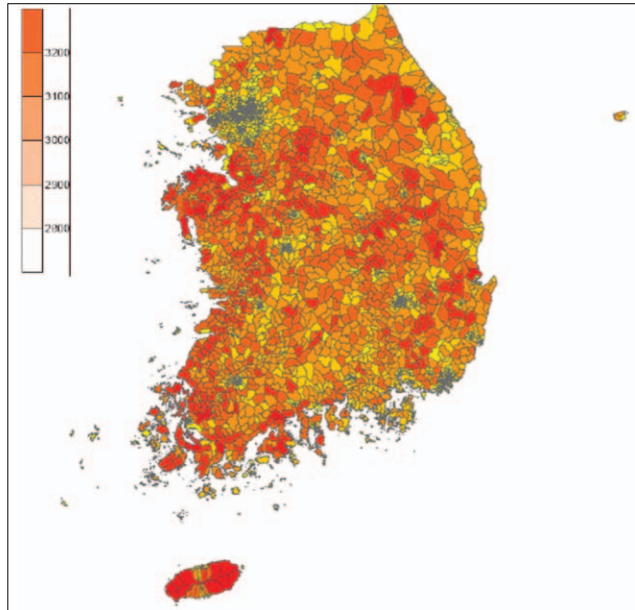


그림 5. 시군구 단위 태양에너지 가용잠재량 평균(kcal/m<sup>2</sup>/day)

기복과 토지이용현황에 대한 가용면적을 중첩하여 태양에너지 잠재량 자원을 세분화한 격자와 비교하여 평가하였다(그림 6). 공간분포 단위의 지형기복과 태양광에너지의 가용에너지 면적 또는 가용잠재량을 기준으로 토지피복단위의 입지적정 지역에 대

한 격자별 가용면적과 잠재 가용율을 분석하였다.

GIS를 통해 태양에너지 잠재량 자원을 평가하고 태양광에너지 발전산업에서의 입지선정 및 의사결정과정에서의 다양한 공간정보 활용을 위한 기초 자료로 그림 6과 같은 토지이용현황에 대한 태양에

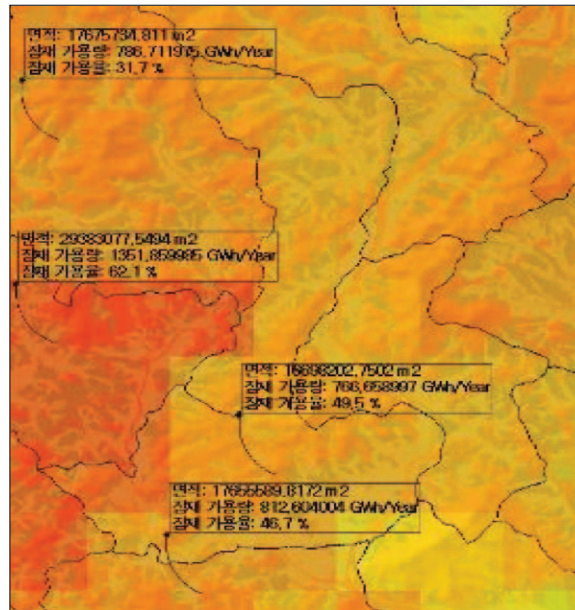


그림 6. 음영기복과 토지이용현황에 대한 태양에너지 가용잠재량 평가

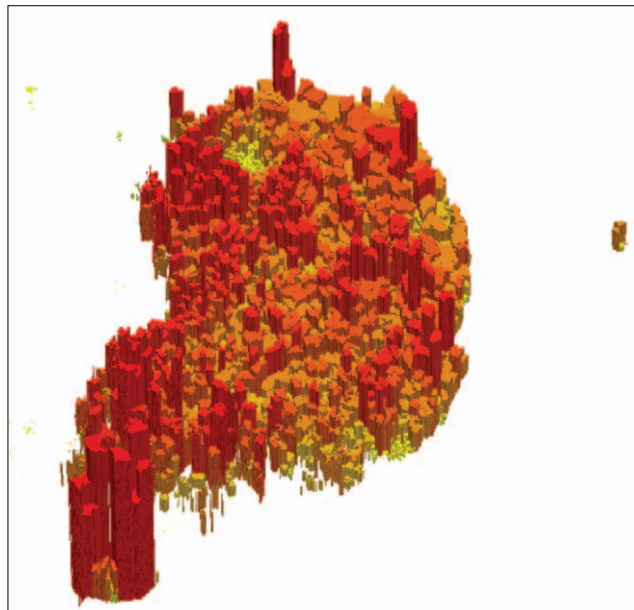


그림 7. 행정구역단위별 태양에너지 가용잠재량 입지 평가의 적정성

너지 가용잠재량 공간 평가는 신재생에너지 산업의 지리적 특성을 파악하고 공간정보를 이용한 태양에너지 생산기술의 입지적 평가를 위한 기초 자료가 될 것이다. 그림 7은 행정구역단위별 태양에너지 가용잠재량 입지 평가의 적정성을 가용잠재량과 토지

이용분포 특성 중 가용토지의 공간격자 밀도를 고려하여 태양광에너지 산업 입지의 행정구역별 입지 적정성을 평가한 그림이다. 평가치의 결과는 상대적 지수로 전국 최고 최저값의 상대적 비율을 적용하여 제시하였다.

토지피복과 지형적 특성을 반영한 태양에너지 가용잠재량 공간 평가는 제주도, 전남, 경기, 충북 등의 지역순서로 태양에너지 가용잠재량의 가치를 시, 군, 구, 읍, 면 단위의 행정구역으로 제시한 것이며, 이를 통해 태양광에너지 입지적정성을 해석할 수 있었다.

#### IV. 결론

저탄소 녹색성장의 중요 이슈로 신재생에너지는 향후 국가에너지 산업의 중요한 요소가 될 것이다. 따라서 공간정보와 태양광에너지의 측정 자료에 기반한 태양에너지 산업의 효과적인 입지 분석은 중요한 기초연구이다.

본 연구에서는 태양에너지 가용잠재량을 행정구역 단위의 공간정보로 평가하고 이를 공간보간기법과 토지이용 및 지형자료에 근거하여 태양에너지 생산 적지를 평가할 수 있는 기초자료를 제공하였다.

향후 태양에너지 산업에 의한 전력생산자와 수요자의 접근성, 태양에너지 생산입지와와의 거리 등 원자력, 화력, 수력발전의 전력생산과 수요지 분석에 대한 공간 요소를 고려하여 효율적인 태양광에너지 입지적 특성과 수요가 평가된다면 태양에너지 산업의 입지적 효과는 더욱 증가할 것으로 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 2012년 남서울대학교 교내 학술연구과제의 지원에 의해 이루어졌습니다.

#### 참고문헌

김광득 등, 2006, 신재생에너지에 대한 GIS기반의 정보화전략계획 수립 및 통합관리 시스템 개발, 한국태양에너지학회 논문집, 26(2), 1-116.  
김호근, 2008, 태양열 이용 및 태양광 발전기술, 한국과학기술연구원 <http://www.reseat.re.kr>.

나덕주, 2009, 일본의 태양광발전 기술개발방향 및 향후 발전전망, 한국과학기술정보연구원.  
류근원 외, 2007, 3차원 GIS를 활용한 도시소음 시각화에 관한 연구, 한국공간정보시스템학회 9(3), 17-24.  
조덕기, 강용혁, 2008, 국내 고집광 태양에너지 발전단지 건설을 위한 법선면 직달일사량 자원조사, 한국태양에너지학회, 28(1), 209-214.  
조덕기, 강용혁, 2008, 국내 법선면 직달일사량 자원조사(전일 분석을 중심으로), 한국태양에너지학회, 28(2), 51-56.  
조홍래, 정종철, 2006, GIS를 이용한 연안수질의 시공간적 분포 특성에 대한 연구, 한국GIS학회, pp.223-234.  
에너지관리공단 신·재생에너지센터, 2008, 신·재생에너지 R & D전략 2030 시리즈 9 태양광, 에너지관리공단, pp.57~64.  
이준, 김지인, 2002, 비격자형 자료의 시각화를 위한 등치선도 생성 알고리즘, 정보과학회논문지:시스템 및 이론, 29(2), 94-104.  
염종민 등, 2008, MTSAT-1R 자료를 이용한 표면도달일사량 산출, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, pp.426-427.  
오희갑, 남시도, 2006, 태양광 발전에 관한 기술동향분석, 한국과학기술정보연구원 <http://www.reseat.re.kr>.  
유호천 외, 2007, FS 통계분석을 이용한 서울, 부산의 표준 일사량 산정, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp.957-960.  
차주완 외, 1996, 구름 효과를 고려한 지표면 일사량 추정 모델에 관한 연구, 한국기상학회, pp.147-150.  
Johnston, K., Ver Hoef, J.M, Krivoruchko, K. Lucas, N., 2001, Using ArcGIS Spatial Analyst, ESRI Press.