한국농공학회논문집
제50권 제3호

JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, MAY. 2008, pp. 83-89

변화할당효과를 고려한 논 면적 예측 모형의 개발

Development of a Paddy Field Estimation Model Considering Shift-share Effects

장우석* · 정남수**,† · 박기욱***

Jang, Woo-Suk* · Jung, Nam-Su,† · Park, Ki-Wook*****

Abstract

Estimations of paddy field area are important for agricultural water supply planning. Especially these estimations have to be excused by drainage basin. In this research, we developed a paddy field estimation model considering shift-share effects such as national growing, structural, local effects. National growing effects are estimated by adopting the result of KREI-ASMO model which predict farm land area in national level. Paddy field structural effects are estimated using statistical data about farmhouse numbers and cultivation areas. Local allocation effects are calculated by differences of estimations and real data. The results using data from 1998 to 2003 show that developed model estimates 2006 paddy field areas in each province in 5% error and is applicable to predict future change of paddy field.

Keywords : Rural paddy field, Shift-share effects

I. 서 론

장래의 경지면적을 예측하는 방법은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째 전통적으로 많이 이용하고 있는 방법으로 통계적 기법을 이용한 예측이다(김경덕 등, 1999). 둘째로는 위성영상을 이용한 토지이용도를 추출하고 이로부터 시계열 경지면적 변화를 예측하는 방법이다(황만익, 1997). 마지막으로 Markov 기법 등을 적용한 추계학적 모형 및 GIS, RS를 통합한 방법이다(김정부, 1978). 이들 방법은 이용 가능한 자료의 종류, 분석의 정확도, 대상지구 등의 조건에 따라 다양하게 개발 · 적용되고 있다.

우리나라에서 장래 경지면적 예측을 위한 통계학적 접근방법으로는 농촌경제연구원을 중심으로 시도되고 있으며 1980년대 초반부터 다양한 방향으로 시도되었다. 이정환 등(1998)은 국내외 농업여건 변화에 대응한 농정분야 전략과 정책을 검토하기 위해 국내외 식량문제 전반에 걸친 전망과 향후대책을 제시한 바 있다. 그중에서 경지면적 변화는 상위 계획인 국토종합계획의 도시용 용지 신규 소요량 전망치를 이용하여 용도별 전용 및 개발 면적을 배분하는 형태로 설정하여 2010년의 경지면적 전망을 시도하였다. 또한, 한국농촌경제연구원에서는 1998년에 농업부문 전반에 걸친 장 · 단기 예측모형을 개발하였고 이를 보완하여 1999년에 KREI-ASMO (Korea Rural

* 공주대학교 산업과학대학 지역건설공학전공 대학원
** 공주대학교 산업과학대학 지역건설공학전공 조교수
*** 한국농촌공사 농어촌연구원
† Corresponding author. Tel.: +82-41-330-1265
Fax: +82-41-330-1269
E-mail address: ruralplan@kongju.ac.kr
2008년 3월 2일 투고
2008년 5월 21일 심사완료
2008년 5월 22일 게재확정

Economic Institute - Agricultural Simulation Model) (김경덕 등, 1999)를 발표하였다. KREI-ASMO 모형은 크게 국제 쌀 수급모형과 국내농업모형으로 구분되고, 다시 국내농업모형은 재배업부문모형과 축산부문모형으로 구성되어 이들 결과로부터 차기 농산물 협상을 감안한 수입개방 시나리오에 따른 대안별 국내생산 및 수입량을 분석하였다. 이중 논면적 변화 예측을 위한 개별 국가모형을 제시하였고, 현재논면적, 실질농가수취가격, 기간 등으로 향후 논면적을 예측하기 위한 매개변수를 산정하였다. 한국 농업 부문 연간 전망모형인 KREI-ASMO는 매년 자료 갱신과 더불어 개별 형태방정식 및 모형구조에 대한 지속적인 유지, 보완을 위하여 매년 발전해 나가고 있다. 그러나, 현재의 통계적 모델은 전국단위의 경지면적 예측에 그치고 있으며 개발지구 단위 예측에 활용되지 못하고 있다.

다음으로, 위성영상을 이용한 시계열 토지이용변화 추정 방법은 도시화 산업화에 따른 도시인근 지역, 경관 등을 분석하기 위한 목적으로 수행되었으며, 일부 농촌지역의 경지면적 분석이 시도된 바 있다. 황만익(1997)은 인공위성 자료를 이용하여 도시지역의 도시화에 따른 토지이용 변화 분석을 실시하였다. 안승만 등(2002)은 도시의 확장에 따른 인구 밀집지역의 토지이용변화를 분석하기 위해 위성영상과 GIS를 이용하여 시계열 분석을 시도한 바 있다. 그러나, 일부지역에 시범적으로 적용된 사례가 있을 뿐 전국단위 적용에는 한계가 있다. 마지막으로 공간자료와 추계학적 모형을 이용한 예측방법으로써 김정부 (1978)는 Markov chain에 의한 경지면적 변동을 추정하였고, 주용진 등 (2003)은 시계열별 Landsat 위성 영상과 토지이용 변화 예측모형을 개발하여 토지이용 변천과정에 대한 모의를 시도하였으나, 토지이용의 변화과정을 모사할 수는 있으나 일정년도 후의 정량적 결과를 산출하는 데는 어려움이 있다.

본 연구에서는 장래 논 면적 변화를 년도별로 예측하기 위하여 한국농촌경제연구원에서 개발한 KREI-ASMO 모형의 전국단위 예측자료를 바탕으로 도 단위 적용에서의 문제점을 검토하고, 이를 보완하기 위한 방안으로 변화 할당 효과를 고려한 논 면적 예측 모형을 개발하고자 한다.

II. 논 면적 예측모델의 개발

1. 농경지 결정모형

KREI-ASMO 모형은 한국 농업의 변화를 포괄적으로 판단하기 위하여 농업부문 장·단기예측 모형(1988)을 수정·보완한 모형이다. 이 모형은 국제미가를 예측하는 국제 쌀 수급모형, 경종작물과 과수 등을 포함하는 재배업모형, 축산물 수급을 예측하는 축산모형 및 이들의 전망치를 통합하여 농업소득과 부가가치 등을 산출하는 총량모형의 4개 모형으로 구성되어 있으며, 이 중에서 농경지 결정모형이 포함된 재배업 부분 모형은 재배업 모형은 농업생산요소, 가격결정함수, 경지배분함수, 단수함수, 수요함수(역수요함수)등으로 구성된다(김경덕 등, 1999). 여기에서 각 농업생산물에 대한 농업생산요소, 가격결정함수로부터 농업투입재가격, 농업노임, 임차료 등 농업생산요소가격이 산출된다. 산출된 농업생산요소 가격은 경지배분모형이 입력되어 생산량을 결정하게 되고, 최종적으로 총량모형에 입력 자료로 사용된다. 경지배분함수에서 농업생산요소 가격과 농경지 결정모형에서 산출되어 각 품목별 재배면적을 산출한다.

2. 농경지결정모형의 농촌지역 적용의 한계

KREI-ASMO는 과거의 경지면적을 기반으로 미래의 경지를 예측하는 내생변수와 외생변수를 모두 사용하는 방법이었는데, 2005년으로 넘어오면서 농산물가격, 농업 노임 등 외생변수만을 활용하는 것으로 바뀌었고, 시나리오를 추가하여 외생변수가 변화할 때 농지변화를 예측할 수 있도록 하였다. 그러나 이를 도 단위 이하로 내리게 되면 지역별로 변별력을 갖출 수 있는 충분한 외생변수를 확보할 수 없고, 확보하더라도 내생변수가 발생시키는 자체적인 무작위성이 외생변수의 보편성을 추월하게 되므로 지역별 편차를 심화시키게 된다. 따라서 자체적인 내생변수로 경지의 변화를 예측하는 모형의 개발이 필요하다고 판단된다.

3. 변화할당효과를 고려한 논 면적 예측 모형의 개발

변화 할당 효과를 고려한 논 면적 예측모형 개발을 위한 연구의 방법은 Fig. 1과 같다. 논 면적변화에 영향을 주는 변화할당효과에는 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과로 분류 할 수 있다. 변화할당효과를 고려한 논 면적 예측 모형에서는 경지구조효과와 지역할당효과 위주로 경지면적변화를 분석하고, 성장효과를 보정하여 N 년 후의 논 면적을 예측하였다. 또한 개발된 모델의 적용을 위하여 1998년부터 2003년까지의 논 면적변화 분석을 통하여 3년 후인 2006년 논 면적을 예측하였다.

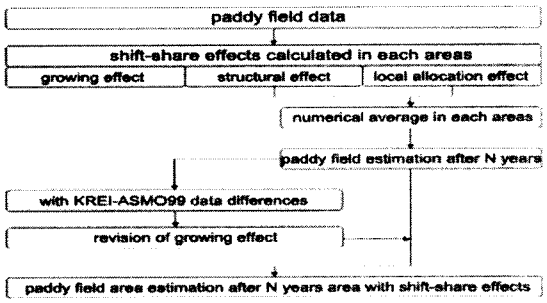

Fig. 1 Paddy field estimation model

4. 논 면적 예측모형의 변화할당효과

변화할당효과를 고려한 논 면적 예측모형에서 총 경지 면적 변화는 분석 기간 동안 특정 지역 특정 규모 논 면적의 총 증가, 감소의 합을 의미한다. 따라서 이 값이 (+) 혹은 (-) 의 값을 가짐에 따라 분석기간 동안 그 지역의 규모별 경지 면적 변화여부를 판단할 수 있다. 총 변화량은 식 (1) 으로 나타낼 수 있다(윤대식, 1998).

$$Total\ variance = Ng + Im + Rs \quad (1)$$

where, Ng = *National paddy field growing effect*
Im = *paddy field structural effect*
Rs = *local allocation effect*

경지 성장 효과는 일정기간 j 지역 i 면적의 변화 또는 총 증가량 중에서 국가 전체의 모든 면적의 평균 변화로 발생하는 증감량을 말한다. 이것은 어떤 도시나 지역의 특정 규모별 농경지 면적의 변화는 전국의 논 면적변화와 무관한 상태에서 이루어 질 수 없으며, 전국의 논 면적의 변화에 영향을 받는다는 사실을 근거로 한다. 경지 성장효과는 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$N_g = V_{ij}(o) \times \left[\frac{V(t) - V(o)}{V(o)} \right] \quad (2)$$

where, $V_{ij}(o)$ = *year(0) paddy field variance in j region with i size*
$V(o)$ = *year(0) paddy field total national variance*
$V(t)$ = *year(t) paddy field total national variance*

경지 구조 효과는 일정기간 j 지역 i 면적의 변화 또는 총 증가량의 변화를 말한다. 여기서 지역별 범위는 전국의 각 도로 정하였으며, 산정식은 식 (3)로 나타낼 수 있다.

$$Im = V_{ij}(o) \times \left[\frac{V_i(t)}{V_i(o)} - \frac{V(t)}{V(o)} \right] \quad (3)$$

where, $V_{ij}(t)$ = *year(t) paddy field variance in j region with i size*
$V_{ij}(o)$ = *year(0) paddy field variance in j region with i size*

지역 할당 효과는 전국의 다른 지역에 대비한 특정 지역의 경쟁적 위치를 나타내는 것으로 그 지역이 지니고 있는 입지적 특성, 인구 유입, 농경지 입지 요건 등 그 지역의 다른 지역에 대한 상대적 경쟁력을 의미한다. 이는 전국의 경지 면적 변화량에 대비하여 + 값을 가질 수도 있으며 - 값을 가질 수도 있다는 것을 의미한다.

$$Rs = V_{ij}(o) \times \left[\frac{V_{ij}(t)}{V_{ij}(o)} - \frac{V_i(t)}{V_i(o)} \right] \quad (4)$$

where, $V_{ij}(t)$ = *year(t) paddy field variance in j region with i size*

III. 적용 및 비교

1. 경지성장효과의 산정

경지성장효과는 국가 전체의 모든 면적의 평균 변화로 발생하는 증감량을 말한다. 그러나, 경지성장효과는 이미 전국 경지면적통계 등의 자료로 반영되고 있으며, 성장효과 결과 값이 실측치와 일치함으로써 이를 무시할 수 있을 것이라 판단된다. Table 1은 1997년부터 조사된 전국의 총 경지면적변화량이며 미래의 경지성장효과는 전국단위로 개발된 KREI-ASMO 모형의 추정치를 활용할 수 있다.

Table 1 Paddy field changes of Korea (unit : ha)

Year	Total paddy field area of Korea	Increase and decrement	Remark
1997	1,103,809	-	real data
1998	1,099,319	-4,490	
1999	1,095,827	-3,492	
2000	1,093,090	-2,737	
2001	1,090,682	-2,408	
2002	1,083,874	-6,808	
2003	1,074,009	-9,865	
2004	1,063,911	-10,098	
2005	1,054,518	-9,393	
2006	1,034,643	-19,875	
2010	953,798	-80,845	KREI-ASMO estimation data
2020	953,774	-24	
2030	953,749	-25	

2. 경지 구조 효과의 산정

1998년부터 2006년까지 추정된 경지 구조 효과를 고려하여 2006년까지의 규모별 평균 논 면적의 변화를 살펴보면 Fig. 2와 같이 중규모 논의 면적변화가 크게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는, 소규모 논의 경우 지가 상승의 기대로 인한 부동산 투기 및 소규모 매입으로 인한 증가로 볼 수 있으며, 중규모

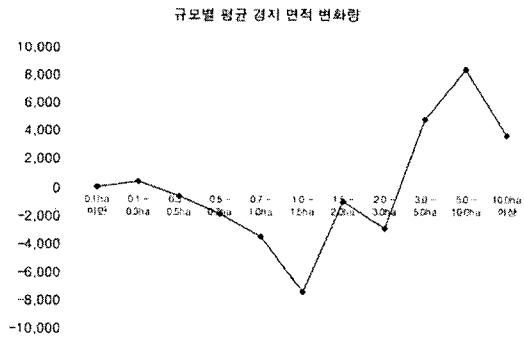

Fig. 2 Average paddy field change in each areas

논의 경우 농업의 세분화로 농작물 가격의 하락이 그 원인으로 볼 수 있다.

중규모 논은 해당 규모에 비하여 적정 판매 수익을 올리지 못하는 이유로 인하여 경지를 팔거나 농사를 포기함으로써 면적이 계속해서 줄어들고 있는 것으로 판단되며, 여기에는 중규모 논의 소 규모화 또는 대규모 경지로의 흡수에 대한 요소도 포함되어 있다. 대규모 논의 경우 농업의 소득을 극대화하기 위하여 점차적으로 규모가 대규모화되는 것으로 판단된다.

3. 지역 할당 효과의 산정

지역 할당 효과에서는 각 도 논 면적의 년 별 평균 변화량을 예측할 수 있다. 이것은 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 지역할당효과를 고려하면 경기도, 강원도, 전라북도, 제주도 지역의 논 면적은 계속해서

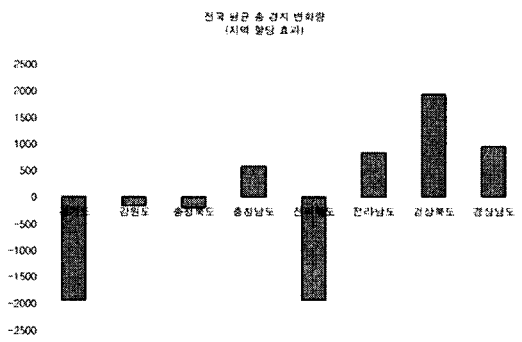

Fig. 3 Paddy field changes of each region

감소하는 추세이며, 그 외 충청남도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 지역은 논 면적이 증가하는 추세이다. 앞서 고려한 경지 구조 효과와 지역 할당 효과의 총합은 0에 가까운 값을 나타내고 있으므로 도별 평균 논 면적 변화량은 전국적으로 논 면적이 감소하는 범위 안에 있다고 판단할 수 있다.

4. 산정된 변화 할당 효과의 검증

산정된 변화 할당 효과를 검증하기 위하여 Table 2 와 같이 1998년부터 2003년까지의 지역할당효과와 경지구조효과를 산술평균 하여 3년 후인 2006년 도별 논 면적을 예측하였다. 그 결과 Table 2에 나타난 바와 같이 도별 최대 오차 5.5%, 평균 오차 2.5 %로 예측이 가능하였다.

5. 변화 할당 효과를 고려한 미래 논 면적 예측 응용

산정된 경지성정효과와 경지구조효과, 지역할당효과를 활용하여 2010, 2020, 2030년의 논 면적을 예측한 결과는 Table 3과 같다.

6. 변화 할당 효과를 고려한 논 면적 예측 모형의 고찰

KREI-ASMO 모형은 일반적으로 논 면적과 농산물 가격을 국가 전체에 적용하여 전체를 바탕으로 회귀하여 구하는 방법이기 때문에 국가적 차원에서 논 면적 예측은 가능하지만 도 단위 이하는 적용하기가 곤란하다.

Table 2 Comparison of estimation and real data in 2006 (unit : ha)

change rate year	area	2003 year paddy	2006 estimation	paddy field growing effect revision	2006 year real data	error rate (%)
-929.67	Gyeonggi	121,627	118,838	117,189	111,004	-5.57
-98.75	Gangwon	49,383	49,087	48,406	47,751	-1.37
-326.38	Chungbuk	63,264	62,285	61,421	58,498	-5.00
22.71	Chungnam	184,640	184,708	182,145	181,897	-0.14
-82.59	Jeonbuk	161,825	161,577	159,335	158,839	-0.31
1133.75	Jeonnam	219,849	223,250	220,152	211,740	-3.97
592.11	Gyeongbuk	156,777	158,553	156,353	151,855	-2.96
-310.24	Gyeongnam	116,450	115,519	113,916	112,958	-0.85
Total			1,073,818	1,058,917	1,034,542	-2.52

Table 3 Comparison with KREI-ASMO model (unit : ha)

	without paddy field growing effect			with paddy field growing effect		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Gyeonggi	105,752	92,623	79,493	97,489	85,380	73,268
Kangwon	47,577	47,143	46,709	43,860	43,457	43,051
Chungbuk	56,528	51,602	46,677	52,111	47,567	43,022
Chungnam	183,766	188,440	193,113	169,407	173,704	177,990
Jeonbuk	159,943	162,702	165,461	147,445	149,978	152,503
Jeonnam	214,761	222,312	229,863	197,980	204,927	211,862
Gyeongbuk	153,785	158,608	163,432	141,768	146,205	150,633
Gyeongnam	112,471	111,255	110,038	103,683	102,555	101,421
Total	1,034,643	1,034,686	1,034,789	953,798	953,774	953,749
KREI-ASMO 99 estimation	953,798	953,774	953,749	< KREI-ASMO estimation		

개발된 변화-할당 효과를 고려한 도 단위 논 면적 예측모형은 경지성장효과를 KREI-ASMO 모델의 전국 단위 논 면적 변화로 판단하였으며, 경지구조효과를 고려하기 위하여 농가수를 평균 면적으로 곱하여 규모별 논 면적으로 환산하여 활용하였으며, 예측치와 실측치의 잔차를 이용하여 지역할당효과를 산정하였다. 산정 과정에서 규모별 논 면적은 실측치가 아닌 예측치 이므로 일정부분 오차를 포함하고 있으며 년도별 논 면적 규모별 농가 수에 대한 통계자료의 조사단위 일부가 일치하지 않은 한계점도 가지고 있다. 또한 산정된 변화 할당 효과의 시간적 변화에 고려없이 산술평균하여 장래 논 면적 변화를 예측에 활용한 점과 지가 변동, 간척 및 개간 등 논 면적의 증가에 대한 요소를 고려하지 못한 부분도 모델의 한계로 지적될 수 있다.

그러나, 기존의 모델에서 논 면적 비를 활용하여 산술적으로 분할하는 방식에 비하여 변화할당의 개념을 도입하여 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과의 3가지 요소를 고려하는 본 연구의 모델은 도 단위의 경지구조효과와 지역할당효과를 산정하여 지역별 논 면적을 장기예측하고 이 자료와 전국단위로 추정된 KREI-ASMO모형과의 차이로 경지성장효과를 보정하므로 지역별 특성을 반영할 수 있다는 점과 함께 전국단위 논 면적 예측과도 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

장래 농촌지역 논 면적 변화 예측 모형을 개발하기 위하여 기존의 KREI-ASMO 모형의 한계와 적용성을 검토하고, 변화-할당 효과를 고려한 논 면적예측 모형을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 기존의 KREI-ASMO은 국가단위의 논 면적 예측은 가능하지만 도 단위로 내려가게 되면 충분한 변수를 확보하더라도 내생변수가 발생시키는 자체적인 무작위성이 외생변수의 보편성을 추월하게 되므로 도 이하 지역에는 적용하기 힘들다고 판단하였다.

개발된 모델은 지역의 논 면적 변화 예측을 위하여 경지 성장효과, 경지 구조효과, 지역 할당효과의 3가지 변화-할당효과를 고려하여, 논 면적의 전국 성장요소, 구조별 변화요소, 지역할당요소를 추정하였다. 이 요소중에서 97년부터 2003년까지의 구조별 변화요소, 지역할당요소를 산술평균하여 도별 논 면적 변화를 추정하였으며 KREI-ASMO에서 전국단위 예측치와의 차이를 보정하여 도별 추정면적을 보정하였다. 계산된 결과는 지역별 차별화된 추정과 함께 전국단위 논 면적 예측과도 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

매년 농촌경제연구원에서는 전국 경지예측모델을 갱신하고 있는데 농업용수수요량 추정 등 응용연구에서는 향후 전국의 논 면적을 예측하는 KREI-ASMO 모형이 변화하더라도 이를 전국경지성장효과로 취급할 수 있기 때문에 용수구역단위에 적용하는데 문제가 없을 뿐만 아니라, 국내 논 규모의 경우 읍면단위까지 통계조사가 시행되기 때문에 용수구역단위를 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 현재 개발된 논 면적 예측모형에서 경지구조효과의 경우 규모별 논 면적통계가 농가수로 조사되는 것에 그치고 있어 이를 논 면적으로 환산하는데 오류를 포함할 수 있으며, 통계 조사되는 면적이 2000년까지는 10단계에서 2004년 이후 12단계로 수정되는 등 통계조사의 면적이 통일되지 않아 이 오차는 향후 통계청에서 각 도의 규모별 논에 대한 면적과 통일화된 통계자료를 발표하게 된다면 해소될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 통계적인 자료의 처리는 사회의 변화에 따른 논 면적 감소 등 일반적인 경향에 대한 추정이므로 개간이나 간척 등 농업토목사업을 통한 논 면적의 증가요소는 별도로 구별하여 산정하여야 할 것으로 판단된다.

Reference

1. 김경덕, 김태훈, 전상곤, 이정환, 1999, 농업전망 시뮬레이션모형 KREI-ASMO99, 농촌경제연구원
2. 김명환, 이대섭, 김태훈, 김배성, 조영수, 이용호, 윤태연, 2006, 농업부문 전망모형 KREI-ASMO 2006 보완 및 운용에 관한 연구, 농촌경제연구원

3. 김정부, 1978, Markov Chain에 의한 경지면적 변동 추정, 농촌경제, 1(3), pp. 136-140.
4. 대한국토 · 도시계획학회, 2000, 국토 · 지역계획론, 보성각
5. 윤대식, 윤성순, 1998, 도시모형론, 홍익사
6. 이정환, 1998, 우리나라의 식량수급 문제와 대응전략, 지역사회영양학회지, 3(3), pp. 471-473.
7. 통계청, 2007, 경지 면적 통계, 통계청
8. Ahn, S. M., JinMin, S., DongHoon, S., KyooSeock, L., 2002, Urbal Land Use Change Detection over Daejon Metroplitan Area using Bi-Temporal Landsat TM image with the Integration of GIS, Journal of environmental impact assessment, 11(4), pp. 241-245.
9. Hwang, M. I., 1997, Land Use Change Detection for Monitoring Urbanization by Using Landsat Data in the Capital Region, Korea, Journal of the Korean Geographical Society, 32(3), pp. 335-339.
10. Joo, Y. J., SooHong, P., 2003, Implementation of a Statistical Model for Land Use Change Prediction Using Temporal Satellite Imagery, Geographical Research, 37(4), pp. 379-384.
11. Jung, N. S., JeongJae, L., Paul H. H., DaeSik, K., HanJoong, K., 2004, Development of an Areal Elderly Migration Model Considering Spatial Interaction, ASCE Jounral of Urban Planning and Development, 130(4), pp. 175-183.