

유전자 알고리즘을 이용한 경지 구획 결정 지원 시스템 개발에 관한 연구

A Study of Development of land use design system
using GA for Agricultural area

정 연 철* · 윤 성 수 · 이 정 재(서울대)

Jung, Yun Chul · Yun, Sung Soo · Lee, Jung Jae

Abstract

For standard size of farmland in Korea is small, we have to consume huge labor for cultivation and efficiency of machine is low. We practice the project, which make size of farmland enlarge. For many factors have to consider in design process in case of large-scale farmland, there are difficulties for comparing alternatives if we design it manually. So we need to techniques for establishing various alternatives and choosing the optimum design by the computer.

In this study, fixing the boundary of project using the RGIS (Rural Geographical Information System) which standard electronic map in Korea. In the boundary, we analysis the many characteristics of farm land, optimize the adjustment process of field unit of farmland. In this process, we develop automatic farmland division techniques. The results of adapting the developed system show the usefulness to enlarge the size of farmland about 200%.

I. 서론

한국은 국토 면적이 993만 ha 이고, Table. 1에 나타난 바와 같이 이중 주식인 쌀의 재배가 가능한 면적은 13%에 지나지 않는다. 또한 세계 무역기구(WTO)의 출범 이후 농업경쟁력이 떨어지고 있고, 도시/산업부문의 토지 수요가 확대됨으로써 휴경지가 증가하여 쌀을 생산할 경지가 계속적으로 감소하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 경지의 대규모화를 통해 농업의 경쟁력을 향상시키려는 노력이 계속되고 있다.

Land Area (million ha)	Farm Area			Forest	Etc
	Paddy	Field	Total		
9.93	1.21(13%)	0.73(7%)	1.94(20%)	6.45(65%)	1.54(15%)

<Table 1. Korea Land Use>

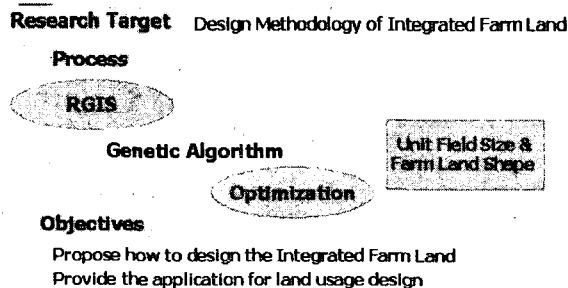
그러나, 농업 인이 영세하고, 불규칙한 농지를 정형화된 형태로 만드는데 많은 시간과 자본이 필요하므로 정부주도로 사업이 진행되어야 하며, 이를 뒷받침하기 위하여 계획 수립과정에서 각종 설계인자를 고려하여 다양한 대안을 평가하고, 최적 안을 찾을 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다. 최적 안을 찾기 위해서는 토지의 기본자료를 구축하여 적성을 평가해야 하며 평가된 자료를 바탕으로 설계의 규모와 형태를 결정하여야 한다.

토지적성을 평가하기 위하여 최와 한(1997)은 대상지역의 농지 적성을 구분하여 농지의 이용을 합리화 할 수 있는 기법과 이를 응용한 시스템을 개발하였으며, 정(1994)은 경지정리의 최적 설계에 관한 연구를 하였다. 박(2000)은 대구획 경지 정비에 관한 연구를 통하여 경지의 규모와 형태를 제시한 바 있다.

토지의 기본자료를 구축하기 위한 연구로 Thomas(1994)는 GIS를 이용할 경우 전통적인 분석이나 계획보다 시간과 비용에 있어 각각 10%, 5%의 시간과 비용으로 같은 문제를 해결할 수 있음을 밝힌바 있으며, 현재토지의 기본자료는 농업자원의 효과적인 관리를 위해 행정관서 단위의 각종 계획과 자료가 RGIS로 구축되어 운영되고 있다.

그러나, 경지정리의 규모와 형태를 결정하기 위해서는 많은 과정을 시산법을 이용하여 최적 안을 찾는 방안이 필요한데, 많은 인력과 시간이 요구된다. 현재 AI(Artificial Intelligence) 기법은 계획 및 설계과정에서 판단이 불분명한 경우 확률적 접근이나 논리적인 접근방식에 의해 더 진보된 기술로서, 인간의 노동력이 많이 소요되고 반복적인 내용이 수반되는 문제에 그 적용성이 더욱 증대되고 있다. 이중 GA는 자연선택과 유전 메커니즘에 입각해 문제의 최적 해를 확률적으로 탐색하는 방법으로, 상수도 관로 선정 및 구조물 설계 등 다양한 설계 변수를 가진 복잡한 문제의 해결에 사용되고 있다.

본 연구에서는 RGIS 자료를 이용하여 경지 정비 대상 범위를 선정하고, GA를 사용하여 경지 대구획화에 필요한 경지 구획을 최적화하여 경지 정비 과정에서 최적의 대안을 제시하는 과정을 정립하며, 이를 시스템화하여 경지의 대구획화 계획 자동 선정 기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.



<Fig 1. Methodology of Study>

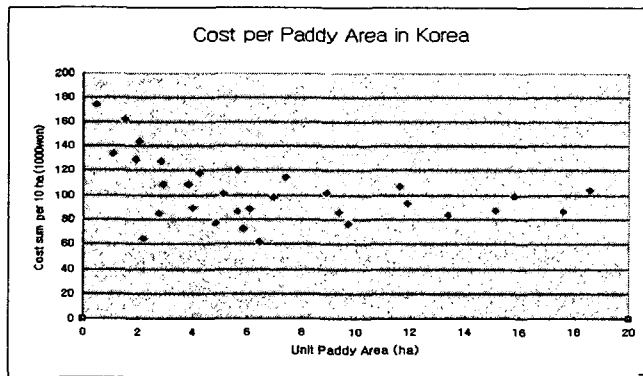
II. 경지 구획 계획

1. 대구획 경지 정리

현재 우리 나라의 농업은 강도 높은 육체 노동을 필요로 하는 수도작 형태를 띄고 있어 육

체 노동을 줄이고 생산량을 증대시킬 수 있는 환경조성에 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력의 일환으로 관계배수 시설의 자동화와 농기계의 도입이 활성화하고 있는데, 경운기, 이앙기, 수확기와 같은 농업기계를 투입했을 때 경지의 크기가 효율을 결정하는 주요 요인이다. 즉 경지 규모는 농기계의 효율에 의해 결정된다고 하겠다.

현재는 농업기계가 효율을 최대화할 수 있게 하는 경지의 크기를 10 a 또는 30 a 단위로 구획정비가 되고 있지만 이러한 단위는 농업 기계의 고 효율화를 발휘할 수 있는 크기로는 부족하다. 우리와 비슷한 환경의 일본에서는 개인 소유의 경지가 산재되어 있는 것을 법에 의하여 집합시켜, 선진적인 대규모 경지 조성사업을 시행하고 있다.



<Fig 2. Cost Sum per unit paddy Area>

그림 2는 단위 경지 면적의 규모가 증가할 때 소요되는 경작 비용의 합계를 나타낸 것이다. 경지면적이 4ha 까지는 비용이 계속적으로 감소하고, 그 이상이 되면 경지 면적의 대규모화에 따른 비용 저감 효과는 줄어들고 8ha 이상이 되면 평형상태를 이루게 된다. 이러한 효과는 경영 규모를 확대하면 노동력 부족에 따른 영향을 받게 되고 위치의 분포가 크게 되어 농기계 사용에 따른 효과가 저감되는데 그 원인이 있다. 따라서, 현재 농기계의 효율을 최대화할 수 있는 규모의 경지를 기본 경지 구획으로 설정하고 경지 정비를 실시해야 한다. 본 연구에서는 면적이 1~2ha를 기본 경지 구획으로 설정하고, 이들이 3~9ha 면적을 가지도록 하나의 경지 단위를 채택하여 전체 면적 50~100ha의 경지를 대상으로 대규모 경지정리를 실시하는 것으로 정의하였다.

2. 구획의 크기와 형태

우리 나라의 경지정비는 농도에 둘러싸인 장방형의 구획을 기본형으로 해서 실시되어 왔다. 등고선에 따라 장대한 구획으로 설치가 불가능하고, 대규모화가 가능한 경사 구매가 1/300 ~ 1/600 이하의 평탄한 지대는 강도가 약해 배수가 불량하므로 대형 트랙터와 같은 중장비의 주행이 어렵고, 콤바인 작업에서는 탱크가 가득 채워질 때마다 트럭에 옮겨 실어야 하기 때문이다. 이와 같이 기계의 효율 즉, 운행 거리에 따라 경지의 규모가 제한하게 된다. 박(2000)은 각종 농업기계의 작업 효율을 분석하여 기계효율에 따른 경지 길이를 제시하였고, 경지의 형태는 표준 구획정비지구에 따른 형태를 기준으로 대규모화 함에 있어 크게 4가지 형태로 정의하였

다. 본 연구에서는 이를 수정하여 기본 경지 구획으로 사용하였다.

	Width (m)	Length (m)
Type I	300 ~ 600	100
Type II	500	200
Type III	75 ~ 150	200
Type IV	100	150

<Table 2. Type of the basic field unit >

Table 2는 기본 구획의 형태를 나타낸 것이다. Type I, II 는 현재의 지구에서 농도와 용배수로를 남겨둔 채 두령을 철거하여 대구획 화하는 것으로 조성비용이 가장 저렴하다. Type III, IV는 작업기의 포장작업효율을 증대시킴에 중점을 두고 농도 및 용배수도에 이르기까지 전체를 근본적으로 다시 정비하는 방법이다.

III. 경지 구획 결정 지원 시스템

1. RGIS data generation

RGIS는 농지의 소유 및 이용실태를 효율적으로 파악하고, 농지정보의 체계적 관리를 통하여 합리적이고 과학적인 농지행정의 실현은 물론, 농업진흥지역 지정/관리를 비롯하여 농지의 종합적 이용계획 즉, 농지법상의 농지이용계획 수립 등을 위한 훌륭한 도구로서 중요한 역할을 하고 있다. 또한, 각종 도형자료를 포함하여 농지의 속성자료 등의 전산화로 농업정책 수행에 필요한 각종 농지정보를 신속/정확하게 제공할 수 있다. 농지관련 도형정보는 일반적인 GIS관련 도형정보에 더해 농업진흥지역지정도, 농지이용현황도, 농업관련 토지이용도 등의 주제도가 추가되었다.

본 연구에서는 GIS 툴인 ArcViewTM를 이용한다. 대구획 사업 대상지에 대해, RGIS자료로부터 농지 적성 구분 자료로 논으로 사용이 가능한 지역을 일단 선정한다. 여기에 농지 현황 이용도를 중첩하여 잠재적 가능지역의 범위를 얻는다. 잠재적 가능지역이 선정되면, 선택된 범위 내의 등고 및 토심, 토양성분, 배수상태 그리고 농지이용상태 등의 정보를 테이블 상태로 조인하여 얻는다. 생성된 Vector 형태의 자료는 TIN(Triangle Irregular Network) 생성 기능을 이용하여 Raster형 자료로 변환한다. 셀은 실제 경지 1m X 1m 의 크기를 표현할 수 있는 크기로 구성하며, Raster형 자료는 각 셀마다 데이터를 가지게 되는 객체 개념을 이용할 수 있게 한다. 이렇게 생성된 자료는 ASCII형태의 자료구조를 가지고 있기 때문에 본 연구에서 제시하는 경지 구획 결정 지원 시스템과 연계를 위해서 ArcViewTM가 내장하고 있는 Script 언어인 AvenueTM를 사용하여 자료를 전송하는 모듈을 구축하였다. 이러한 정보를 기초로 경지 대구획화 대상지를 선정하게 된다.

본 연구에서는 대구획 경지의 규모와 위치를 선정하기 위해 RGIS의 도형정보 중 농지이용현황도, 농지적성도, 지형도, 경사도 등의 자료를 이용하였다.

2. GA의 적용

2.1 공간 정보의 분석

GIS 자료 중 계획 대상 지구의 토심, 등고, 배수 상태를 grid로 변환하고 GA에서 사용하기 위한 객체 형태로 변환한다. 객체는 하나의 셀이 각각 고도, 등고, 배수 상태의 평균 값을 대표 값으로 가진다.

본 연구에서 제시한 직사각형 형태의 대구획 경지의 형태를 기본 단위로 하고 규모는 제시한 범위 내의 형태에서 선택한다. 기본 구획 내에 있는 각 grid를 종합하여 평균 경사도, 평균 등고를 기준으로 한 성토/절토량을 구하며, 토심과 배수 상태를 검사한다.

기본 구획은 대상 지역을 모두 포함하는 임의의 범위에서 나란히 배치하며, 대상 지역 내에 적용되는 기본 구획은 대상지역의 주향을 기준으로 다양한 형태를 조합할 수 있다. 주향은 경지의 방향을 결정하게 되는데 숫자가 많으면 대구획 조성의 목적을 해치게 되므로 대상 지역의 크기에 따라 2~3개로 제한함이 필요하다. 기본 구획은 주향을 기준으로 배치하고 대상 지역 이외의 범위는 특성치를 모두 0으로 한다.

2.2 적합도 함수의 결정

경지 대구획화의 적합도 함수는 공사비를 최소화하는 것이다. 공사비에 가장 큰 영향을 주는 것은 대상 토지의 경지 평탄화 작업에 소요되는 비용으로 크게 성토와 절토를 기준으로 한다. 본 연구에서 대상지역의 grid를 포함하는 기본 구획을 주향에 따라 자동으로 배치하게 되면, 각 기본 구획의 적합도가 산정되고, 이를 종합하여 대구획 대안의 적합도로 사용한다.

Find $X = (\text{Type1}, \text{Type2}, \dots, \text{Typen})$
Such that minimize $F(X) = 1fb_i + 2fc_i$
Subject to $fe < 0.05, fs < 1, fd < 2$

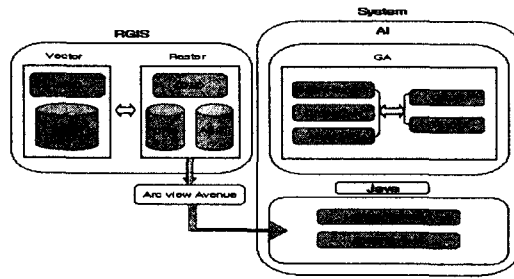
Where $\text{Typen} = (\text{type1}, \text{type2}, \dots, \text{types})$
 n = number of aspect
 s = number of type
 $\text{Type}_i = i$ th of basic land unit
 $\text{type}_i = i$ th of type of basic land unit
 $F(X)$ = construction cost

fe 는 경사도 함수, fs 는 토심 함수 fd 는 배수상태 함수 $fb_i =$ 성토 함수 $fc_i =$ 절토 함수이다. 경사도 함수와 토심 함수는 기본 구획 내의 셀 중에서 고도와 토심의 차가 최고인 것과 최저인 것의 차의 평균을 사용하고, 배수상태는 평균을 사용한다. 1, 2 는 성토와 절토에 대한 가중치로서 본 논문에서는 계층분석법(AHP)을 이용하여 얻은 결과인 0.6과 0.4를 사용한다.

2.3 시스템 흐름

본 연구에서 제시하는 시스템은 ArcViewTM에서 grid화 된 대상지역의 기본 자료를 얻게 된다. 이 자료는 ArcViewTM의 script 언어인 AvenueTM를 통하여 JavaTM로 구현된 GA 모듈로

전송된다. 전송된 grid 자료는 각 셀을 표현하는 객체로 전환되어 화면에 표시된다. 이때 process 는 GA 모듈로 전환되며, 시스템 내에서 GA를 수행하여 대안을 생성한다. 시스템에서는 대상지 셀의 객체를 분석하여 대상지역의 주향을 결정한다. 이때 주향은 대상지에 따라 다르지만 크게 2~3개를 선택하도록 한다. 주향이 선택되면 주향에 따른 소구획이 결정되고 소구획 내에 기본 구획 type 을 선택하여 배치한다.



<Fig 3. System Flow>

3. 시스템의 적용

3.1 적용 대상지 (용강 지구)

본 지구는 인근 도시를 연결하는 교통이 양호하여 생활은 안정되나 영농 방식이 재래식으로 경지를 대구획화 되어 있다. 경지의 구획은 평야지 임에도 불구하고 100m X 40m 로 되어 있어 대형 농기계 영농이 어려운 지구이다. 농로는 폭이 2.5 ~ 3m 로 농기계 통행이 어렵다.

Fig 5 은 대상 지역인 용강 지구를 나타낸 것으로 Area I 과 Area II 를 대구획 범위로 지정하였다. Area I 과 Area II 는 경계부분에 철로가 위치해 있어 통합 개발이 어려운 지역이다. 면적은 각각 108ha 와 109.6ha 이고, Area I 은 경지 중앙에 마을이 위치해 있고, Area II 는 경사와 등고차가 큰 지역이다.

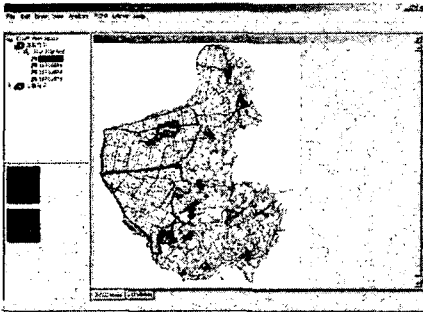


<Fig 4. Yong-Gang Area>

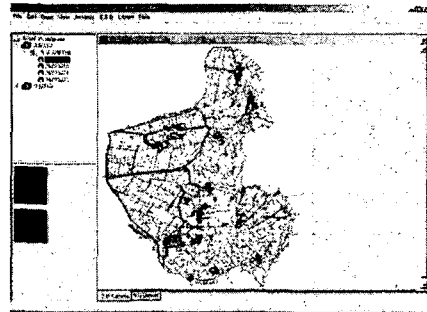
3.2 적용 결과

Area I 과 Area II 에 대해 기본 경지 구획 4가지 형태를 적용하여 모의 실험을 실시하였

다. 대상 지역이 기존의 경지 정리 작업이 수행된 지역이기 때문에 데이터 입력 시에 기존 경지 형태를 셀로 설정하여 기존 경지를 재정리하는 방법을 채택하였다. 주향은 Area I 이 2개, Area II 는 1개를 나타내었다. Area I 의 주거지역은 특성치를 모두 0으로 하여 배제하였다.



<Fig 5. Proposed Alternative 1>



<Fig 6. Proposed Alternative 2>

그림 4와 5는 시스템을 이용하여 얻은 결과 즉, 대안을 나타낸 것이다. 적합도가 가장 좋은 두 가지를 선택하여 비교하였다. 대안 1과 2는 주거지역의 경지 배치에 차이가 있다. 대안 1의 경우 주거 지역의 경지 배치가 되지 않은 경우이고, 대안 2는 주거 지역의 일부가 경지 배치 구획에 속한 경우이다. 두 가지 대안에서 Area II 는 하단의 경사가 급한 구역에서 경지 배치에 차이를 보이는데 대안 1보다 2에서 기본 경지 구획 Type III 가 증가하였다.

Alternative	No of Area	% of Type				No of main Aspect	Fitness value
		Type I	Type II	Type III	Type IV		
I	Area I	2.9	2.2	20.1	74.8	2	2.478
	Area II	1.4	1.1	17.4	80.1	1	1.724
II	Area I	4.3	3.7	21.4	70.6	2	2.512
	Area II	0.1	0.2	19.2	80.5	1	1.894

<Table 3. System simulation result>

테이블 3은 두 가지 대안을 경지 구획 형태와 적합도 값에 대해 비교한 것이다. 대안 1과 2는 경지 형태의 분포가 비슷한 경향을 가진다. 적용 대상지의 경사 차이가 심한 지형적 특성에 의해 Type III, IV와 같은 소규모 구획의 배치 비율이 Type I, II 에 비해 월등히 높았다. Type III 보다 Type IV가 비율이 높은 것도 경사에 의한 절토 및 성토량의 급격한 변화에 따른 것이다.

IV. 요약 및 결론

한국은 대부분의 경지가 0.4ha 정도의 소규모로, 기계를 이용한 효율적인 농업생산을 이루기에는 많은 문제점을 안고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 기본 구획의 크기가 1ha 정도의 대규모 정비를 실시하고 있으나, 설계과정에서 고려해야 할 인자가 많아서 수작업으로 진행할 경

우 인력과 시간의 한계로 인하여 다양한 대안을 평가하여 최적의 대안을 선정하기가 곤란하다.

본 연구에서는 농지 적성을 비롯한 제반 농업관련 정보의 매체인 RGIS를 사용하여 대구획 대상지의 계획 기본 자료를 정형화하고, GA를 사용하여 경지 구획의 최적 배치 및 규모를 도출하는 최적대안선정 기술을 개발하였다. 기본경지구획은 4가지의 형태를 정의하였고, 등고, 경사도, 토심, 토지적성을 인자로 하여 적합도 함수를 구성하여 경지구획 결정 지원 시스템을 개발하였다.

작성한 시스템을 기존의 구획 정리가 실시된 용강 지구에 적용한 결과 기본 구획의 크기를 1.5ha 정도로 대규모화한 경지 구획 대안을 선정할 수 있었다. 3ha 이상의 규모는 극히 일부 지역에서만 나타나 지형에 민감한 반응을 보였다. 그러나 기존의 0.4ha 정도의 구획 크기를 200% 이상 확대할 수 있는 대안을 제시함으로써 대구획 경지 정리 사업에 있어서 구획 설계의 최적 대안을 선정기법으로 사용하는데 충분한 기능을 발휘하였다.

향후 지형적 인자 이외에 관개배수 인자 및 사회적 인자를 포함한 농촌 계획 설계 지원 기법으로의 발전방향, GIS자료와 GA의 연계에 필요한 공간 분석 기능 향상이 요망되며, 제반 기술 향상에 따른 한국의 지형조건과 토양, 기상 등의 여건을 감안한 기본 구획의 재정립에 관한 연구가 요망된다.

참고문헌

1. 정하우 외 6인(1999), 농촌계획학, 동명사
2. 황한철, 최수명(1997), 농지이용계획의 합리적 책정을 위한 농지적성 평가기법의 개발
3. 정창주(1994), 경지정리의 최적설계에 관한 연구
4. 도영준(1997), 토지구획정리사업 지구내 토지이용계획 비교 연구(1)
5. 하성룡 외 2인(2000), 유전자 알고리즘을 이용한 광역상수도 관로노선 선정기법 개발
6. Emad Elbeltagi & Tarek Hegazy(2001), A Hybrid Ai-based system for site layout planning in construction