

유전알고리즘을 이용한 온실지붕형상의 최적설계
- 광투과율을 중심으로 -
Optimum Design of Greenhouse Roof Shape
Using Genetic Algorithms
- In Reference to Light Transmissivity -

박 우식 · 김 문기
서울대학교 농공학과

Park, Woo-Sik · Kim, Moon-Ki

Dept. of Agricultural Engineering, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea
wspark@bioenv.snu.ac.kr · mkkim@bioenv.snu.ac.kr

1. 서론

온실운영에 있어서 가장 심각한 문제는 다량의 에너지 소비이며 이 문제를 해결하기 위해서는 포괄적인 열환경해석을 통한 에너지면에서 최적화된 온실모델의 개발이 필요하다. 따라서 태양광의 투과율을 중심으로 에너지면에서 최적인 즉, 겨울철에 최대의 태양에너지를 투과할 수 있도록 하는 온실의 지붕형태를 결정하는 것은 의미있는 일이라 하겠다.

이에 본 연구에서는 온실내로의 태양광투과율을 해석하기 위한 모델을 작성하고, 이를 기초로 온실지붕의 형태를 이루는 요소 즉, 지붕경사각, 지붕폭비, 경간폭의 최적조합을 찾아내고자 하였으며, 최적화(optimization)문제를 풀기 위해 유전알고리즘(Genetic Algorithms)을 적용하여 본 문제를 포함한 농업시설물의 최적설계에 대한 적용성을 검토하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

(1) 온실의 광투과율해석을 위한 전산모델

본 연구에서 작성한 전산모델은 온실내로 입사하는 각 광선요소를 온실 각 피복면에서의 반사 및 투과에 의한 손실을 계산·추적하여 최종적으로 바닥에 도달하는 광량의 비율을 계산하도록 하였으며 이와 같은 모델은 Critten⁽⁵⁾ 등에 의해서도 작성된 바 있으며 기존모델의 방법을 대부분 그대로

로 이용하여 MATLAB을 이용하여 구현하였다.

산란광에 대한 투과율은 피복재료가 결정되면 형태에 따른 차이 없이 일정한 비율의 값을 가지며, 골조재에 의한 광투과율 감소영향도 형태에 관계없이 일정한 비율을 감소율을 나타내므로 최적설계를 위한 용도를 가지는 본 모델에서는 고려하지 않았다.

설계변수인 지붕경사각 및 지붕폭비의 정의는 Fig.1 과 같다.

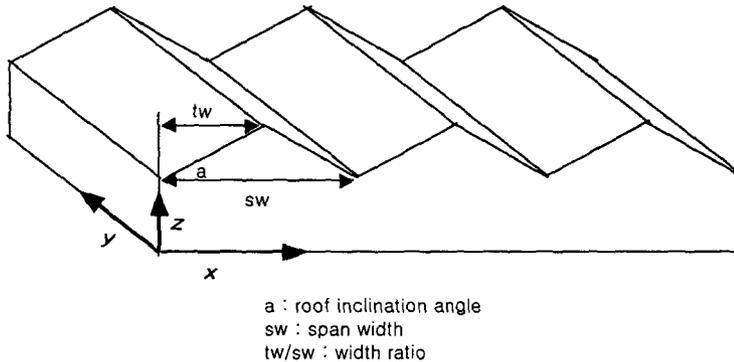


Fig.1 Definition of design variables

(2) 전산모델을 이용한 최적화문제의 구성

본 연구에서 광투과율해석을 위해 구성된 전산모델은 최적화를 위한 목적 함수에 해당한다고 할 수 있다. 설계변수는 지붕형상을 결정하는 지붕경사각과 경간폭으로 하였다.

전산모델에 의한 최적화는 함수최적화(function optimization)와 달리 목적 함수의 도함수 등을 구할 수 없으므로 직접탐색법등을 적용하는데 이때 직접 각 설계변수들의 값을 시행착오과정으로 조합하기에는 상당히 많은 계산량이 요구된다. 또한 최적해에 수렴하지 않고 무한히 반복되거나 국부최적해(local optimum)에 수렴할 수도 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 인공지능 연구분야에서 학습을 위한 탐색법으로 처음 사용되었고 이후 공학분야에서 최적화 알고리즘으로 도입되어 그 효과를 차츰 인정받고 있는 유전알고리즘(genetic algorithms)을 이용하였으며 그 적용 타당성을 검토하였다.

(3) 유전알고리즘을 이용한 최적설계

유전알고리즘(Gentic Algorithms)은 적자생존 및 자연도태의 원리를 최적해의 탐색에 도입한 알고리즘이다. 개략적인 원리는 2진수로 코딩된 설계변수들 각각을 유전자로 하고 이들을 연결한 2진 문자열을 하나의 개체로 삼아 일정한 수의 초기개체군으로부터 교배, 재생산, 변이 등의 과정을 거쳐 계속적으로 개체군의 세대를 진화시켜 결국에 주어진 조건에 가장 적합한 개체들만이 개체군내에 남도록 하는 과정을 거친다.

앞에서 작성된 광투과율해석을 위한 전산모델은 유전알고리즘을 수행하는데 있어 각 개체의 적합도를 계산하는데 사용되며, 한 개체는 각각 2진수화된 지붕경사각값과 지붕폭비값의 연결체로 이루어진다.

3. 결과 및 고찰

(1) 광투과율해석 모델의 검토

투명판을 통과하는 광선의 투과 및 반사특성을 기초로 각 입사광선을 거동을 추적하여 온실내 평균광투과율을 해석하기 위한 전산모델을 구성하였다. 프로그램은 MATLAB에서 수행되도록 하였고 모델을 구성하는 각 요소들은 독립된 프로그램으로 모듈화하는 것을 기본으로 하였다. 본 모델은 최적화를 위한 용도로 지붕형상관련 설계변수들의 변화에 따른 광투과율 변화를 살펴는 데 주목적이 있으며, 모델의 검증을 위해서는 수원지역(서울대학교 농업생명과학대학 실험농장 소재)내의 유리온실에서의 실측치와 수원지역조건(위도 : 37.267 °, 경도 : 126.987 °)에 대해 수행한 모델의 결과치를 비교하였다. 유리피복면의 재료특성치는 각각 소멸계수 0.076 cm^{-1} , 굴절지수 1.526, 두께 3 mm의 값을 사용하였다.

아래 그림은 각각 Fig.2는 설치방위에 따른 광투과율변화, Fig.3은 지붕경사각에 따른 광투과율변화, Fig.4는 지붕폭비에 따른 광투과율변화를 모델에 의해 살펴본 결과를 나타내고 있다.

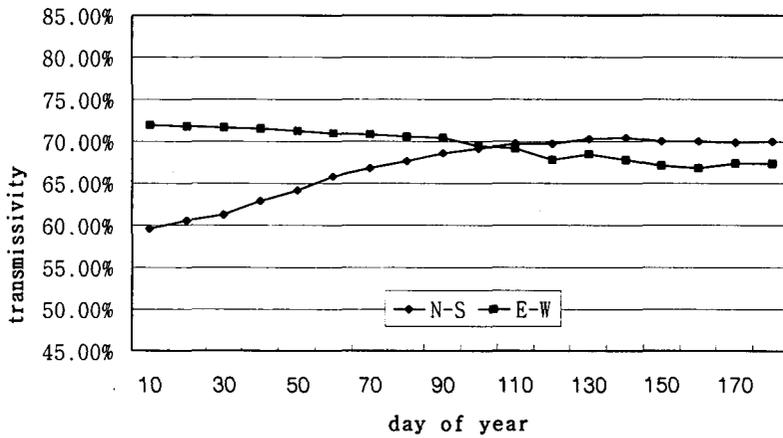


Fig.2 Transmissivity according to greenhouse orientation

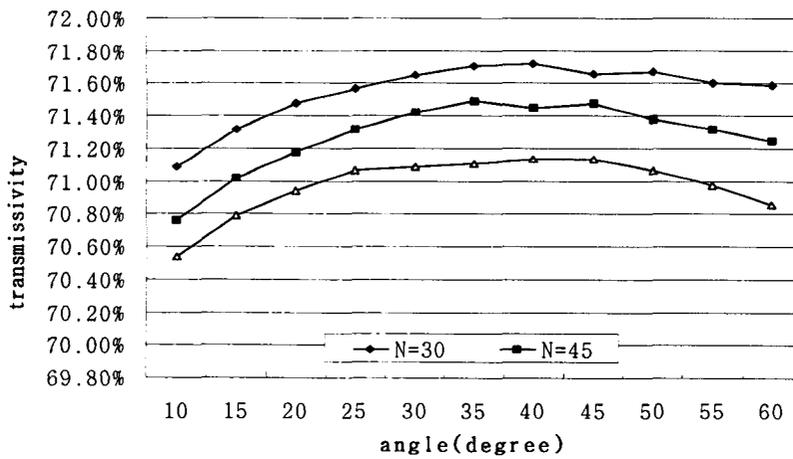


Fig.3 Transmissivity according to roof angle

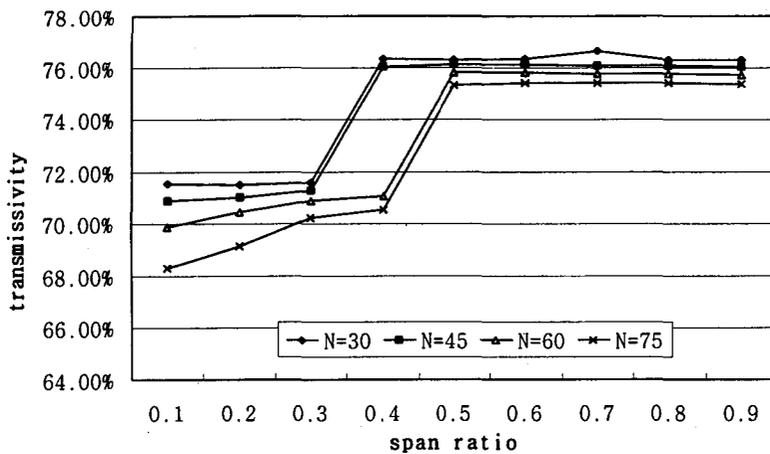


Fig.4 Transmissivity according to width ratio (single span)

또한 광투과율해석의 결과를 실측치와 비교한 결과 Fig.5와 같았으며 추정치들이 시간흐름에 따라 일정한 변화율을 가지는 데 반해 13시의 실측치에서 경향성을 벗어나는 결과가 나타났으며 전반적으로 실측치의 값이 추정치에 비해 5~8 % 작게 나타났다. 이는 온실에서의 일사량 측정시 골조에 의한 그림자 및 외부 피복면 상의 불순물등의 영향임이 분명하며 대체로 유의미한 결과라고 판단하였다.

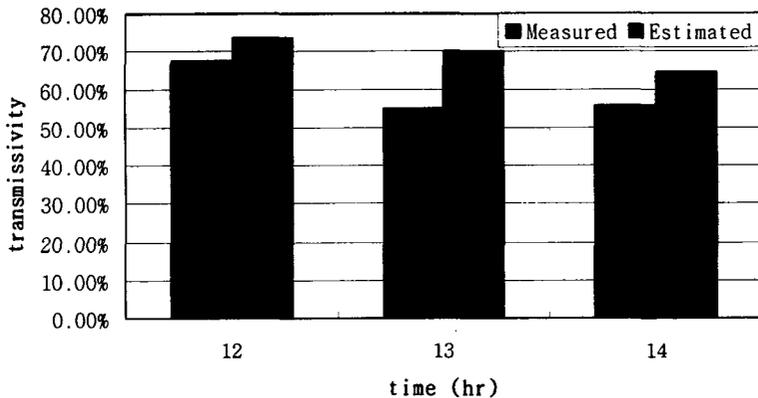


Fig.5 Comparison between estimated and measured transmissivity

(2) 전산모델에 의한 최적화 결과

Fig.6 은 수원지방에 설치된 2연동 동서동은실을 가정하고 지붕경사각과 지붕폭비를 설계변수로 하였을 때의 광투과율변화를 나타낸 것이다. 유전 알고리즘의 각 조건들이 Table 1.과 같을 때 겨울철 대표일(2월 1일)에 대한 지붕경사각, 지붕폭비의 최적조합은 각각 $40.861 \approx 40^\circ$, $0.4806 \approx 0.5$ 로 나타났으며, 유전알고리즘이 수행되는 동안 각 세대의 개체군 적합도 즉, 광투과율의 변화는 Table 2.와 같았다. (최대적합도 0.7684)

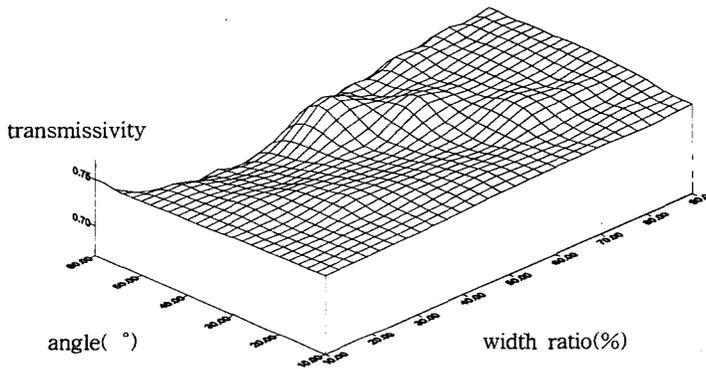


Fig.6 Transmissivity according to roof angle and width ratio (span=2)

Table 1. Specification of GA

Population Size	30
Length of Chromosome	16 bit
Crossover Rate	1
Mutation Rate	0.0333

Table 2. Fitness of each generation (multi-span)

generation	Max. fitness	Min. fitness	Mean. Fitness	STD
1	0.7678	0.7230	0.7550	0.0096
2	0.7684	0.6918	0.7517	0.0168
3	0.7684	0.6916	0.7525	0.0177

마찬가지 조건과 방법으로 경간폭 6m를 갖는 수원지방에 설치된 동서동 단동온실을 가정하고 최적화를 수행한 결과 지붕경사각과 지붕폭비의 조합은 각각 $37.490 \approx 37^\circ$, $0.7748 \approx 0.78$ 일 때 최적인 것으로 나타났다. 유전알고리즘의 수행되는 동안 각 세대의 적합도(광투과율)변화는 Table 3.과 같았다.

Table 3. Fitness of each generation (single-span)

generation	Max. fitness	Min. fitness	Mean. Fitness	STD
1	0.7533	0.6783	0.7320	0.0227
2	0.7531	0.7010	0.7317	0.0217
3	0.7527	0.7008	0.7325	0.0208

참고문헌

- (1) 古在豊樹, 1973, 溫室の光透過に關する數値實驗(1), 農業氣象
- (2) 古在豊樹, 1974, 溫室の光透過に關する數値實驗(1), 農業氣象
- (3) Goldberg, D.E., 1989, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley
- (4) Bowman, G.E., 1970, The transmission of diffuse light by a sloping roof, J.Agr.Eng.Res.(15), pp100-105
- (5) Critten, D.L., 1983, A computer model to calculate the daily light integral and transmissivity of a greenhouse, J.Agr.Eng.Res.(28), pp61-76
- (6) Takakura, T., 1993, Climate under cover, Kluwer Academic Publishers
- (7) Zwart, H.F., 1993, Determination of direct transmission of a multispan greenhouse using vector algebra, J.Agr.Eng.Res.(56), pp39-49