

ASP를 활용한 FUZZY해 분석에 관한 연구

(A Study on the Analysis of FUZZY Solution by ASP)

이 희 영*
(Hee-Young Lee)

요 약

본 논문에서는 퍼지수리계획법에 의한 최적화 문제의 해 분석에 ASP(Active Server Page)를 적용한 알고리즘을 제시하였다. 수리문제에서 목적함수의 목표와 제약조건의 만족도레벨의 애매성을 다루는데 있어서 퍼지 이론은 강력한 도구가 되고 있다. 제시한 알고리즘은 IEEE-30모선 시스템을 이용하여 유효성을 검증하였다.

ABSTRACT

ASP(Active Server Page) is adopted in searching optimal solution for VAR planning algorithm by FUZZY mathematical programming. FUZZY theory is powerful tool dealing with the fuzziness of satisfaction levels of the constraints and the goal of objective functions. The effectiveness of the proposed algorithm has been verified by the test on the IEEE-30 bus system.

1. 서론

ASP란 Active Server Page의 약자이며 웹 페이지를 대화식으로 구성할 수도 있도록 MS사가 제공한 어플리케이션으로 1995년 말에 등장한 IIS(Internet Information Server)의 세 번째 버전이다. ASP는 웹 서비스를 제공하는 웹 서버 컴퓨터 상의 스크립트 엔진에 의하여 스크립트 코드가 해석되고 실행되는 서버 스크립팅 어플리케이션으로 스크립트를 사용하면 웹 페이지로 사용자의 정보를 입력받아 이를 처리한 결과를 보여주는 편리한 기능을 지원한다.5)

ASP는 클라이언트로 요청을 받아 스크립트를 처리할 경우 서버에서 asp.dll을 이용하여 요청에 답을 해준다. 이때 매번 독립적으로 프로세스를 생성하여 처리를 하는 것이 아니라 tm레드(Thread)를 이용하여 사용자를 받아 들여 In Process로 처리하기 때문에 서버에 부하를 주지 않는 것이 특징이다. ASP는 이러한 스크립트 코드가 서버 컴퓨터 상에서 해석되고 실행될 수 있게 함으로써 스크립트 코드의 해

석과 실행을 클라이언트와 서버 사이에 적절히 배분할 수 있는 기반을 마련해 준다. 따라서 ASP는 동적인 웹 페이지를 구성할 수 있는 언어라는 측면에서는 CGI와 다를 바가 없으나 CGI보다는 서버에 부하를 적게 주면서 성능을 향상시키는 기능을 가지고 있으므로 많은 사용자의 호감을 얻고 있다.

이외에도 많은 장점들이 있다. ASP는 객체지향 데이터베이스에 접근할 수 있다. ADO(ActiveX Data Object)기능을 이용하여 모든 ODBC 호환 데이터베이스에 접근하도록 어플리케이션을 개발할 수도 있다. 또한 비주얼 베이직 스크립트와 Jscript를 지원하고 다양한 언어(비주얼 베이직, 비주얼 C++, 델파이 등 ActiveX 컨트롤 생성을 지원하는 모든 언어로 서버 컨트롤을 생성할 수 있다. 본 연구에서는 전력계통의 무효전력계획문제에 애매성과 불확실성이 연루된 문제의 해법으로 관심을 모으고 있는 퍼지 수리계획법을 적용하고 해집합의 효과적인 분석과 탐색에 Web 브라우저 상에서 ASP를 이용하는 효과적인 알고리즘을 개발 하였다.

* 정회원 : 전주공업대학 컴퓨터정보과 교수

논문접수 : 2001. 8. 2.
심사완료 : 2001. 8. 18.

2. 본론

2.1 Fuzzy 수리계획법의 최적화 개념^(1,2)

Fuzzy 목표와 Fuzzy 제약을 기술하기 위하여 어떤 대체안을 (1)식과 같이 x 라는 vector로 나타내면

$$x^T = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n] \tag{1}$$

대체안 x 의 집합 A 는

$$A = \{ x \} \tag{2}$$

로 나타낼 수 있다.

일반적으로 수리계획 문제 또는 의사결정 문제는 대체안 집합 A 중에서 바람직한 대체안을 선택하기 위한 규범이 되는 목표(goal)와 제약(constraint)를 설정하는 것으로 정의된다. 제약이란 대체안이 반드시 만족시켜야 되는 조건이다. A 중에서 제약조건을 만족하는 대체안의 집합을 B 라고 하면 B 는 언제나 A 의 부분집합이 되며, 목표(goal)란 B 중에서 가장 바람직한 대체안 1개를 골라내기 위한 기준이다.

x 에 대한 목적함수를 $f(x)$ 로 정하면 수리계획 문제는 일반적으로 " $x \in B$ 중에서 $f(x)$ 를 최대 (또는 최소)화하는 x 를 구하는" 문제로서 다음과 같이 표현된다.

$$\max_{X \in B} f(x) \text{ 또는 } \bigvee_{X \in B} f(x) \tag{3}$$

$$\min_{X \in B} f(x) \text{ 또는 } \bigwedge_{X \in B} f(x) \tag{4}$$

2.2 Fuzzy 선형계획 문제의 기술

Fuzzy 선형계획법은 통상의 선형계획문제의 선형 목적함수와 선형제약 조건식에 Fuzzy 정도를 도입한 경우의 Fuzzy 최적화 기법이다. Fuzzy 선형계획법은 일반적으로 대체안 벡터 x 에 대하여 행렬과 벡터 형식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C^T X \gtrsim Z_0 \tag{5}$$

$$A X \lesssim b \tag{6}$$

위의 식(5)은 목적함수의 값을 대략 Z_0 로 하고 싶다는 것을 나타내는 Fuzzy 부등식이고, Z_0 는 계획 입안자에 의해서 주관적으로 정해지는 지망수준 (aspiration level)을 의미한다. 식(6)은 $A x$ 를 대략 b 이하로 억제하고 싶다는 Fuzzy부등식을 나타낸다.

식 (1)의 Fuzzy 목표 \bar{G} 에 대한 membership 함수 $\tilde{\mu}_G$ 및 식 (2)의 Fuzzy 제약 \bar{B} 에 대한 membership 함수 $\tilde{\mu}_B$ 는 일반적으로 [그림 1]에서 보인 바와 같이 선형관계로 정의된다. 그림에서 membership함수 μ_{Bi} 는 i 번째 제약조건식에 대한 것이다.

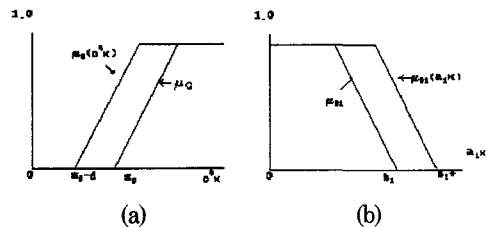
$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i \quad (i=1,2,\dots,m) \tag{7}$$

위의 (7)식을 행렬 A 의 i 번째 행벡터 a_i 로서

$$a_i x \leq b_i \quad (i=1,2, \dots, m) \tag{8}$$

$$a_i = [a_{i1} \ a_{i2} \ \dots \ a_{in}]$$

과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 1] fuzzy목표와 제약의 membership함수
[Fig. 1] Membership function of Fuzzy Goal and Constraint

[그림 1] (a)에서 d_0 는 목적함수값의 지망수준 z_0 에 대한 허용 변동폭을 의미하고, 그 크기는 의사결정자가 주관적으로 정한다. 지망수준 z_0 에 대한 취급도 주관적이며 이것은 Fuzzy 목표 \bar{G} 에 대한 membership함수 $\tilde{\mu}_G$ 로서 [그림 1] (a)의 파선과 같

이 나타낼 수 있다는 것을 의미한다. 다음에 [그림 1] (b)에 있어서 d_i 는 제약조건식 $a_i x \leq b_i$ 에 있어서 b_i 의 허용변동폭을 나타내며, 이 d_i 의 크기 또한 주관적으로 결정된다. [그림 1]에서 보인 membership 함수 $\tilde{\mu}_G, \tilde{\mu}_B$ 는 다음 식과 같이 정식화 된다.

$$\tilde{\mu}_G(C^T X) = \begin{cases} 1 & (Z_0 \leq C^T X) \\ 1 - \frac{Z_0 - (C^T X)}{d_0} & (Z_0 - d_0 \leq C^T X \leq Z_0) \\ 0 & (C^T X \leq Z_0 - d_0) \end{cases} \quad (9)$$

$$\tilde{\mu}_{B_i}(a_i X) = \begin{cases} 1 & (b_i + d_i \leq a_i X) \\ 1 - \frac{a_i X - b_i}{d_0} & (b_i \leq a_i X \leq b_i + d_i) \\ 0 & (a_i X \leq b_i) \end{cases} \quad (10)$$

결국 Fuzzy 선형계획 문제는 상기의 (9) (10)식으로 정의된 Fuzzy 목표 \tilde{G} 와 Fuzzy $\tilde{B}_i(i=1,2, \dots, n)$ 로부터 Fuzzy 결정 D를 정한 후 그 다음에 최대화 결정 x^* 를 구하는 문제로 다음과 같이 표현된다.

$$\bigvee_{x \geq 0} \tilde{\mu}_D(x) \quad (11)$$

$$\text{단, } \tilde{\mu}_D(x) = \tilde{\mu}_G(C^T x) \wedge \tilde{\mu}_{B_1}(a_1 x) \wedge \dots \wedge \tilde{\mu}_{B_m}(a_m x) \quad (12)$$

2.3 무효전력배분에 Fuzzy수리계획법 응용

본 연구에서는 부하의 불확실성을 고려하기 위하여 부하 모선의 지정치를 정규분포형태⁽³⁾로 가정한다. 또한 무효전력 배분은 경제적 부하배분(ELD)을 통해 유효전력 최적배분이 이뤄진 후에 실시한다는 가정 하에, 확률조류계산⁽³⁾에 의해 구해진 각 부하모선의 전압 크기분포를 허용폭 이내로 유지 시키면서 계통 손실 혹은 무효전력원 최소화를 도모할 수 있는 각 부하 모선에서의 무효전력 설치량을 구하는 문제로 정식화한다. 이하의 기술에 이용한 제량은 다음과 같이 정의한다.

$g(\cdot)$: 모선전력 수급방정식을 나타내는 벡터함수
 x : 모선전압크기 V 의 정규분포

Q_c : 신설하게될 무효전력원 설비
 SV : Q_c 에 대한 x 의 감도행렬
 S_L : Q_c 에 대한 유효전력 손실의 감도행렬
 $\min, \max, 0$: 하한, 상한 및 초기치

제약조건

$$g(x, Q_c) = 0 \quad (13)$$

$$x^{\min} \leq x \leq x^{\max} \quad (14)$$

$$Q_c^{\min} \leq Q_c \leq Q_c^{\max} \quad (15)$$

최소화하는 목적함수로는 다음 식 (16), 식 (17)과 같은 계통의 유효전력 손실이나, VAR 설치량을 채택한다.

$$\text{목적함수 } F_1 = f(x(Q_c)) \rightarrow \text{최소화} \quad (16)$$

$$F_2 = f(Q_c) \rightarrow \text{최소화} \quad (17)$$

전술한 식(13)을 초기조류상태를 중심으로 선형화시키고 감도 행렬 $S_v, S_L^{(7)}$ 를 계산하여 제약조건 식 (14), 식 (15) 및 목적함수 식 (16), 식 (17)을 다음과 같은 형태로 표시한다.

$$\text{제약조건 } \Delta x^{\min} \leq S_v \Delta Q_c \leq \Delta x^{\max} \quad (18)$$

$$\Delta Q_c^{\min} \leq \Delta Q_c \leq \Delta Q_c^{\max} \quad (19)$$

$$\text{단, } \Delta x^{\min} : x^{\min} - x^0$$

$$\Delta x^{\max} : x^{\max} - x^0$$

$$\Delta Q_c^{\min} : Q_c^{\min} - Q_c^0$$

$$\Delta Q_c^{\max} : Q_c^{\max} - Q_c^0$$

$$\Delta x : \text{전압분포 } x \text{의 변화분 벡터}$$

$$\Delta Q_c : \text{무효전력원 } Q^c \text{의 변화분벡터}$$

목적함수

$$f_1(x(\Delta Q_c)) = S_L^T \Delta Q_c \rightarrow \text{최소화} \quad (20)$$

$$f_2(\Delta Q_c) = \sum_{i=1}^m \Delta Q_{Ci} \rightarrow \text{최소화} \quad (21)$$

여기서 식 (18)의 $\Delta x^{(j)}$ 는 확률분포로 주어지며 이 확률제약 조건식은 다음 형태로 간략하게 표시할 수 있다.

$$S_v' \Delta Q_c \leq b' \quad (22)$$

단, $b' = [\Delta x^{\min} - \Delta x^{\max}]^T$
 $S_v' = [S_v - S_v]^T$

한편 부하모선의 지정치를 정규분포로 가정하였으므로 식 (22)는 제약조건식의 우측이 정규분포항을 갖는다. 이와 같이 제약조건식에 확률분포항이 존재하는 식 (22)에 Chance constraint method⁽⁴⁾를 도입하면

$$\sum S_v'_{ij} \Delta Q_{cj} \leq E(b'_{ij}) + k\alpha_i(\text{var}(b'_{ij}))^{1/2} \quad (23)$$

단, E : 평균치
 $k\alpha_i$: 정규분포의 백분위수값
 var : 분산

와 같은 결정론적 제약식으로 등가변환 된다. 여기서 식 (19)와 식 (23)의 제약조건하에서 단일목적함수 식 (20), 식 (21)을 최소화하는 문제로 정식화된 무효전력 배분계획문제를 이번에는 fuzzy 협조에 의한 다목적 문제로 최적화하기 위하여 우선 계통손실과 무효전력 설치량에 대한 목적함수를 다음과 같이 표현한다.

$$\text{fuzzy목표 } f \Delta Q_c \leq \sim \quad (24)$$

단, $f = [S_L^T \ U^T]$
 $d' = [d'_{1} \ d'_{2}]^T$ (25)
 $U = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^T$ (m행 벡터)

여기서 d'_{1} , d'_{2} 는 계통손실과 무효전력 설치량의 목표치를 의미한다. 제약조건 식 (19), 식 (23)에 fuzzy성을 부여하면

$$\text{fuzzy제약 } S \Delta Q_c \leq \sim b \quad (26)$$

$S = [S_v' \ U^T \ -U^T]$
 $b = [b_1' \ \Delta Q_c^{\max} \ \Delta Q_c^{\min}]^T$
 $b_1' = E(b') + Ka(\text{var}(b'))^{1/2}$

으로 표현 된다. fuzzy목표 식(24)도 제약식의 하나이므로 결국 식 (24)와 식 (26)은 다음과 같이 하나의 제약식으로 묶어서 표현 할 수 있다.

$$F(\Delta Q_c) = f' \Delta Q_c \leq \sim d \quad (27)$$

단, $f' = [f \ S]^T$
 $d = [d' \ b]^T$

결국 식 (27)은 fuzzy결정에 의해서 다음과 같은 선형계획문제의 형태로 정식화된다.(1,2)

$$\begin{aligned} &\text{maximize} && \lambda && (28) \\ &\text{subject to} && f' \Delta Q_c + \lambda \delta \leq d + \delta && (29) \\ &&& 0 \leq \lambda \leq 1 && \end{aligned}$$

2.4 적용사례 및 결과검토

본 논문에서 제시한 알고리즘을 계통 연구에서 널리 사용하고 있는 IEEE-30모선계통에 적용하였다. 부하는 기준상태의 1.25배, 부하모선 전압분포 제한치는 하한을 0.95, 상한 1.05로하고 부하의 표준편차는 유효전력과 무효전력 공히 0.5로 적용하였다. 시뮬레이션 조건은 제약만족확률 Kai가 50(%)에서 99.9(%)사이의 다양한 값을 취할 경우(50(%, 80(%, 90(%, 95(%, 96(%, 97(%, 98(%, 99(%, 99.5(%, 99.9(%)다음과 같은 6가지 고려조건

- ① 계통손실 단일목적 최소화해
- ② VAR설치량 단일목적 최소화해
- ③ FUZZY 다목적 협조해
- ④VAR설치량 지망수준을 10(%)증가시킨 해
- ⑤계통손실 지망수준을 10(%)증가시킨 해
- ⑥FUZZY제약조건 허용폭을 10(%)증가한 해

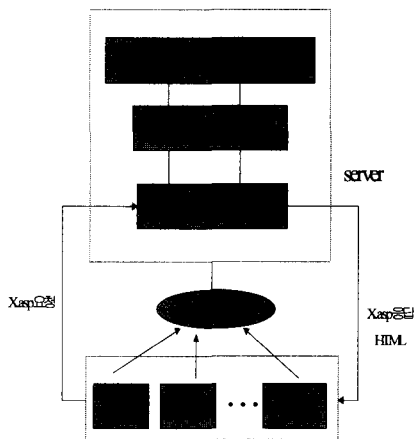
을 적용하였으며, 그 결과 제약조건을 만족하는 서로 다른 60개의 사례에 관한 해 데이터가 생성된다. 여기서 일부 case별 계통손실과 VAR설치량을 나타내면 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 시뮬레이션 결과의 일례
 <Table 1> A case of Simulation Results

caseNo.	계통 손실	지상 VAR 설치량	진상 VAR 설치량
1	.16169	.0049	.8056
2	.16790	.0370	.0050
3	.16377	.0515	.3426
4	.16361	.0324	.4257
5	.16373	.0479	.3426
6	.16390	.0320	.0373
7	.16144	.0000	.9430
8	.16780	.0250	.0540
⋮	⋮	⋮	⋮
55	.16226	.0000	1.125
56	.16754	.0075	.0805
57	.16427	.0481	.5805
58	.16348	.0274	.6305
59	.16420	.0437	.5805
60	.16426	.0479	.5803

2.5 ASP에 의한 해분석

본 연구에서 제시한 Fuzzy수리계획법으로 얻어지는 VAR배분 시뮬레이션에 대한 수많은 해를 종합적으로 검토하고 분석하여 의사 결정자가 원하는 해를 찾는 데는 많은 시간과 노력을 필요로 하게 된다.



[그림 2] ASP에 의한 해 분석의 개략도
 [Fig.2] Diagram of Analysis of solutions by ASP

따라서 본 연구에서는 논리적 해 탐색과정을 모의하는데 EXCESS를 사용하고 해 검토와 분석에 필요한 Interface 구현에 웹 서버 컴퓨터 상의 스크립트 엔진에 의하여 스크립트 코드가 해석되고 실행되는 ASP를 활용하므로써 특정 선택기준에 부합하는 해를 임의의 client에서 신속히 찾을 수 있도록 [그림 2]와 같이 구성하였다. ASP는 서버 스크립팅 어플리케이션으로 스크립트 적용으로 웹 페이지로 사용자의 정보를 입력받아 이를 처리하여 결과를 보여 줄 수 있는 기능을 지원하므로 이를 응용한 Web의 가상영역에서 퍼지해 검토와 분석이 가능하다.

해분석 Tool			
조	조건	Max	Min
1	계통 손실	P_{max}	P_{min}
2	지상 VAR 설치량	$-VAR_{max}$	$-VAR_{min}$
3	진상 VAR 설치량	$-VAR_{max}$	$-VAR_{min}$
4	2항과 3항의 합계	$(\sum VAR)_{max}$	$(\sum VAR)_{min}$
5	4항이 최대이면서 1의 값	$(\sum VAR)_{max} \& P_{max}$	$(\sum VAR)_{min} \& P_{max}$
6	4항이 최소이면서 1의 값	$(\sum VAR)_{min} \& P_{max}$	$(\sum VAR)_{min} \& P_{min}$

계통 손실이 최대인 조건			
번호	계통 손실	지상 VAR 설치량	진상 VAR 설치량
2	1679	037	005

[그림 3] 해 분석 인터페이스의 대화상자
 [Fig.3] Interface box for Analysis of Solutions

해 탐색의 기준으로서 계통손실, VAR 설치량, 그리고 이 두 가지를 종합하여 의사 결정자가 원하는 해 탐색의 선택지표를 설정하였다. 여기에 이를 구현한 인터페이스 대화상자를 보이면 [그림 3]과 같다.

3. 결론

본 연구에서 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

- ① ASP를 활용하므로써 임의의 client에서 특정 선택기준에 부합하는 해를 신속히 찾을 수 있음을 확인하였다.
- ② 의사 결정자의 전문적인 경험을 해 결정과정에 반영하도록 하였다. 즉 상충되는 요소들의 균형을 유지하면서 시뮬레이션을 통하여 얻어지는 여러 개의 해 중에서 최적의 해를 추출하도록 하므로써 타협해 결정에 좋은 도구가 될 것으로 기대된다.
- ③ ASP를 사용하므로써 퍼지수리계획법으로 얻어지는 여러 가지 시뮬레이션에 대한 수많은 해 검토와 분석작업의 영역이 가상공간으로 옮겨져 다자간의 학습기능(Learning of Knowledge Acquisition)이 가능해 해분석의 활용성을 증대시켰다.

※ 참고문헌

- [1] さかわまさとし, "フアジイ理論の基礎と應用", 森北出版株式會社, 1989.
- [2] 本多中二, "フアシイ 工學入門", 海文堂, 1989.
- [3] J.F.Dopazo, O.A.Klitin, A.M.Sasson "Stochastic Load Flows", IEEE Trans on Power App. and System., vol. PAS-94, No.2, March/April, 1975.
- [4] V.V.Kolvin, "Stochastic Programming", D.Reidel Puishing Company, Dordrecht, Holland, 1977.
- [5] 김태영, "Taejo's ASP", 삼양출판사, 2000, p21-p113
- [6] Yoshinori, et al, "Optimal Power Flow Solution Using Fuzzy Mathematical Programming", Trans.IEE of Japan, vol 108-B, No.5, Sep., 1988
- [7] 송길영, 이희영, "부하의 불확실성을 고려한 최적 Var 배분 알고리즘에 관한 연구", 전기학회논문지, Vol.41 No.4, 1992, pp346-354
- [8] J.Peschon, et al, "Optimum Control of Reactive Power Flow "IEEE Trans., PAS-87,(1968)
- [9] 남태희, "엑세스2000활용", 21세기사, 2000.
- [10] 신희범외, "웹서버 구축 그리고 웹프로그래밍", 생능출판사, 2000.

이희영



1977~1981 숭실대학교
 공업교육학과 졸업
 1981~1983 고려대학교
 전기공학과 대학원(석사)
 1985~1992 고려대학교
 전기공학과 대학원(박사)
 1988~현재 전주공업대학
 컴퓨터정보과 교수
 관심분야 :
 인공지능 및 멀티미디어
 HCI 및 PC인터페이스