

관개용 저수지에서의 저수율 퍼지 예측시스템에 관한 연구

(A Study on A Fuzzy System to Predict Irrigation Reservoirs Storage Rate)

鄭建培*, 朴政用**

(Keon Bae Jeong and Mignon Park)

要約

본 논문에서는 관개용 저수지에서 저수율의 시간적 변화를 추론할 수 있는 퍼지 예측시스템을 설계, 구현하고 실측 저수율 자료를 적용 실험, 평가하였다.

퍼지 예측시스템 설계에는 Mamdani의 Minimum Operation Rule을 적용한 추론법을 사용하였다. 시스템의 전진부와 후진부의 퍼지변수 및 소속함수 설정은 관개용 저수지의 수문순환 과정을 기초로 저수량 또는 저수율에 영향을 주는 인자를 분석, 실험 과정을 통하여 결정하였다.

저수율 변동이 관개기간 중 시기적으로 불규칙한 점을 감안하여 퍼지 시스템으로의 IN 데이터중 관개수량은 일반적인 수문량 산출 방식으로 산정하고, 기타 데이터는 기상현상자료를 중심으로 인자분석 후 실험 데이터로 사용하였다. 예측 결과 비교적 실측값에 잘 접근되는 현상을 확인 할 수 있었다.

Abstract

Presented is the study on design and implementation of a Fuzzy system to approximately reason using measured actual storage rate in irrigation reservoirs. To design Fuzzy reasoning systems, Minimum Operation Rule by Mamdani was applied. Fuzzy variable and membership functions are determined after identifying storage-rate affecting factor and followed simulation.

Hydrological model to express actual situation within drought areal boundary is generally too complex. Hereby, considering irregularity of time-rate storage change during irrigation, this system uses irrigation water and meteorological data as a IN-data. It was obvious the results were closely corresponding to the actual data observed.

*正會員, 農漁村振興公社 電算室
(Rural Development Corporation,
EDPS Office)

**正會員, 延世大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Yonsei Univ.)
接受日字: 1993年 12月 10日

I. 서론

본 논문은 일정 지역내의 관개용 저수지에서 저수율의 시간적 변화를 추론할 수 있는 Fuzzy system 응용에 관한 것으로, 기상현상 자료를 바탕으로 저수율을 예측해 봄으로서 가뭄의 진행 추이를 예견하여 그 대책에 기여될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 저수지 저수율의 시간적 변화 예측은 유효 수자원량을 추정하고, 예측 저수율을 기준으로 관개가능일수 및 가뭄심도 지수를 계산하므로써 물부족 현상 즉, 가뭄의 지속 정도 또는 일정지역 저수지의 내한 능력을 판정할 수 있다는 점에 의미가 있다고 할 수 있다.

저수율 변화의 제 현상들을 수학적 이론을 통한 분석적 해결 방법으로 예측하기에는 그 구성이 매우 복잡하고 다양한 면이 많이 존재한다.

수공학 관련분야에서 조원철, 심재현^{1,2)}은 퍼지이론을 적용할 수 있는 범위와 사례들을 연구, 발표하였고, 심재현³⁾은 유수지 배수펌프장의 적정 운용을 위한 퍼지제어모형에 관해 연구한 바 있다. 수공시스템에 있어서 퍼지이론을 적용하여 얻을 수 있는 치수, 이수 및 경제적 효과는 거의 무한대라고 볼 수 있으며, 현재 우리나라에서는 많은 연구가 기대되는 분야라고 생각된다.

본 연구에서는 퍼지니스(Fuzziness)를 표현하는 퍼지 이론의 추론적 기법^{4,5)}을 수문량 예측에 적용하였다. 일반화 시키기 곤란한 수문량 예측분야에서 실측치를 근거로 한 퍼지변수의 전건부와 후건부 모수 설정 및 실험을 통한 시스템의 구현은 해석적 방법으로 해결되기 어려운 불확실성, 비연속성 등을 비교적 쉬운 현상 표현 기법을 이용하여 접근하는 것이라 할 수 있다.

본 저수율 퍼지 예측시스템 응용 연구에서는 저수지 수문량에 대하여 Mamdani⁶⁾가 최초의 응용에 사용한 방식의 추론법을 적용, 시뮬레이션을 통하여 퍼지변수의 소속함수(membership function)를 설정하여 예측 시스템을 설계·구현 하였다.

II. 저수율 퍼지 예측시스템 설계

퍼지 추론규칙은 저수지로의 유입수량(한국하천유입량공식: 梶山式 사용)과, 관개수량(Blaney & Criddle 공식을 사용)을 산출한 후 저수증감 영향정도를 감안한 간단한 수수지(Water-blance)를 실행하여 전건부 및 후건부 변수의 변화 규칙을 도출한 후 유형을 분석, 규칙(rules)으로 설정하였다. 퍼지 추론의 구조⁷⁾는 그림 1과 같다.

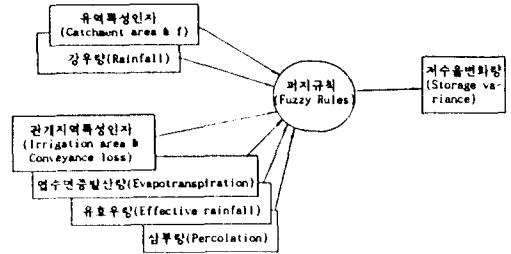


그림 1. 저수율 퍼지추론 구조

Fig. 1. Fuzzy inference structure about storage-rate.

1. 퍼지변수 및 모수 설정

저수율 또는 저수량의 변화를 일으키는 모멘트 증가(+) 및 감소(-) 요인의 두가지 인자를 분류하여 설정된 퍼지변수와 모수는 다음과 같다.

1) 전건부 변수

① 유입수량 관련 변수

x_1 : 유역특성인자(유역면적 및 유출계수: catchment area & f)

x_2 : 강우량(rainfall)

② 유출(관개)수량 관련 변수

x_3 : 관개지역특성인자(관개면적 및 수로손실: irrigation area & conveyance loss)

x_4 : 증발산량(evapotranspiration:작물소비수량)

x_5 : 유효우량(effective rainfall)

x_6 : 삼투량(percolation)

2) 후건부 변수

y : 저수증감량(reservoirs storage variance)

3) 소속함수(membership functions)

① 전건부

L_i : Low

H_i : High

② 후건부

NB : Negative Big

NM : Negative Medium

NS : Negative Small

Z : Zero

PS : Positive Small

PM : Positive Medium

PB : Positive Big

③ 소속함수의 설정(Membership functions Identification)

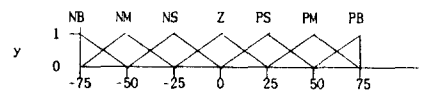
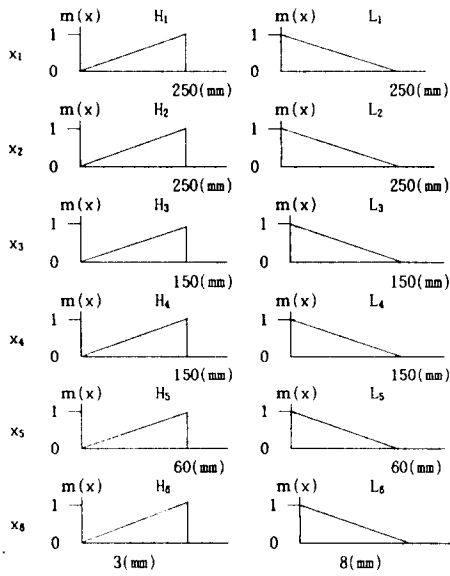


그림 2. 설정 소속함수

Fig. 2. Membership functions Identification.



2. 퍼지규칙의 설정

입출력 인자분석 결과에 따라서 positive moment 값을 증가시키는 유역특성인자와 negative moment 값을 증가시키는 관계특성인자를 고려하여 집합 관계 규칙으로 압축된 설정 규칙은 다음과 같다.

- R¹: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is L_5 and x_6 is H_6 then y is NB
- or
- R²: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is H_5 and x_6 is H_6 then y is NB
- or
- R³: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is L_5 and x_6 is L_6 then y is NM
- or
- R⁴: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is H_5 and x_6 is L_6 then y is NM
- or
- R⁵: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 , x_4 is L_4 , x_5 is L_5 and x_6 is H_6 then y is NS
- or
- R⁶: IF x_1 is L_1 , x_2 is H_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is L_5 and x_6 is L_6 then y is NS
- or
- R⁷: IF x_1 is L_1 , x_2 is H_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 , x_5 is L_5 and x_6 is H_6 then y is NS
- or
- R⁸: IF x_2 is L_2 , x_4 is L_4 , x_5 is L_5 and x_6 is L_6 then y is Z
- or
- R⁹: IF x_2 is L_2 , x_4 is L_4 , x_5 is H_5 and x_6 is L_6 then y is Z
- or
- R¹⁰: IF x_1 is L_1 , x_2 is L_2 , x_3 is H_3 and x_6 is H_6 then y is Z
- or
- R¹¹: IF x_2 is H_2 , x_3 is H_3 , x_4 is H_4 and x_6 is H_6 then y is Z
- or
- R¹²: IF x_1 is H_1 , x_2 is H_2 , x_3 is L_3 , x_4 is L_4 , x_5 is L_5 and x_6 is H_6 then y is PS

- or
- R¹³: IF x_1 is H_1 , x_2 is H_2 , x_3 is L_3 , x_4 is H_4 , x_5 is H_5 and x_6 is L_6 then y is PS
- or
- R¹⁴: IF x_1 is H_1 , x_2 is H_2 , x_3 is L_3 , x_4 is L_4 , x_5 is L_5 and x_6 is L_6 then y is PM
- or
- R¹⁵: IF x_1 is H_1 , x_2 is H_2 , x_3 is L_3 , x_4 is L_4 , x_5 is H_5 and x_6 is H_6 then y is PM
- or
- R¹⁶: IF x_1 is H_1 , x_2 is H_2 , x_3 is L_3 , x_4 is L_4 , x_5 is H_5 and x_6 is L_6 then y is PB

III. 실험 및 결과고찰

설계된 Fuzzy 응용 System의 퍼지변수 및 Rule 들을 사용하여 실측 저수율에 부합될 수 있는 추론시스템 구현을 위하여 후건부 모수와 전건부 변수 데이터를 조정해 가면서 실험을 수행 하였다.

1. 전건부(유역 및 관계지역) 변수의 설정

그림 3에서 전건부, 후건부간의 상호관계를 살펴보면, 유출에 영향을 미치는 유역인자 값이 클수록 positive moment 값은 증가하고 negative moment 값은 감소하게 된다. 반대로 관계지역 특성인자 값이 커지면 negative moment는 증가하고 positive moment는 감소한다. 이와같은 후건부 출력값의 변화량에 따라서 제인자 값을 조정하여, 실측 저수율 변동 유형과 비슷한 유형을 도출하면 그림 4와 같다.

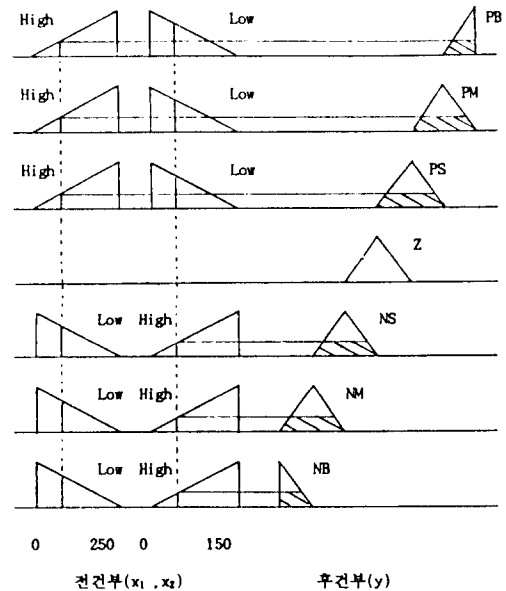


그림 3. 전건부와 후건부 변수의 관계
Fig. 3. Relationship between premise and consequent Fuzzy parameters.

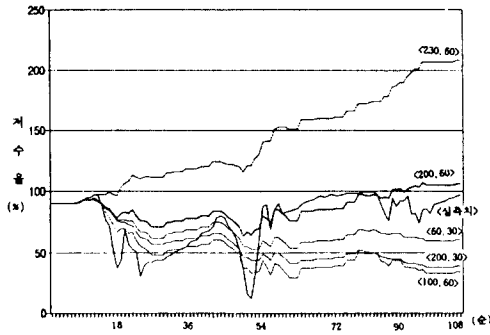


그림 4. 퍼지변수의 실험
Fig. 4. Simulated Fuzzy parameters.

2. 후건부 소속함수의 설정

설정된 퍼지 규칙(Fuzzy Rules)을 적용하고 후건부 소속함수를 그림 5와 같이 변화시키면서 결과값을 산정하면 그림 6과 같이 후건부 소속함수 값의 폭이 넓어질수록 상하로의 기복량이 크게 변화됨을 알 수 있으며, 그림 6에서 ⑤가 실측값과 가장 잘 접근되는 것으로 나타났다.

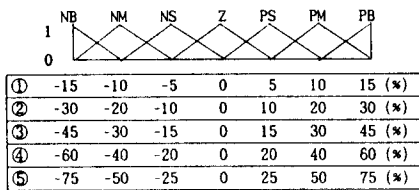


그림 5. 후건부 소속함수
Fig. 5. Consequent membership functions.

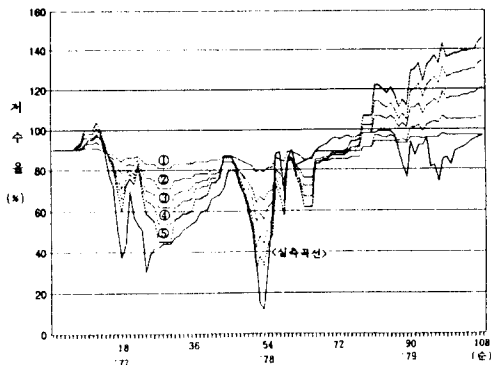


그림 6. 후건부 소속함수 실험결과
Fig. 6. Consequent membership functions simulation result.

3. 결과고찰

저수지 저수율 또는 저수량의 변화는 저수지로의 유입과 유출량에 절대적인 영향을 받게 되므로 관측이나 해석적 이론에 의한 유출입 인자 데이터 뿐만 아니라 관리적 측면인 한발시기의 관개수량 관리나 많은 양의 강우 발생시의 월류량 측정값 등이 인자 데이터로서 고려 되지 못한 점이 추론 결과에서도 최저점('77년 8월 하순,'78년 6월 중순)과 최상점 부근('79년)에서 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 시기별 저수지 저수율 변동곡선⁸⁾에 의하여 산출된 저수율과 비교하면 그림 7과 같다.



그림 7. 시기별 저수율 변동곡선식에 의한 방법과의 비교
Fig. 7. Compare with a method using time-rate storage change formula.

Mamdani의 추론방식에 의거 국내 관개용 저수지의 한발 및 가뭄 상황 판단을 위해 일정지역을 대상으로 한 저수율 변화 예측 결과는 비교적 실측 저수율 자료와 잘 일치 되었고, 저수율 또는 저수량이 낮은 시기와 높은 시기에는 다소 상이한 결과로 나타났다. 이와 같은 현상은 저수량의 관리적 측면의 인자가 작용됨에 따른 것으로 생각된다. 그러나 현 저수율을 예측의 시작 자료로 사용 한다면 편차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

VI. 결 론

국내 관개용 群貯水池⁹⁾의 저수량 또는 저수율 변화추이를 추론할 수 있는 퍼지 시스템 응용 설계를 위하여 수문학적 물순환 현상을 기초로 저수량의 변화 요인을 분석 하였고, mamdani의 추론방식에 의거 시스템을 구현한 후 예측결과를 분석하여 다음과

같은 결론을 얻게 되었다.

1. 관개기간 중의 퍼지추론 결과는 비교적 실측 저수율 자료와 잘 일치 되었고, 저수율 또는 저수량이 낮은 시기와 높은 시기에는 다소 상이한 결과로 나타났다. 이와 같은 현상은 저수량의 관리적 측면의 인자가 작용됨에 따른 것으로 판단된다.

2. 해석적 기법이나 수문 통계학적 방법에서 취급이 곤란한 애매정보 인자의 고려가 시도 됐다는 점에 그 의의를 찾을 수 있으며,

3. 향후 연구 방향으로서는 정확한 실측자료 수집을 바탕으로 모델링기법¹¹ 등을 이용한 퍼지변수 및 모수의 자동설정 등을 통하여 해석적인 방법으로 분석이 곤란한 애매한 인자의 고려가 실측자료를 중심으로 포함 되어질 수 있는 퍼지시스템의 응용을 들 수 있겠다.

參 考 文 獻

[1] 조원철, 심재현, "Fuzzy 이론의 수문학에서의 응용(I)", 한국수문학회지, 제25권 제1호, pp.59-63, 1992년 3월

[2] 조원철, 심재현, "Fuzzy 이론의 수문학에서의 응용(II)", 한국수문학회지, 제25권 제3호, pp.47-52, 1992년 9월

[3] 심재현, "유수지 배수펌프장의 적정운용을 위한

퍼지제어모형에 관한 연구", 연세대학교 대학원 토목공학과 박사논문, 1992년 12월

[4] 박민용, 최항식 역, "퍼지시스템의 응용입문", 대영사, 1990

[5] 박민용, 최항식 역, "퍼지제어 시스템", 대영사, 1990

[6] E. H. Mamdani, "Applications of fuzzy algorithms for control of a simple dynamic plant", Proc. IEEE, Vol.121, No.12, pp.1584-1588, 1974.

[7] TILGen User's Manual, Togai InfracLogic, Inc. Artificial Intelligence on A Chip, 1991.

[8] 박성우외, "農業用水開發試驗研究", 서울대 농업개발연구소, 농수산부, 농업진흥공사, pp.673-678, 1982

[9] 김현영, 정건배, 황철상, 정중호, "貯水管理 시스템 開發", 한국농공학회지, 제35권 제2호, pp.65-72, 1993

[10] 김현영, 정건배, 황철상, "貯水管理 시스템 開發(I)", 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1992

[11] 장영숙, "비선형 시스템의 모델링을 위한 퍼지 모델 알고리즘 설계", 연세대학교 산업대학원 전자계산 석사논문, 1991

著 者 紹 介



鄭 建 培(正會員)
 1957年 6月 8日生. 1979年 2月
 인하대학교 공과대학 토목공학과
 (공학사). 1979年 ~ 현재 농어촌
 진흥공사 근무. 1994年 2月 연세
 대학교 산업대학원 전자계산전공
 (공학석사). 주관심 분야는

FUZZY시스템 및 AI 등임.

朴 玟 用(正會員) 第 29卷 B編 第 3號 參照
 현재 연세대학교 공과대학 전자공
 학과 교수