

삼각 퍼지 소속 함수를 외력으로 가진 사랑 동력학에서의 비선형 해석

배 영 철

전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부

Nonlinear Analysis in Love Dynamics with Triangular Membership Function as External Force

Young-Chul Bae

Division of Electrical · Electronic Communication and Computer Engineering, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

[요 약]

최근에 카오스 이론을 사회과학의 한 분야의 사랑 모델에 적용하고자 하는 노력을 지속하고 있다. 로미오와 줄리엣으로 표현하는 미분 방정식에서 카오스 거동을 만들기 위해서 외력을 인가한다. 그러나 이 외력은 사람의 감정을 정확하게 표현하지 못하는 단점을 가진다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여, 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 외력을 사람의 말이나 행동에 가장 유사한 형태로 제공하기 위해 퍼지 소속 함수를 도입하고 이를 삼각 퍼지 소속 함수를 제시하였다. 또한 제시된 퍼지 소속 함수를 가진 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 카오스 거동을 확인하기 위하여, 시계열과 위상공간을 이용하였으며 이를 통하여 카오스 거동의 존재를 확인한다.

[Abstract]

Recently, we have been continued effort that chaotic theory apply into love model which is an area of social science. To make the chaotic behaviors in the differential equation that represent as Romeo and Juliet, we apply an external force to the differential equation. However, this external force have disadvantage that cannot exactly represent for emotion of human. In this paper, to solve these advantage, we introduce triangular fuzzy membership function to provide the external force that can describe most similar status for action and word of human in the love model of Romeo and Juliet. Also, to confirm the chaotic behaviors in the love model of Romeo and Juliet with proposed fuzzy membership function, we use time series and phase plane.

Key word Chaotic behavior, Love model, Romeo, Juliet, Nonlinear dynamics

색인어 : 카오스 거동, 사랑 모델, 로미오, 줄리엣, 비선형 거동

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.1.217>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 08 February 2017; **Revised** 21 February 2017

Accepted 25 February 2017

***Corresponding Author; Young-Chul Bae**

Tel: +82-61-659-7315

E-mail: yvbae@jnu.ac.kr

I. 서론

일반적으로 자연계는 무질서한 것처럼 보이고 비선형 시스템이라고 말한다. 비선형 시스템[1]은 선형 시스템에 비해 해석이 어려워 선형화하여 사용하여 사용해왔다. 최근 학자들은 이러한 무질서하게 보이는 것에도 일정한 패턴과 질서가 존재함을 밝혀내고 이를 카오스라고 명하였다.

혼돈이라고 불리는 카오스는 최근 40여년에 걸쳐 물리학, 수학, 화학, 생물학을 포함한 자연과학, 경제학, 정치학, 사회학, 심리학을 포함한 사회과학, 전자공학, 전기공학, 기계공학, 암호 등을 포함한 공학 등에서 많은 관심을 가지고 연구해왔다. 처음에는 자연과학에서 시작한 연구가 공학에서 활발하게 연구했으며 최근에는 사회과학 분야에서도 많은 관심의 대상이 되었다.

사회과학 분야에서는 처음에는 고전적으로 경제학 분야나 사회학 분야에서 주식 예측, 경제 성장 예측, 전염병 예측, 유행 예측 등에 카오스 이론을 적용하였으나 최근에는 심리학과 수학과 연계한 중독 모델, 사랑 모델에서의 카오스 이론을 적용하고자 하는 노력을 지속하고 있다.

최근의 카오스 분야의 사회학과 관련한 연구는 중에서 디지털 레저[2], 사이버 레저[3], 담배[4], 운동[5], 체육[6]를 포함한 중독 모델에 대한 연구에 수행되었다. 또한 심리학과 연계되어 사람의 행복과 갈등 문제를 다룬 행복 모델[7-10], 가족 모델[11-12], 사랑 모델[13-30]에 대한 연구도 진행되어 왔다.

사랑에 대한 명확한 정의를 내리는 일은 쉽지 않다. 각 학문 분야마다 정의가 다르며 사람마다 정의가 다르다. 이러한 환경에서도 사랑을 수학적으로 표현하고자 하는 노력을 영국의 유명한 소설 로미오와 줄리엣의 모델로부터 시작하였다. 로미오와 줄리엣의 사랑 방정식은 시간의 변화량에 대한 로미오와 줄리엣 자신의 마음 또는 사랑의 변화량으로 표현하는 선형 방정식[13]으로 표현한 것으로부터 시작하였다. 이후 비선형을 포함한 방정식[14]이 출현하였고, 로미오와 줄리엣의 사랑 미분 방정식에서 비선형적인 거동을 만들기 위하여 사람의 인식 또는 언어적인 표현을 반영한 주기적 외력을 포함한 다양한 외력 인가한 연구가 있었다[15-22]. 그러나 이들 외력은 사람의 감정을 정확하게 표현하지 못한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 외력이 사람의 감정을 정확하게 표현하지 못하는 단점을 해결하기 위하여, 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 외력을 사람의 말이나 행동에 가장 유사한 형태로 제공하기 위해 퍼지 소속 함수를 도입하고 이를 삼각 퍼지 소속 함수를 제시하였다. 또한 제시된 퍼지 소속 함수를 가진 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 카오스 거동을 확인하기 위하여, 시계열과 위상공간을 이용하였으며 이를 통하여 카오스 거동의 존재를 확인한다.

II. 사랑 방정식

사랑 방정식은 기본 사랑 방정식, 변형 사랑 방정식, 확장 사랑 방정식으로 구분할 수 있다.

2-1 기본 사랑 방정식

최초의 기본적인 사랑 방정식은 1차 미분방정식으로 로미오와 줄리엣의 사랑의 형태로 Strogatz[13-14], Sprout[10]에 의해 식(1)과 식(2)과 같이 제시되었다.

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ \tag{1}$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR + dJ \tag{2}$$

여기서 a, c는 로미오와 관련된 파라미터 b, d는 줄리엣과 관련된 파라미터이다.

식(1)과 식(2)은 각각 로미오와 줄리엣에서의 사랑의 시간적 변화를 나타낸다. 로미오의 사랑의 시간적 변화는 로미오 자신이 가지고 있는 사랑과 줄리엣으로부터 오는 사랑의 합에 의해 결정되며, 줄리엣의 사랑의 시간적 변화는 로미오와 반대로 줄리엣 자신이 가지고 있는 사랑과 로미오로부터 오는 사랑의 합에 의해 결정된다.

2-2 변형 사랑 방정식

식(1)과 식(2)의 기본적인 사랑방정식으로는 사랑이라는 복잡한 형태를 수학적으로 표현할 수 없기 때문에 식(1)과 식(2)에 변형된 사랑 방정식이 Sprout[10]에 의해 식(3)과 식(4)과 같이 제시되었다.

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ(1 - |J|) \tag{3}$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR(1 - |R|) + dJ \tag{4}$$

식(3)의 $bJ(1 - |J|)$ 항과 식(4)의 $cR(1 - |R|)$ 항은 로지스틱 맵과 동일한 형태를 나타내어 비선형적인 거동이 있을 것으로 예상된다.

2-3 확장 사랑 방정식

식(3)과 식(4)로부터 비선형적인 거동을 찾기 어렵기 때문에 식(5)과 식(6), 식(7)과 식(8) 또는 식(9)과 식(10)과 같은 확장 방정식이 제시되었다[18-20].

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ(1 - |J|) + x(t) \quad (5)$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR(1 - |R|) + dJ \quad (6)$$

여기서 $x(t)$ 는 로미오에 영향을 줄 수 있는 외부입력으로서 부모, 친척, 친구로부터의 조언 등의 말이나 행동을 나타낸다. 식(5)과 식(6)은 로미오에게만 외부입력이 있다는 가정을 나타낸 것이다.

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ(1 - |J|) \quad (7)$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR(1 - |R|) + dJ + y(t) \quad (8)$$

여기서 $y(t)$ 는 줄리엣에 영향을 줄 수 있는 외부입력으로서 부모, 친척, 친구로부터의 조언 등의 말이나 행동을 나타낸다. 식(7)과 식(8)은 줄리엣에게만 외부입력이 있다는 가정을 나타낸 것이다.

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ(1 - |J|) + x(t) \quad (9)$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR(1 - |R|) + dJ + y(t) \quad (10)$$

여기서 $x(t), y(t)$ 는 로미오와 줄리엣 각각에 영향을 줄 수 있는 외부입력으로서 부모, 친척, 친구로부터의 조언 등의 말이나 행동을 나타낸다. 식(9)과 식(10)은 로미오와 줄리엣 각각의 외부입력이 있다는 가정을 나타낸 것이며 현실적으로는 가장 적합한 표현으로 보인다.

III. 외력을 가진 확장 사랑 방정식에서의 비선형 거동 해석

본 논문에서는 식(9)-식(10)의 확장된 로미오와 줄리엣의 사랑 방정식을 가지고 외부에서 가해지는 입력을 사람의 인식 또는 생각의 표현 등에 가장 근접한 형태로 제시하기 위해 퍼지 소속 함수를 이용하여 구성한다. 퍼지 소속 함수는 많은 종류가 있으나 본 논문에서는 $x(t)$ 을 삼각 퍼지 소속 함수를 이용하여 외부 입력을 표현하고, $y(t) = 0$ 로 하여 로미오에게만 외부 영향력이 들어오고 줄리엣에는 영향력이 없는 것으로 가정하여 로미오와 줄리엣의 사랑의 변화를 시계열과 위상공간을 통하여 알아본다.

3-1 삼각 퍼지 소속 함수

삼각 퍼지 소속 함수는 식(11)과 같이 표현된다.

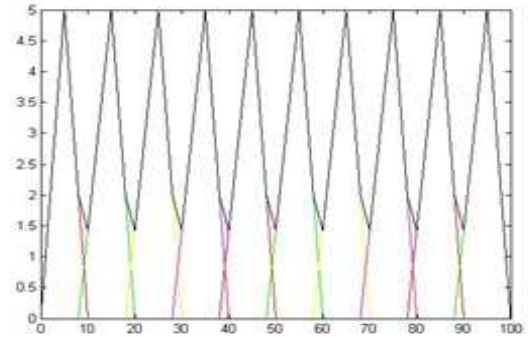


그림 1. 외부 힘으로 사용하는 삼각 퍼지 소속 함수
Fig. 1. Triangular fuzzy membership function using external force

$$Triangular(x; m, n, p) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ \frac{x-m}{n-m}, & m \leq x \leq n \\ \frac{p-x}{p-m}, & n \leq x \leq p \\ 0, & p \leq x \end{cases} \quad (11)$$

여기서 $(m, n, p) = ([0, 5, 10], [8, 15, 20], [18, 25, 30], [18, 25, 40], [38, 45, 50], [48, 55, 60], [58, 65, 70], [68, 75, 80], [78, 85, 90], [88, 95, 100])$ 로 정하고 식(12)과 같이 계산하면 그림 1을 얻을 수 있다.

$$x(t) = \sum Triangular(x; m, n, p) \quad (12)$$

3-2 비선형 거동 해석

본 논문에서는 식(5)과 식(6)에서 외부 힘을 식(12)의 삼각 퍼지 소속 함수로 정하고, 식(5)과 식(6)에서 로미오의 파라미터를 $a = -2, b = -2$ 인 은둔형(hermit) 상태, 줄리엣의 파라미터를 $d = 1$ 로 정하고 c 값을 1에서 11까지 변화시켜 정열적인(eager beaver) 상태에서 카오스 현상을 확인하기 위하여 파라미터 변화에 의한 시계열과 위상 공간을 알아본다.

1) $c = 1$ 일 때

$c = 1$ 인 정열적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 사랑의 시간 변화량인 시계열과 이들 시간 변화량을 각각 x축과 y축으로 놓고 그린 위상 공간을 그림 2와 그림 3에 각각 나타내었다.

그림 2에서 시간의 변화량인 시계열을 보면 로미오와 줄리엣의 사랑에 대한 시간의 변화량이 서로 다를 수 있다. 이는 부모, 친척, 친구 등으로부터의 외부 조건이 로미오에게만

있고 줄리엣에게는 없기 때문에 판단된다. 로미오에게 영향을 준 외부 힘은 초기에는 영향을 미치지 않지만 이후 일정한 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다. 줄리엣의 경우도 로미오로부터 영향을 받고 초기에는 마음의 변화에 영향을 받지만 이후 일정한 패턴을 가지고 있음을 또한 알 수 있다.

그림 3의 로미오와 줄리엣의 위상 공간은 로미오의 시계열을 x축에 줄리엣의 시계열을 y축으로 잡고 그린 것으로 약간의 어트랙터를 구성하다가 (2.8, 2.3) 좌표 부근에서 고정점으로 향하고 있음을 알 수 있다.

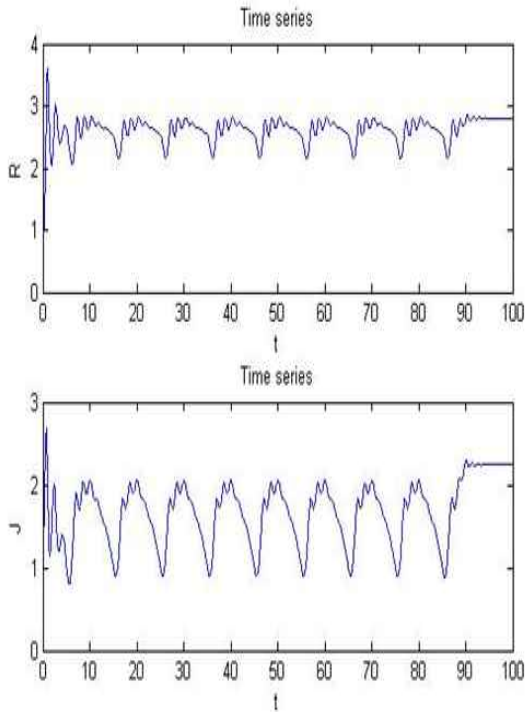


그림 2. $c=1$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
 Fig. 2. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=1$

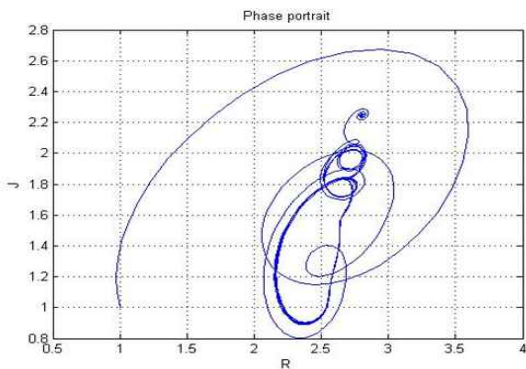


그림 3. $c=1$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
 Fig. 3. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=1$

2) $c=3$ 일 때

$c=3$ 인 정렬적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 시계열과 위상 공간을 그림 4와 그림 5에 각각 나타내었다. 파라미터가 c 가 1에서 3으로 변화하면 로미오와 줄리엣의 사랑의 변화량인 시계열이 다른 형태로 변화하며 보다 커 카오스적인 모습을 지님을 알 수 있다. 위상 공간에서도 더 복잡한 어트랙터를 보여 줌을 알 수 있다.

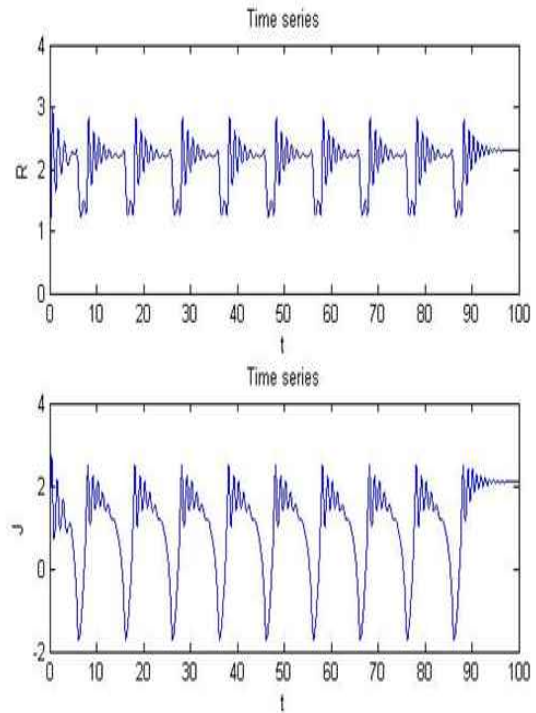


그림 4. $c=3$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
 Fig. 4. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=3$

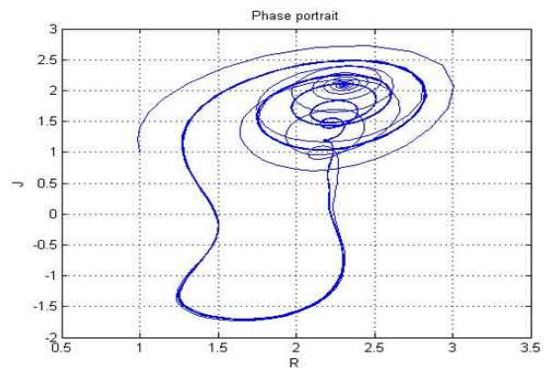


그림 5. $c=3$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
 Fig. 5. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=3$

3) $c=5$ 일 때

$c=5$ 인 정렬적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 시계열과 위상 공간을 그림 6과 그림 7에 각각 나타내었다. $c=5$ 일 때

는 $c = 3$ 일 때와 유사한 패턴을 보임을 알 수 있다.

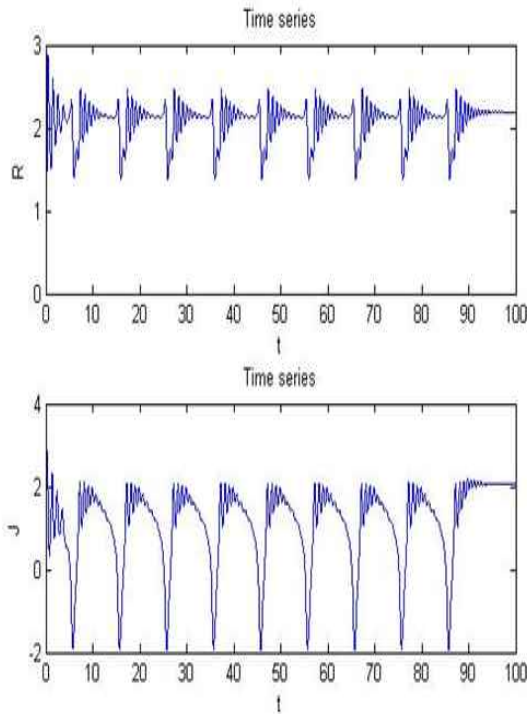


그림 6. $c = 5$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
Fig. 6. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c = 5$

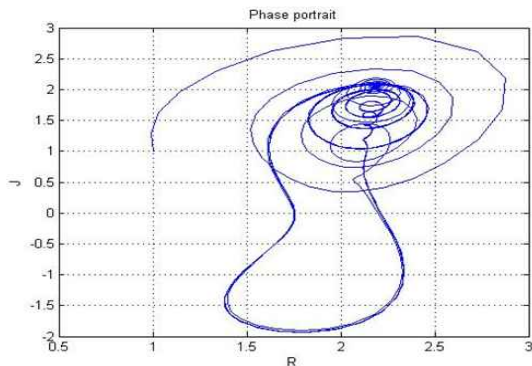


그림 7. $c = 5$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
Fig. 7. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c = 5$

4) $c = 7$ 일 때

$c = 7$ 인 정렬적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 시계열과 위상 공간을 그림 8과 그림 9에 각각 나타내었다. $c = 7$ 일 때는 $c = 5$ 일 때와 유사한 패턴을 보임을 알 수 있다.

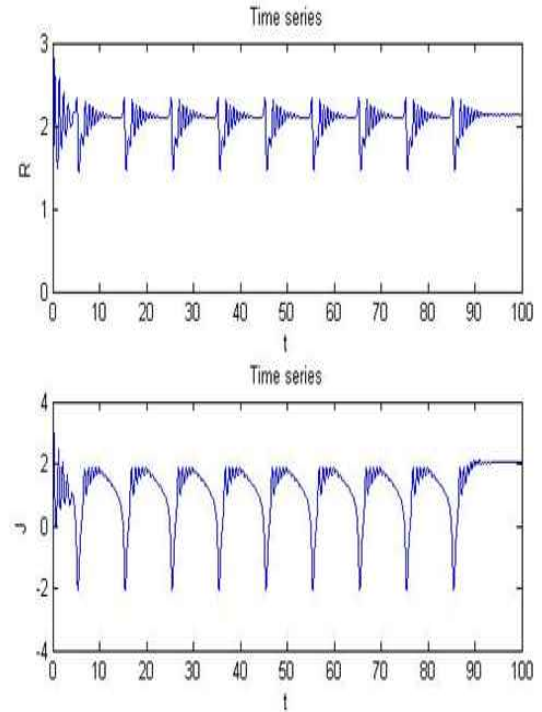


그림 8. $c = 7$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
Fig. 8. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c = 7$

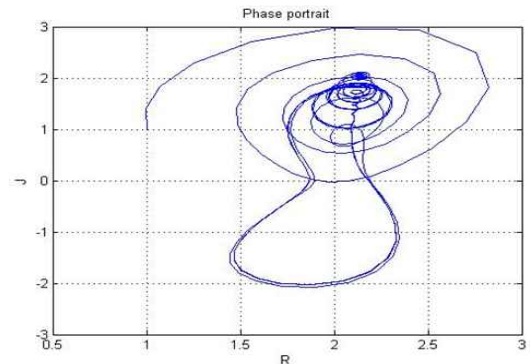


그림 9. $c = 7$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
Fig. 9. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c = 7$

5) $c = 9$ 일 때

$c = 9$ 인 정렬적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 시계열과 위상 공간을 그림 10, 그림 11에 각각 나타내었다. $c = 9$ 일 때는 $c = 7$ 일 때와 거의 유사한 패턴을 보임을 알 수 있다.

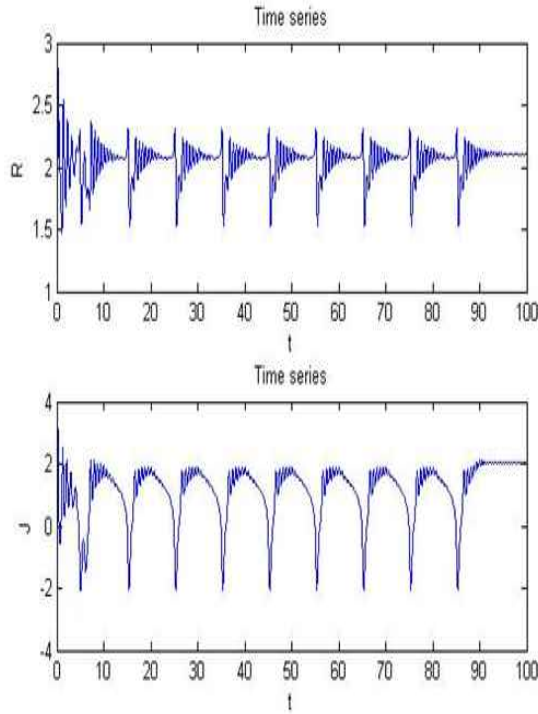


그림 10. $c=9$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
Fig. 10. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=9$

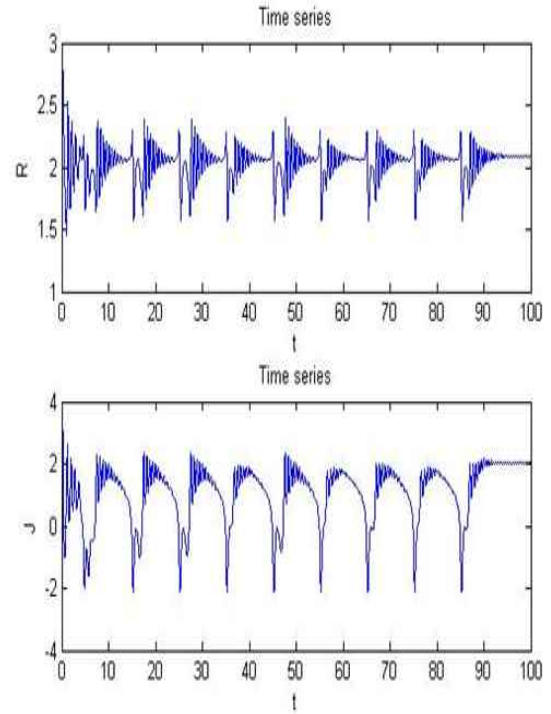


그림 12. $c=11$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 시계열
Fig. 12. Time series of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=11$

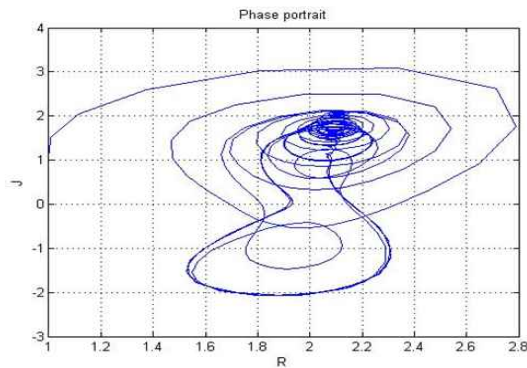


그림 11. $c=9$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
Fig. 11. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=9$

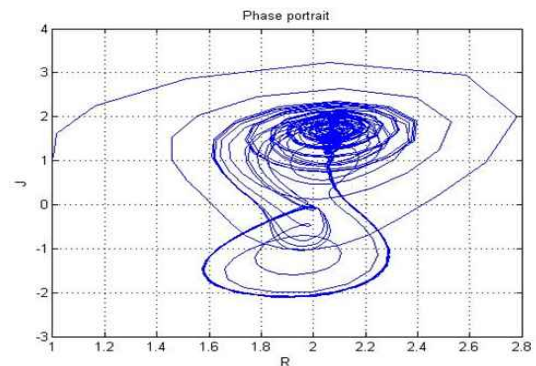


그림 13. $c=11$ 일 때 로미오(상)와 줄리엣(하)의 위상공간
Fig. 13. Phase plane of Romeo(top) and Juliet(bottom) when $c=11$

6) $c = 11$ 일 때

$c = 11$ 인 정열적인 상태에서의 로미오와 줄리엣의 시계열과 위상 공간을 그림 12와 그림 13에 각각 나타내었다. $c = 11$ 일 때는 $c = 9$ 일 때와 거의 유사한 패턴을 보이나 위상 공간 상 부분에서 보다 복잡한 패턴을 가지고 있음 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 외력이 사람의 감정을 정확하게 표현하지 못하는 단점을 해결하기 위하여, 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 외력을 사람의 말이나 행동에 가장 유사한 형태로 표현하는 방법을 제공하였다. 이를 위해 퍼지 소속 함수를 도입하고 퍼지 소속 함수 중에서 삼각 퍼지 소속 함수를 제시하였다. 또한 제

시된 퍼지 소속 함수를 가진 로미오와 줄리엣의 사랑모델에서 카오스 거동을 확인하기 위하여, 시계열과 위상공간을 이용하였으며 이를 통하여 카오스 거동의 존재를 확인하였으며, 로미오가 은둔형 사랑을 줄리엣이 정열적인 사랑을 한다고 가정할 경우 파라미터 값에 따라 카오스 거동이 나타남을 확인할 수 있었다. 이러한 카오스 거동의 의미는 로미오와 줄리엣 사이에 사랑의 형태가 복잡성을 가진다는 의미이다. 앞으로 심리학과 연계된 연구가 필요하다고 본다.

참고문헌

- [1] I. K. Park and W. B. Lee, "The Skeletonization of 2-Dimensional Image for Fuzzy Mathematical Morphology using Defuzzification," J. of Digital content society Vol. 9, No.1, Feb. pp. 53-60, 2008.
- [2] Y. C. Bae, "Chaotic phenomena in addiction model for digital leisure," Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 13, No. 4, pp. 291-297, 2013.
- [3] M. M. Kim and Y. C. Bae, "Mathematical modeling and chaotic behavior analysis of cyber addiction," J. of Korean Institute of Intelligent System, Vol. 24, No. 3, pp. 245-250, 2014.
- [4] Y. C. Bae, "Chaotic dynamics in tobacco's addiction model," Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 14, No. 4, pp. 322-331, 2014.
- [5] Y. C. Bae, "Mathematical modeling and behavior analysis of addiction of physical exercise," J. of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 24, No. 6, pp. 615-621, 2014.
- [6] S. H. Kim, S. K. Choi, Y. C. Bae, and Y. Park, "Mathematical modeling of happiness and its Nonlinear analysis," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 9, No. 6, pp. 711-717, 2013.
- [7] M. M. Kim, "Analysis of Nonlinear Behavior in Idea of Physical Exercise with Unification of Mind and Body," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 11, No. 6, pp. 645-651, 2016.
- [8] J. C. Sprott, "Dynamical models of happiness," Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences, Vol. 9, No. 1, pp. 23-34, 2005.
- [9] Y. C. Bae, "Synchronization of dynamical happiness model," Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 14, No. 2, pp. 91-97, 2014.
- [10] J. C. Sprott, "Dynamics of love and happiness," Chaos and Complex Systems Seminar, Madison WI, Feb. 2001.
- [11] L. Hyang and Y. C. Bae, "Analysis of nonlinear dynamics in family model", J. of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, No. 4, pp. 313-318, 2015.
- [12] L. Hyang and Y. C. Bae, "Analysis of nonlinear dynamics in family model including parent-in law", J. of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 26, No. 1, pp. 37-43, 2016.
- [13] S. H. Strogatz, "Love affairs and differential equations," Math. Mag. Vol. 61, p.35, 1988.
- [14] S. H. Strogatz, Nonlinear dynamics and chaos: with application to physics, biology, chemistry and engineering, Addison-Wesley, Reading MA, 1994.
- [15] S. H. Kim, Y. W. Shon and Y. C. Bae, "Mathematical modeling of love and its nonlinear analysis," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 9, No. 11, pp. 1297-1303, 2014.
- [16] Y. C. Bae, "Behavior analysis of dynamic love model with time delay," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 10, no. 2, pp. 253-260, 2015.
- [17] Y. C. Bae, "Modified mathematical modeling of love and its behavior analysis," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 9, No. 12, pp. 1441-1446, 2014.
- [18] L. Hyang and Y. C. Bae, "Behavior analysis in love model of Romeo and Juliet with time delay", J. of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, No. 2, pp. 155-160, 2015.
- [19] L. Hyang and Y. C. Bae, "Comparative behavior analysis in love model with same and different time delay", J. of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, No. 3, pp. 210-216, 2015.
- [20] Y. C. Bae, "Nonlinear behavior in love model with discontinuous external force," Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 64-71, 2016.
- [21] Y. C. Bae, "Chaotic behavior in dynamic love model with different external force," Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 15, No. 4, pp. 283-288, 2015.
- [22] Y. W. Shon, J. K. Lee and Y. Bae, "Behavior Analysis in Love Model with applying Conscious and Nonconscious," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 11, No. 5, pp. 523-529, 2016.
- [23] L. Hyang S. S. Hwang and Y. C. Bae, "Chaotic Behavior in Model with a Gaussian Function as External Force" Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 64-71, 2016.
- [24] S. Rinaldi, "Laura and Patriarch: an intriguing case of cyclical love dynamics", SIAM. J. Appl. Math., Vol. 58, 1998. pp. 1205-1221.
- [25] C. Cresswell, Mathematics and Sex, Griffin Press, Sydney,

South Australia, 2003.

- [26] J. Wauer, D. Schwarzer, G.Q. Cai, and Y.K. Lin, "Dynamical models of love with time-varying fluctuations," *Applies mathematics and Computation*, Vol.188, pp. 1535-1548, 2007.
- [27] S. Rinaldi, "Love dynamics: The case of linear couples" *Applies mathematics and Computation*, Vol. 95, pp. 181-192, 1998.
- [28] X. Liao and J. Ran, "Hopf bifurcation in love dynamical models with nonlinear couples and time delays," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 31, pp. 853-865, 2007.
- [29] W. M. Ahmad and R. E-Khazali, "Fractional-order dynamical model of love," *Chaos, Solitons and Fractals*, Vol. 33, pp. 1367-1375, 2007.
- [30] W. L. Ahmad and K. Chen, "Chaotic behavior in a new fractional-order love triangle system with competition," *J. applied analysis and computation*, Vol.5, No.1, Feb. pp. 103-113, 2015.



배영철(Young-Chul Bae)

1984년 광운대학교 전기공학과 (공학사)
1986년 광운대학교대학원 전기공학과 (공학석사)
1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사
1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원
1997년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부 교수
2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수
2011년~2011년 University of Utah 방문교수