김일성종합대학학보 (자연과학) 주체103(2014)년 제60권 제10호
JOURNAL OF KIM IL SUNG UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Vol. 60 No. 10 JUCHE103(2014).

1입력1출력 조종대상의 동특성예측규칙작성과 신경망을 리용한 동특성예측모형에 대한 한가지 연구

장충일, 장철, 최은철

선행연구에서는 고장진단문제와 비선형대상의 모형화를 비롯한 복잡한 여러 문제들에 신경망[1]이나 모호규칙[2]을 적용하여 좋은 결과들은 얻었지만 대상의 동특성변화에 대한 평가에 확신도와 랴뿌노브함수를 적용하기 위한 방법은 고찰하지 못하였다.

일반적인 모호규칙은 다음과 같다.[1]

$$\mathrm{R_i}: \text{if } (x_1 \text{ is } A_{i1}) \text{ and } \cdots \text{ and } (x_k \; is \; A_{ik}) \text{ and } \cdots \text{ and } (x_n \text{ is } A_{in})$$
$$\text{then } (y_1 \text{ is } a_{i1}) \text{ and } \cdots \text{ and } (y_k \text{ is } a_{ik}) \text{ and } \cdots \text{ and } (y_p \text{ is } a_{ip})$$

여기서 $x_k(k=\overline{1,\ n})$는 $i\,(i=\overline{1,\ m})$번째 모호규칙전제부의 입력변수, A_{ik}는 $i\,(i=\overline{1,\ m})$번째 모호규칙에서 $x_k(k=\overline{1,\ n})$에 해당한 모호모임, $y_k(k=\overline{1,\ p})$는 i번째 모호규칙결론부의 출력변수, a_{ik}는 i번째 모호규칙에서 $y_k(k=\overline{1,\ p})$에 해당한 상수이다.

매개의 모호규칙에서 모호성원함수들을 가우스함수로 정의하고 $i\,(i=\overline{1,\ m})$번째 모호규칙의 발화세기(즉 적합도)와 추론결과를 계산하면 이러한 모호규칙의 류형에 RBF신경망을 충분히 대응시킬수 있다.

이때 신경망의 중간층세포수는 모호규칙의 개수 m개이고 신경망의 출력층세포수는 규칙의 결론부에서 결과의 개수 p개로 된다.

론문에서는 1입력1출력 조종대상의 동특성변화에 대한 예측상태를 확신도와 랴뿌노브함수의 변화를 리용하여 규칙으로 간단히 표현하는 방법과 신경망을 리용하여 동특성의 변화에 대한 예측모형을 결정하는 한가지 리론적방법을 고찰한다.

1. 1입력1출력 조종대상인 경우에 동특성예측을 위한 규칙작성

어떤 시각의 동특성상태와 그 변화에 영향을 주는 인자들로는 이전 시각의 조종 및 동특성상태와 그 변화를 반영한 인자들이다.

동특성예측규칙을 작성하기 위한 이러한 인자들로 규칙전제부의 변수모임으로는 설정값과 대상출력과의 오차 e와 그 변화, 조종작용 u와 그 변화, 랴뿌노브함수 V의 변화를 리용한 모임 $X=\{x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4,\ x_5\}$로 표시하고 규칙결론부의 변수모임으로는 예측할 시각의 랴뿌노브함수의 변화와 변화에 대한 확신도를 속성값으로 가지는 모임 $Y=\{y_1,\ y_2\}$로 표시하면 일반적인 예측규칙을 다음과 같이 작성할수 있다.

$$\mathrm{R}: \text{if } \ x_1=\mu_1 \text{ and } \cdots \text{ and } x_5=\mu_5 \quad \text{then } \ y_1=a_1 \text{ and } y_2=a_2$$

여기서 R는 규칙, x_k는 변수, μ_k는 규칙에서 x_k에 해당한 속성함수값, a_j는 규칙에서 동

특성변화에 대한 예측상태를 표현한 결론 $y_j,\ j=\overline{1,\ 2}$에 대한 속성함수값이다.

이때 랴뿌노브함수를 $V=e^2/2$로 표시하면 규칙결론부의 첫번째 변수의 속성값에 따라 예측할 t시각에 랴뿌노브함수의 변화가 $\dot{V}_t=e\cdot\dot{e}<0$이면 $a_1<0$으로서 동특성은 좋은 방향으로 변화되고 $\dot{V}_t=e\cdot\dot{e}>0$ 이면 $a_1>0$ 으로서 동특성변화는 나쁜 방향으로 변화되며 $\dot{V}_t=e\cdot\dot{e}=0,\ e\neq 0$ 이면 $a_1=0$으로서 동특성변화가 없다고 결론할수 있다.

따라서 일반적인 예측규칙을 전시각의 랴뿌노브함수의 변화에 따라 다음과 같은 3개의 규칙으로 세분한다.

$$x_5<0\Rightarrow R_1,\ x_5>0\Rightarrow R_2,\ |x_5|<\varepsilon\Rightarrow R_3(\varepsilon\text{은 매우 작은 정수})$$

$$\mathrm{R}_1:\text{if}\ \ x_1=\mu_{11}\ \text{and}\ \cdots\ \text{and}\ x_5=\mu_{15}\ \ \text{then}\ \ y_1=a_1\ \text{and}\ \ y_2=a_2$$
$$\mathrm{R}_2:\text{if}\ \ x_1=\mu_{21}\ \text{and}\ \cdots\ \text{and}\ x_5=\mu_{25}\ \ \text{then}\ \ y_1=a_1\ \text{and}\ \ y_2=a_2$$
$$\mathrm{R}_3:\text{if}\ \ x_1=\mu_{31}\ \text{and}\ \cdots\ \text{and}\ x_5=\mu_{35}\ \ \text{then}\ \ y_1=a_1\ \text{and}\ \ y_2=a_2$$

규칙전제부에서 매개 변수의 속성함수값은 1보다 작은 량으로 정규화하여 다음과 같이 선정한다.

$$\mu_{11}=1-\frac{|e|}{e_{\max}},\ \ \mu_{12}=1-\frac{|\dot{e}|}{\dot{e}_{\max}},\ \ \mu_{13}=\frac{u}{u_{\max}},\ \ \mu_{14}=\frac{\dot{u}}{\dot{u}_{\max}},\ \ \mu_{15}=\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{\max}}$$
$$\mu_{21}=\frac{|e|}{e_{\max}},\ \ \mu_{22}=\frac{|\dot{e}|}{\dot{e}_{\max}},\ \ \mu_{23}=\frac{u}{u_{\max}},\ \ \mu_{24}=\frac{\dot{u}}{\dot{u}_{\max}},\ \ \mu_{25}=\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{\max}}$$
$$\mu_{31}=1-\frac{|e|}{e_{\max}},\ \ \mu_{32}=1-\frac{|\dot{e}|}{\dot{e}_{\max}},\ \ \mu_{33}=\frac{u}{u_{\max}},\ \ \mu_{34}=\frac{\dot{u}}{\dot{u}_{\max}},\ \ \mu_{35}=\frac{\dot{V}}{\dot{V}_{\max}}$$

규칙결론부에서 매개 변수의 속성함수값은 예측하려는 시각 t에서의 랴뿌노브함수의 변화 $\dot{V}_t$와 오차 e_t, 그 변화 $\dot{e}_t$에 대한 속성함수 $\tilde{\mu}_i(i=\overline{1,\ 2})$로 계산한 확신도 CF로 다음과 같이 선정한다.

$$a_1=\frac{\dot{V}_t}{\dot{V}_{\max}}<0\ \Rightarrow\ a_2=\mathrm{CF}=\frac{1}{2}\cdot(\tilde{\mu}_1+\tilde{\mu}_2),\ \tilde{\mu}_1=1-\frac{|e_t|}{e_{\max}},\ \tilde{\mu}_2=1-\frac{|\dot{e}_t|}{\dot{e}_{\max}}$$
$$a_1=\frac{\dot{V}_t}{\dot{V}_{\max}}>0\ \Rightarrow\ a_2=\mathrm{CF}=\frac{1}{2}\cdot(\tilde{\mu}_1+\tilde{\mu}_2),\ \tilde{\mu}_1=\frac{|e_t|}{e_{\max}},\ \tilde{\mu}_2=\frac{|\dot{e}_t|}{\dot{e}_{\max}}$$
$$a_1=\left|\frac{\dot{V}_t}{\dot{V}_{\max}}\right|<\varepsilon\ \Rightarrow\ a_2=\mathrm{CF}=(\tilde{\mu}_1+\tilde{\mu}_2-\tilde{\mu}_1\cdot\tilde{\mu}_2),\ \tilde{\mu}_1=1-\frac{|e_t|}{e_{\max}},\ \tilde{\mu}_2=1-\frac{|\dot{e}_t|}{\dot{e}_{\max}}$$

우의 첫 식과 두번째 식은 확신도 CF가 커짐에 따라 대상의 동특성이 어떤 상태로부터 어떻게 변화되는가 하는 예측상태를 표현하며 세번째 식은 $\tilde{\mu}_1\approx 0,\ \tilde{\mu}_2\neq 0$이면 평형점근방에서 $\dot{e}$의 크기로 동특성이 변화되고 $\tilde{\mu}_1\neq 0,\ \tilde{\mu}_2\approx 0$이면 e의 크기를 가진 극점근방에서 동특성이 변화되며 $\tilde{\mu}_1\approx 0,\ \tilde{\mu}_2\approx 0$ 이면 평형점근방에서 동특성은 안정상태에 있다는것을 보여준다.

이러한 규칙은 매개 변수들의 변화구간을 여러개의 모호모임으로 분할하지 않고 전체적으로 고찰할수 있게 하여 규칙을 간소화하며 결론부에서 랴뿌노브함수의 변화값과 오차 그리고 그 변화의 확신도를 동시에 해석함으로써 동특성변화예측의 정확성을 높일수 있게 한다.

이러한 연구방법은 전시각의 동특성과 조종작용의 변화로부터 앞으로의 동특성의 변화를 정량화하여 예측하는 방법론을 주기때문에 희망하는 동특성을 얻자면 전시각의 동특성에 기초하여 조종기를 어떻게 설계해야 하는가 하는 방법을 제안하게 하지만 이 론문에서는 조종기설계방법에 대하여서는 론의하지 않고 동특성변화에 대한 예측문제만 제안하였다.

2. 동특성예측을 위한 신경망구성과 모의결과분석

예측을 위한 규칙과 등가인 신경망을 입력세포가 5개, 중간층세포수가 8개이고 출력세포가 2개인 3층정결합신경망으로 매개 규칙에 해당되게 3개로 구성하고(3개의 신경망이 아니라 1개의 신경망으로 대신할수도 있다.) 매개 신경망에서 중간층의 전달함수는 시그모이드함수로, 출력층의 전달함수는 선형함수로 한다.

이때 2차관성대상이라고 가정한 미지인 수학적모형에 대하여 모의실험을 진행한다. 모의실험자료를 얻기 위하여

$$G(s)=\frac{k(b_1 s+b_2)}{s^2+\zeta\omega s+\omega^2}$$

의 모형에서 입력으로 외란을 표현하는 $u(i)=(1+0.1\cdot \mathrm{Rand}(1,1))\times\sin(0.5\cdot i)$를 주어 500개의 표본자료를 얻은 다음 그중의 표본자료 350개로는 신경망을 학습시키고 150개의 자료로는 검증을 진행하였다.

다음의 그라프는 150개의 자료에 대한 예측검증결과이다.(그림)

그림에서 점선은 현시각보다 한걸음 앞선 시각의 대상의 동특성이며 실선은 학습된 신경망을 리용한 그 동특성을 예측한 값이다. 그림의 t_1시각에 a_1값은 $\dot{V}/\dot{V}_{\max}=-0.17$이고 a_2값은 CF=0.76이므로 대상의 동특성이 목표점에로 0.76의 확신도로 도달하며 t_2시각에는 a_1값이 $\dot{V}/\dot{V}_{\max}=0.49$이고 a_2값이 CF=0.48이므로 대상의 동특성이 목표점으로부터 멀어지는것으로 예측할수 있다.

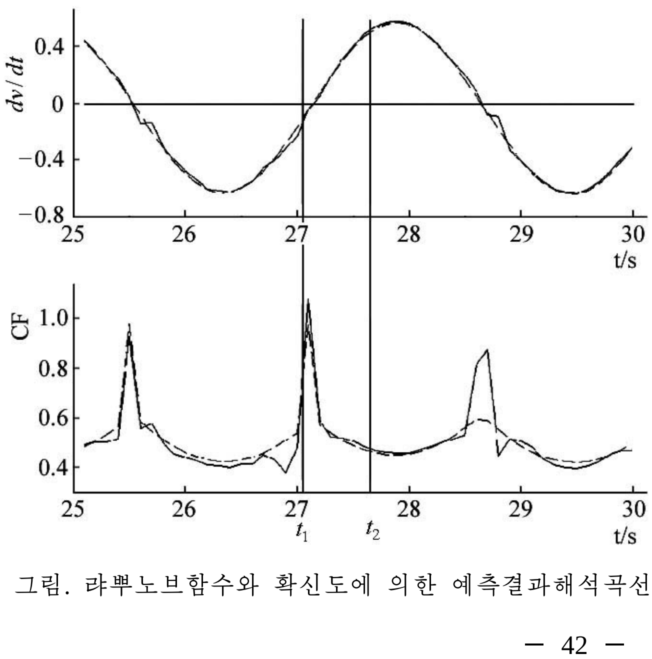

그림. 랴뿌노브함수와 확신도에 의한 예측결과해석곡선

모의결과 대상의 동특성은 목표점에로 다가갈수록 확신도값이 1로 가며 목표점으로부터 멀어질수록 확신도값이 0으로 간다. 또한 외란으로 대상의 입력에 우연수를 넣어 불확정성을 만들어준 경우에도 대상의 동특성에 대한 예측을 비교적 정확하게 한다는것을 확증하였다.

맺 는 말

대상의 동특성변화에 대한 예측상태를 확신도와 랴뿌노브함수의 변화를 리용하여 규칙으로 간단히 표현하는 방법과 신경망을 리용하여 동특성의 변화에 대한 예측모형을 결정하는 한가지 방법을 제기하고 모의실험을 통하여 그 효과성을 확증하였다.

참 고 문 헌

[1] 림재범; 전기자동화, 2, 48, 주체101(2012).

[2] Ying-Jun et al.; Proccedings of the 6th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 19, 2007.

주체103(2014)년 6월 5일 원고접수

A Study of Making Dynamic Characteristics Estimation Rule of SISO Control Plant and Dynamic Characteristics Estimation Model by NN

Jang Chung Il, *Jang Chol* and *Choe Un Chol*

In advanced study good results have got by using NN or fuzzy rules to complex problem; fault diagnosis problem, nonlinear plant modeling, etc.

But the study for applying the confidence and Lyapunov function in estimating the dynamic characteristics change of object is not enough.

In this paper we propose a estimation model of dynamic characteristics change of SISO control plant using Lyapunov function and confidence(CF).

Key words: confidence, Lyapunov function