دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

طراحی یک سیستم کنترلی ANFIS با آموزش Memetic برای حذف ارتعاشات یک تیر با استفاده از پیزوالکتریک به عنوان سنسور و کار انداز

از:

رضا آزادیان

استاد راهنما:

دکتر احمد باقری

استاد مشاور:

دکتر علی چائی بخش لنگرودی

بهمن **۹۲**

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گروه مهندسی مکانیک

طراحی یک سیستم کنترلی ANFIS با آموزش Memetic برای حذف ارتعاشات یک تیر با استفاده از پیزوالکتریک به عنوان سنسور و کار انداز

از:

رضا آزادیان

استاد راهنما:

دکتر احمد باقری

استاد مشاور:

دکتر علی چائی بخش لنگرودی

بهمن **۹۲**

تقدیم به خانواده عزیزم

که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگی‌ام، مدیون حضور سبز آنهاست.

باشد که بتوانم گوشه‌ای از زحماتشان را جبران نمایم.

با سپاس و تشکر فراوان از اساتید محترم و فرهیخته و کلیه عزیزانی که در انجام این پایان‌نامه راهنما و راهگشای نگارنده بوده‌اند.

فهرست مطالب

چکیده فارسی..... ی

چکیده انگلیسی..... ک

۱ فصل اول- مقدمه ۱

۱-۱ ارتعاشات سازه..... ۲

۱-۲ الگوریتم ممتیک..... ۳

۱-۳ ANFIS ۴

۱-۴ معرفی پایان‌نامه..... ۷

۱-۵ مروری برکارهای انجام گرفته ۸

۲فصل دوم- مواد پیزوالکتریک..... ۱۲

۲-۱ مواد هوشمند..... ۱۳

۲-۲ مواد پیزوالکتریک..... ۱۳

۲-۳ روابط اساسی موادپیزوالکتریک..... ۱۵

۲-۴ حسگرهای پیزوالکتریک..... ۱۶

۲-۵ عملگرهای پیزوالکتریک..... ۱۶

۲-۶ حالات مختلف حسگری و عملگری المان‌های پیزوالکتریک..... ۱۸

۲-۷ روابط پیزوالکتریک لایه‌ای..... ۲۰

۳ فصل سوم- مدل‌سازی و حل معادلات تیر مجهز به لایه‌های پیزوالکتریک..... ۲۲

۳-۱مقدمه..... ۲۳

۳-۲ اصل همیلتون..... ۲۳

۳-۳ مدل ریاضی تیر..... ۲۴

۳-۴ مدلسازی اجزاء محدود تیر و لایه های پیزوالکتریک..... ۲۵

۳-۵ صحه‌گذاری مدل..... ۳۱

۳-۶ صحه‌گذاری مدل با درنظرگرفتن لایه‌های پیزوالکتریک..... ۳۶

۳-۷ حل معادلات حرکت تیر..... ۳۶

۴ فصل چهارم- الگوریتم های تکاملی ژنتیک و ممتیک..... ۴۰

۴-۱ مقدمه ۴۱
۴-۲ تاریخچه ای مختصری از الگوریتم ژنتیک ۴۱
۴-۳ مفاهیم الگوریتم ژنتیک ۴۲
۴-۴ اجزای الگوریتم‌های تکاملی ۴۳
۴-۴-۱ جمعیت آغازین ۴۴
۴-۴-۲ تابع شایستگی / ارزیابی ۴۴
۴-۴-۳ انتخاب ۴۵
۴-۴-۴ ترکیب ۴۶
۴-۴-۵ جهش ۴۷
۴-۴-۶ جایگزینی وانتخاب نسل جدید ۴۸
۴-۴-۷ همگرایی وشرط توقف الگوریتم ۴۸
۴-۵ پیاده‌سازی درکامپیوتر ۴۸
۴-۶ الگوریتم ممتیک ۵۰
۴-۷ جستجوی محلی وجستجوی مبتنی بر جمعیت ۵۱
۴-۸ ترکیب الگوریتم‌های تکاملی وجستجوی محلی ۵۳
۴-۹ تکامل فرهنگی ۵۴
۴-۱۰ الگوریتم‌های جستجوی مستقیم ۵۷
۴-۱۰-۱ الگوریتم نلدر-مید ۵۸
۴-۱۰-۲ الگوریتم جستجوی چند جهته ۵۸
۴-۱۰-۳ الگوریتم هوک-جیوس ۶۰
۵ فصل پنجم-سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) ۶۲
۵-۱ مقدمه ۶۳
۵-۲ مجموعه‌های قطعی و فازی ۶۴
۵-۲-۱ متغیرهای زبانی ۶۵
۵-۲-۲ توابع عضویت ۶۵
۵-۳ سیستم استنتاج فازی ۶۶

۵-۳-۱ مدل فازی سوگنو..... ۶۷
۵-۴ سیستم استنتاج فازی–شبکه عصبی–تطبیقی..... ۶۹
۵-۵ ساختار ANFIS..... ۶۹
۶ فصل ششم- کنترل ارتعاشات تیر توسط کنترلر ANFIS با آموزش الگوریتم های ژنتیک و ممتیک..... ۷۳
۶- ۱سیستم کنترلی ANFIS..... ۷۴
۶-۱-۱ ساختار سیستم کنترلی..... ۷۴
۶-۲ کنترل ارتعاشات تیر با استفاده از ANFIS با آموزش روش ژنتیک..... ۷۷
۶-۲-۱ تیر یک سرگیردار تحت بار متمرکز اولیه..... ۷۷
۶-۲-۲ تیر یک سرگیردار تحت بار گسترده اولیه..... ۸۰
۶-۲-۳ تیر یک سرگیردار تحت بار هارمونیک..... ۸۳
۶-۳ کنترل ارتعاشات تیر با استفاده از ANFIS با آموزش روش ممتیک..... ۸۷
۶-۳-۱ الگوریتم ممتیک..... ۸۷
۶-۳-۲ تیر یک سرگیردار تحت بار متمرکز اولیه..... ۸۹
۶-۳-۳ تیر یک سرگیردار تحت بار گسترده اولیه..... ۹۳
۶-۳-۴ تیر یک سرگیردار تحت بار هارمونیک..... ۹۶
۷ فصل هفتم- نتیجه گیری..... ۱۰۱
۷-۱ نتایج حاصل ازمدلسازی تیر..... ۱۰۲
۷-۲ نتایج حاصل ازکنترل ارتعاشات تیر..... ۱۰۲
۷-۲ پیشنهادات..... ۱۰۵
مراجع..... ۱۰۶

فهرست جداول

جدول ۳-۱ ابعاد و مشخصات فیزیکی به کار رفته در مدلسازی مجموعه تیر و مواد پیزوالکتریک..... ۳۲
جدول ۳-۲ مقادیر ۱۰ فرکانس طبیعی اول مجموعه تیر و پیزوالکتریک..... ۳۲
جدول ۳-۳ مقادیر ویژه برای یک تیر یک سرگیردار..... ۳۳
جدول ۳-۴ فرکانس های طبیعی تیر با استفاده از رابطه ریاضی(۳-۴۲)..... ۳۳
جدول۳-۵ فرکانس های طبیعی برای تیر با استفاده از روش اجزاء محدود..... ۳۴
جدول ۳-۶ مشخصات مکانیکی مواد..... ۳۶
جدول۳-۷ جابجایی نقاط مختلف تیر بای مورف..... ۳۶
جدول ۶-۱ مقایسه شاخص‌های سیستم در بارگذاری متمرکز تیر..... ۹۲
جدول ۶-۲ مقایسه شاخص‌های سیستم در بارگذاری گسترده تیر..... ۹۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: عملگر بای‌مورف[۳۷] ۱۷
شکل ۲-۲: مد تحریک صفحه‌ای[۳۷] ۱۹
شکل ۲-۳: مد تحریک برشی[۳۸] ۲۰
شکل ۳-۱: تیر یکسر گیردار به همراه لایه های پیزوالکتریک ۲۶
شکل ۳-۲: المان تیر به همراه لایه های پیزوالکتریک ۲۶
شکل ۳-۳: مقایسه فرکانس های طبیعی با در نظر گرفتن ۱۰ المان برای تیر ۳۵
شکل ۳-۴: مقایسه فرکانس های طبیعی با در نظر گرفتن ۲۰ المان بار ی تیر ۳۵
شکل ۳-۵: پاسخ دینامیکی سازه نسبت به بار ثابت ۰.۵ نیوتن در انتهای آزاد آن ۳۸
شکل ۳-۶: پاسخ دینامیکی سازه به نیروی هارمونیک با دامنه ۰.۵ نیوتن و با فرکانس طبیعی ۵۴ هرتز ۳۸
شکل ۳-۷: پاسخ دینامیکی سازه به نیروی هارمونیک با دامنه ۰.۵ نیوتن و با فرکانس طبیعی اول سازه (۷۳.۶۱۳۸ هرتز) ۳۹
شکل ۴-۱: ترکیب تک نقطه‌ای ۶۴
شکل ۴-۲: یک الگوریتم جستجوی محلی [۵۴] ۵۲
شکل ۴-۳: ساختارکروموزوم درالگوریتم‌های ممتیک بالدوینی ۵۳
شکل ۴-۴: گونه‌ای ازالگوریتم ممتیک ۵۶
شکل ۴-۵: جستجوی محلی تکراری ۵۷
شکل ۴-۶: شبه کدروش نلدر-مید [۷۱] ۵۹
شکل ۴-۷: شبه کدروش جستجوی چندجهته [۷۱] ۶۰
شکل ۵-۱: توابع عضویت مثلثی، ذوزنقه‌ای، گوسی و ناقوس شکل [۷۶] ۶۶
شکل ۵-۲: بلوک دیاگرام یک سیستم استنتاج فازی [۷۶] ۶۷
شکل ۵-۳: سیستم استنتاج فازی سوگنو [۷۶] ۶۸
شکل ۵-۴: معماری ANFIS معادل شکل۵-۳ [۷۶] ۷۰
شکل ۵-۵: معماری ANFIS برای مدل فازی سوگنوی ۲ ورودی و ۹ قاعده فازی[۷۶] ۷۲
شکل ۶-۱: ساختار سیستم کنترلی ۷۴
شکل ۶-۲: معماری ANFIS برای مدل Sugeno ۷۵

شکل ۶-۳: طراحی کنترلر ANFIS با استفاده از MA ۷۷
شکل ۶-۴: هندسه تیر یک سر گیردار ۷۷
شکل ۶-۵: جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری متمرکز ۷۸
شکل ۶-۶: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری متمرکز ۷۹
شکل ۶-۷: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر ۷۹
شکل ۶-۸: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در بارگذاری متمرکز ۸۰
شکل ۶-۹: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر ۸۰
شکل ۶-۱۰: جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری گسترده ۸۰
شکل ۶-۱۱: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری متمرکز ۸۰
شکل ۶-۱۲: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر ۸۲
شکل ۶-۱۳: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در بارگذاری گسترده ۸۲
شکل ۶-۱۴: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر ۸۲
شکل ۶-۱۵: جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز ۸۳
شکل ۶-۱۶: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز ۸۳
شکل ۶-۱۷: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر ۸۴
شکل ۶-۱۸: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز ۸۴
شکل ۶-۱۹: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر ۸۴
شکل ۶-۲۰: جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز ۸۵
شکل ۶-۲۱: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز ۸۵
شکل ۶-۲۲: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر ۸۶
شکل ۶-۲۳: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک در بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز ۸۶
شکل۶-۲۴: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر ۸۶
شکل ۶-۲۵:جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری متمرکز ۹۰
شکل ۶-۲۶: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری متمرکز ۹۰
شکل ۶-۲۷: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر ۹۱
شکل ۶-۲۸: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ممتیک در بارگذاری متمرکز ۹۱

شکل ۶-۲۹: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر..... ۹۱
شکل ۶-۳۰: جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری گسترده..... ۹۳
شکل ۶-۳۱: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری گسترده..... ۹۴
شکل ۶-۳۲: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر..... ۹۴
شکل ۶-۳۳: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ممتیک در بارگذاری گسترده..... ۹۵
شکل ۶-۳۴: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر..... ۹۵
شکل۶ -۳۵:جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز..... ۹۷
شکل ۶-۳۶: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس۱۰۰ هرتز..... ۹۷
شکل ۶-۳۷: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر..... ۹۸
شکل ۶-۳۸: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ممتیک در بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۱۰۰ هرتز..... ۹۸
شکل ۶-۳۹: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر..... ۹۸
شکل۶-۴۰:جابجایی انتهای آزاد تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز..... ۹۹
شکل ۶-۴۱: جابجایی وسط تیر در اثر بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز..... ۹۹
شکل ۶-۴۲: پتانسیل الکتریکی لایه حسگر..... ۱۰۰
شکل ۶-۴۳: توابع عضویت بدست آمده توسط الگوریتم ممتیک در بارگذاری هارمونیک با فرکانس ۷۳.۳۱ هرتز..... ۱۰۰
شکل ۶-۴۴: سیگنال کنترلی اعمالی به لایه عملگر..... ۱۰۰

چکیده

طراحی یک سیستم کنترلی ANFIS با آموزش Memetic برای حذف ارتعاشات یک تیر با استفاده از پیزوالکتریک به عنوان سنسور و کارانداز

رضا آزادیان

در این پایان‌نامه، به کنترل ارتعاشات تیر توسط حسگرها و عملگرهای پیزوالکتریک پرداخته شده است. معادلات حاکم بر تیر با استفاده از اصل همیلتون و روابط ساختاری پیزوالکتریک بدست می‌آید. برای مدل‌سازی تیر از روش اجزاء محدوداستفاده شده است. به منظور مدل نمودن میدان جابجایی و کرنش تیر، تئوری تیر اویلر برنولی بکار گرفته شده است. برای صحه‌گذاری مدل ساخته شده به روش اجزاء محدود، فرکانس‌های طبیعی تیربا استفاده از فرمول ریاضی و روش اجزاء محدود محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه شده و تطابق بسیار خوبی مشاهده شده است.پس از صحه‌گذاری مدل، جهت حل معادلات دینامیکی تیر، از روش نیومارک استفاده شده است. به منظور کنترل ارتعاشات تیر از کنترلر ANFIS استفاده می‌شود. شبکه ANFIS نوعی شبکه‌ی تطبیقی است که از لحاظ عملکرد با سیستم استنتاج فازی معادل است و به کمک مجموعه‌ای از داده‌های ورودی و خروجی، یک سیستم استنتاج فازی را ایجاد می‌کند.در این پروژه از الگوریتم های ژنتیک و ممتیک برای آموزش ANFIS استفاده شده است. سیستم استنتاجی فازی- شبکه عصبی- تطبیقی بکار گرفته شده از استنتاج سوگنو درجه یک بهره می‌برد. الگوریتم ممتیک نوعی الگوریتم تکاملی می‌باشد که برای بهینه‌سازی یک مسئله، از روش ترکیب جستجوهای محلی با دیگر الگوریتم‌های تکاملی بهره می‌برد و منجر به دستیابی به پاسخ‌های بهتر می‌گردد. در ابتدا کنترلر ANFIS با الگوریتم ژنتیک آموزش داده شده و به کنترل ارتعاشات تیر یک سرگیردار پرداخته شده است ؛ سپس به منظور بهبود کارایی سیستم کنترلی در کنترل مناسب ارتعاشات تیر، روش ممتیک، بکار گرفته شده است. با مقایسه نتایج حاصل از روش ژنتیک با نتایج حاصل از روش ممتیک، کاهش زمان نشست و فراجهش دامنه ارتعاشات تیر، مشاهده شده و برتری روش ممتیک نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: ارتعاشات تیر؛ پیزوالکتریک؛ممتیک؛ کنترلر ANFIS

Abstract

Design of an ANFIS Control System Using Memetic Method to Suppressing Vibration on a Beam With Distributed Piezoelectric as Actuator and Sensor

Reza Azadian

In this thesis, vibration control of a beam, with piezoelectric actuators and sensors, is investigated. Governing equations of beam is derived by use of piezoelectric constitutive equations and Hamilton's principle. For modeling of the beam, From the finite element method is used. In order to model displacement and strain field of beam, Euler Bernoulli beam theory is used. To validate the model the finite element method, beam natural frequencies using mathematical formulas and FEM calculated and compared, and good agreement is observed. After verification of the proposed method, Newmark method is used to solve system of the dynamical equations of the beam. ANFIS controller is applied to control vibrations of the beam. ANFIS network is a class of adaptive networks that is functionally equivalent to Fuzzy Inference Systems and it produces a Fuzzy Inference System by a set of input and output data. In this study, Memetic and Genetic Algorithms is used to train the ANFIS. Used Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System utilizes first-degree Sugeno. Memetic Algorithm is a class of evolutionary algorithms. It uses a combination of local searches with other evolutionary algorithms and leads to better responses in an optimization problem. First, ANFIS controller is trained With genetic algorithm and to vibrations control of cantilever beam has been; then Memetic method is used to enhance efficiency of control system in controlling beam vibrations. Comparison of Genetic method results with Memetic method results shows noticeable reduction in settling time and overshoot which indicates superiority of Memetic method.

Keywords: BeamVibration; Piezoelectric; Memetic; ANFIS Controller.

فصل اول

مقدمه

فصل اول- مقدمه

۱-۱ ارتعاشات سازه

یکی از ملاحظات مهم در طراحی سازه‌ها، تحلیل ارتعاشات سازه و کنترل آن می‌باشد. سازه‌های مختلف در شرایط کاری، بدلیل وجود منابع اغتشاش، نیروهای دینامیکی و بارهای نوسانی، دچار ارتعاشات ناخواسته و نامطلوب می‌گردند. ارتعاشات بوجود آمده علاوه بر ایجاد آلودگی‌های صوتی، سبب آسیب‌های مختلف نظیر رشد ترک، خستگی و ناپایداری سازه می‌شوند. از این‌رو نحوه کنترل و فرونشاندن ارتعاشات، یکی از مسائل مهم در طراحی سازه‌ها می‌باشد. با استفاده از سیستم‌های کنترل غیرفعال و یا سیستم‌های کنترل فعال، می‌توان ارتعاشات بوجود آمده در سازه را کاهش داده و کنترل نمود. در سیستم‌های کنترل غیر فعال، ارتعاشات سازه، با بکارگیری المان‌هایی که مقادیر سفتی، میرایی و جرم سیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهند، کنترل می‌شود. با توجه به اینکه سیستم‌های کنترل غیر فعال، در شرایط محیطی ثابتی کار می‌کنند و همچنین باعث افزایش وزن و تغییر در طراحی سازه می‌شوند، در کنترل ارتعاشات سازه‌هایی نظیر تیر، صفحه و پوسته، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

امروزه برای کنترل فعال ارتعاشات سازه‌ها، از سیستم‌های کنترل فعال استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها با استفاده از حسگرهای ساخته شده از مواد هوشمند، پاسخ سازه اندازه‌گیری شده و پس از پردازش توسط سیستم کنترلی، دستور کنترلی مناسب برای استهلاک ارتعاشات به عملگرهای ساخته شده از این مواد ارسال می‌شود.

سازه‌های هوشمند، سازه‌هایی هستند که تغییرات محیطی را دریافت کرده و با استفاده از بازخوردهای سیستم، این تغییرات را تصحیح می‌کنند. در میان انواع مواد هوشمند، مواد پیزوالکتریک به جهت ویژگی‌های مطلوب و منحصر بفردی که دارند، مورد توجه خاص قرار گرفته‌اند. ویژگی کوپلینگ الکترومکانیکی سرامیک‌های پیزوالکتریک و قابلیت کاربرد به شکل ورق‌های نازک، پیزوالکتریک را برای استفاده در کنترل سازه‌ها به عنوان حسگر یا عملگر، مناسب ساخته است. با استفاده از خاصیت و اثر مستقیم پیزوالکتریک در حسگرها، می‌توان تغییر شکل‌های مکانیکی را به وسیله‌ی اندازه‌گیری پتانسیل الکتریکی ایجاده شده، اندازه‌گیری نمود؛ همچنین با بکارگیری خاصیت معکوس پیزوالکتریک و با اعمال پتانسیل الکتریکی مناسب، جابجایی و کرنش سازه‌ها، قابل کنترل خواهد بود. با استفاده از حسگرها و عملگرهای پیزوالکتریک و سازه‌هایی چون تیر، صفحه و پوسته، امکان دستیابی به سازه‌هایی با ویژگی‌هایی مطلوب نظیر وزن کم، سفتی و سختی بالا که قابلیت نظارت و خود اصلاحی را دارند وجود دارد. این مواد معمولاً بصورت لایه‌هایی که بر روی سطوح تیر، ورق یا پوسته‌ها چسبانده می‌شوند، برای کنترل و استهلاک

ارتعاشات، کنترل کمانش، کنترل شکل مدها و ارزیابی آسیب سازه‌ها استفاده می‌شوند. در طراحی و تحلیل تیر، صفحه و یا پوسته‌های هوشمند ملاحظات مختلفی همچون نوع و تعداد حسگرها و عملگرها و موقعیت آنها، گسسته‌سازی مدل پیوسته برای تحلیل و نوع کنترل‌کننده مورد استفاده در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه طراحی سازه‌های هوشمند و کارآمد، یکی از چالش‌های مهم پیش روی مهندسین سازه و کنترل می‌باشد، در این تحقیق به این مبحث پرداخته می‌شود.

۱-۲ الگوریتم ممتیک

الگوریتم‌های تکاملی یک روش بهینه‌سازی تکراری و تصادفی هستند. آن‌ها را می‌توان به یک فرآیند تکامل تدریجی بر روی دسته‌ای از جمعیت‌ها به منظور دستیابی به بهترین پاسخ ممکن برای یک مسئله بهینه‌سازی، تشبیه کرد. الگوریتم ممتیک گونه‌ی خاصی از الگوریتم‌های تکاملی است که ساختاری پیچیده از ترکیب عوامل ساده و الگوهای رفتاری دارد. فعل و انفعالات تکاملی در الگوریتم ممتیک توانایی حل هوشمند یک مسئله را به آن می‌دهد. با توجه به نظریه‌ی فلسفی ریچارد داوکینز[1] [۱] فرهنگ بشری به بخش‌های کوچکی بنام مِم قابل تجزیه است. در داخل یک جامعه انسانی برخی از الگوهای رفتاری مناسب و جالب نیستند و در یک دوره کوتاه از زمان جایگاه خود را در جامعه از دست می‌دهند. برخی از الگوهای رفتاری دیگرکه تاحدی خوب و قوی هستند مانند یک اپیدمی، در کل جامعه انتشار می‌یابند. مم‌ها می‌توانند تحت تاثیر اصلاحاتی و بوسیله ترکیب با یکدیگر منجر به تولید مم‌های جدید شوند که از مم‌های قبلی قوی‌تر و مقاوم‌ترند. زیست شناسان ژن را واحد انتقال خصوصیات فیزیولوژیکی از والدین به فرزندان می‌دانند (مانند: رنگ چشم، رنگ مو و غیره)، روانشناسان نیز مم[2] را واحد انتقال خصوصیات فرهنگی یا رفتاری از والدین به فرزندان می‌دانند (مانند: تندخویی، سنت‌گرایی و غیره). بر اساس نظریه روانشناسان فردی که در یک خانواده بی‌سواد متولد می‌شود لزومی ندارد که تا آخر عمر بی‌سواد باقی بماند و می‌تواند با کسب مهارت‌ها از محیط اطرافش ترقی پیدا کند و میزان شایستگی خود را در یک نسل با تقلید ارتقا بخشد [۲]. حال آنکه زیست‌شناسان ژن‌های کروموزوم را از لحظه تولد تا مرگ ثابت و بدون تغییر می‌دانند. تحقیقات زیادی پیرامون حل مسائل از طریق روش ممتیک صورت پذیرفته است که پابلو موسکاتو[3] در عرصه‌ی استفاده از روش ممتیک در حل مسائل گسسته و کلاسیک بهینه‌سازی یکی از پیشتازان می‌باشد. او برای اولین بار در سال

[1] Richard Dawkins

[2] Meme

[3] Pablo Moscato

۱۹۸۹ الگوریتم ممتیک را پیشنهاد داد، الگوریتمی که علاوه بر الگوریتم‌های تکاملی نیازمند ترکیب با روش‌های جستجوی محلی نیز می‌باشد و بر پایه تکامل فرهنگی بنا شده است[۳].

الگوریتم های ممتیک دارای کارایی و کیفیت بالاتری نسبت به الگوریتم های تکاملی استاندارد دیگر از جمله ژنتیک بوده و در واقع نسخه‌ی ارتقاء یافته یا هیبریدی الگوریتم های تکاملی هستند. دلیل قوت و برتری این الگوریتم ها نسبت به دیگر الگوریتم-های تکاملی، استفاده از دانش و جزئیات مربوط به حل مسئله مانند ساختار پاسخ‌ها و مکان‌های احتمالی پاسخ‌های بهینه است. الگوریتم هایی مانند ژنتیک فرآیندی برای جستجوی نا آگاهانه، تصادفی و هدفمند در فضای مسئله هستند. اما الگوریتم ممتیک این جستجو را به صورت تقریبا آگاهانه به انجام می‌رساند.

الگوریتم‌های تکاملی مرسوم مانند ژنتیک که امروزه مورداستفاده وسیعی قرار می‌گیرند دارای نقاط ضعفی هستند. این الگوریتم-های تکاملی در گام‌های اولیه‌ی اجرای الگوریتم ناحیه‌هایی از فضای حالت مسئله که بهینه‌های سراسری و محلی در آن واقع شده-اند را بخوبی شناسایی می‌کنند اما در ادامه مسیرشان به سمت بهینه سراسری بسیار کند عمل می‌کنند [۴ و ۵]. دومین مشکل عمده این الگوریتم‌ها از قبیل الگوریتم ژنتیک عدم پایداری آن‌ها در رسیدن به جواب یکسان در اجراهای متعدد می‌باشد [۶]، با استفاده از الگوریتم ممتیک می‌توان این نقاط ضعف را تا حد زیادی برطرف کرد.

ANFIS ۳-۱

محاسبات نرم روشی ابتکاری در راستای ایجاد سیستم های هوشمند است که امروزه به شدت مورد توجه مجامع علمی قرار گرفته است. انتظار ما از این سیستم‌ها این است که دارای توانایی مناسبی جهت کسب یک تخصص خاص در دامنه‌ی مشخصی بوده، خودشان را با محیط تطبیق داده و یاد بگیرند چطور با تغییرات محیط سازگار شوند. در نهایت در تقابل با محیط اطراف تصمیم خاصی را اتخاذ کرده و عمل مشخصی را انجام دهند. مدل‌سازی سیستم ها بر پایه روش‌های مرسوم ریاضیاتی همچون معادلات دیفرانسیل برای مدل کردن سیستم‌های نامعین و نامشخص چندان مناسب نیست. در طرف مقابل یک سیستم استنتاج فازی که از قواعد فازی بهره می‌برد می‌تواند دانش و استدلال بشری را بدون استفاده از تجزیه و تحلیل دقیق ریاضی مدل کند. تاکاگی[1] و سوگنو[2] برای اولین بار این مدل‌سازی فازی را ابداع نمودند [۷]. ANFIS یک شبکه تطبیقی بر اساس سیستم‌های فازی تاکاگی-سوگنو[3] است که از ترکیب روش‌های شبکه عصبی و فازی تشکیل شده است. اگر این دو روش هوشمند با هم ترکیب شوند

[1] Takagi

[2] Sugeno

[3] Takagi-Sugeno

استدلال‌های خوبی در کیفیت و کمیت بدست می‌آیند. همچنین این شبکه چند لایه، یک سیستم فازی می‌باشد کـه از متغیرهـای ورودی و خروجی، توابع عضویت، قواعد فازی و روش استنتاج تشـکیل شـده اسـت. بـرای تعلـیم دادن آن از روش‌هـای گونـاگونی استفاده می‌شود، متداولترین آن‌ها الگوریتم هیبریدی است که پارامترهای مقدم[1] و موخر[2] را بترتیب از روش‌های پس‌انتشار خطـا و حداقل مجذورات به دست می‌آورد [۸]. برای آموزش شبکه‌های ANFIS، بیشتر از روش آموزش بر پایه گرادیان اسـتفاده مـی‌شـود که نیازمند محاسبه گرادیان در هر گام است. بدلیل استفاده از قاعده زنجیره‌ای در این روش‌ها ممکن اسـت مینـیمم محلـی ایجـاد گردد. در روش‌های گرادیانی همگرایی پارامترها به آهستگی رخ می‌دهد و به مقدار اولیـه پارامترهـا بسـتگی دارد. همچنـین یـافتن بهترین نرخ یادگیری مشکل است. اما در روش آموزش با الگوریتم‌های تکاملی می‌توان پارامترها را سریع‌تر و آسـان‌تـر آمـوزش داد [۹]. ایده اصلی در پشت استفاده از الگوریتم ممتیک در تعلیم دادن سیسـتم اسـتنتاجی فـازی– شـبکه عصـبی– تطبیقـی امکـان استفاده از ویژگی این نوع الگوریتم‌ها است، ویژگی‌هایی از جمله: آموزش دادن مستقل از سـاختار شـبکه، کـاهش پیچیـدگی‌هـای آموزشی و بی‌نیاز بودن از محاسبه مشتق توابع.

۱-۴ معرفی پایان نامه

هدف از انجام این پایان‌نامه کنترل ارتعاشات یک تیر یک سرگیردار توسط الگوریتم ممتیک[3] و یک سیستم اسـتنتاجی فـازی– شبکه عصبی– تطبیقی[4] است که الگوریتم ممتیک وظیفه‌ی تعلیم دادن این سیستم را بر عهده دارد. این الگوریتم برای بهینه‌سازی سیستم‌های استاتیکی و دینامیکی مناسب می‌باشد و از آن برای استهلاک ارتعاشات تیر همراه با سیستم کنترلی ANFIS اسـتفاده شده است. همچنین کنترلر ANFIS پیشنهادی، توسط الگوریتم ژنتیک نیز تعلیم داده شده اسـت و نتـایج حاصـل از آن بـا نتـایج حاصل از تعلیم کنترلر توسط الگوریتم ممتیک مقایسه شده است. جنبه نو بودن اسـتفاده از الگـوریتم ممتیـک در تعلـیم سیسـتم کنترل ANFIS برای کنترل ارتعاشات تیر از نقاط قوت پژوهش حاضر است که می‌توان آن را در پروژه‌هـا و پایـان‌نامـه‌هـای بعـدی دنبال کرد.

---

[1] Antecedent

[2] Consequent

[3] Memetic Algorithm

[4] Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

در این فصل پس از مقدمه‌ای کوتاه درباره موضوع مورد نظر، به طبقه‌بندی کارهای انجام گرفته در این زمینه پرداختـه شـده و تاریخچه‌ای کوتاه از فعالیت‌های محققین در حوزه سازه‌های هوشمند ارائه شده است. در فصـل دوم پـس از معرفـی برخـی از مـواد هوشمند، به بررسی و تشریح مواد پیزوالکتریک و روابط ساختاری این مواد پرداخته شده و روابط مربوط به حسـگرها و عملگرهـای پیزوالکتریک تبیین شده است. در فصل سوم این پایان‌نامه به مدل‌سازی تیر مجهز به لایه‌های پیزوالکتریـک پرداختـه شـده اسـت. معادلات حرکت تیر به همراه لایه‌های پیزوالکتریک با استفاده از تئوری تیر اویلر برنولی، اصل همیلتون و حسـاب تغییـرات بدسـت آمده است. برای مدل‌سازی تیر از روش اجزاء محدود استفاده شده است. پس از مدل‌سازی و بدست آوردن معادلات حرکت تیر، بـه صحه‌گذاری مدل پرداخته شده است. صحه‌گذاری مدل در دو مرحله، بدون درنظر گرفتن لایه‌های پیزوالکتریک از طریـق محاسـبه فرکانس‌های طبیعی و با در نظر گرفتن لایه‌های پیزوالکتریک از طریق محاسبه جابجایی ناشی از اعمال پتانسیل الکتریکـی صـورت گرفته است. برای حل پاسخ گذرای تیر از روش نیومارک استفاده شده است. در فصل چهارم مباحث مربوط بـه الگـوریتم ژنتیـک و الگوریتم ممتیک شرح داده می‌شوند. الگوریتم ممتیک در واقع از ترکیب الگوریتم‌های تکاملی با جستجوهای محلـی تشـکیل شـده است. روش ممتیک توسط نظریه داوکینز[1] از مِم شکل گرفته استکه یک مم همان ژن فرهنگی می‌باشد. در الگوریتم مورد اسـتفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و روش‌های جستجوی محلی هوک- جیوس و نلدر- مید اسـتفاده شـده اسـت کـه در هـر نسـل توسـط پارامتری تطبیقی می‌توان احتمال جهش، اجازه ورود به الگوریتم های جستجوی محلی و تعداد جمعیت را با توجه به بلوغ جمعیت نسل‌ها بصورت انطباقی تعیین نمود.

فصل پنجم به توضیح شبکه‌های ANFIS می‌پردازد. آموزش دادن این شبکه‌های استنتاجی فازی– شبکه عصبی– تطبیقـی از روش‌های گوناگونی انجام می‌شود که از مرسوم‌ترین روش‌ها می‌توان به روش آموزشی توسط الگوریتم های تکاملی، روش حداقل مجذورات و روش پس‌انتشار خطا اشاره کرد. همچنین ورودی شبکه مورد نظر برای کنترل ارتعاشات تیر ولتاژ و تغییرات آن بـوده و خروجی ولتاژ اعمالی به عملگر می‌باشد.

فصل ششم این پایان‌نامه اختصاص بـه کنتـرل ارتعاشـات تیـر دارد. در ایـن تحقیـق از کنترلـر ANFIS بـرای فرونشـاندن ارتعاشات استفاده خواهد شد؛ از این رو در آغاز این فصل کنترلر مورد نظر با استفاده از روش آموزش ژنتیک ، ارتعاشات تیر یک سر گیردار کنترل خواهد شد. در بخش دیگری از این فصل، به منظور کنترل ارتعاشات تیر، از کنترل‌کننده مذکور با آمـوزش الگـوریتم

[1] Dawkins