



دانشکده‌ی فنی و مهندسی
گروه آموزشی مهندسی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش زلزله

عنوان:

روش دو مرحله‌ای در تشخیص آسیب با استفاده از تبدیل موجک و آنالیز مودال

استاد راهنما:
دکتر کاظم شاکری

استاد مشاور:
دکتر سید علی سیدرزاقی

پژوهشگر:
پویا رجبیان

نام خانوادگی دانشجو: رجبیان	نام: پویا
عنوان پایان نامه: روش دو مرحله‌ای در تشخیص آسیب با استفاده از تبدیل موجک و آنالیز مودال	
استاد راهنما: دکتر کاظم شاکری	استاد مشاور: دکتر سید علی سید رزاقی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران گرایش: مهندسی زلزله	
دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: فنی و مهندسی تاریخ دفاع: ۹۶/۰۶/۲۷ تعداد صفحات: ۱۲۹	
چکیده:	
<p>در این پایان نامه طی یک روش دو مرحله‌ای به شناسایی آسیب و تعیین شدت آن پرداخته شده است. مسئله تشخیص و تخمین آسیب سازه‌ای یکی از مهم‌ترین مسائل مهندسی عمران می‌باشد که با ارزیابی و قابلیت بهره‌برداری سازه مرتبط می‌باشد. در این پژوهش به منظور تعیین محل آسیب از روش تبدیل موجک استفاده شده است. این روش که نوعی از پردازش سیگنال می‌باشد که در شناسایی آسیب به ویژه در مراحل اولیه بسیار مؤثر است. تبدیل موجک یک تبدیل ریاضی است که چنانچه بر تابع یا سیگنال دلخواهی عمل کند، نقاط گسستگی و یا محل‌های تغییر شیب‌های ناگهانی آن تابع (یا سیگنال) را هر قدر هم که کوچک و نامشهود باشند، به نحو بارز و چشم‌گیری تقویت می‌کند. روش دو مرحله‌ای در نظر گرفته شده، ابتدا از طریق اندیس ترکیبی موجکی که در فضای تاریخچه زمانی پاسخ‌های جابجایی ارائه شده است، محل آسیب را تعیین نموده است. در مرحله دوم به منظور تکمیل فرآیند تشخیص آسیب تابع هدفی که از تفاضل مقایر خاصی از پاسخ‌های حالت آسیب دیده و حالت تحلیلی مدل‌های سازه‌ای تعریف شده است. از طریق فرآیند بهینه‌یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید، میزان آسیب را مشخص نموده است. اثر نوفه بر روی داده‌ها وارد شده است تا از این طریق، روش کار به آنچه در واقعیت رخ می‌دهد، نزدیک‌تر شده باشد. روش، دو مرحله‌ای معرفی شده در این پژوهش، با هم پوشانی دو روش، فرآیند تشخیص آسیب، اعم از یافتن محل و میزان آسیب را تکمیل و در فضای تاریخچه زمانی در فرآیند بهینه‌یابی با کاستن از حجم داده‌های فرآیند، روش کاربردی و موثری را معرفی نموده است.</p>	
کلیدواژه‌ها: تشخیص آسیب؛ تبدیل موجک؛ آنالیز مودال؛ بهینه‌یابی	

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات پژوهش

- ۱-۱- مقدمه و بیان مساله ۲
- ۲-۱- اهداف پژوهش ۵
- ۳-۱- خلاصه‌ای از پیشینه‌ی پژوهش ۶
- ۴-۱- فصل‌بندی پایان‌نامه‌ی حاضر: ۱۰

فصل دوم: مبانی نظری پژوهش

- ۱-۲- مقدمه ۱۳
- ۲-۲- تعریف خرابی یا آسیب در سازه‌ها ۱۳
- ۳-۲- دسته‌بندی‌های مختلف موجود درزمینه‌ی تشخیص آسیب در سازه‌ها ۱۶

۱-۳-۲- روش‌های استاتیکی.....**Error! Bookmark not defined.**

۲-۳-۲- روش‌های دینامیکی.....**Error! Bookmark not defined.**

۴-۲- روش‌های تشخیص خرابی بر اساس ارتعاش دینامیکی بر پایه مودال **Error! Bookmark not defined.**

۱-۴-۲- روش‌های مبتنی بر فرکانس‌های طبیعی.....**Error! Bookmark not defined.**

۲-۴-۲- روش‌های مبتنی بر اشکال مود:.....**Error! Bookmark not defined.**

۳-۴-۲- روش‌های مبتنی بر انحنای شکل مود:.....**Error! Bookmark not defined.**

۴-۴-۲- روش‌های مبتنی بر انعطاف‌پذیری.....**Error! Bookmark not defined.**

۵-۴-۲- روش‌های مبتنی بر ماتریس بهبودیافته(روش‌های مبتنی بر بروز نمودن مدل) **Error!**

Bookmark not defined.

۶-۴-۲- روش‌های مبتنی بر بردار نیروی باقیماند:.....**Error! Bookmark not defined.**

۷-۴-۲- روش‌های مبتنی بر تابع پاسخ فرکانس FRF.....**Error! Bookmark not defined.**

۵-۲- روش‌های تشخیص خرابی که بر اساس ارتعاش دینامیکی بر پایه سیگنال **Error! Bookmark not defined.**

۶-۲- روش‌های دیگر.....**Error! Bookmark not defined.**

۱-۶-۲- روش‌های احتمالاتی.....**Error! Bookmark not defined.**

۲-۶-۲- روش‌های تشخیص آسیب براساس بهینه‌سازی.....**Error! Bookmark not defined.**

۳-۶-۲- روش‌های مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی.....**Error! Bookmark not defined.**

۴-۶-۲- روش‌های دومرحله‌ای تشخیص آسیب.....**Error! Bookmark not defined.**

فصل سوم: تبدیل موجک و بهینه‌یابی

۱-۳- مقدمه**Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.	۲-۳- انواع سیگنال ها
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۳- سیگنال های ایستا
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۳- سیگنال های غیر ایستا
Error! Bookmark not defined.	۳-۳- روش های تحلیل سیگنال
Error! Bookmark not defined.	۱-۳-۳- تبدیل فوریه
Error! Bookmark not defined.	۲-۳-۳- تبدیل فوریه زمان کوتاه
Error! Bookmark not defined.	۳-۳-۳- تبدیل موجک
Error! Bookmark not defined.	۴-۳- برخی از مشهورترین توابع ویولت مادر
Error! Bookmark not defined.	۱-۴-۳- هار
Error! Bookmark not defined.	۲-۴-۳- دابچیهها
Error! Bookmark not defined.	۳-۴-۳- کیفیلت
Error! Bookmark not defined.	۴-۴-۳- بیو ارتوگنال
Error! Bookmark not defined.	۵-۴-۳- سیملت ها
Error! Bookmark not defined.	۶-۴-۳- مورلت
Error! Bookmark not defined.	۷-۴-۳- میور
Error! Bookmark not defined.	۸-۴-۳- کلاه مکزیکی
۶۵	۵-۳- ارائه اندیس آسیب
Error! Bookmark not defined.	۶-۳- الگوریتم های بهینه یابی
Error! Bookmark not defined.	۱-۶-۳- الگوریتم ژنتیک
Error! Bookmark not defined.	۲-۶-۳- الگوریتم شبیه سازی

فصل چهارم: نتایج مدل ها

Error! Bookmark not defined.	۱-۴- مقدمه:
Error! Bookmark not defined.	۲-۴- نمونه های عددی:
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۴- قاب برشی:
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۴- خرپا
Error! Bookmark not defined.	۳-۴- مقایسه شاخص تکی و ترکیبی تشخیص آسیب:
Error! Bookmark not defined.	۴-۴- کارایی روش تشخیص آسیب در برخورد با انواع تحریک ورودی:
	defined.
۵-۴	مقایسه روش تشخیص آسیب در این پژوهش با روشهای مشابه و بررسی کارایی روش مورد استفاده در پژوهش در مقایسه با آن

فصل پنجم: نتیجه گیری و بحث

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲: طبقه‌بندی روش‌های تشخیص خرابی بر اساس طبقه‌بندی دوبلینگ و همکاران.....۱۷

شکل ۲-۲: طبقه‌بندی انواع روش‌های خرابی از دیدگاه کراک و پترسون.....۱۸

شکل ۳-۲: تشخیص آسیب با استفاده از روشیان و همکاران، ۲۰۱۰.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲: نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات سالیس و همکاران، ۲۰۱۳.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱-۳: نمونه‌ای از سیگنال ایستا، (Polikar, Robi. 1996).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲-۳: نمونه‌ای از سیگنال غیرایستا، (Polikar, Robi. 1996).....**Error! Bookmark not**

defined.

شکل ۳-۳: نمایش گرافیکی عمل تبدیل فوریه بر روی تابع سینوسی، (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۴-۳: مفهوم شماتیک تبدیل فوریه زمان کوتاه (STFT)، (wavelet toolbox for user's guide)

Error! Bookmark not defined......

شکل ۵-۳: مقایسه بین تبدیل فوریه سیگنال ایستا و غیر ایستا، (Polikar, Robi. 1996).....**Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۶-۳: سیگنال نمونه جهت انجام تبدیل فوریه زمان کوتاه، (Polikar, Robi. 1996).....**Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۷-۳: تبدیل فوریه زمان کوتاه سیگنال شکل ۳-۶، (Polikar, Robi. 1996).....**Error! Bookmark**

not defined.

شکل ۸-۳: تبدیل فوریه زمان کوتاه با استفاده از پنجره‌ای عریض ($a=0.01$)، (Polikar, Robi. 1996)

Error! Bookmark not defined......

شکل ۹-۳: تبدیل فوریه زمان کوتاه با استفاده از پنجره‌ای عریض، (Polikar, Robi. 1996) ($a=0.0001$)

Error! Bookmark not defined......

شکل ۱۰-۳: تبدیل فوریه زمان کوتاه با استفاده از پنجره‌ای عریض ($a=0.00001$)، (Polikar, Robi.)

Error! Bookmark not defined......(1996)

شکل ۳-۱۱: موجک هار، محور طولی زمان در مقابل محور عرضی دامنه ، (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۲: برخی از توابع موجک دابچیز، محور طولی زمان و محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for

Error! Bookmark not defined......user's guide)

شکل ۳-۱۳: موجک کویفلت، محور طولی زمان در مقابل محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۴: موجک بیوارتوگنال، محور طولی زمان و محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۵: موجک سیملت، محور طولی زمان در مقابل محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۶: موجک مورلت، محور طولی زمان در مقابل محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۷: الف)تابع مقیاس موجک میور ب) موجک میور ، محور طولی زمان در مقابل محور عرضی دامنه

Error! Bookmark not defined......(wavelet toolbox for user's guide)

شکل ۳-۱۸: موجک کلاه مکزیکی، محور طولی زمان و محور عرضی دامنه (wavelet toolbox for user's

Error! Bookmark not defined......guide)

شکل ۳-۱۹: الگوریتم ژنتیک.

شکل ۳-۲۰: فرآیند تولید پاسخ تصادفی در الگوریتم شبیه سازی تبرید.

شکل ۳-۲۱: فلوجارت تشخیص آسیب در این پژوهش.

شکل ۴-۱: انواع تحریک اعمالی به مدل سازه‌ای، (زارع حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶)

not defined.

شکل ۴-۲: تشخیص آسیب در الگوی اول آسیب قاب برشی در حالت بدون نوفه با استفاده از شاخص MDI

Error! Bookmark not defined......

شکل ۴-۳: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت بدون نوفه.

شکل ۴-۴: مقایسه‌ی اثر حالات نوفه دار در تشخیص آسیب (الگوی آسیب اول قاب برشی)

Bookmark not defined.

شکل ۴-۵: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۳درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۶: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۵درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۷: تشخیص آسیب در الگوی دوم آسیب قاب برشی در حالت بدون نوفه با استفاده از شاخص MDI

.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۸: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۹: مقایسه‌ی اثر حالات نوفه دار در تشخیص آسیب (الگوی آسیب دوم قاب برشی) **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۴-۱۰: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۳درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۱: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۵درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۲: تشخیص آسیب در الگوی سوم آسیب قاب برشی در حالت بدون نوفه با استفاده از شاخص MDI

.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۳: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی سوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۴ : مقایسه‌ی اثر حالات نوفه دار در تشخیص آسیب (الگوی آسیب سوم قاب برشی) **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۴-۱۵: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی سوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۳درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۶: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی سوم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۷: تشخیص آسیب در الگوی چهارم آسیب قاب برشی در حالت بدون نوفه با استفاده از شاخص MDI

Error! Bookmark not defined......

شکل ۴-۱۸: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

قاب برشی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۱۹: مقایسه‌ی اثر حالات نوفه دار در تشخیص آسیب (الگوی آسیب چهارم قاب برشی) **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۴-۲۰: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

قاب برشی در حالت نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۱: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

قاب برشی در حالت نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۲: تشخیص آسیب در الگوی پنجم آسیب قاب برشی در حالت بدون نوفه با استفاده از شاخص MDI

Error! Bookmark not defined......

شکل ۴-۲۳: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۴: مقایسه‌ی اثر حالات نوفه دار در تشخیص آسیب (الگوی آسیب پنجم قاب برشی) **Error!**

Bookmark not defined.

شکل ۴-۲۵: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت با نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۶: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی قاب

برشی در حالت با نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۷: مدل دوم، خرپای ۳۱ عضوه، (لاو و لی، ۲۰۰۷).....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۲۸: تشخیص آسیب بر اساس شاخص MDI در حالات مختلف بدون و با اعمال نوفه در الگوی آسیب اول

Error! Bookmark not defined......

شکل ۴-۲۹: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۰: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۱: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی اول آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۲: تشخیص آسیب بر اساس شاخص MDI در حالات مختلف بدون و با اعمال نوفه در الگوی آسیب دوم

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۳: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۴: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۵: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۶: تشخیص آسیب بر اساس شاخص MDI در حالات مختلف بدون و با اعمال نوفه در الگوی آسیب سوم

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۷: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی سوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۸: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۳۹: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی دوم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۵ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۰: تشخیص آسیب بر اساس شاخص MDI در حالات مختلف بدون و با اعمال نوفه در الگوی آسیب

چهارم.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۱: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت بدون نوفه.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۲: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

خرپایی در حالت با نوفه ۳ درصد.....**Error! Bookmark not defined.**

شکل ۴-۴۳: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی چهارم آسیب سازه‌ی

Error! Bookmark not defined......خرپایی در حالت با نوفه ۵درصد

شکل ۴-۴۴: تشخیص آسیب بر اساس شاخص MDI در حالات مختلف بدون و با اعمال نوفه در الگوی آسیب

Error! Bookmark not defined......پنجم

شکل ۴-۴۵: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی

Error! Bookmark not defined......خرپایی در حالت بدون نوفه

شکل ۴-۴۶: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی

Error! Bookmark not defined......خرپایی در حالت با نوفه ۳درصد

شکل ۴-۴۷: نتایج بهینه یابی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و شبیه سازی تبرید در الگوی پنجم آسیب سازه‌ی

Error! Bookmark not defined......خرپایی در حالت با نوفه ۵درصد

Error! شکل ۴-۴۸: نمایش مقادیر شاخص تکی در الگوهای الف) اول ب) دوم و ج) سوم آسیب در قاب برشی

Bookmark not defined.

شکل ۴-۴۹: مقایسه اثر تحریک اعمالی به سازه بر روی روش پیشنهادی تشخیص آسیب؛ تحریک ورودی «الف»

Error! Bookmark not defined......

شکل ۴-۵۰: مقایسه اثر تحریک اعمالی به سازه بر روی روش پیشنهادی تشخیص آسیب؛ تحریک ورودی «ب»

Error! Bookmark not defined......

Error! Bookmark not defined......شکل ۴-۵۱: الگوهای آسیب مطابق مقاله‌ی لاو و لی

Error! Bookmark not defined......شکل ۴-۵۲: نتایج مربوط به الگوی آسیب دوم مقاله‌ی لاو و لی

شکل ۴-۵۳: نتایج بدست آمده با استفاده از روش معرفی شده در این پژوهش (مرحله اول) به منظور مقایسه با مقاله‌ی

Error! Bookmark not defined......لاو و لی

شکل ۴-۵۴: نتایج بدست آمده با استفاده از روش معرفی شده در این پژوهش (مرحله دوم) به منظور مقایسه با مقاله‌ی

Error! Bookmark not defined......لاو و لی

فهرست جدول‌ها

Error! Bookmark not defined......جدول ۴-۱: مشخصات قاب برشی

Error! Bookmark not defined......جدول ۴-۲: الگوهای آسیب وارده به قاب برشی

Error! Bookmark not defined......جدول ۴-۳: الگوهای آسیب در مدل خرابایی

فصل اول:

کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه و بیان مساله

وجود آسیب، نقص و ترک در سیستم‌های مکانیکی و سازه‌های ساختمانی موجود یک مشکل جدی در دوران بهره‌برداری و استفاده از این سیستم‌ها می‌باشد. علاوه بر این حضور آسیب بر عملکرد این سیستم‌ها و تأثیر یکپارچگی ساختار بر سایر قسمت‌های سیستم مؤثر است.

به دلیل افزایش زیاد کاربرد تشخیص خرابی سازه‌ای، این موضوع سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. زیرساخت‌های مهم مانند پل‌ها، تونل‌ها، کارخانه‌ها و سایر سازه‌ها، همانند سیستم‌های مکانیکی از قبیل هواپیماها، مواردی هستند که پایش سلامت در آن‌ها اهمیت استراتژیکی پیدا کرده است.

مسئله تشخیص و تخمین آسیب سازه‌ای یکی از مهم‌ترین مسائل مهندسی عمران می‌باشد که با ارزیابی و قابلیت بهره‌برداری سازه مرتبط می‌باشد. خرابی‌های از قبیل ترک، لایه‌لایه شدگی و... در طول عمر مفید سازه‌های عمرانی امری اجتناب‌ناپذیر است لذا برای تعیین شدت و محل وقوع آسیب نیازمند روشی مؤثر و کارا هستیم.

روش‌های تشخیص آسیب اخیراً زمان کافی را در اختیار مهندسان برای تصمیم‌گیری پیرامون وضعیت ساختمان قرار می‌دهد.

. این ویژگی به‌طور بالقوه می‌تواند مانع از خرابی‌های نامناسب در سازه‌ی آسیب‌دیده شود که ممکن

است منجر به پیامدهای خطرآفرین گردد که ایمنی عمومی را تهدید و زیانهای اقتصادی بزرگی را در پی داشته باشد. بنابراین یک روش تشخیص مؤثر می‌تواند مانند یک سیستم هشدار، تعمیر و نگهداری اولیه عمل کند.

آسیب که در سازه‌های مهندسی به‌طور معمول می‌تواند به وجود آید معمولاً ناشی از حوادثی است که حین ساخت به وجود می‌آید. بارگذاری شدید، عمر زیاد سازه، باره پیش‌بینی نشده یا سایر دلایل دیگر که هر کدام می‌تواند باعث به وجود آمدن نوعی آسیب در سازه گردد.

امروزه پایش سلامت سازه که حلقه‌ی وصل ارزیابی سازه‌ها می‌باشد به موضوع مهمی برای تحقیقات تبدیل شده است. تشخیص آسیب در سازه‌های بزرگ به روش چشمی و محلی امری هزینه‌بر و غیر مؤثر به حساب می‌آید لذا روشی که بتوان به‌صورت مؤثر رخداد آسیب را شناسایی و محل آن را معلوم کند، مورد نیاز است.

در سال‌های اخیر با پیشرفت‌های صورت گرفته در عرصه علمی روش‌های تشخیص آسیب (از راه دور) با استفاده از لیزر، حس‌گرهای فیبر نوری، روش‌های مبتنی بر پردازش سیگنال و... صورت می‌گیرد. با استفاده از این روش‌ها تعداد زیادی از سازه‌های عمرانی پایش شده‌اند. با مشخص شدن محل و شدت آسیب در سازه یا اعضای سازه‌ای می‌توان از طریق تقویت یا جایگزینی عضو آسیب‌دیده از پیشروی خرابی به سایر نقاط جلوگیری نمود.

در این پژوهش قصد داریم به‌منظور تعیین محل آسیب از روش تبدیل موجک استفاده کنیم. این روش که نوعی از پردازش سیگنال می‌باشد در شناسایی آسیب به‌ویژه در مراحل اولیه بسیار مؤثر است. تبدیل موجک یک تبدیل ریاضی است که چنانچه بر تابع یا سیگنال دلخواهی عمل کند، نقاط گسستگی

و یا محل‌های تغییر شیب‌های ناگهانی آن تابع (یا سیگنال) را هرچقدر هم که کوچک و نامشهود باشند، به نحو بارز و چشم‌گیری تقویت می‌کند. موجک‌ها دسته‌ای از توابع ریاضی هستند که برای تجزیه‌ی سیگنال پیوسته مؤلفه بسامدی آن، به کار می‌روند. تبدیل موجک، تجزیه یک تابع بر مبنای توابع موجک است. توابع موجک دارای باند محدود هم در حوزه‌ی زمان و هم در حوزه‌ی بسامد هستند که به صورت عددی و یا تحلیلی ساخته می‌شوند.

ضرایب موجک حاوی اطلاعات زیادی در مورد محتوای سیگنال هستند. انتخاب تابع موجک مادر، اولین گام در تحلیل موجک است و بستگی زیادی به مسئله موردنظر دارد و می‌تواند اثر قابل توجهی بر روی نتایج داشته باشد. تبدیل موجک انواع مختلفی دارد که از جمله آن می‌توان به تبدیل موجک پیوسته، تبدیل موجک گسسته و تبدیل موجک ایستا اشاره کرد. تابع موجک مادر در آنالیز موجک با دو پارامتر مقیاس و انتقال تعریف می‌شود. مقیاس به بیان ساده به کشیده یا فشرده شدن موجک می‌گویند و هر چه بزرگ‌تر انتخاب شود شکل موجک بارزتر می‌شود. انتقال یک موجک به بیانی ساده تأخیر در شروع سیگنال است. مقیاس و انتقال یک تابع موجک تأثیر بسزایی در وضوح آسیب در سازه یا عضو سازه‌ای دارد. یکی از معایب تبدیل موجک این است که در نقاطی که سیگنال قطع می‌شود مانند محل تکیه‌گاه‌ها، این نقاط در مواردی به صورت محل ناپیوسته شناسایی می‌شود و در نمودار ضرایب موجک نقاط ذکر شده اغتشاش دار خواهند بود. به عبارتی دیگر تبدیل موجک همان تحلیلی که از محل‌های ناپیوستگی یا آسیب‌دیده دارد، نسبت به نقاط قطع سیگنال هم همان رفتار را دارد. این مشکل زمانی جدی‌تر می‌شود که آسیب نزدیک به تکیه‌گاه به وجود آید که با انتخاب درست مقیاس می‌توان بر این مورد غلبه کرد.

در سال‌های اخیر همچنین الگوریتم ژنتیک به‌عنوان روش جستجوی مستقیم، به‌صورت گسترده‌ای در زمینه‌ی شناسایی خرابی بکار برده شده است. الگوریتم ژنتیک با بهینه‌سازی تابع خطا، موقعیت و میزان خرابی را تعیین می‌کند. از مزیت‌های الگوریتم ژنتیک در این زمینه می‌توان به فضای جستجوی این الگوریتم اشاره کرد که به‌جای استفاده از یک نقطه از چندین نقطه برای پیدا کردن جواب استفاده می‌کند. علاوه بر این، طبیعت تصادفی و فضای محاسباتی موازی الگوریتم ژنتیک موجب برطرف کردن معایب روش‌های متعادل در همگرایی به یک جواب بهینه است.

آسیب خود به دو دسته آسیب‌های خطی و غیرخطی تقسیم‌بندی می‌شود. آسیب غیرخطی با نشان دادن رفتار غیرخطی از خود باعث به وجود آمدن دشواری‌هایی در مدل‌سازی می‌گردد. در نتیجه با فرض آسیب خطی و اینکه آسیب در سازه باعث تغییر مشخصات دینامیکی سازه از جمله کاهش سختی، افزایش میرایی و کاهش فرکانس طبیعی سازه می‌گردد و این آسیب در طول زمان با توجه به تغییر شرایط محیطی و بارگذاری تغییر می‌کند، پایش صورت می‌گیرد و هدف پاسخگویی به این سؤالات است:

- آیا آسیب باعث تغییر در مشخصه‌های دینامیکی سازه خواهد شد؟
- مدل آسیب به‌صورت ثابت در طول زمان است یا با تغییر در زمان آسیب هم تغییر می‌کند؟
- چه پارامترهایی باعث به وجود آمدن خطا در روش‌های به کار گرفته در تشخیص آسیب می‌شود؟ با استفاده از چه روش‌هایی می‌توان این خطاها را کاهش داد؟

۲-۱- اهداف پژوهش

هدف از این پژوهش، تشخیص و تعیین محل آسیب در سازه‌های ساختمانی با استفاده از تبدیل موجک و روش‌های دینامیکی بر اساس مشخصه‌های مودال از جمله فرکانس‌های سازه، نسبت میرایی و

شکل‌های مودی (که نسبت به تغییرات در سازه حساس می‌باشند) می‌باشد. همچنین هدف ما تشخیص آسیب در سازه با حداقل نقاط اندازه‌گیری شده است. برای بررسی وضعیت المان‌های سازه‌ای در طول عمر مفید سازه و همچنین برای تخمین عمر مفید باقیمانده سازه، ناگزیر به محاسبه مقدار خرابی هستیم. بنابراین استفاده از روش‌های بهینه یابی برای تعیین میزان آسیب از اهداف این تحقیق می‌باشد.

۱-۳- خلاصه‌ای از پیشینه‌ی پژوهش

شناسایی آسیب در سازه، روندی برای به دست آوردن اطلاعات دقیق لحظه‌ای از شرایط و عملکرد سازه‌ای می‌باشد داده‌های به‌دست‌آمده از پایش برای بهینه کردن عملکرد نگهداری، تعمیر و جایگزینی سازه بر اساس داده‌های قابل‌اعتماد و اندازه‌گیری شده هدف به کار می‌روند. در مبحث پایش سلامت سازه آسیب به‌عنوان تغییراتی که در طول بهره‌برداری از سازه رخ می‌دهد تعریف می‌گردد و شناسایی آسیب به کلیه روش‌هایی اطلاق می‌گردد که وجود خرابی را تشخیص و موقعیت و میزان خرابی را بیان می‌کنند. امروزه روش‌های تشخیص آسیب در سازه‌ها به دو دسته روش‌های استاتیکی و روش‌های دینامیکی تقسیم می‌گردد. در روش‌های استاتیکی با تکیه بر اندازه‌گیری کرنش جابجایی سازه، تحت اثر بارهای استاتیکی مشخص و استفاده از مدل المان محدود به‌روز شده اقدام، به تعیین تغییرات در تغییر شکل‌ها، سختی و ظرفیت حمل بار سازه‌ها می‌نمایند. این‌گونه روش‌ها به‌صورت گسترده برای نظارت و ارزیابی سلامت پل‌ها استفاده شده است (دابلینگ و فرار^۱، ۱۹۹۶؛ سان و فرار^۲، ۲۰۰۳). از معایب روش‌های غیر مخرب استاتیکی می‌توان به معایبی چون نیاز به حجم انبوه داده‌های اندازه‌گیری شده نیاز به مدل

1- Doubling & Farar

2- Sohn & Farar

المان محدود به روز شده با مشخصات دقیق مصالح، نیاز به آزمون بار استاتیکی که موجب ایجاد توقف در سرویس‌دهی سازه می‌شود، اشاره کرد از این رو امروزه روش‌های دینامیکی مورد توجه قرار گرفته‌اند. روش‌های دینامیکی مبتنی بر تغییرات مشخصات ارتعاشی (دینامیکی) سیستم سازه‌ای هستند. اساس این روش‌ها در این حقیقت نهفته است که خرابی و آسیب موجب تغییرات و در مشخصات دینامیکی سازه می‌شوند. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

روش‌های بر پایه سیگنال؛ محققین با به‌کارگیری رویکردهای مناسب پردازش سیگنال اقدام به تشخیص خرابی می‌کنند. یکی از این رویکردهای جدید که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد استفاده از تبدیل موجک است. امروزه این تبدیل دارای کاربردهای بسیاری در اغلب رشته‌های علمی است و همچنان بر دامنه‌ی این کاربردها افزوده می‌شود. به‌عنوان یک ابزار مفید برای پردازش سیگنال به‌منظور استخراج اطلاعات از انواع مختلف داده‌ها، تبدیل موجک به‌طور گسترده‌ای توسط محققان زیادی به‌منظور تشخیص آسیب به‌کار گرفته شده است. از اوایل سال ۱۹۹۰ میلادی تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از تبدیل موجک برای یافتن اطلاعات بیشتر در مورد سیگنال‌های غیر ثابت، از آنجایی که نمی‌توانست از طریق تبدیل فوریه سنتی این اطلاعات را به دست آورد مورد استفاده قرار گرفت. نیولند^۱ تجزیه و تحلیل موجک را برای مطالعه ارتعاش ساختمان به وجود آمده ناشی از قطار زیرزمینی برای تشخیص انحراف در سیگنال در ناحیه آسیب‌دیده به‌کاربرد. ویژگی‌هایی که معرف سیگنال‌های ارتعاش می‌باشد، توسط آمند و همکاران^۲ (۲۰۰۰) برای نظارت بر سلامت سازه مورد استفاده قرار گرفته است.

1- Newland

2- Hou & Noori & Amand

تبدیل دوبعدی امواج پیوسته توسط مایر، نمت و هوانگ^۱، (۲۰۰۹) برای تشخیص آسیب در سازه‌های صفحه‌ای توسعه یافته است.

در روند پایش سلامت، پاسخ‌های گوناگون سازه‌ای از جمله جابجایی استاتیکی، دامنه جابجایی‌های دینامیکی و شتاب مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. پاسخ سازه‌ای گفته شده در شکل سیگنال پیوسته با استفاده از تبدیل موجک، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدل‌های عددی که تحت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی قرار دارند در نظر گرفته شده است و در همه آن‌ها آسیب با یک کاهش سختی موضعی در فاصله تعیین شده کوچک که معرف نقطه خرابی است مدل می‌شود. مشخصات سازه آسیب دیده و ندیده در نظر گرفته می‌شود و آسیب مدل سازی می‌شود و تمام پاسخ‌های استاتیکی و دینامیکی از طریق برنامه اجزای محدود محاسبه شد و دو نوع مسئله شامل پاسخ استاتیکی ناشی از بار متمرکز ۱ کیلو نیوتنی و همچنین ارتعاش آزاد تحت تحریک دینامیکی مورد آزمایش قرار گرفت .

نکته کلیدی در تشخیص آسیب، پیش‌بینی حداقل مقادیر مناسب برای پردازش داده‌هاست درحالی‌که این مقدار را نمی‌توان به‌طور دقیق بدست آورد. این مقدار به فاکتورهای زیادی از جمله میزان خرابی اندازه‌گیری شده با توجه به قسمت خراب نشده‌ی سازه یا عضو، بستگی دارد.

علاوه بر آن در زمینه‌ی تشخیص آسیب، اشکال مودی به طور گسترده‌ای برای یافتن آسیب با استفاده از تبدیل موجک سه‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چان و چنگ^۱، (۲۰۰۳) با استفاده از تبدیل موجک، اشکال مودی مدل تیر تیموشنکو را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در سال ۲۰۰۵ نیز با استفاده از همین روش به تشخیص آسیب در یک تیر با چند ترک پرداختند که در نتیجه هم محل و هم عمق ترک با استفاده از تبدیل موجک سه بعدی تشخیص داده شد. مطالعات آزمایشگاهی دقت اثر تبدیل موجک سه بعدی را در تشخیص آسیب بر اساس تحقیقات محققان نشان می دهد.

گوکداگ و همکاران^۲، (۲۰۰۹) تبدیل موجک را بر روی اشکال مودی تیر آسیب دیده به منظور اثبات امکان شبیه سازی عددی انجام دادند. آنها برای بدست آوردن اشکال مودی سازه آسیب دیده تعداد محدودی سنسور را بر روی نمونه قرار داده شد و سپس اشکال مودی را به منظور تشخیص محل آسیب تحت تبدیل موجک قرار گرفت.

تکنیک در نظر گرفتن مزایای مربوط به به کارگیری تبدیل موجک ثابت و تبدیل موجک پیوسته برای بهبود قدرت تجزیه و تحلیل ناهنجاری ها از اشکال مودی در تشخیص آسیب توسط کاوو و کیاوو^۳، (۲۰۰۸) پیشنهاد شد.

وو و وانگ^۴، (۲۰۱۱) برای شبیه سازی عددی تیر تحت خمش مدل المان محدود که به وسیله برنامه ANSYS ساخته می شود، ایجاد کردند. تراکم مش بالا در ناحیه ترک صورت می گیرد که چنین روش تنش کرنشی دقت در نتایج را بالا خواهد برد. سپس از نرم افزار متلب که برای پردازش داده ها و تبدیل

1- Chang & cheng

1- Gokdog & Kompaz

2- Cao & Qiao

3- Wu & Wang

موجک به کار می‌رود، استفاده نمودند و برای دقت در محاسبات سیگنال‌های سه‌بعدی، تابع موجک بین ۴۰۰ نقطه درونیابی خطی می‌شود. سپس از تجزیه و تحلیل موجک گابور سیگنال‌های سه‌بعدی که می‌تواند از مدل المان محدود با توجه به معادله ارائه‌شده، فرم آسیب را محاسبه کند، استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد ناپیوستگی در گرادیان جابجایی در محل آسیب از طریق تبدیل موجک مشخص است، از این رو موقعیت ترک بر این اساس شناسایی شده است.

روش‌های بر پایه مودال؛ بر اساس مشخصه‌های مودال از جمله فرکانس‌های سازه، نسبت میرایی و شکل‌های مدی می‌باشند. از آنجا که مشخصه‌های مودال نسبت به تغییرات در سازه حساس می‌باشند، دارای قابلیت آشکارسازی خیلی ساده برای به‌کارگیری هستند. دوبلینگ^۱ و وردن^۲ مرور جامعی بر روی شناسایی آسیب بر اساس خصوصیات مودال انجام داده‌اند. در دو دهه‌ی گذشته محققین بسیاری به‌منظور تشخیص ناحیه آسیب بر اساس پارامترهای مودال از الگوریتم‌های متفاوت استفاده کرده‌اند. پرا و تورس^۳، (۲۰۰۶) خرابی در تیرها را با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک بررسی نمودند و روش ارائه‌شده را بر روی نتایج عددی و آزمایشگاهی به‌کاربرده‌اند و موقعیت و مقدار آسیب را تا حدودی در سازه تشخیص داده‌اند.

۴-۱- فصل‌بندی پایان‌نامه‌ی حاضر:

در انتها به بیان فصل‌بندی تهیه پایان‌نامه حاضر می‌پردازیم. در این پایان‌نامه از المان‌های دو بعدی صفحه‌ای به عنوان مدل سازه‌ای، در بررسی خرابی استفاده می‌شود و رفتار مدل‌های سازه‌ای به‌صورت

1- Doebbling

2- Worden

3- Perera & Torres

خطی فرض شده‌اند.

با توجه به موضوع این پایان‌نامه در مورد تشخیص خرابی در سازه‌ها، در فصل دوم این پایان‌نامه پس از بررسی کارهای قبلی انجام‌شده در زمینه تشخیص خرابی، به بررسی جامع روش‌های استفاده‌شده در پایان‌نامه برای تشخیص موقعیت خرابی و تشخیص شدت خرابی خواهیم پرداخت. در فصل سوم تبدیل ریاضی موجک مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. همچنین در این فصل به بیان روش‌های مختلف بهینه‌یابی مانند الگوریتم‌های ژنتیک و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید و تشریح آن‌ها برای تخریب موقعیت و شدت خرابی خواهیم پرداخت. تجزیه، تحلیل و بیان نتایج تحقیق بر روی مثال‌های عددی، به همراه ارائه پیشنهادها برای تحقیقات آتی و جمع‌بندی نیز در فصل چهارم و پنجم ارائه‌شده است.

فصل دوم:

مبانی نظری پژوهش

۲-۱- مقدمه

به صورت کلی آسیب‌های سازه‌ای به‌عنوان تغییراتی که در سازه رخ می‌دهد تعریف می‌شود که این تغییرات می‌تواند به صورت عمدی و غیرعمدی باشد که تأثیر نامطلوبی در عملکرد کنونی و یا آینده سازه خواهد داشت

زوال سازه به علت افزایش طول عمر و همچنین رشد فزاینده شکاف‌ها و یا پاسخ بیش‌ازاندازه سیستم، موجب کاهش سختی و یکپارچگی آن می‌شود. این تغییرات تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد و ایمنی سازه در طول عمر مفید خدمت سازه خواهد گذاشت. پایش سلامت سازه^۱ و شناسایی خرابی سازه ابزاری توانمند برای بررسی و نظارت بر عملکرد سازه می‌باشد که با شناسایی و ارزیابی آسیب در اولین مرحله موجب کاهش هزینه‌های سازه در طول عمر مفید آن شده و همچنین قابلیت اطمینان و ایمنی سازه را بهبود می‌بخشد.

۲-۲- تعریف خرابی یا آسیب در سازه‌ها:

خرابی یا آسیب به رخداد تغییری در یک سیستم سازه‌ای اطلاق می‌شود که این تغییر می‌تواند رفتار حال حاضر سازه و یا رفتار آینده‌ی سیستم را مختل نماید. به عبارتی دیگر، هنگامی که در اثر بارهای وارده،

1-structural health monitoring

یک ضعف در رفتار کل و یا یکی از عناصر سیستم سازه‌ای پدیدار گردد، این ضعف «خرابی یا آسیب» نامیده می‌شود. خرابی بر معادلات حاکم بر سیستم تأثیر می‌گذارد. به چنین فرآیندی، «تشخیص خرابی» اطلاق می‌گردد.

در همین راستا به منظور ارائه تعریفی برای خرابی، توب و اومردیک¹ در سال ۲۰۰۱ به تشریح نظری مسئله خرابی پرداخته و تعاریف مشخص و جامعی را از واژگان ارائه دادند. آنان با رجوع به مطالعات سایر محققین، واژه‌ی «Fault» را «تغییرات نامطلوب در پارامترهای سیستم که کارایی آن را تنزل می‌دهد» و واژه «Failure» را «انقطاع کامل کارایی سیستم» تعریف نموده و بر لزوم به‌کارگیری این مفهوم در تشخیص خرابی‌های به وجود آمده در انواع سیستم‌ها، تأکید نمودند.

خرابی را از نظر وسعت، می‌توان در مقیاس اندازه و زمان تعریف کرد. در مقیاس اندازه، خرابی از آسیب‌دیدگی مصالح شروع شده و به خراب‌شدگی اجزا و نهایتاً، آسیب‌دیدگی کل سازه ختم می‌شود. این در حالی است که در تعریف خرابی در مقیاس زمان، به مدت‌زمان گسترده شدن خرابی، توجه می‌شود. به‌عنوان مثال، خستگی جزء خرابی‌هایی است که در طول یک مدت‌زمان نسبتاً طولانی، اتفاق می‌افتد.

به منظور بررسی مسائل و مشکلات موجود در زمینه تشخیص آسیب و برای توضیح بهتر صورت مسئله‌ی آن، سازه ساختمانی را به‌عنوان یک سیستم با ورودی و خروجی معلوم در نظر گرفته می‌شود. فرض شده است که آسیب به وجود آمده در سیستم سازه‌ای باعث کاهش کارایی سیستم گردیده است.

در یک سیستم ساختمانی، کمیت‌های نظیر ماتریس‌های جرم، میرایی و سختی سازه، بخش اصلی سیستم را تشکیل می‌دهند. بارهای دینامیکی (مثل زلزله و یا انواع ارتعاشات اعمال‌شده به سازه)، ورودی

این سیستم تلقی می‌گردد. همچنین پاسخ و عکس‌العمل‌های سازه در برابر این بارها هم که توسط سنسورها ثبت می‌گردد، خروجی سیستم در نظر گرفته می‌شوند.

هدف از تشخیص آسیب ردیابی آسیب و عامل به وجود آورنده‌ی آن در مدت زمان کم است تا اینکه موجب ایجاد آسیب کلی در سازه نگردد. البته رسیدن به این هدف دشوار است زیرا که همیشه با عدم قطعیت‌های مدل سازی ناشی از خطی سازی، صرفنظرها، پارامترهای نامعلوم، نویز و اغتشاشات مدل نشده روبرو هستیم. البته ناگفته نماند که این عدم قطعیت‌ها برای فرآیند تشخیص آسیب بحرانی نیستند اما ممکن است منجر به تشخیص نادرست^۱ در مورد بروز عیب در سیستم شوند.

به‌طورکلی، فرآیند تشخیص خرابی بر اساس تحقیق محققین را می‌توان در چهار سطح دسته‌بندی

نمود:

۱- تشخیص خرابی (و نوع آن)

۲- تعیین محل خرابی

۳- تعیین میزان خرابی

۴- تخمین عمر مفید باقی مانده سازه

سه مرحله اول اغلب به شناسایی و مدل‌سازی سیستم سازه‌ای، پردازش سیگنال و استخراج ویژگی‌های سیستم مربوط می‌شود. آخرین مرحله معمولاً در حوزه آنالیز عمر خستگی، مکانیزم شکست، ارزیابی - طرحی، آنالیز قابلیت اطمینان و یادگیری ماشین بررسی می‌شود.

1- False-diagnosis

۲-۳- دسته‌بندی‌های مختلف موجود در زمینه‌ی تشخیص آسیب در سازه‌ها

محققین دسته‌بندی‌های مختلفی را برای تشخیص خرابی ارائه نمودند. اساس تئوری این روش‌ها در حقیقت در این نهفته است که آسیب، موجب تغییر در خصوصیات فیزیکی سازه خواهد شد و این امر باعث ایجاد تغییراتی در مشخصات دینامیکی و ارتعاشی سازه (اعم از مشخصات مودال و پاسخ‌های تاریخچه زمانی) خواهد شد.

دوبلینگ^۱ و همکارانش که از پایه‌گذاران روش شناسایی در زمینه‌ی شناسایی و تشخیص خرابی محسوب می‌شود نیز در سال ۱۹۹۶ با مرور مفصل ادبیات فنی و تشریح روش‌های کلی شناسایی خرابی، طبقه‌بندی این روش‌ها را مطابق شکل ۲-۱ ارائه کردند.

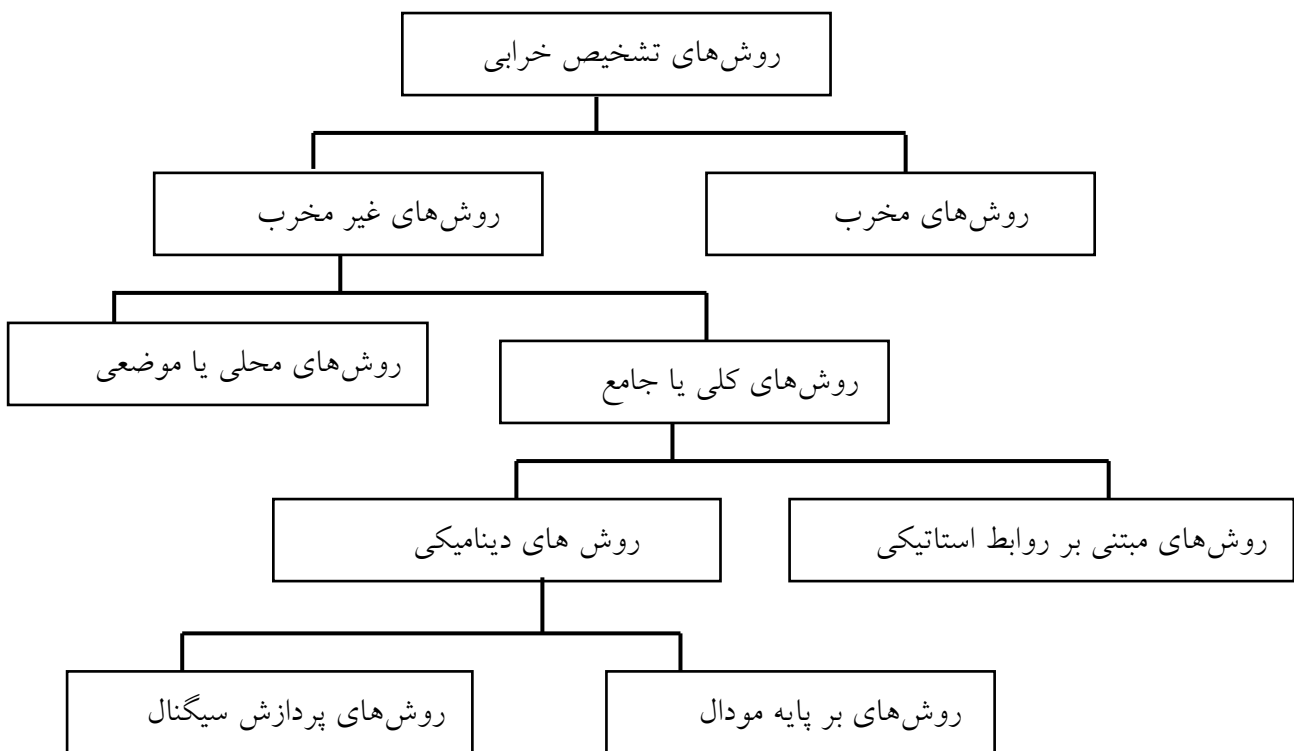
آن‌ها روش‌های تشخیص آسیب را به دو گروه اصلی روش‌های مخرب و غیر مخرب تقسیم‌بندی کرده‌اند. روش‌های مخرب معمولاً با برداشته شدن نمونه‌هایی از سازه به ارزیابی ایمنی سازه می‌پردازند. این روش‌ها معمولاً دشوار بوده و هزینه‌های جنبی زیادی را نیز در پی دارد. روش‌های غیر-مخرب راحت‌تر و از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشند. این روش‌های به دو دسته اصلی « روش‌های موضعی (محلی)» و «روش‌های کلی» تقسیم‌بندی می‌شوند.

روش‌های موضعی برای شناسایی آسیب به‌صورت موضعی و بصری، در نزدیکی محل آسیب، به‌کاربرده می‌شوند و اساساً بر پایه اندازه‌گیری امواج انعکاس یافته از سازه (نظیر شدت نور، صوت، میدان مغناطیسی و....)، استوار می‌باشند. این روش‌ها دارای محدودیت‌های متعددی در بررسی سازه‌های بزرگ و پیچیده می‌باشند. که از آن جمله می‌توان به عمق نفوذ محدود امواج و معلوم و در دسترس

1- Doebling & Farrar & Prime

نبودن مجاورت محل آسیب (به خاطر محدودیت‌های معماری موجود)، اشاره نمود.

روش‌های بازدید چشمی نیز دارای دقت کمی بوده و برای تشخیص خرابی روش مطمئنی محسوب نمی‌گردند و حتی در بعضی موارد امکان‌پذیر نمی‌باشند. دسته بعدی، شامل روش‌هایی از قبیل روش آکوستیکی، مافوق صوت، میدان مغناطیسی و رادیوگرافی می‌باشند. این روش‌ها، بیشتر برای تشخیص خرابی‌های رخ داده در محل‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۱-۲: طبقه‌بندی روش‌های تشخیص خرابی بر اساس طبقه‌بندی دوبلینگ و همکاران

دسته‌ی دیگر از روش‌های تشخیص آسیب، روش‌های مبتنی بر ارتعاش سازه‌ها می‌باشند که در

آنها با تشخیص خصوصیات دینامیکی سازه و بررسی آنها، شرایط موجود سازه ارزیابی می‌شود.



شکل ۲-۲: طبقه‌بندی انواع روش‌های خرابی از دیدگاه کراک و پترسون

Family name: Rajabian	Name: Pooya
Title of Thesis: Two step method for damage location and intensity detection using Wavlete Transform and Optimization	
Supervisor(s): Dr. Kazem Shakeri	
Advisor(s): Dr. Seyyed Ali Seyyed Razzghi	
Graduate Degree M.Sc.	
Major: Civil Engineering	Specialty: Earthquake engineering
University: Mohaghegh Ardabili	Faculty: Technical end engineering
Graduation date: 18/09/2017	Number of pages: 129
<p>Abstract:</p> <p>Damage detection and estimation in structure is one of the most important problems in civil engineering that in association with evaluation and use of structure. We aim with use of two step method to detect damage and define its intensity. In this research we intend use of wavelet transform in order to detecting damage. This method is kind of signal processing that is more effective especially in early stages. Wavelet transform is a mathematical transform that if operate on certain function or signal Significantly strengthens, discrete points or places with abrupt changes, no matter how much small. So, first of all, numerical structural models consist of simple and complex model, 10story Shear frame and 31-element Truss are made in MATLAB workspace and their time history responses with use of Modal analysis and Newmark numerical Method are obtained. Then responses signal with appropriate choice of mother wavelet function and in different scales are analyzed by Continiuos Wavelet Transform (CWT) and then with a proper index, the location of damage is determined. Finally, in order to determining the intensity of damage, defined objective function by using optimization algoritms caused determine the intensity and also location of damage accurately.</p>	
Keywords: Damage detection, Modal Analysis, Optimization Algoritms, Wavelet Transform	



University of Mohaghegh Ardabili
Faculty of Technical and engineering
Department of Civil Engineering

Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.Sc in Civil Engineering – Earthquake Engineering

Title:

Two step method for damage location and intensity detection
Using Wavelet Transform and Modal analysis

Supervisor:

Kazem Shakeri (Ph. D)

Advisor(s):

Seyyed Ali Seyyed Razzghi (Ph. D)

By:

Pooya Rajabian

September – 2017