unesco
Category 2 Centre under the auspices of UNESCO
RCECWA
Regional Education and Research Center on Earthquake Risk Management and Resilience for West and Central Asia
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

# روش جدید به روزرسانی مدل اجزاء محدود با ترکیب روش‌های مستقیم و تکرارشونده

**امید بهار**
*دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه omidbahar@iiees.ac.ir*

**مهدی دلپذیر، بهزاد رحیمی**

برای ارزیابی رفتار حقیقی یک سیستم سازه‌ای در مقابل رویدادهای محتمل در آینده، نیاز به استفاده از یک مدل تحلیلی دقیق می‌باشد. این مدل، به طور معمول بر اساس مشخصه‌ها و ویژگی‌های سازه و مصالح به کار رفته در آن، ساخته می‌شود. اما مدل تحلیلی که حتی به درستی بر اساس پیکربندی سازه، ارتباط ظاهری اعضا و مشخصه‌های مصالح آن ساخته شده باشد، لزوماً نمی‌تواند نماینده مناسبی برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه در برابر رویدادهای محتمل در آینده باشد. در بسیاری از مسائل مهندسی نیز، اطمینان یافتن از صحیح بودن مدل تحلیلی، بخش ضروری فعالیت‌های تحلیل و طراحی سازه است. البته تاکنون اهمیت بسیار کمی به آن داده شده است. به عنوان یک راه حل برای اصلاح مدل‌های دینامیکی، روش به هنگام‌سازی مدل تحلیلی با بکارگیری اطلاعات آزمایشگاهی، روش توانمندی برای تصحیح مدل‌های اجزاء محدود تحلیلی است که امروزه به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به هنگام‌سازی مدل تحلیلی یک سازه، عبارت است از تغییر یا اصلاح برخی مشخصه‌های تشکیل‌دهنده مدل اجزاء محدود آن سازه به نحوی است که مدل به هنگام شده نشانگر رفتار حقیقی آن سازه باشد. به این ترتیب، مشخصه‌های دینامیکی مدل تحلیلی باید با مقادیر بدست آمده از آزمایش‌های واقعی بر روی سازه حقیقی همخوانی مطلوبی داشته باشد. این مشخصه‌ها شامل موارد زیر است:

(۱) اصلاح هندسه، پیکربندی، یا نحوه ارتباط میان اعضا؛
(۲) اصلاح مقادیر عددی تبیین شده برای مشخصه‌های مدل سازه و مصالح؛
یا
(۳) اصلاح شرایط تکیه‌گاهی و پارامترهای انتقال آن.

در این پژوهش، ارزیابی سه روش به هنگام‌سازی مورد توجه قرار گرفته و در نهایت روش جدیدی بر مبنای اصلاح چرخه‌ای پارامترهای سازه‌ای پیشنهاد شده است. روش اول بر اساس الگوریتم ارائه شده توسط وو و لی در سال ۲۰۰۶ می‌باشد. روش دوم، توسط یانگ و چن در سال ۲۰۰۹ ارائه شده است. و روش سوم، روش پیشنهادی هو، لی و وانگ تحت عنوان مدل و مد ترکیبی، با علامت اختصاری CMCM است که در سال ۲۰۰۷ ارائه شده است. دو روش انتهایی متعلق به گروه روش‌های مستقیم است. از این روش‌ها برای شناسایی پارامترهای سازه‌ای ساختمان فولادی الگو ASCE که مدل تحلیلی آن بر اساس اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی بسط داده شده به کار گرفته شد. سازه الگوی مورد نظر، یک ساختمان چهار طبقه دو دهانه است که الگوهای متنوعی از آسیب برای آن قابل تعریف است. در این پژوهش تغییرات سختی اعضا به عنوان معیاری از وقوع آسیب در اعضای سازه‌ای مّد نظر قرار گرفته و فرض شده است که اطلاعات دینامیکی یک یا چند مود اول سازه از طریق آزمایش در اختیار قرار دارد.

# A New Finite Element Model Updating Method Using Combination of Direct and Iterative Method

**Omid Bahar**
*Associate Professor, Structural Engineering Research Center*
*omidbahar@iiees.ac.ir*

**Mehdi Delpazir, Behzad Rahimi**

To evaluate the real behavior of a structural system against possible future events, using a detailed analytical model is needed. This model is usually built based on the characteristics and features of the structure and their materials. But for building a correct analytical model for a structure, an engineer should know many detailed information about structural configuration, real model of members' connection, and real or nominal material characteristics. These information cannot necessarily accessible and so reaching to a suitable model structure as a representative of seismic performance against possible events, may not be possible. In many engineering problems, making sure that the analytical model is correct is a necessary part of structural analysis and design activities. Of course, very little importance has been given to this issue so far. As a solution for the modification of dynamic models, the method of updating the analytical model using laboratory information is a powerful method for correcting the analytical finite element models that is widely used today.

Model Updating aims to change or modify some characteristics of the analytical model of a structure in such a way that the updated model shows the real behavior of that structure. In this way, the dynamic characteristics of the analytical model should be in good agreement with the values obtained from measured responses of the real structure during a proper tuned vibration tests. These characteristics include the following:

1. Modification of the geometry, configuration, or behavior of connections;
2. Modification of the numerical values defined for structural or material characteristics; and
3. Modification of structural support conditions and its transfer parameters.

In this research, the evaluation of three powerful methods was considered and finally a new method based on cyclic modification of structural parameters was proposed. The first method is based on the algorithm presented by Wu and Lee in 2006. The second method is presented by Yang and Chen in 2009. And the third method is the method proposed by Ho, Li and Wang in 2007 under the title of cross model cross mode, named CMCM. The last two methods belong to the group of direct methods. One of these methods was used to identify the structural parameters of the ASCE benchmark steel model building, whose analytical model was developed based on

laboratory measurements. The considered model structure is a four-story building for which various patterns of damage can be defined. In this research, change in member stiffness are considered as a measure of damage parameters that may occur in structural members. It is assumed that information of the dynamic modal characteristics of one or more first modes of the structure is available through vibration testing.

Evaluation of results show that these methods cannot well captured the case of 3D structures especially when damages are scattered during whole structure. Therefore, in this research activity, a method has been proposed to determine the real stiffness matrix of the structure using the information of the first few modes of the structure which can be obtained by conducting dynamic tests on the real structure. It uses the advantages of both direct and iterative methods and does overcome their disadvantages. Also, in the proposed method, by using the obtained coefficients to modify the stiffness matrix, it is possible to estimate the damage position and severity of the structural members with high accuracy.

**Keywords:** Structural matrix modification, Model updating, direct and iterative methods, ASCE benchmark building, Structural damage detection, Dynamic nonlinear time history analysis

ارزیابی‌ها نشان می‌دهد، این روش‌ها در مورد سازه‌های سه بعدی با آسیبهای پراکنده به خوبی عمل نمی‌کند. از این رو، در این فعالیت پژوهشی برای تعیین ماتریس سختی حقیقی سازه با استفاده از اطلاعات چند مود اول سازه که می‌تواند از طریق انجام آزمایش‌های دینامیکی بر روی سازه واقعی بدست آمده باشد، روشی پیشنهاد شده است که از مزایای هر دو روش مستقیم و تکرارشونده بهره گرفته و معایب آنها را نیز ندارد. همچنین در روش پیشنهادی با استفاده از ضرایب بدست آمده برای اصلاح ماتریس سختی، می‌توان موقعیت و شدت آسیب اعضای سازه را نیز با دقت بسیار بالایی برآورد نمود.

**واژه‌های کلیدی:** اصلاح ماتریس‌های سازه‌ای، به روزرسانی مدل، روش مستقیم و تکرارشونده، سازه الگوی ASCE، تشخیص آسیب سازه‌ای تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی غیرخطی