

Pemantauan Kondisi Struktur dengan Model Autoregressive

Fergyanto E. Gunawan

June 28, 2020

Artikel pendek ini menjelaskan metode 'Auto Regression' (AR) untuk pemantauan kesehatan struktur (*Structural Health Monitoring*, SHM). Di bagian akhir, kami juga menawarkan sebuah topik penelitian.

Pendahuluan

Sistem pemantauan struktur adalah sebuah integrasi antara struktur teknik dengan sistem informasi. SHM bisa dilihat sebagai *Internet of Things* (IoT). Dengan kombinasi ini, kondisi struktur bisa dipantau setiap saat sehingga kegagalan bisa dideteksi sedini mungkin. Salah satu komponen penting untuk sistem SHM adalah model matematika yang menghubungkan respons struktur dan kondisi struktur. Model AR adalah sebuah model yang sering digunakan.

Penggunaan Model Auto-Regresi untuk Pemantauan Struktur

Kami jelaskan langkah-langkah pemantauan kondisi struktur menggunakan model AR¹. Prosedur dapat dibagi menjadi dua tahap: tahapan pembuatan model AR dan tahapan penggunaan model AR.

Tahapan Pembuatan Model Auto Regression

1. Tentukan profil sebuah beban dinamik untuk deteksi kerusakan. Profil ini akan digunakan untuk pembuatan model AR dan pemantauan struktur.
2. Tetapkan dua titik pada struktur: titik i di mana beban diterapkan pada struktur, dan titik j di mana pengukuran respon struktur dilakukan.
3. Terapkan beban pada struktur di titik i dan rekam sejarah waktu deformasi struktur di titik j . Selanjutnya, data ini kita notasikan dengan vektor $x_{ij}(k)$ di mana k ada indeks untuk waktu.
4. Buat model AR untuk data di atas. Banyak perangkat lunak, seperti Python, yang bisa memfasilitasi hal ini. Kita notasikan model ini dengan $A_{ij}^H(q)$ di mana superscript H menunjukkan model untuk struktur dalam kondisi sehat (*healthy*). Model ini memenuhi persamaan:

$$A_{ij}^H(q) x_{ij}(k) = e_{ij}^H(k) \quad (1)$$

¹ Jesse AS Paixao, Samuel da Silva, and Eloi Figueiredo. Damage quantification in composite structures using autoregressive models. In *Proceedings of the 13th International Conference on Damage Assessment of Structures*, pages 804–815, 2020

Kualitas model $A_{ij}^H(q)$ dapat dinilai dari vektor kesalahan $e_{ij}^H(k)$. Nilai-nilai dalam vektor ini mesti kecil. Dalam bentuk histogram, nilai-nilai dalam vektor harus mengikuti distribusi normal.

Secara umum, model AR berbentuk:

$$A_{ij}^H(q) = 1 + a_1q^{-1} + \dots + a_nq^{-n} \quad (2)$$

Parameter a_1, a_2, \dots, a_n disebut sebagai koefisien model. Perubahan nilai secara signifikan pada parameter-parameter ini bisa menandakan terjadinya perubahan pada struktur.

Tahapan Penggunaan Model

Hasil utama dari proses pembuatan model AR adalah $A_{ij}^H(q)$ dan informasi mengenai distribusi $e_{ij}^H(k)$. Dengan memiliki kedua informasi, pemantauan struktur bisa dilakukan.

1. Untuk struktur yang ingin diketahui kondisinya, terapkan beban dalam tahap pembuatan model pada titik i , lalu rekam respons struktur pada titik j . Kita sebut vektor respons ini sebagai $y_{ij}(k)$.
2. Terapkan model $A_{ij}^H(q)$ pada data $y_{ij}(k)$ dan hitung $\epsilon_{ij}(k)$:

$$A_{ij}^H(q) y_{ij}(k) = \epsilon_{ij}(k) \quad (3)$$

3. Jika distribusi $\epsilon_{ij}(k)$ berbeda secara signifikan dari $e_{ij}^H(k)$, struktur telah mengalami perubahan. Kerusakan mungkin telah terjadi.

Pendekatan berikut bisa juga digunakan untuk deteksi kerusakan.

1. Buat model auto regressive untuk data $y_{ij}(k)$ di mana kondisi struktur ingin diketahui.

$$A_{ij}^U(q) y_{ij}(k) = e_{ij}^U(k) \quad (4)$$

2. Jika terdapat perbedaan signifikan antara $A_{ij}^U(q)$, model AR di mana struktur kondisi tidak diketahui, dan $A_{ij}^H(q)$, model AR di mana struktur dalam keadaan sehat, struktur juga telah mengalami perubahan.

Dengan demikian, perubahan struktur bisa dideteksi dengan dua kuantitas: perubahan distribusi $e_{ij}^H(k)$ menjadi $\epsilon_{ij}(k)$, dan perubahan dari $A_{ij}^U(q)$ menjadi $A_{ij}^H(q)$.

Penelitian Selanjutnya

Di atas, kita telah bicarakan penggunaan 'time series' jenis AR untuk pemantauan kondisi struktur. Metode lain, yang mirip dengan metode AR diajukan oleh Gunawan (2020)². Mereka menggunakan persamaan gerak struktur untuk deteksi kerusakan. Sebagai penelitian lanjutan, kami sarankan untuk membandingkan kedua metode dalam hal kemampuan dan akurasi.

² Fergyanto E Gunawan. A new damage indicator for structural health monitoring: Euler-bernoulli beam case. *ICIC Express Letters Part B: Applications*, 11(3): 213–220, 2020