

Obtención del calendario de actividades de Mantenimiento Preventivo usando una Función Envolvente de Edad

Juan Juvier, Antonio Suarez y Blas Galván

Departamento de Matemáticas

Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

Islas Canarias, España

jjuvier@dma.ulpgc.es, asuarez@dma.ulpgc.es, bgalvan@dma.ulpgc.es

evaluaciones de la salud/edad realizadas por otras metodologías.

Resumen

Obtener un calendario óptimo de actividades de mantenimiento preventivo adquiere día a día mayor importancia para la mayoría de las industrias. Los incrementos de producción y ahorros de costes que se pueden obtener son poderosas razones que justifican el esfuerzo a realizar para conseguirlo. Es este trabajo se aborda la obtención de tal calendario usando una Función Envolvente de Edad (FEE). Tal función refleja la edad de cada equipo usando como variables el tiempo y la eficiencia de las actividades de mantenimiento realizadas previamente sobre el mismo. La FEE se recalcula con la información de la salud del equipo después de cada actividad de mantenimiento obtenida usando técnicas apropiadas de diagnóstico.

Introducción

Las actividades de mantenimiento son indispensables para mantener los activos de las empresas en condiciones adecuadas para desempeñar su función. Un gran número de empresas entre las que se incluyen aquellas de mediano y gran tamaño disponen de personal específico para realizar tales actividades. Una parte de las tareas de mantenimiento tienen que ver con la respuesta a fallos que se producen de forma aleatoria e imprevista en los equipos instalados y, por tanto, la realización de las mismas no es susceptible de planificación. Otro conjunto de tareas está relacionado con la necesidad de realizar un mantenimiento preventivo que trate de evitar la aparición de fallos aleatorios y retrasar el envejecimiento de los equipos. Estas tareas si son susceptibles de programación en el tiempo o “calendarización”, siendo necesario un análisis de la condición (o estado de salud) de los equipos para secuenciar adecuadamente los trabajos. Aunque existen muchas metodologías para determinar el estado de salud de un equipo, ninguna ha alcanzado preponderancia sobre todas las demás, siendo frecuente el uso de varias de ellas para definir el estado de salud.

En este trabajo se usa una “Función Envolvente de Edad” por su capacidad para reflejar en una sola ecuación las

Función Envolvente de Edad

La idea de la función envolvente de edad conceptualmente simple [4]. Se trata de analizar la condición o estado de salud de un equipo (maquinaria industrial) usando diferentes metodologías cuantitativas (Análisis de Vibraciones, Análisis de Aceites, etc.) y cualitativas (Análisis de Modos y Frecuencia de los Fallos, Opiniones de Expertos, etc.), obtenido de cada una de ellas un valor entre 0 y 1 (0=muy mala salud, 1= muy buena salud). Cada valor de salud va acompañado de un valor de tiempo que indica el instante en que se obtiene dicho valor. Así pues el resultado de la aplicación de las diferentes metodologías es un conjunto de parejas de valores “tiempo, salud” ó (t,s). Es necesario construir un histórico con muchas parejas de valores obtenidas en diferentes tiempos que incluya los momentos anteriores y posteriores a las actividades de mantenimiento, ya que tales actividades cambian el estado de salud de un equipo en un instante de tiempo (duración de la actividad de mantenimiento) la cual un estado “mejor” (después del mantenimiento). Este cambio de estado produce una nube de puntos en forma de “dientes de sierra” cuyo aspecto general o patrón de comportamiento es que en t=0 la nube de puntos está cercana a valor 1 y que en t=∞ está cercana al valor 0, descendiendo en forma de dientes de sierra entre ambos valores de t (0, ∞).

Una vez que se dispone de una nube de puntos se pueden emplear muchos métodos para obtener una función que se ajuste a ellos, existiendo muchas y bien conocidas metodologías formales para ello. En Mantenibilidad de equipos y sistemas industriales es frecuente el uso de ley Weibull [6] por su capacidad demostrada para realizar ajustes eficientes en problemas de Confiabilidad y Mantenibilidad. Como ilustración consideremos el caso de disponer de una nube de puntos de duración (Tiempo de recuperación) de las actividades de mantenimiento, asumiendo una distribución Weibull de dos parámetros para los *Tiempos de Recuperación*, entonces la Mantenibilidad, el (Tiempo Medio de Recuperación) MTTR y la Tasa de Recuperación/Reparación “ r(t) “ vendrán dados por las expresiones:

$$\begin{aligned}
 M(t) &= 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} & MTTR \\
 &= \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) & r(t) \\
 &= \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} & (1)
 \end{aligned}$$

$$\Gamma(m) = \int_0^\infty e^{-x} x^{m-1} dx \quad (2)$$

En la figura 1 se presenta un ejemplo de ajuste a esta distribución de una nube de puntos. Una de las ventajas de la distribución Weibull es su excelente comportamiento para aproximar las características de Confiabilidad y Mantenibilidad aun en el caso de que existan pocos datos [6], situación frecuente en los entornos industriales.

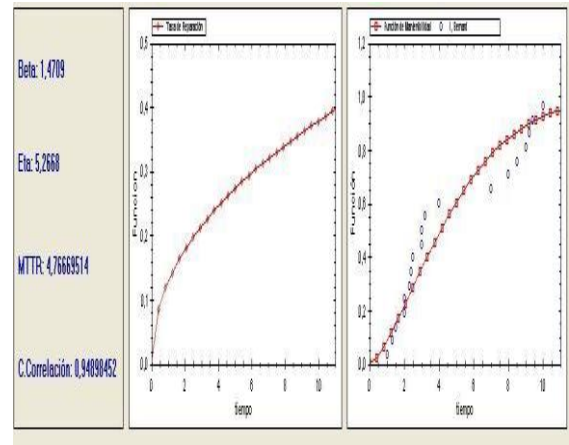


Figura 1.- Ajuste a Función de Mantenibilidad Weibull de 2P. De izquierda a derecha: Parámetros del ajuste, Tasa de Recuperación y Función de Mantenibilidad.

El resultado final será una ley Weibull que reflejará hasta que máximo grado puede ser recuperada la salud de un equipo en cada instante “t” si es sometido a una actividad de mantenimiento. Esta información será de gran utilidad para la calendarización de las actividades de Mantenimiento Preventivo.

Calendarización de las actividades de Mantenimiento Preventivo

Pueden adoptarse diferentes criterios para obtener el calendario de actividades de Mantenimiento Preventivo, entre otras se pueden considerar las siguientes:

- Igualmente espaciadas a lo largo del tiempo [3].- Implica que con independencia del estado de salud del equipo, este es sometido a un mantenimiento preventivo cada determinado número de unidades de tiempo (por ejemplo: cada dos semanas).
- Cada vez que la salud de un equipo baja de cierto valor predefinido [1][2].- Implica que utilizando información del estado de salud de un equipo se decide el instante del tiempo en que se debe realizar el mantenimiento en base a que la salud medida esté por debajo de valor mínimo previamente establecido.

- c) Maximizando la vida útil del equipo [5].- Implica que se programarán las actividades de mantenimiento de tal forma que el equipo tenga una vida útil lo más larga posible.

En todas ellas el uso de la Función Envolvente de Edad es muy útil pues permite saber “estimar” cuál es el nivel de salud que recupera el equipo después de cada actividad de mantenimiento. En la figura 2 se presenta un ejemplo de calendarización de las actividades de Mantenimiento Preventivo de un equipo para el que ha sido ajustada la Función Envolvente de Edad como una Weibull de dos parámetros (curva en color amarillo). La curva en dientes de sierra de color azul corresponde a la de calendarización siendo cada salto (subida brusca de valor) producido por una actividad de Mantenimiento Preventivo. La curva color malva corresponde a la de la Confiabilidad del equipo y la curva en dientes de sierra de color marrón corresponde a una calendarización de las actividades de mantenimiento sin tener en cuenta la Función Envolvente de Edad (asumiendo que después de cada mantenimiento el equipo se recupera hasta el estado de “Tan bueno como el primer día”).

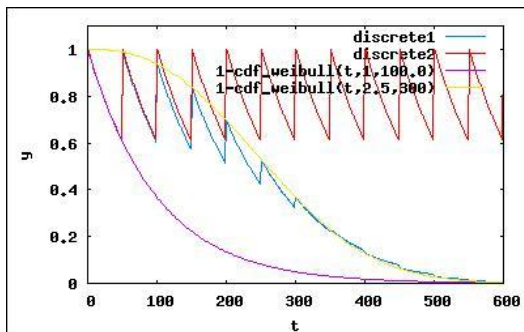


Figura 2.- Uso de la Función Envolvente de Edad (color amarillo) para calendarizar las actividades de Mantenimiento Preventivo (color azul) de un equipo industrial

Conclusiones

Se ha presentado en este trabajo un procedimiento matemático sencillo para definir y calcular una Función Envolvente de Edad que permite determinar (aproximar o estimar) el grado de salud de un equipo industrial después de cada actividad de mantenimiento preventivo. Esa función permite calendarizar de forma sencilla las actividades de mantenimiento según las diferentes estrategias al uso en la industria. Se ha usado un ajuste a

una distribución Weibull de dos parámetros por la probada utilidad de la misma para reflejar características de Confiabilidad y Mantenibilidad de activos industriales, pero son viables ajustes a otras distribuciones.

Tal metodología puede extenderse a todos los equipos instalados en una planta industrial y por tanto puede usarse para optimizar el calendario global de mantenimiento preventivo, ajustándose tanto a la edad de los equipos como al personal disponible, considerando además las restricciones presupuestarias. La simplicidad de su uso permite su inclusión en procesos globales de optimización multiobjetivo (Confiabilidad, Coste, etc.) de tipo evolutivo, pues no implica un incremento apreciable en el coste computacional.

Bibliografía

- [1] Andrews, J.D. and Moss, T.R. (1993). Reliability and Risk Assessment. Longman Scientific & Technical. ISBN: 0-582-09615-4.
- [2] Dhillon, B.S. (2006). Maintainability, Maintenance and Reliability for Engineers. Taylor & Francis Group. ISBN_0-8493-7243-7.
- [3] Knezevic, J. (1996). Mantenimiento. ISDEFE. ISBN: 84-89338-09-4. Disponible on line en el web: www.isdefe.es. “Centro de Documentación, Monografías, Serie Azul.
- [4] Misra, K.B. (1992). Reliability Analysis and Prediction; A Methodology Oriented Treatment. In fundamental studies in engineering series. Elsevier. ISBN: 0-444-89606-6.
- [5] Pham, H (2006). Reliability Modelling, Analysis and Optimization. Series on Quality, Reliability and Engineering Statistics, Vol. 9. World Scientific. ISBN: 981-256-388-1.
- [6]. Abernethy, R.B., The New Weibull Handbook, 5th ed. Abernethy, North Palm Beach.