

Título de la Tesis: “Control estadístico multivariado de procesos: nuevas estrategias para identificación de fallas”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Cedeño Viteri, Marco Vinicio

Directores: Sánchez, Mabel Cristina

Resumen

El control estadístico multivariado de procesos comprende estrategias destinadas a monitorear y controlar un proceso industrial. Las mismas emplean métodos estadísticos con el fin de extraer información cuantitativa del sistema a partir de datos históricos, y modelar su comportamiento normal. Durante la operación del proceso, se analiza si éste se encuentra en control estadístico mediante el empleo de test de hipótesis. Si se detectan desviaciones respecto de la condición operativa normal, la identificación del conjunto de observaciones mediante las cuales se manifiesta la situación anómala ayuda a diagnosticar la causa del problema, y a tomar decisiones conducentes a su resolución. Esta tesis comprende el desarrollo e implementación de nuevas estrategias destinadas a aislar las observaciones que revelan un problema operativo, tanto para procesos continuos como para los discontinuos. Para tal fin, se define el concepto del Vecino en Control más Cercano (Nearest in Control Neighbor, NICN) a la observación, como aquel que minimiza una cierta medida de distancia a la misma, y se ubica en el contorno de la región de control estadístico del proceso. Se evalúan las contribuciones de las variables al estadístico en función de la distancia entre el NICN y la observación, y se determina el conjunto de variables que revelan el comportamiento anormal de dos maneras diferentes. Una de ellas consiste en estimar la función de densidad de probabilidad empírica de la contribución de la variable al estadístico cuando ésta no revela la situación anormal. La otra aplica una técnica de agrupamiento jerárquico y se desarrolla especialmente para el monitoreo de procesos discontinuos. Las nuevas técnicas de aislamiento de variables evitan todas las suposiciones inherentes a los métodos existentes. Se presenta un exhaustivo análisis del desempeño de los procedimientos desarrollados en esta tesis para un ejemplo de aplicación complejo, que comprende un bioreactor para la producción de penicilina. Este opera en modo discontinuo en la primera fase del proceso y de manera semicontinua en la segunda. Se utiliza un conjunto de índices de desempeño con el fin de comparar el comportamiento de las técnica propuesta con el obtenido empleando otras metodologías presentadas recientemente en la literatura. Con fines de comparación, se selecciona un procedimiento que utiliza directamente los valores de las observaciones (OSS - Original Space Strategy), y otro que emplea sus proyecciones en un espacio de variables latentes (Análisis de Componentes Principales Kernel). El estudio de desempeño muestra que la metodología propuesta permite un aislamiento perfecto de las variables mediante las cuales se manifiesta la situación anormal en una amplia mayoría de los casos simulados. Los lineamientos generales de la técnica propuesta pueden extenderse con facilidad para abordar el monitoreo empleando otros estadísticos y otros espacios de variable.

Título de la Tesis: “Control estadístico multivariado de procesos: nuevas estrategias para identificación de fallas”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Cedeño Viteri, Marco Vinicio

Directores: Sánchez, Mabel Cristina

Abstract

Multivariate statistical process control involves a group of strategies devoted to monitor and control an industrial process. Those use statistical methods to extract quantitative information of the system using historical data, and model its normal behavior. During the process operation, a statistical hypothesis test is used to analyze if the process is under statistical control. If deviations with respect to the normal operating conditions are detected, the identification of the observations which reveal the abnormal situation helps to diagnose the cause of the failure, and to take proper decisions to solve it. This thesis presents the development and implementation of new strategies used to isolate the observations that reveal the fault cause for continuous and batch processes. With this purpose, the Nearest in Control Neighbor (NICN) to the observation point is defined as the one which minimizes a certain distance measure with respect to the measurement vector, and it is located on the statistical control region contour. Variable contributions to the statistic are evaluated in terms of the distance between the NICN and the observation, and the subset of variables which reveal the fault are determined using two different methods. One of them estimates the empirical probability density function of the variable contribution to the statistic when it does not reveal the fault. The other one applies a hierarchical clustering technique, and it is especially developed for batch process monitoring. The new variable isolation techniques avoid the use of the assumptions of the existing methods. An extensive performance analysis of the procedures developed in this thesis is presented. The application example comprises a bioreactor for the production of penicillin. During the first process phase, it operates in batch mode and it turns to a semibatch operation next. A set of performance indexes are used to compare the behavior of the proposed technique with respect to that provided by other methodologies recently presented in the literature. For comparative purposes, two procedures are selected. One of them uses the observations without transforming them (OSS - Original Space Strategy). The other one employs their projections on a latent variable space (Kernel Principal Component Analysis). Performance studies show that the new methodology allows a perfect isolation of the set of variables which reveal the faults for the majority of the simulated cases. The conceptual framework of the proposed technique can be easily extended to deal with methods that use other statistics and variable spaces.