

MỤC LỤC

Chương 1 - Lý thuyết cơ bản về chẩn đoán kỹ thuật.....	2
1.1. Giới thiệu chung về điều khiển quá trình và chẩn đoán kỹ thuật	2
1.2. Một số khái niệm cơ bản	4
1.3. Điều khiển quá trình tích hợp chẩn đoán kỹ thuật.....	5
1.4. Các dạng hư hỏng tiêu biểu	6
1.5. Một số thuộc tính của hệ thống chẩn đoán kỹ thuật	7
1.6. Thông tin và biến đổi thông tin trong hệ thống chẩn đoán kỹ thuật.....	9
1.7. Dấu hiệu chẩn đoán và lựa chọn dấu hiệu chẩn đoán	11
Chương 2 - Một số dạng mô hình hệ thống chẩn đoán kỹ thuật	13
2.1. Phân loại mô hình hệ thống CĐKT.....	13
2.2. Mô hình tri thức định lượng	15
2.3. Mô hình tri thức định tính	19
2.4. Hệ thống tri thức kinh nghiệm.....	23
Chương 3 - Một số mô hình nhận dạng sử dụng trong chẩn đoán kỹ thuật.....	24
3.1. Xấp xỉ hàm và bài toán hồi quy	24
3.2. Nhận dạng mẫu và bài toán phân cụm	25
3.3. Nhận dạng mẫu và bài toán phân loại.....	34
Chương 4 - Mạng nơron nhân tạo và một số ứng dụng trong chẩn đoán kỹ thuật.....	40
4.1. Giới thiệu chung	40
4.2. Cơ sở lý thuyết về ANN.....	43
4.3. Một số dạng mạng ANN	50
4.4. Một số nghiên cứu ứng dụng ANN.....	55
4.5. Một số ví dụ ứng dụng ANN	56
Chương 5 - Giám sát quá trình và chẩn đoán kỹ thuật tàu thủy.....	66
5.1. Giám sát quá trình trên tàu thủy - Hệ thống tự động giám sát và điều khiển hệ động lực.....	66
5.2. Tích hợp chẩn đoán kỹ thuật trong các hệ thống ICMS.....	69
5.3. Hệ thống CoCoS của MAN B&W.....	70
Tài liệu tham khảo	74

Chương 1 - Lý thuyết cơ bản về chẩn đoán kỹ thuật

1.1. Giới thiệu chung về điều khiển quá trình và chẩn đoán kỹ thuật

Điều khiển quá trình (process control) là một nhiệm vụ quan trọng trong khai thác vận hành các quá trình sản xuất. Trong vài thập kỷ gần đây, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, điều khiển quá trình cũng đạt được những tiến bộ quan trọng, đặc biệt là ứng dụng máy tính điều khiển trong các hệ thống phức tạp. Nếu như trước đây, các thao tác điều khiển ở mức độ thấp như đóng, mở hay điều chỉnh các van thường được thực hiện trực tiếp bởi người khai thác, thì nay có thể được thực hiện tự động một cách định kỳ hoặc liên tục với sự trợ giúp của hệ thống máy tính điều khiển. Việc áp dụng những hệ thống tự động điều khiển máy tính ngày nay được phổ biến rộng rãi trong hầu hết các ngành công nghiệp như hóa chất, dầu khí, xi măng, thép, sản xuất điện. Với sự tiến bộ trong các công nghệ đo lường và điều khiển, lợi ích mà các hệ thống tự động điều khiển máy tính mang lại là vô cùng to lớn, không những giảm nhẹ sức lao động, tăng năng suất, mà còn đảm bảo độ chính xác cao, tăng tính an toàn, tăng tuổi thọ cho các quá trình sản xuất.

Tuy nhiên, một nhiệm vụ quan trọng khác mà hầu như vẫn còn phải thực hiện thủ công và phụ thuộc nhiều vào con người – người khai thác. Đó là nhiệm vụ đối phó với các sự cố bất thường xảy ra trong các hệ thống. Nhiệm vụ này liên quan đến việc định kỳ kiểm tra để phát hiện ra các hiện tượng bất thường, chẩn đoán nguyên nhân và thực hiện các hành động phù hợp để đưa hệ thống trở lại trạng thái hoạt động bình thường và an toàn. Toàn bộ quy trình này được gọi là *kiểm soát sự cố* (Abnormal Event Management) và là một thành phần then chốt của điều khiển giám sát (supervisory control). Việc phụ thuộc vào người khai thác trong việc phát hiện các hiện tượng bất thường và xử lý khi sự cố xảy ra ngày càng trở nên khó khăn do sự đa dạng của các sự cố và mức độ phức tạp của các hệ thống sản xuất hiện đại. Thực tế ngày nay các hệ thống sản xuất có thể có hàng trăm, thậm chí hàng nghìn thông số cần phải được liên tục đo đạc và theo dõi. Khi đó sẽ dẫn đến quá tải về thông tin. Sự quá tải về thông tin, cùng với thông tin không đầy đủ, sai số do thiết bị đo, sẽ có thể dẫn tới lỗi nhận định sai của con người. Những hành động điều chỉnh xuất phát từ các nhận định sai sẽ có thể làm cho tình huống trở nên xấu đi và sự cố có thể xảy ra. Các nghiên cứu thống kê trên thế giới chỉ ra rằng có tới 70% các tai nạn trong các ngành công nghiệp có liên quan đến lỗi của con người. Thiệt hại do các sự cố gây ra những tổn thất lớn. Cũng theo thống kê, chỉ riêng những tổn thất do yếu kém trong kiểm soát sự cố trong ngành hóa chất-dầu khí đã gây ra thiệt hại khoảng 20 tỷ đô la Mỹ hàng năm.

Như vậy, thách thức lớn đặt ra cho những chuyên gia thiết kế hệ thống trong việc xây dựng các hệ thống kiểm soát sự cố. Nếu như trước đây việc áp dụng những hệ thống tự động điều khiển ứng dụng máy tính đã mang lại lợi ích to lớn trong việc tăng năng suất, hiệu suất lao động, tăng tính an toàn, thì thách thức lớn trong giai đoạn hiện nay là việc phát triển các hệ thống tự động kiểm soát sự cố sử dụng điều khiển thông minh. Hệ thống tự động kiểm soát sự cố sẽ là công cụ hỗ trợ hữu ích cho người khai thác trong việc ra quyết định. Đây được coi là giai đoạn tiếp theo trong nghiên cứu và ứng dụng công nghệ trong điều khiển quá trình.

Tự động hóa chẩn đoán kỹ thuật và dò tìm hư hỏng là nhiệm vụ đầu tiên nhằm kiểm soát sự cố. Chẩn đoán kỹ thuật và dò tìm hư hỏng (Technical diagnosis and fault detection) trong khai thác vận hành các quá trình sản xuất thu hút được nhiều sự quan tâm trong thời gian gần đây, nhằm phát hiện kịp thời các hiện tượng bất thường hay các hư hỏng trong các hệ thống máy móc

sản xuất. Nhiệm vụ này liên quan đến việc định kỳ dò tìm, phát hiện, chẩn đoán và phục hồi các trạng thái bất bình thường trong một quá trình sản xuất. Việc dò tìm kịp thời và chẩn đoán các trạng thái lỗi trong khi hệ thống vẫn còn đang hoạt động trong vùng kiểm soát sẽ tránh được sự phát triển theo hướng xấu, qua đó tránh được những tổn thất do hư hỏng dẫn đến phải dừng cả hệ thống.

Như vậy, *chẩn đoán kỹ thuật* là phương pháp dùng thiết bị máy móc để kiểm tra trạng thái kỹ thuật, mà không cần phải dừng hệ thống để tháo rời các cụm máy móc, chi tiết. Chẩn đoán kỹ thuật dựa trên hệ thống các quy luật, tiêu chuẩn đặc trưng cho trạng thái kỹ thuật của cụm máy móc thiết bị để phán đoán tình trạng kỹ thuật của chúng tốt hay xấu. Công cụ chẩn đoán là tập hợp các trang bị kỹ thuật, phương pháp và trình tự để tiến hành đo đạc, phân tích đánh giá tình trạng kỹ thuật. Các công cụ chẩn đoán có thể bao gồm: Các cảm nhận của người khai thác, sự phân tích đánh giá của các chuyên gia, các bộ vi xử lý, các phần mềm tính toán.

Chẩn đoán kỹ thuật có mối quan hệ chặt chẽ với công việc bảo dưỡng, sửa chữa. Kết luận về tình trạng của máy móc thiết bị thu được từ hệ thống chẩn đoán kỹ thuật sẽ giúp lập kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa chúng một cách hiệu quả hơn, tiết kiệm được chi phí khai thác.

Sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ trong vài thập kỷ gần đây dẫn tới số lượng máy móc thiết bị tăng lên đáng kể. Công suất các hệ thống máy móc tăng lên mạnh mẽ. Máy móc phức tạp hơn, phạm vi ứng dụng cũng rộng rãi hơn nhiều. Các sản phẩm máy móc được ứng dụng tại nhiều quốc gia, tính toàn cầu hoá ngày càng cao, dẫn tới các thay đổi về quan niệm và cách thức tổ chức, tiến hành bảo dưỡng sửa chữa. Sự thay đổi này thể hiện ở những quan điểm mới về bảo dưỡng sửa chữa, đòi hỏi máy móc và thiết bị làm việc an toàn hơn với con người và môi trường. Những yêu cầu về chất lượng sản phẩm bảo dưỡng sửa chữa, về tổ chức sửa chữa và về giá thành sửa chữa cũng ngày càng cao. Mặt khác những tiêu chuẩn về bảo dưỡng sửa chữa ngày càng khắt khe cũng như các phương tiện và cách tiếp cận về bảo dưỡng sửa chữa cũng thay đổi đáng kể trong thời gian gần đây. Phương pháp sửa chữa dựa vào độ tin cậy đang được ứng dụng ngày càng rộng rãi. Phương pháp này nếu được sử dụng tốt sẽ nâng cao hiệu quả phục vụ, an toàn cho con người và môi trường cũng như giảm được chi phí sửa chữa.

Lịch sử phát triển các hệ thống kỹ thuật công nghệ, cũng như yêu cầu về hệ thống chẩn đoán kỹ thuật và sửa chữa bảo dưỡng có thể chia thành ba thể hệ:

a. Thể hệ thứ nhất:

Thời gian của thể hệ này kéo dài cho đến Chiến tranh thế giới lần thứ hai. Trong giai đoạn này mức độ phức tạp và mối liên hệ giữa hệ thống máy móc thiết bị còn ở mức độ thấp. Thời gian dùng máy chưa gây ra các tổn thất lớn. Điều này cũng có nghĩa việc ngăn ngừa các hư hỏng của máy móc thiết bị không chiếm vị trí ưu tiên hàng đầu trong quản lí. Mặt khác, trong giai đoạn này các máy móc thiết bị còn ít phức tạp và các thiết kế còn mang tính thừa bền cao. Các yếu tố này dẫn tới quá trình bảo dưỡng sửa chữa còn đơn giản và dễ dàng, không đòi hỏi qui trình phức tạp và việc bảo dưỡng chỉ dừng lại ở các qui trình làm sạch, thay thế các chi tiết hư hỏng và bôi trơn máy móc thiết bị. Với đặc điểm như vậy, yêu cầu về các hệ thống chẩn đoán kỹ thuật còn đơn giản và chủ yếu dựa vào sự theo dõi quan sát và nhận định của người khai thác.

b. Thể hệ thứ hai:

Từ Chiến tranh thế giới lần thứ hai đến những năm 1970, chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của cơ giới hóa sản xuất. Nhiều dây chuyền sản xuất được cơ giới hóa ra đời với năng lực sản

xuất tăng cao. Áp lực trong giai đoạn cơ giới hoá cao đòi hỏi các máy móc thay thế sức người, sức lao động của con người cũng ngày càng trở nên đắt đỏ. Vào những năm 1950, máy móc đã tăng nhanh chóng cả về số lượng, chủng loại và mức độ phức tạp. Các ngành công nghiệp bắt đầu phụ thuộc nhiều vào máy móc. Sự phụ thuộc vào máy móc càng tăng, thời gian dừng của máy móc càng được chú ý. Điều này dẫn đến đòi hỏi phòng ngừa để tránh xảy ra những hư hỏng của máy móc thiết bị. Từ đó ra đời thể hệ bảo dưỡng sửa chữa phòng ngừa hay hệ thống sửa chữa theo kế hoạch. Khi đó máy móc thiết bị được sửa chữa theo định kỳ. Việc này thực tế cũng đã mang lại hiệu quả là có thể kiểm soát được các hư hỏng do hao mòn. Tuy nhiên, khi đó giá thành sửa chữa thực tế đã tăng lên đáng kể và dẫn đến tăng chi phí khai thác thiết bị. Đồng thời gây lãng phí nguyên vật liệu do có thể thay thế các chi tiết, phụ tùng còn tốt.

c. Thể hệ thứ ba:

Từ giữa những năm 1970, sự phát triển của công nghệ chế tạo máy và các ngành công nghiệp khác đã tạo ra một động lực lớn cho những thay đổi về thiết kế, chế tạo, cũng như khai thác, bảo dưỡng sửa chữa các hệ thống máy móc thiết bị. Đặc điểm chung của các hệ thống máy móc thiết bị thuộc thể hệ này là sự tích hợp các công nghệ tự động hóa điều khiển, giám sát quá trình, tự động dò tìm hư hỏng, tự động bảo vệ, cô lập hệ thống khi có sự cố vào các hệ thống sản xuất. Sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin cho phép thực hiện các nhiệm vụ trên một cách dễ dàng với việc ứng dụng các hệ thống máy tính tự động hóa điều khiển, giám sát, bảo vệ (computer-based control and monitoring systems), hay các hệ thống tự động điều khiển ứng dụng công nghệ khả lập trình (Programmable Logic Controller – PLC).

1.2. Một số khái niệm cơ bản

Với việc ứng dụng các hệ thống điều khiển thông minh trong điều khiển quá trình, một số khái niệm mới về hệ thống kỹ thuật sau thường được sử dụng.

Process engineering là khoa học quá trình kỹ thuật, bao gồm các vấn đề như thiết kế các hệ thống kỹ thuật (các hệ thống máy móc, dây chuyền công nghệ), khai thác, điều khiển và tối ưu hóa chúng. Các hệ thống này được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp (hóa chất, dầu khí, chế biến thực phẩm, khoáng sản, ...) với sự áp dụng nhiều công nghệ hiện đại, trong đó có ứng dụng máy tính điều khiển, giám sát. Hệ động lực trên các tàu biển hiện đại cũng là một ví dụ về các dây chuyền sản xuất hiện đại.

Process engineering thường bao gồm bốn thành phần:

Process design là công việc thiết kế hệ thống, lựa chọn các máy móc thiết bị để tạo thành một tổ hợp hay một dây chuyền sản xuất;

Process control and monitoring là nhiệm vụ đo đạc, giám sát, điều khiển hệ thống máy móc thiết bị đó nhằm đảm bảo chất lượng công tác, giảm chi phí và tăng tính an toàn;

Process operation là quá trình khai thác, vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa hệ thống nhằm đảm bảo sự hoạt động tốt của hệ thống trong suốt thời gian tuổi thọ định trước;

Supporting tools có thể là các công cụ mô phỏng, hệ thống trí tuệ nhân tạo/hệ chuyên gia, các công cụ tối ưu hóa hệ thống. Các công cụ này giúp con người giao tiếp với hệ thống, hiểu biết hơn về chúng, từ đó có tác động trở lại nhằm cải tiến chúng.

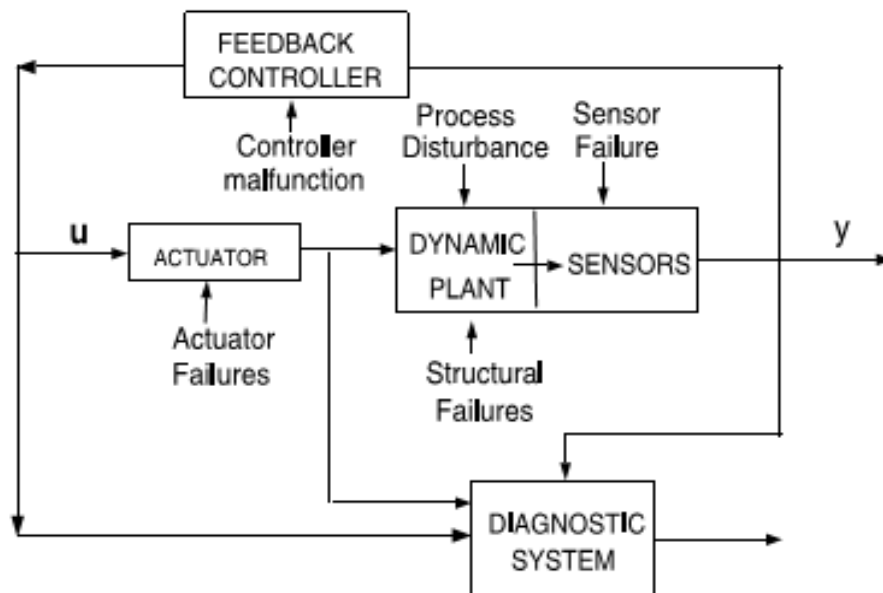
Process control and monitoring (PCM) là một đặc trưng của các hệ thống sản xuất hiện đại. PCM thu thập thông tin về các quá trình diễn ra trong hệ thống. Thông tin thu được được xử lý, kết quả xử lý giúp cho việc điều khiển hệ thống, duy trì trạng thái hoạt động ổn định của chúng, cũng như xác định trạng thái kỹ thuật và dò tìm các hư hỏng nếu có. Thực tế, PCM có thể bao gồm hoặc không bao gồm chức năng chẩn đoán kỹ thuật, dò tìm hư hỏng.

Hệ thống sản xuất là một hệ thống máy móc thiết bị phục vụ một mục đích sản xuất nào đó. Hệ thống sản xuất có thể là một dây chuyền sản xuất áp dụng phổ biến trong công nghiệp hóa chất, dầu khí, xi măng. Đối với các hệ thống năng lượng, hệ thống sản xuất có thể là các trạm phát điện diesel, nhà máy nhiệt điện hay thủy điện. Đối với tàu thủy, hệ thống sản xuất là hệ động lực phục vụ hoạt động của con tàu. Hệ thống sản xuất có thể là cả một tổ hợp gồm nhiều máy móc thiết bị tích hợp trong một hệ thống đồng bộ hay chỉ là một thiết bị riêng biệt như một động cơ diesel. Tùy theo mục đích nghiên cứu mà ranh giới của hệ thống được lựa chọn phù hợp.

Hệ thống CDKT là một hệ thống chứa các tri thức về hệ thống sản xuất và các thuật toán phù hợp nhằm mục đích xác định trạng thái kỹ thuật và dò tìm các hư hỏng có thể xảy ra trong hệ thống sản xuất.

1.3. Điều khiển quá trình tích hợp chẩn đoán kỹ thuật

Điều khiển quá trình tích hợp là một hệ thống tự động điều khiển quá trình có tích hợp mô đun chẩn đoán kỹ thuật (Hình 1). Hệ thống sản xuất ở Hình 1 được tự động hóa điều khiển nhờ sự tham gia của các cảm biến, bộ điều khiển và các phần tử thực hiện. Các thành phần này tạo nên một mô hình điều khiển quá trình truyền thống. Việc tích hợp thêm hệ thống chẩn đoán kỹ thuật giúp tự động hóa việc kiểm soát các hiện tượng bất thường, qua đó tự động kiểm soát sự cố.



Hình 1: Hệ thống điều khiển quá trình tích hợp mô đun chẩn đoán

Liên quan đến tự động chẩn đoán kỹ thuật và dò tìm hư hỏng, trước hết làm quen với một số khái niệm cơ bản dưới đây.

Khiếm khuyết (fault) là sự xuất hiện hiện tượng lệch khỏi vùng giới hạn của một thông số quan sát được hay tính toán được liên quan đến quá trình. Đây chính là triệu chứng của một sự *bất thường* trong hệ thống, ví dụ nhiệt độ nước làm mát ra khỏi động cơ diesel cao (thông số quan sát được), hay chất lượng sản phẩm đầu ra của một dây chuyền sản xuất thấp (thông số có thể không đo được trực tiếp nhưng tính toán được thông qua các thông số quan sát được khác).

Nguyên nhân cơ bản (root cause) là nguyên nhân dẫn đến hư hỏng (ví dụ: hư hỏng bơm nước làm mát hay ở bộ tự động điều chỉnh có thể là nguyên nhân dẫn đến nhiệt độ cao). Như vậy, nguyên nhân cơ bản chính là *hư hỏng* (failure/malfunction) mà hệ thống CĐKT có nhiệm vụ xác định.

1.4. Các dạng hư hỏng tiêu biểu

Nhiệm vụ CĐKT có thể xem như là bài toán phân loại. Khi đó hệ thống CĐKT được coi là BỘ PHÂN LOẠI (diagnostic classifier). Một cách tổng quát, các hư hỏng của hệ thống sản xuất như ở Hình 1 có thể được phân thành ba lớp như mô tả dưới đây.

Hư hỏng thay đổi thông số hệ thống

Trong mô hình hóa hệ thống, các quá trình diễn ra chỉ được chọn mô tả trong mô hình ở một mức độ chi tiết nhất định. Khi đó, sẽ tồn tại những quá trình diễn ra ở dưới mức độ chi tiết mô hình hóa và chúng không được mô tả trong mô hình. Sự thay đổi của các quá trình này trong khai thác sẽ dẫn đến thay đổi các thông số hệ thống. Khi đó, hư hỏng làm thay đổi thông số hệ thống sẽ xảy ra khi xuất hiện sự thay đổi của điều kiện làm việc hoặc các tác động từ bên ngoài không biết trước. Ví dụ, sự suy giảm chất lượng quá trình cháy trong động cơ do mài mòn và xuống cấp của các chi tiết. Ở đây, chất lượng quá trình cháy là biến ngoài mà đặc tính động của chúng không được tính đến khi xây dựng mô hình hệ thống. Một ví dụ khác là sự giảm hệ số truyền nhiệt của một thiết bị trao đổi nhiệt do cặn bám trên các bề mặt. Trong trường hợp này, người ta không thể xây dựng được mô hình có tính đến ảnh hưởng của cặn bám ở các mức độ khác nhau. Do đó, hệ số truyền nhiệt được coi là biến ngoài mà đặc tính động của nó (sự phụ thuộc vào mức độ cặn bám) không biết trước.

Hư hỏng thay đổi cấu trúc

Hư hỏng của các thành phần trong hệ thống có thể dẫn đến thay đổi cấu trúc, dòng thông tin (tín hiệu) truyền giữa các đối tượng, các biến trong hệ thống. Các hư hỏng dạng này có thể kể đến như hư hỏng bộ điều khiển, kẹt tắc các van, rò rỉ hoặc vỡ các đường ống, đứt các đường dẫn tín hiệu, muội bần tắc ống phun, v.v. Khi đó, để phản ứng trước những thay đổi này, hệ thống CĐKT sẽ phải thực hiện việc loại bỏ bớt các hàm quan hệ bị mất hay xây dựng lại các hàm quan hệ khác phù hợp với cấu trúc hệ thống đã bị thay đổi.

Hư hỏng cảm biến, cơ cấu thực hiện (sensors, actuators malfunctioning)

Hư hỏng các cảm biến, cơ cấu thực hiện trong các hệ thống có phản hồi (feedback) sẽ dẫn đến sai lệch lớn trong phản ứng đầu ra của hệ thống. Khi đó, hệ thống có thể tự động chuyển về trạng thái an toàn đặt trước. Hệ thống CĐKT có nhiệm vụ xác định nhanh thiết bị hư hỏng.

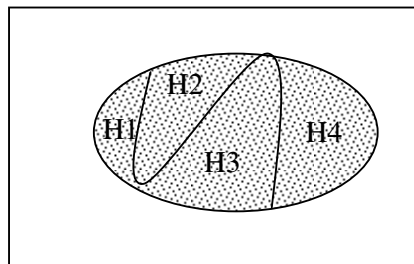
1.5. Một số thuộc tính của hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

Mức độ hoàn thiện và sự phân giải

Trong quá trình hoạt động, hệ thống tự động giám sát, chẩn đoán trạng thái đối tượng hoạt động liên tục. Một hệ thống chẩn đoán tốt phải phát hiện được sự bất thường bất kỳ xảy ra. Để xác định sự bất thường, hệ thống phải tìm kiếm sự phù hợp giữa các thông tin đo được từ đối tượng với tập các hư hỏng hay trạng thái bất thường được giả định trong cơ sở dữ liệu có sẵn. Một hệ thống được gọi là có *độ hoàn thiện* khi mọi bất thường xảy ra trong hệ thống đều phải được phát hiện và là tập con của các trạng thái hư hỏng được giả định. Ngược lại, mức độ chi tiết của các trạng thái hư hỏng giả định được đánh giá bởi *sự phân giải*. Để đảm bảo khả năng trích xuất thông tin có ích thì sự phân giải phải ở mức độ vừa phải hay tập các trạng thái hư hỏng giả định phải càng nhỏ càng tốt.

Có thể sử dụng khái niệm *độ sâu tìm kiếm* để giải thích sự phân giải. Sự phân giải cao tương ứng với khả năng tìm kiếm các hư hỏng đến tận từng chi tiết của đối tượng. Trong nhiều trường hợp, điều này là không thể và việc tìm kiếm hư hỏng đến từng cụm chi tiết là đủ.

Hình 2 mô tả tập hợp các trạng thái của đối tượng. Trong đó, hình chữ nhật biểu thị cho tập hợp tất cả các trạng thái của đối tượng (cả trạng thái có hư hỏng và không có hư hỏng), trong khi tập hợp các trạng thái hư hỏng là các trạng thái nằm trong hình elip. Các hư hỏng giả định là tập các trạng thái H1 đến H4. Dễ thấy rằng, mức độ hoàn thiện là khả năng tìm ra trạng thái bất thường nằm trong tập hợp các trạng thái có hư hỏng (hình elip). Còn sự phân giải đại diện cho số lượng các tập hợp hư hỏng giả định (các tập con trong hình elip).



Hình 2. Tập hợp trạng thái đối tượng chẩn đoán

Dễ nhận thấy rằng không gian trạng thái (state space) là vô hạn, bao gồm cả trạng thái bình thường và trạng thái hư hỏng. Hệ thống chẩn đoán kỹ thuật cần định nghĩa số lượng nhất định các trạng thái bình thường và trạng thái hư hỏng và gán mỗi trạng thái bất bình thường xác định được vào một trong những trạng thái hư hỏng giả định.

Tính dò tìm và chẩn đoán nhanh (quick detection and diagnosis)

HT CDKT cần kịp thời phát hiện bất thường và xác định nhanh hư hỏng. Tuy nhiên, cần phải cân bằng giữa tính tác động nhanh và sai số (chẩn đoán sai/tính ổn định). Một hệ thống tác động nhanh có thể nhạy cảm với tác động nhiễu và gây ra chẩn đoán sai.

Tính cô lập (isolability)

Tính cô lập là khả năng phân biệt các hư hỏng khác nhau. Hư hỏng xác định được phải đơn trị và “trực giao” với các hư hỏng không xảy ra. Như trên Hình ---, một hệ thống có tính cô lập

cao đòi hỏi phải định nghĩa rõ ràng ranh giới giữa các trạng thái bình thường và trạng thái hư hỏng (đường giới hạn hình elip) và giữa các trạng thái hư hỏng khác nhau (ranh giới giữa các vùng H1 đến H4). Cũng cần cân bằng giữa tính cô lập và tính không xác định/ngẫu nhiên (uncertainties). Hệ thống có tính cô lập cao có thể không xác định được các hư hỏng mang yếu tố ngẫu nhiên.

Tính ổn định với nhiễu (robustness)

HT CDKT phải ổn định với nhiễu (noise and uncertainties). Để kiểm tra tính ổn định, có thể đặt hệ thống về gần trạng thái giới hạn, khi đó nếu xuất hiện nhiễu, hệ thống vẫn phải duy trì trạng thái ổn định. Cần phải cân bằng giữa tính ổn định và độ nhạy, hay khả năng làm việc. Nếu đặt tính ổn định quá cao hệ thống có thể kém nhạy khi có các tác động thay đổi và mất khả năng phát hiện các tình huống bất thường có thể là hư hỏng.

Khả năng nhận dạng thông tin mới (Novelty detection)

HT CDKT phải có khả năng nhận dạng cả các trạng thái bình thường và bất thường. Nếu phát hiện trạng thái bất thường thì nguyên nhân hư hỏng là biết hay chưa biết. Nếu trạng thái bất thường không nằm trong số các trạng thái hư hỏng đã được giả định thì đó được hiểu là thông tin mới. Thường có thể mô hình hóa các quá trình ở trạng thái bình thường, qua đó có thể biết và dễ dàng nhận dạng chúng. Ngược lại, các trạng thái hư hỏng thường khó lường và không thể xây dựng được mô hình mô tả chúng một cách đầy đủ. Đồng thời, nếu không có đủ kinh nghiệm tích lũy về đối tượng thì tập các hư hỏng giả định sẽ là không đầy đủ. Khi đó hệ thống phải có khả năng nhận dạng các trạng thái không phải là bình thường, cũng không thuộc các trạng thái hư hỏng đã giả định, và xem đó là “hư hỏng mới”.

Khả năng dự đoán sai số phân loại (Classification error estimate)

Đây là khả năng dự đoán độ tin cậy trước sai số phân loại. Hệ thống CDKT cần cung cấp dự đoán tiên nghiệm về mức độ sai số phân loại. Khả năng này có ích khi xác nhận mức độ tin cậy của các kết luận đưa ra bởi hệ thống và tạo ra mức độ tin tưởng cho người khai thác. Có thể tính toán xác định mức độ không chắc chắn của phép chẩn đoán.

Tính thích nghi (Adaptability)

Tính thích nghi là khả năng thích nghi của HT CDKT trước những thay đổi của hệ thống mà nó làm nhiệm vụ chẩn đoán. Các hệ thống có thể thay đổi do thay đổi các tín hiệu vào bên ngoài cũng như thay đổi cấu trúc bên trong. Các thay đổi có thể do tác động bên ngoài hoặc do môi trường, ví dụ: thay đổi sản lượng, chế độ công tác, chất lượng nguyên liệu đầu vào. Khi đó HT CDKT phải có khả năng thích nghi hoặc khả năng mở rộng, cập nhật thêm các chương trình phù hợp với đối tượng chẩn đoán với cấu trúc đã được thay đổi.

Khả năng suy luận/diễn giải (Explanation facility)

Ngoài khả năng nhận dạng (hư hỏng/thông tin mới), HT CDKT cần có khả năng suy luận dựa trên các quan hệ nhân quả được định nghĩa (cause/effect) hoặc giải thích dạng vì sao xuất hiện hư hỏng và logic dẫn đến tình trạng như hiện tại. Điều này đặc biệt với các hệ thống được thiết kế với các mô đun hỗ trợ ra quyết định trực tuyến (online decision support). Khả năng của hệ thống đưa ra các kết luận và phân tích dạng tại sao lại là khả năng này mà không phải là khả năng khác sẽ giúp ích cho người khai thác vận dụng kiến thức, kinh nghiệm của mình để kiểm nghiệm và ra quyết định.

Khả năng mô hình hóa (Modelling)

Hệ thống CĐKT phải có thể được mô hình hóa một cách dễ dàng và với khối lượng công việc không quá lớn để có thể hoạt động với chế độ thời gian thực (real-time) cùng với đối tượng. Yêu cầu này không chỉ cần thiết khi xây dựng hệ thống ban đầu mà còn cần khi có thay đổi về cấu trúc hay điều kiện khai thác của đối tượng.

Khả năng lưu trữ và tính toán (Storage and computational requirements)

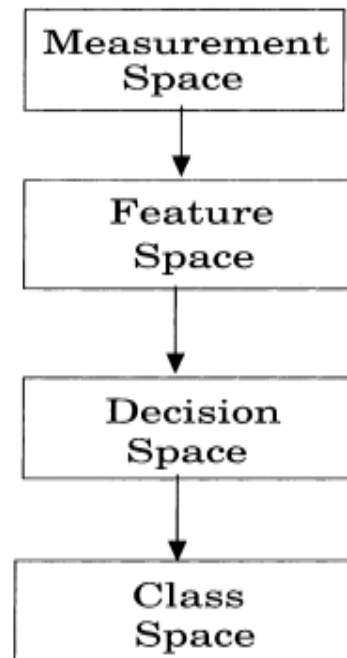
Các hệ thống tác động theo chế độ thời gian thực thường đòi hỏi các thuật toán thực hiện ít phức tạp nhưng thường đòi hỏi lượng lưu trữ lớn. Một HT CĐKT tốt cần cân bằng giữa yêu cầu về khối lượng tính toán vừa phải cũng như dung lượng lưu trữ không quá lớn.

Tính nhận dạng đa lỗi (Multiple fault indentifiability)

Khả năng nhận dạng đa lỗi là yêu cầu cần thiết nhưng khó đạt được do tính tác động tương hỗ giữa các hư hỏng. Việc tích hợp các thuật toán chẩn đoán đa lỗi có thể làm hệ thống quá phức tạp và cần được cân nhắc.

1.6. Thông tin và biến đổi thông tin trong hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

Nhiệm vụ cốt lõi của hệ thống chẩn đoán kỹ thuật là xử lý thông tin thu nhận được. Có thể mô tả hệ thống theo quan điểm thông tin như trên Hình 3. Trong đó, thông tin được chia làm bốn lớp: lớp đo đạc, lớp đặc điểm, lớp quyết định và lớp phân loại.



Hình 3. Lớp thông tin trong hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

Lớp đo đạc (Measurement space)

Lớp đo đạc là lớp chỉ bao gồm các thông tin nhận được từ đối tượng (bằng cách đo đạc trực tiếp, gián tiếp). Ở đây các kiến thức về hệ thống chưa được sử dụng. Các thông tin đo được là dữ liệu đầu vào thô (raw inputs). Ví dụ về thông tin ở lớp này đối với động cơ diesel như: Nhiệt độ

khí xả, vòng quay động cơ, vòng quay tuabin tăng áp, chỉ số thanh răng, áp suất khí nạp, v.v. Tập hợp các biến ở lớp này sẽ đặc trưng cho trạng thái của đối tượng $x_1, x_2, \dots, x_N$.

Lớp đặc điểm (Feature space)

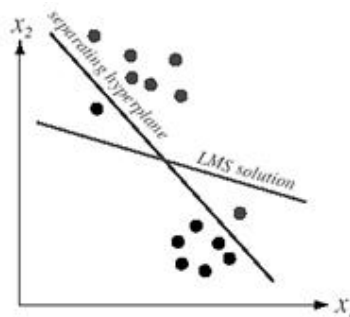
Số lượng dữ liệu đo thô ở lớp trên có thể rất lớn để có thể sử dụng cho các thuật toán chẩn đoán. Chúng đồng thời cũng có thể chứa nhiễu và nhiễu thông tin không có ích. Để rút gọn và trích xuất các thông tin có ích, dữ liệu thô được phân tích, so sánh, xử lý sơ bộ để rút ra các đặc điểm đặc trưng (features) cho đối tượng. Việc lựa chọn thông tin cho lớp này sử dụng kiến thức đã biết về đối tượng cũng như các công cụ xử lý số liệu. Có thể sử dụng hai chiến lược xác định dữ liệu lớp này là *lựa chọn* (feature selection) và *trích xuất* (feature extraction).

- Lựa chọn dữ liệu đặc điểm là qua trình chọn một số biến trong rất nhiều biến thu được ở lớp đo đạc;
- Trích xuất dữ liệu đặc điểm là sử dụng kiến thức chuyên môn hoặc các công cụ toán học (Co-relation, Principle component analysis, ...) để tìm ra các biến có ích đặc trưng cho đối tượng. Các biến trích xuất được có thể không phải là biến gốc từ lớp đo đạc mà là biến nhân tạo xác định được từ các phép biến đổi, xử lý số liệu.

Số lượng các biến được trích xuất ra thường nhỏ hơn nhiều dữ liệu đo được, $y = (y_1, \dots, y_i)$. Trong trường hợp có hai hay nhiều thông số được đo có thể có quan hệ với nhau, khi đó cần xác định mối quan hệ này và có thể chỉ cần sử dụng một vài trong số nhiều thông số đó, hoặc biến đổi thành chúng thành một thông số tổng hợp. Ví dụ đối với nhiệt độ nước làm mát động cơ, có thể ghi nhận các giá trị nhiệt độ vào, ra động cơ và độ chênh nhiệt độ vào/ra. Khi đó có thể chỉ cần sử dụng duy nhất một giá trị là độ chênh nhiệt độ vào/ra.

Lớp quyết định (Decision space)

Các đặc điểm trích xuất được trong dữ liệu thu được từ đối tượng sẽ đặc trưng cho trạng thái của chúng. Việc sử dụng các đặc điểm này để kết luận về trạng thái của đối tượng được thực hiện bởi các thuật toán ra quyết định. Có thể sử dụng dạng các hàm mục tiêu (objective functions) dạng $d = [d_1, \dots, d_K]$, với K là số lượng hàm mục tiêu. Khi đó, các biến thuộc lớp đặc điểm sẽ được biến đổi phù hợp nhằm đạt các mục tiêu đặt ra, ví dụ: mục tiêu là tối thiểu sự nhầm lẫn khi phân loại như ở Hình 4 (mis-class).



Hình 4. Hàm mục tiêu cho bài toán phân loại tuyến tính

Lớp trạng thái (Class space)

Lớp trạng thái là tập hợp trạng thái của đối tượng với M là số trạng thái của hệ thống. M được quy định trước và chính là số lượng các hư hỏng giả định $c = [c_1, \dots, c_M]$.

Nhiệm vụ của hệ thống chẩn đoán kỹ thuật là chỉ ra trạng thái hiện tại của đối tượng là trạng thái nào trong tập hợp các trạng thái. Nói cách khác, xác định điểm trạng thái hiện tại của đối tượng trong không gian trạng thái.

Ví dụ về các lớp trạng thái:

Giả sử một đối tượng được xác định bởi 4 cảm biến, x_1, x_2, x_3, x_4 với các giá trị chuẩn tương ứng a_1, a_2, a_3, a_4 . Đối tượng có hai trạng thái hư hỏng đặc trưng là c_1, c_2 . Hư hỏng thứ nhất liên quan đến các biến x_1, x_2 , còn hư hỏng thứ hai liên quan đến x_2, x_3 .

Khi đó, lớp đo đặc có giá trị $x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$;

Lớp đặc điểm là kết quả trích xuất thông tin từ lớp đo đặc. Để thấy biến x_4 không có quan hệ với hai hư hỏng nên không có ích cho nhiệm vụ phân loại trạng thái và được bỏ qua. Như vậy, lớp đặc điểm có véc tơ trạng thái như sau: $y = [y_1 \ y_2 \ y_3] = [x_1 \ x_2 \ x_3]$;

Lớp quyết định được xác định bởi các suy luận:

Suy luận sử dụng hàm ngưỡng: $\text{If } |y_i - a_i| > T_i, \text{ then } d_i = 1 \text{ else } d_i = 0$

Suy luận điều kiện tương ứng với hư hỏng thứ nhất: $\text{If } (d_1 = 1 \text{ AND } d_2 = 1) \text{ then } c_1$;

Suy luận điều kiện tương ứng với hư hỏng thứ hai: $\text{If } (d_2 = 1 \text{ AND } d_3 = 1) \text{ then } c_2$.

Lớp trạng thái chính là kết quả suy luận nhận được từ lớp quyết định: $C = [c_1, c_2]$.

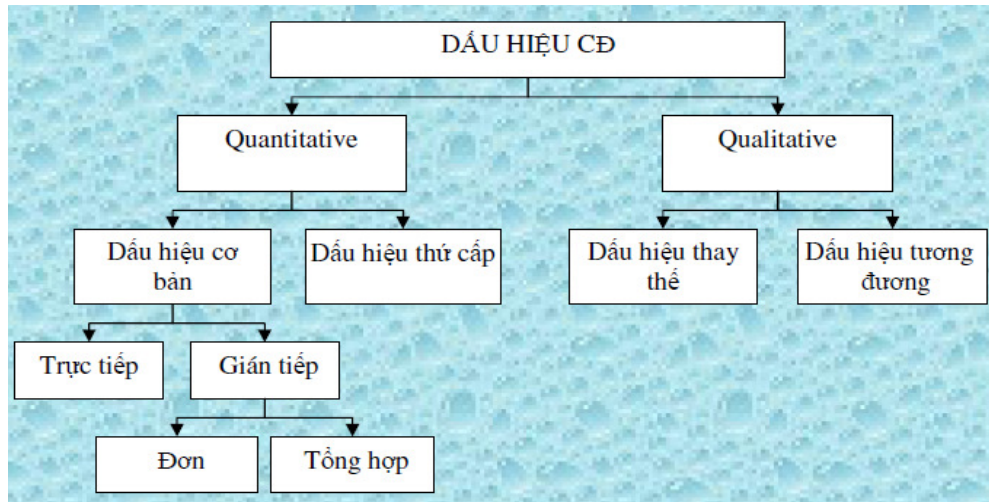
1.7. Dấu hiệu chẩn đoán và lựa chọn dấu hiệu chẩn đoán

Có thể nhận thấy bản chất của hệ thống chẩn đoán kỹ thuật là thu thập thông tin về đối tượng và xử lý chúng để đưa ra kết luận về trạng thái của nó và xác định các hư hỏng nếu có. Các thông tin thu nhận được từ đối tượng có thể đo đặc được bằng định lượng hoặc định tính được gọi là dấu hiệu chẩn đoán. Hình 5 mô tả một cách phân loại các dấu hiệu chẩn đoán. Các dấu hiệu trực tiếp thuộc về nhóm dấu hiệu định lượng cơ bản. Chúng có thể là các đại lượng vật lý đo được như áp suất, nhiệt độ, tốc độ, v.v. Các đại lượng đo được này có thể không được sử dụng trực tiếp mà có thể được biến đổi hoặc kết hợp một vài đại lượng để trở thành dấu hiệu tổng hợp (ví dụ giá trị trung bình của nhiệt độ khí xả các xilanh động cơ diesel). Đối với các dấu hiệu định tính, thường chúng cần được biến đổi phù hợp để có thể sử dụng được trong hệ thống chẩn đoán.

Số lượng các dấu hiệu của một đối tượng có thể rất lớn. Việc quyết định lựa chọn số lượng dấu hiệu chẩn đoán bao nhiêu là đủ là rất quan trọng. Tập các dấu hiệu chẩn đoán phải đại diện cho trạng thái của đối tượng. Đây chính là nhiệm vụ cần phải thực hiện ở bước chuyển từ lớp đo đặc đến lớp đặc điểm như đã mô tả ở phần trên.

Việc lựa chọn số lượng dấu hiệu chẩn đoán có thể sử dụng nhiều phương pháp và công cụ khác nhau như định lượng tính thông tin hay định tính dựa trên kiến thức chuyên gia. Có thể đánh giá mức độ đầy đủ của tập dấu hiệu chẩn đoán bằng tỷ số giữa số dấu hiệu chọn và tổng số

dấu hiệu mà đối tượng có. Tuy nhiên, cách này không phân biệt được tính “quan trọng” khác nhau giữa các dấu hiệu khác nhau. Việc sử dụng lý thuyết thông tin để lựa chọn sẽ xác định lượng thông tin mà các dấu hiệu chứa trong nó và so sánh giữa chúng để chọn ra các dấu hiệu chứa nhiều thông tin hơn. Ví dụ, giá trị áp suất không khí nạp tăng áp cấp sẽ chứa nhiều thông tin về chế độ công tác của động cơ diesel hơn giá trị nhiệt độ khí nạp. Tuy nhiên, việc định lượng thông tin các dấu hiệu chẩn đoán là nhiệm vụ khó khăn và đòi hỏi nhiều kiến thức chuyên sâu về đối tượng.



Hình 5. Phân loại dấu hiệu chẩn đoán

Chương 2 - Một số dạng mô hình hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

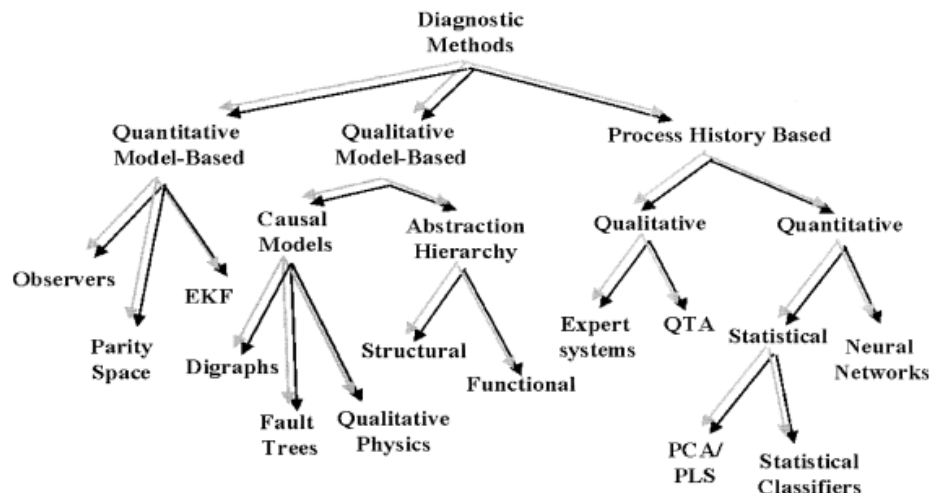
2.1. Phân loại mô hình hệ thống CĐKT

Một HT CĐKT được cấu thành bởi hai thành phần: *tri thức* (knowledge) về hệ thống được chẩn đoán (hay đối tượng chẩn đoán) và *chiến lược tìm kiếm* (search strategy) thông tin trong khối lượng tri thức đó. Tri thức về hệ thống là những hiểu biết về nguyên lý, cấu tạo, các quá trình lý hóa và các mối quan hệ giữa các thành phần trong đối tượng chẩn đoán. Nếu tri thức sử dụng để xây dựng mô hình HT CĐKT dựa trên các nguyên lý khoa học cơ bản và có thể diễn tả bằng các quan hệ toán học cụ thể thì gọi là tri thức sâu, tri thức nhân quả. Tri thức cũng có thể là những kinh nghiệm về đối tượng trong quá khứ (các dữ liệu công tác đo đạc, lưu trữ được, các sự việc được ghi nhận liên quan đến các hư hỏng, sai lệch của thiết bị). Tri thức trong trường hợp này được gọi là tri thức nông, tri thức suy luận.

Chiến lược tìm kiếm là các thuật toán tính toán hay suy luận nhằm tìm kiếm thông tin phù hợp trong lượng tri thức được sử dụng trong mô hình HT CĐKT. Trên cơ sở tham chiếu thông tin tìm kiếm sẽ đưa ra kết luận về trạng thái của đối tượng hay phát hiện hư hỏng. Chiến lược tìm kiếm được lựa chọn phải phù hợp và phụ thuộc vào loại tri thức đã sử dụng. Do vậy, tri thức hay sự hiểu biết về đối tượng sẽ quyết định đặc điểm của hệ thống CĐKT cũng như các thuật toán chẩn đoán và dò tìm hư hỏng. Việc phân loại HT CĐKT, vì thế, cũng dựa trên kiểu tri thức sử dụng trong mô hình hệ thống CĐKT.

Kiến thức cơ bản cần cho việc xây dựng một HT CĐKT và dò tìm hư hỏng có thể là một tập hợp các hư hỏng của đối tượng và mối quan hệ giữa các hư hỏng này với các quan sát tương ứng về đối tượng (các triệu chứng). Quan hệ giữa hư hỏng và triệu chứng có thể ở dạng rõ như bảng tìm kiếm (table look-up), hoặc sử dụng suy diễn nào đó trong khối tri thức sử dụng. Nếu tri thức sử dụng cho xây dựng mô hình HT CĐKT được phát triển từ các hiểu biết căn bản về đối tượng dựa trên các nguyên lý cơ bản, hay tri thức sâu, thì HT CĐKT được gọi là *hệ thống mô hình hóa tri thức* (model-based knowledge). Ngược lại, nếu hiểu biết về đối tượng không đủ sâu, có thể sử dụng mô hình HT CĐKT dựa trên kiến thức kinh nghiệm về đối tượng trong quá khứ (tri thức nông). Khi đó HT CĐKT được gọi là *hệ thống tri thức kinh nghiệm* (history-based knowledge).

Hình 6 mô tả phương pháp phân loại hệ thống chẩn đoán kỹ thuật theo quan điểm trên.



Hình 6. Phân loại các thuật toán chẩn đoán

Tùy thuộc vào công cụ sử dụng, các mô hình hệ thống CĐKT mang các đặc tính hết sức đa dạng. Đối tượng chẩn đoán cũng như mục đích chẩn đoán sẽ là yếu tố quyết định việc lựa chọn phương pháp chẩn đoán phù hợp.

Hệ thống mô hình hóa tri thức có thể được phân chia thành mô hình hóa định lượng (quantitative model-based) và định tính (qualitative model-based). Các hệ thống CĐKT mô hình hóa tri thức được xây dựng dựa trên những hiểu biết cơ bản về các hiện tượng vật lý của quá trình diễn ra trong đối tượng. Ở mô hình định lượng, các hiểu biết này được mô tả bằng các quan hệ toán học rõ giữa các tín hiệu đầu vào và đầu ra của đối tượng. Ngược lại, ở mô hình định tính, những mối quan hệ này được diễn tả dưới dạng các hàm định tính giữa các thành phần cấu thành đối tượng.

Ví dụ 1- mô hình định lượng:

- Công suất của một thiết bị điện (P) tỷ lệ với điện áp (U) và cường độ dòng điện (I):

$$P = U.I,$$

Trong đó, U và I là các thông số vào (inputs), P là thông số ra (output) của đối tượng. Trong trường hợp này quan hệ vào/ra được diễn tả bằng một hàm toán học giải tích.

Ví dụ 2 – mô hình định lượng:

Công suất của động cơ diesel có thể tính toán được theo lượng nhiên liệu tiêu hao. Nói cách khác, công suất của động cơ, Ne, là một hàm số của lượng tiêu hao nhiên liệu, B:

$$Ne = f(B).$$

Quan hệ giữa công suất và lượng tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ ở trạng thái tốt có thể được sử dụng khi xây dựng hệ thống CĐKT. Trường hợp có hư hỏng xảy ra đối với động cơ, quan hệ trên có thể không còn đúng nữa. Khi đó, hệ thống CĐKT có thể xác định được hư hỏng thông qua sai khác về công suất khi cùng một lượng tiêu hao nhiên liệu.

Ví dụ 3 – mô hình định tính:

- Nhiệt độ của một thiết bị điện phụ thuộc vào tải ngoài (nhiều) và sự thay đổi các thông số đầu vào (U, I). Khi thay đổi tải hay thay đổi các thông số vào thì nhiệt độ thiết bị thay đổi theo, nhưng quan hệ ở đây không rõ và khó có thể mô tả được bằng quan hệ giải tích. Khi đó có thể mô tả bằng các hàm định tính dạng như: Khi tải tăng 20% thì thiết bị điện bị quá nhiệt.

Hệ thống dựa trên tri thức kinh nghiệm chỉ dựa trên các thông tin về lịch sử hoạt động của đối tượng mà không cần tri thức tiên nghiệm về đối tượng. Khi đó, người nghiên cứu cần đo đạc, ghi chép các thông số phản ánh tình trạng hoạt động của đối tượng nghiên cứu. Những thông tin này được lưu trữ lại thành cơ sở dữ liệu về đối tượng. Cơ sở dữ liệu này sau đó được trích xuất để tìm ra những đặc điểm đặc trưng cho đối tượng và được sử dụng cho CĐKT và phát hiện hư hỏng. Mô hình tri thức kinh nghiệm cũng có thể ở dạng mô hình định lượng hay định tính.

Ví dụ về mô hình tri thức kinh nghiệm:

Ví dụ 1: Công suất có ích của động cơ diesel lai chân vịt tàu thủy không những phụ thuộc vào lượng cấp nhiên liệu mà còn phụ thuộc vào các điều kiện khác như các thông số môi trường

(nhiệt độ, áp suất, độ ẩm), các thông số nhiên liệu (loại nhiên liệu, chất lượng xử lý nhiên liệu), chất lượng các chi tiết của động cơ. Thực tế, không thể tìm được mối quan hệ hàm số giải tích giữa các thông số này và công suất động cơ. Tuy nhiên, các thông số khai thác và kinh nghiệm khai thác động cơ diesel tàu thủy trong quá khứ có thể sử dụng để đánh giá sự suy giảm công suất có ích của động cơ ở các điều kiện khác nhau.

Ví dụ 2: Trong nghiên cứu sinh học về cây trồng hay vật nuôi, không thể tìm được quy luật phát triển của sinh vật. Tuy nhiên, qua kinh nghiệm theo dõi sự phát triển của chúng, người nghiên cứu có thể xác định được trạng thái, đặc trưng của loại sinh vật đó thông qua các đặc điểm của loài sinh vật đó trong quá khứ. Ví dụ bài toán phân loại hoa Iris sử dụng dữ liệu dạng bảng gồm bốn thuộc tính ghi nhận được về đặc điểm của ba loại hoa:

Bảng 2-1. Dữ liệu hoa Iris cho mô hình trí thức kinh nghiệm

Mẫu số	Thuộc tính 1 Sepal length	Thuộc tính 2 Sepal width	Thuộc tính 3 Petal length	Thuộc tính 4 Petal width	Loại
1	5.1	3.5	1.4	0.2	Sentosa
2	4.9	3.0	1.4	0.2	Sentosa
3	7.0	3.2	4.7	1.4	Versicolor
4	6.4	3.2	4.5	1.5	Versicolor
5	5.7	2.5	5.0	2.0	Virginica
6	5.8	2.8	5.1	2.4	Virginica
...	...	...	...	...	...

2.2. Mô hình trí thức định lượng

Trong hệ thống CĐKT sử dụng mô hình trí thức định lượng, quan hệ giữa các thành phần, các biến, các thông số trong hệ thống sản xuất được mô tả ở dạng các hàm định lượng. Các quan hệ định lượng này có thể được mô tả sử dụng một trong hai mô hình: mô hình quan hệ tín hiệu vào/ra (input-output) và mô hình không gian trạng thái (state-space). Trước khi nghiên cứu chi tiết mô hình hệ thống CĐKT sử dụng trí thức định lượng, những nét cơ bản của hai dạng mô hình trên được mô tả sau đây.

Mô hình quan hệ vào-ra

Đối với mô hình quan hệ vào-ra, tín hiệu vào được tiếp nhận bởi mô hình và được biến đổi bởi các quan hệ bên trong mô hình để thành tín hiệu ra (Hình 7). Mô hình có thể có phản hồi ngược nhằm mục đích điều khiển để duy trì chất lượng các thông số đầu ra.

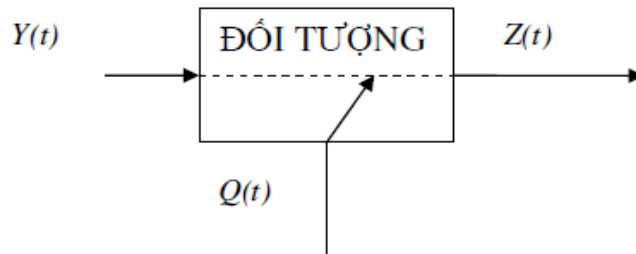


Hình 7. Mô hình quan hệ vào-ra

Ví dụ động cơ diesel tàu thủy có thể được coi là một mô hình quan hệ vào-ra:

Thông số vào (Inputs)	Hàm truyền đạt (Transformation processing)	Thông số ra (Outputs)
Nhiệt độ khí nạp Nhiệt độ nước làm mát vào Nhiệt độ dầu bôi trơn vào Lượng cấp nhiên liệu	Lý thuyết quá trình cháy trong xilanh động cơ Lý thuyết quá trình truyền nhiệt cho nước làm mát Các quá trình ma sát, mài mòn	Vòng quay Công suất Nhiệt độ nước làm mát, dầu bôi trơn ra, nhiệt độ khí xả

Quan hệ giữa các biến vào và ra có thể được mô tả bằng quan hệ toán học cụ thể như mô hình ở Hình 8.



- $Y(t) = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ - tập hợp các thông số đầu vào;
 $Z(t) = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ - tập hợp các thông số đầu ra đặc trưng cho TTKT;
 $Q(t) = (q_1, q_2, \dots, q_k)$ - tập hợp các thông số bên trong (khe hở công tác, các thông số vật liệu, cấu trúc)

Hình 8. Diễn tả toán học mô hình quan hệ vào-ra

$$Z(t) = f[Y(t), Q(t)]$$

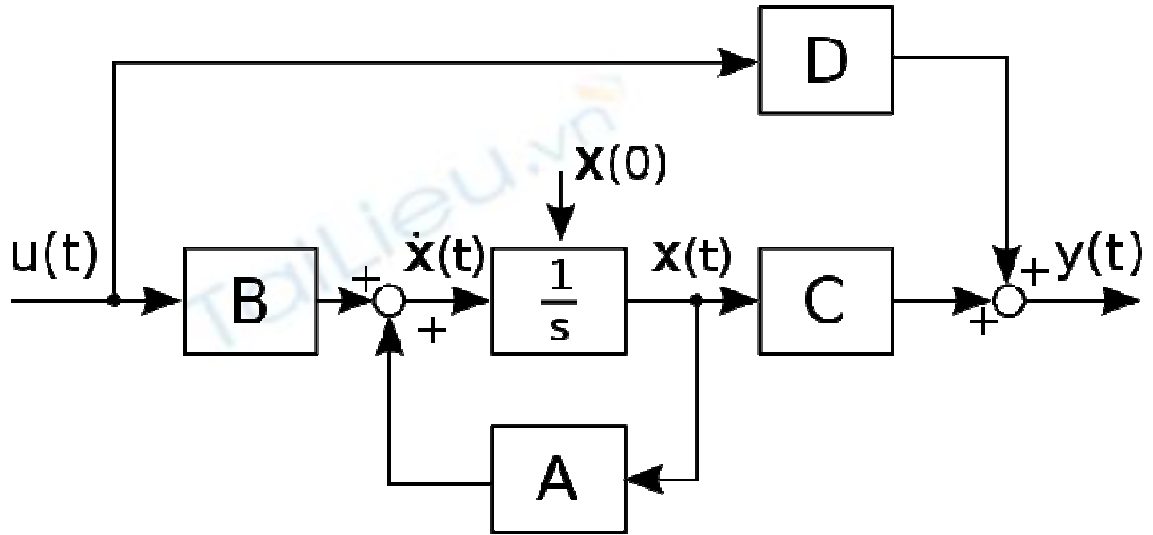
Như mô hình trên, sự thay đổi của các thông số vật liệu, cấu trúc của mô hình sẽ dẫn đến thay đổi các biến đầu ra. Như vậy, việc giải quan hệ trên sẽ cho kết quả chính là trạng thái kỹ thuật của thiết bị.

Mô hình không gian trạng thái (state-space)

Khi mô tả hệ thống bằng mô hình inputs/outputs qua hàm truyền đạt người ta chỉ quan tâm đến mối quan hệ giữa các tín hiệu vào và ra. Ví dụ đối với điều khiển động cơ điện thì có thể hiểu đơn giản tín hiệu vào là điện áp điều khiển, tín hiệu ra là tốc độ của động cơ. Tuy nhiên, bên cạnh các tín hiệu vào và ra đó, có thể còn phải quan tâm đến những thông số khác như: điện áp, dòng điện đầu ra, mô men, từ thông v.v. Tập hợp tất cả các thông số này đặc trưng cho trạng thái của hệ. Như vậy, trong mô hình không gian trạng thái, ngoài các thông số vào, ra, còn có các biến trạng thái (state variables). Một số biến trạng thái có thể đo được một cách trực tiếp và được gọi là tín hiệu ra. Một số khác không đo được nhưng có thể được xác định (hay quan sát) thông qua mô hình của đối tượng và các tín hiệu đo được khác. Đối với các hệ thống động, các tín hiệu vào, ra và các biến trạng thái thường được biểu diễn dưới dạng các véc tơ thời gian. Khi đó, một

trạng thái của đối tượng là tập hợp các biến trạng thái tại một thời điểm nào đó và được đặc trưng bởi véc tơ trạng thái tại thời điểm đó. Và không gian trạng thái là tập hợp của tất cả các véc tơ trạng thái theo thời gian (Hình 9).

Như vậy, đối với các hệ thống điều khiển hiện đại, người ta cần một hệ phương trình phản ánh không những các mối quan hệ giữa các tín hiệu vào và ra mà còn cả các quan hệ ràng buộc giữa các trạng thái bên trong của đối tượng nữa. Phương trình như vậy được gọi là **phương trình trạng thái** và mô hình như vậy được gọi là mô hình không gian trạng thái. Các phương pháp thiết kế hệ thống trên không gian trạng thái có ưu điểm đặc biệt khi hệ thống có hơn một đầu vào hay đầu ra.



Hình 9. Mô hình không gian trạng thái

Biến trạng thái là tập hợp con nhỏ nhất có thể của tất cả các biến trong hệ thống mà có thể đại diện cho trạng thái của hệ thống tại bất kỳ thời điểm nào. Số lượng tối thiểu các biến trạng thái cần thiết để đại diện cho một hệ thống nhất định, n thường bằng số bậc của phương trình vi phân xác định hệ thống. Nếu hệ thống được mô tả dưới dạng hàm truyền, số lượng tối thiểu các biến trạng thái tương đương với thứ tự của mẫu số hàm truyền sau khi nó đã được tối giản phù hợp. Trong mạch điện, số lượng các biến trạng thái thường bằng số phần tử lưu trữ năng lượng trong mạch như tụ điện và cuộn cảm. Các biến trạng thái phải độc lập tuyến tính, chúng không thể là kết hợp tuyến tính của các biến trạng thái khác, khi đó hệ thống sẽ không thể giải được.

Đối với một hệ thống gồm p thông số đầu vào, q thông số đầu ra và n biến trạng thái, mô hình không gian trạng thái sẽ được mô tả như sau:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t)\end{aligned}$$

Trong đó:

$\mathbf{x}(\cdot)$ là véc tơ trạng thái (state vector), $\mathbf{x}(t) \in \mathbb{R}^n$;

$\mathbf{y}(\cdot)$ là véc tơ đầu ra (output vector), $\mathbf{y}(t) \in \mathbb{R}^q$;

$\mathbf{u}(\cdot)$ là véc tơ đầu vào (input/control vector), $\mathbf{u}(t) \in \mathbb{R}^p$;

$\mathbf{A}(\cdot)$ là ma trận trạng thái (state/system matrix), $\dim[\mathbf{A}(\cdot)] = n \times n$,

$\mathbf{B}(\cdot)$ là ma trận hệ số vào (input matrix), $\dim[\mathbf{B}(\cdot)] = n \times p$,

$\mathbf{C}(\cdot)$ là ma trận hệ số ra (output matrix), $\dim[\mathbf{C}(\cdot)] = q \times n$,

$\mathbf{D}(\cdot)$ là ma trận hệ số thông qua (feedthrough/feedforward matrix), trong trường hợp hệ thống không tồn tại liên kết thông qua trực tiếp thì $\mathbf{D}(\cdot)$ là ma trận không, $\dim[\mathbf{D}(\cdot)] = q \times p$,

$$\dot{\mathbf{x}}(t) := \frac{d}{dt}\mathbf{x}(t).$$

Với hệ liên tục không theo thời gian

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)\end{aligned}$$

Với hệ liên tục theo thời gian

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}(t)\mathbf{u}(t)\end{aligned}$$

Với hệ rời rạc không theo thời gian

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k) \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(k) + \mathbf{D}\mathbf{u}(k)\end{aligned}$$

Với hệ rời rạc theo thời gian

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{A}(k)\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}(k)\mathbf{u}(k) \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{C}(k)\mathbf{x}(k) + \mathbf{D}(k)\mathbf{u}(k)\end{aligned}$$

Trong CDKT, các hệ liên tục thường được rời rạc hóa để dễ dàng thu thập, lưu trữ và xử lý thông tin.

Biến dự phòng trong mô hình CDKT (analytical redundancy)

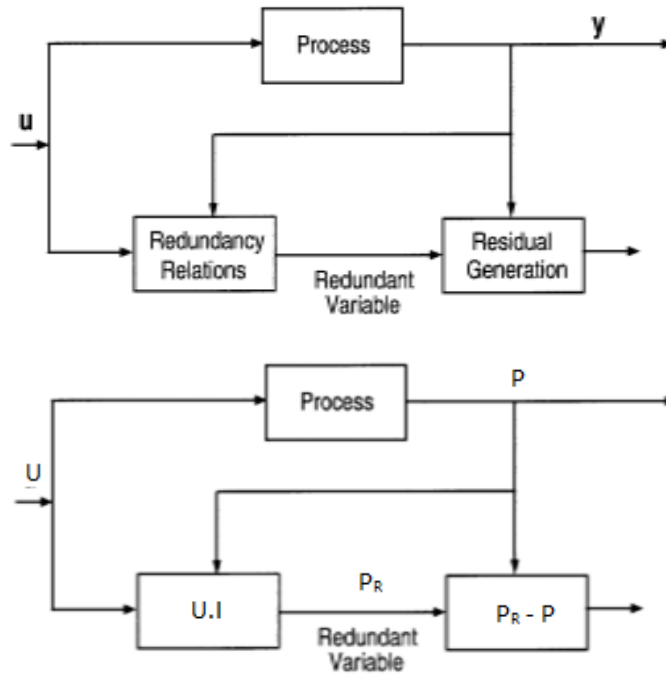
Trong xây dựng các mô hình tự động hóa điều khiển kết hợp chẩn đoán kỹ thuật và dò tìm hư hỏng, việc dựa vào các mô hình tri thức định lượng để phát hiện hư hỏng thường phải thực hiện qua hai bước. Bước thứ nhất là xác định sự sai lệch giữa giá trị tín hiệu thực của hệ thống và giá trị dự kiến nhận được. Sự chênh lệch này được gọi là “độ lệch”. Đây là thông số nhân tạo phản ánh nguy cơ xảy ra hư hỏng trong hệ thống. Bước thứ hai là lựa chọn thuật toán quyết định để xác định trạng thái kỹ thuật và hư hỏng.

Việc xác định độ lệch đòi hỏi phải tạo ra tín hiệu dự phòng hay tín hiệu thừa (redundancy). Thông thường, có hai phương pháp tạo ra tín hiệu dự phòng: dự phòng phần cứng và dự phòng giải tích. Dự phòng phần cứng thường kèm theo việc bố trí thêm các thiết bị phần cứng, các cảm biến dự phòng và thường chỉ được sử dụng trong các hệ thống đòi hỏi tính an toàn cao như thiết bị hàng không, hạt nhân. Đối với dự phòng giải tích, tín hiệu dự phòng là tín hiệu nhân tạo được tạo ra từ quan hệ phụ thuộc giữa các biến vào, ra và biến trạng thái.

Theo cách thu được, biến dự phòng được chia thành hai loại: biến dự phòng trực tiếp và biến thời gian. Biến trực tiếp được xác định từ quan hệ số học giữa các giá trị đo được từ các cảm biến khác nhau. Quan hệ này được dùng để tính toán giá trị của một biến từ giá trị đo được của biến khác. Giá trị tính toán này sau đó được so sánh với giá trị đo được từ cảm biến của thông số đó. Sự sai khác sẽ là cơ sở để chỉ ra có hay không hư hỏng liên quan đến thông số đó.

Biến dự phòng thời gian thu được từ phương trình vi phân hay sự sai khác giữa tín hiệu ra của các cảm biến của hệ thống (sensor outputs) với tín hiệu vào của các cơ cấu thực hiện (actuator inputs). Dạng tín hiệu này thường được sử dụng để chẩn đoán hư hỏng các cảm biến và cơ cấu thực hiện.

Mô hình hệ thống có biến dự phòng được mô tả trên Hình 10 Ở đây tín hiệu đầu ra đo được thực tế của hệ thống được đo và so sánh với tín hiệu dự phòng. Ở trạng thái hoạt động tốt của hệ thống, sai khác thu được phải nhỏ. Một sự sai khác lớn chứng tỏ rằng đã xuất hiện hư hỏng dẫn đến sự thay đổi trạng thái của hệ thống so với ban đầu.

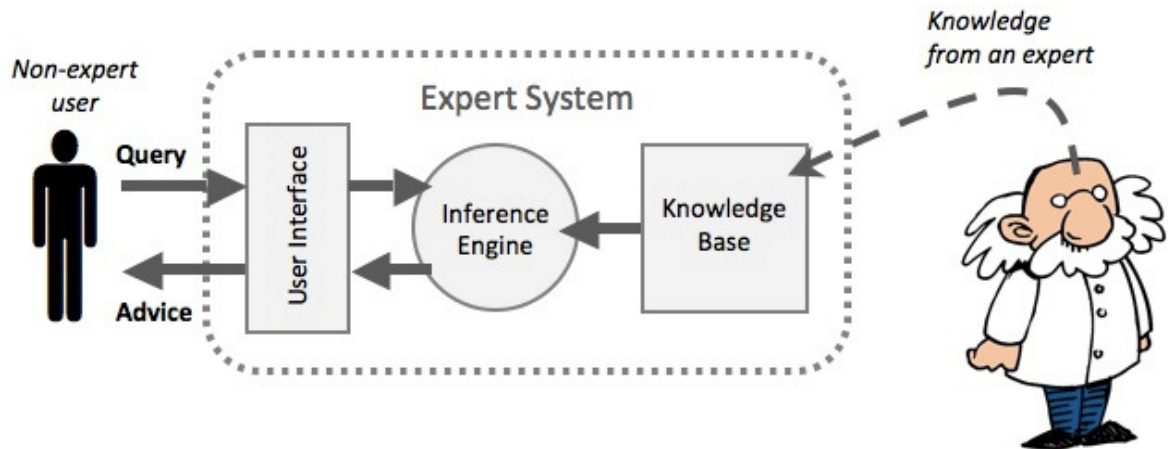


Hình 10. Mô hình với biến dự phòng

Ví dụ, đối với một thiết bị điện, biến vào là điện áp, biến ra là công suất. Biến dự phòng được xác định qua quan hệ $P_R = U.I$.

2.3. Mô hình tri thức định tính

Trong mô hình tri thức định tính, tri thức về lĩnh vực nghiên cứu được sử dụng là ở dạng định tính định tính xây. Tri thức có thể ở dạng suy luận theo quan hệ if-then-else hoặc các mối quan hệ logic giữa các phần tử trong hệ thống. Một trong những ví dụ tiêu biểu của mô hình định tính là hệ chuyên gia (expert system).



Hình 11. Mô hình hệ chuyên gia

Hình 11 mô tả mô hình một hệ chuyên gia. Hệ chuyên gia bản chất là một chương trình máy tính thông minh sử dụng tri thức (knowledge) và các thủ tục suy luận (inference procedures) để giải những bài toán tương đối khó khăn đòi hỏi những chuyên gia mới giải được. Một hệ chuyên gia gồm ba thành phần chính là cơ sở tri thức (knowledge base), máy suy luận (inference engine) và hệ thống giao tiếp với người sử dụng (user interface).

Cơ sở tri thức chứa các tri thức về lĩnh vực nghiên cứu. Đây chính là hiểu biết được tích lũy từ những nhà nghiên cứu, những chuyên gia và cả những kinh nghiệm quá khứ về đối tượng. Từ cơ sở dữ liệu này, máy suy luận sẽ tìm kiếm thông tin và tạo ra câu trả lời cho người sử dụng qua hệ thống giao tiếp. Người sử dụng (user) cung cấp sự kiện (facts) là những gì đã biết, đã có thật hay những thông tin có ích cho hệ chuyên gia, và nhận được những câu trả lời là những lời khuyên hay những gợi ý đúng đắn (expertise). Điều này giống như quá trình giải đáp thắc mắc thực hiện bởi các chuyên gia.

Mô hình hóa định tính cũng có thể sử dụng phép diễn giải (abduction) hay quy nạp (induction), hay suy luận quan hệ nhân quả (digraph). Mô hình kết nước như ở Hình 12 có thể sử dụng để xây dựng quan hệ nhân quả với F_1 , F_2 là lưu lượng dòng chảy vào và ra, Z là chiều cao mức chất lỏng. Khi đó, ta có các quan hệ sau:

$$F_1 - F_2 = \frac{dZ}{dT}, \quad F_2 = \frac{Z}{R}, \quad \text{với } R \text{ là hệ số phụ thuộc dung tích kết.}$$

Từ mô hình, có thể suy luận như sau: Sự thay đổi của lưu lượng vào, F_1 , sẽ làm thay đổi chiều cao mức chất lỏng, Z , và tốc độ thay đổi mức chất lỏng, $\frac{dZ}{dT}$. Sự thay đổi chiều cao mức chất lỏng sẽ dẫn tới thay đổi lưu lượng chảy ra, F_2 . Sự thay đổi lưu lượng ra sẽ ảnh hưởng trở lại đối với mức chất lỏng như là sự phản hồi.