

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13732-2:2023

ISO 15746-2:2017

Xuất bản lần 1

**HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA VÀ TÍCH HỢP –
TÍCH HỢP ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH NÂNG CAO VÀ
KHẢ NĂNG TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG SẢN XUẤT
PHẦN 2: MÔ HÌNH HOẠT ĐỘNG VÀ TRAO ĐỔI THÔNG TIN**

*Automation systems and integration – Integration of advanced process control and
optimization capabilities for manufacturing systems –*

Part 2: Activity models and information exchange

HÀ NỘI – 2023

Mục lục	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa	6
4 Thuật ngữ viết tắt.....	9
5 Luồng công việc APC-O.....	9
6 Trao đổi thông tin	18
Phụ lục A (tham khảo) – Ví dụ về tập hợp sự kiện APC-O.....	49
Phụ lục B (tham khảo) – Ngôn ngữ quá trình đối tượng (OPL)	53
Thư mục tài liệu tham khảo	60

Lời nói đầu

TCVN 13732-2:2023 hoàn toàn tương đương với ISO 15746-2 :2017;

TCVN 13732-2:2023 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 184

Hệ thống tự động hóa và tích hợp biên soạn, Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 13732 (ISO 15746), *Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất* gồm các phần sau:

- TCVN 13732-1:2023 (ISO 15746-1:2015), *Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất – Phần 1: Khung và mô hình chức năng*
- TCVN 13732-2:2023 (ISO 15746-2:2017), *Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất – Phần 2: Mô hình hoạt động và trao đổi thông tin*
- TCVN 13732-3:2023 (ISO 15746-3:2020), *Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất – Phần 3: Kiểm tra xác nhận và phê duyệt*

Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất –

Phần 2: Mô hình hoạt động và trao đổi thông tin

Automation systems and integration – Integration of advanced process control and optimization capabilities for manufacturing systems –

Part 2: Activity models and information exchange

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định:

- các mô hình hoạt động để mô tả các khía cạnh động của mô đun APC-O;
- yêu cầu trao đổi thông tin liên quan đến các khía cạnh động của mô đun APC-O;
- luồng công việc và vòng đời của các phần tử APC-O;
- định nghĩa các dịch vụ hỗ trợ trao đổi thông tin giữa:
 - Thành phần Cấp 3 và thành phần APC-O;
 - Thành phần Cấp 2 và thành phần APC-O;
 - Các thành phần APC-O của một hoặc nhiều hệ thống APC-O.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì áp dụng các bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

TCVN 13732-1:2023 (ISO 15746-1:2015), *Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Tích hợp điều khiển quá trình nâng cao và khả năng tối ưu hóa hệ thống sản xuất – Phần 1: Khung và mô hình chức năng*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa dưới đây.

3.1

Cảnh báo (alarm)

Thông báo về tình trạng bất thường có ý nghĩa đặc biệt đối với thành phần APC-O (3.2).

VÍ DỤ: Nhiệt độ được điều khiển bởi môđun APC vượt quá giới hạn cao hoặc đầu vào của môđun cảm biến mềm nằm ngoài phạm vi hợp lệ.

3.2

Thành phần APC-O (APC-O component)

Đối tượng quy trình trong hệ thống APC-O là sự khởi tạo của môđun chức năng APC-O.

CHÚ THÍCH: Một thành phần APC-O có thể thực thi các chức năng khác nhau liên quan đến suy luận và giao tiếp với các thành phần APC-O khác, tương tác với mô phỏng và tối ưu hóa, chẩn đoán và dự báo, và điều khiển.

3.3

Gói phần mềm APC-O (APC-O package)

Nhóm sản phẩm phần mềm thương mại được cung cấp bởi một nhà cung cấp duy nhất để cung cấp một hoặc nhiều môđun chức năng APC-O.

3.4

Nền tảng APC-O (APC-O platform)

Hệ thống dựa trên máy tính có khả năng quản lý và thực thi hệ thống APC-O bao gồm một hoặc nhiều thành phần APC-O (3.2).

3.5

Độ chệch (bias)

Điều chỉnh được thực hiện với một giá trị được tính toán để buộc nó khớp với các phép đo thực tế.

CHÚ THÍCH: Độ chệch thường được áp dụng để giải thích cho các nhiễu không đo được.

3.6

Biến được điều khiển (controlled variable)

Biến mà bộ điều khiển duy trì tại mục tiêu hoặc trong giới hạn tối thiểu và tối đa.

CHÚ THÍCH: Nó thực hiện điều này bằng cách điều chỉnh các biến điều khiển (3.11).

3.7**Biến nhiễu (disturbance variable)**

Biến mà bộ điều khiển coi là có ảnh hưởng đến các biến điều khiển (3.6) nhưng bộ điều khiển không thể điều chỉnh được.

3.8**Sự kiện (event)**

Thay đổi hoặc sự cố có thể phát hiện làm thay đổi trạng thái của thành phần APC-O (3.2) hoặc yêu cầu hành động của thành phần APC-O.

VÍ DỤ: Chế độ của vòng lặp PID được liên kết với một biến điều khiển (3.11) trong môđun APC thay đổi thành REMOTE hoặc một quá trình được quản lý bởi hệ thống APC-O thay đổi trạng thái từ "Producing" thành "Shutdown".

3.9**Phần tử điều khiển cuối (final control element)**

Thiết bị vật lý thực sự được di chuyển để hoàn thành việc điều khiển một quá trình.

VÍ DỤ: Các van, bộ giảm chấn, dẫn động biến tốc, v.v...

3.10**Giới hạn cứng (hard limit)**

Một giới hạn mà bộ điều khiển không được phép đạt trong bất kỳ trường hợp nào.

3.11**Biến điều khiển (manipulated variable)**

Biến mà bộ điều khiển điều chỉnh.

CHÚ THÍCH: Đây thường là các điểm đặt của các vòng PID nhưng cũng có thể là thao tác trực tiếp của phần tử điều khiển cuối (3.9).

3.12**Đường cơ sở hiệu quả (performance baseline)**

Đánh giá và thẩm định một tập hợp các chỉ số hiệu quả trọng yếu cho một quá trình trước khi triển khai hệ thống APC-O.

CHÚ THÍCH: Mục đích là để đánh giá hiệu quả của hệ thống APC-O so với đường cơ sở hiệu quả.

3.13**Giới hạn tốc độ thay đổi (rate of change limit)**

Giới hạn được đặt trên một lượng mà một giá trị được phép thay đổi trong một khoảng thời gian xác định.

3.14

Công thức (recipe)

Tập hợp các thành phần, quy định kỹ thuật của sản phẩm và cài đặt quá trình xác định cách sản xuất sản phẩm.

3.15

Giới hạn mềm (soft limit)

Giới hạn mà bộ điều khiển nên cố gắng tuân thủ nhưng có thể vượt quá nếu cần thiết.

3.16

Bám theo (tracking)

Hành động làm cho giá trị của một tham số giống với giá trị của tham số khác.

VÍ DỤ: Bộ điều khiển PID có thể bám theo điểm đặt với giá trị quá trình khi nó ở chế độ MANUAL.

3.17

Quỹ đạo (trajectory)

Tập hợp các giá trị, điển hình là một mảng, thể hiện hành vi dự kiến trong một khoảng thời hạn xác định.

CHÚ THÍCH: Trong các ứng dụng APC, quỹ đạo của biến điều khiển (3.11) là tập hợp các bước di chuyển do bộ điều khiển lập kế hoạch và quỹ đạo của biến được điều khiển (3.6) là những thay đổi dự kiến dựa trên các bước di chuyển đã lên kế hoạch đó và quá khứ thay đổi quá trình gần đây.

3.18

Giám sát (watchdog)

Chức năng xác định xem một thành phần của hệ thống điều khiển hoặc hệ thống bên ngoài có hoạt động bình thường không.

CHÚ THÍCH: Thông thường, chức năng giám sát sẽ thực hiện một số tập hợp hướng dẫn nếu nó xác định thành phần được theo dõi không hoạt động bình thường.

3.19

Luồng công việc (workflow)

Trình tự các hoạt động với điểm bắt đầu và điểm kết thúc rõ ràng để mô tả một nhiệm vụ.

CHÚ THÍCH: Luồng công việc cũng có thể có các nhánh, điểm quyết định và sự kiện (3.8). Luồng công việc là một loại mô hình hoạt động.

4 Thuật ngữ viết tắt

APC	advanced process control	điều khiển quá trình nâng cao;
APC-O	advanced process control and optimization	điều khiển quá trình nâng cao và tối ưu hóa
CV	controlled variable	biến được điều khiển
DV	disturbance variable	biến nhiễu
KPI	key performance indicator	chỉ số hiệu quả trọng yếu
MPC	model predictive control	điều khiển dự báo theo mô hình
MV	manipulated variable	biến điều khiển
OP	output of a PID controller	tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển PID
OPC	open platform communications	truyền thông nền tảng mở
OPD	object-process diagram	sơ đồ quá trình đối tượng
OPL	object process language	ngôn ngữ quá trình đối tượng
OPM	object process methodology	phương pháp quá trình đối tượng
PID	proportional-integral- derivative	vi tích phân tỷ lệ
SP	Setpoint	điểm đặt

5 Luồng công việc APC-O

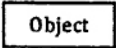
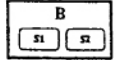
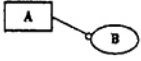
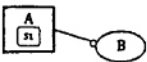
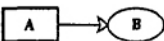
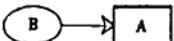
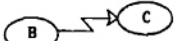
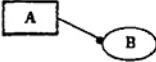
5.1 Khái niệm vòng đời

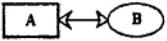
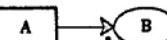
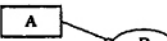
Vòng đời của hệ thống APC-O bao gồm các giai đoạn sau:

- Phân tích yêu cầu;
- Thiết kế;
- Phát triển;
- Thực hiện;
- Hỗ trợ kỹ thuật.

Hình 1 minh họa luồng công việc của hệ thống APC-O vì nó liên quan đến các giai đoạn của vòng đời. Hình này và tất cả các hình minh họa tiếp theo được mô tả bằng phương pháp quá trình đối tượng (OPM). Bảng 1 định nghĩa các ký hiệu OPM sử dụng trong tiêu chuẩn này. Ngôn ngữ quá trình đối tượng (OPL) là bản sao văn bản của quy định kỹ thuật hệ thống OPM đồ họa. Ví dụ về OPL có thể được xem trong Phụ lục B.

Bảng 1 – Ký hiệu OPM sử dụng

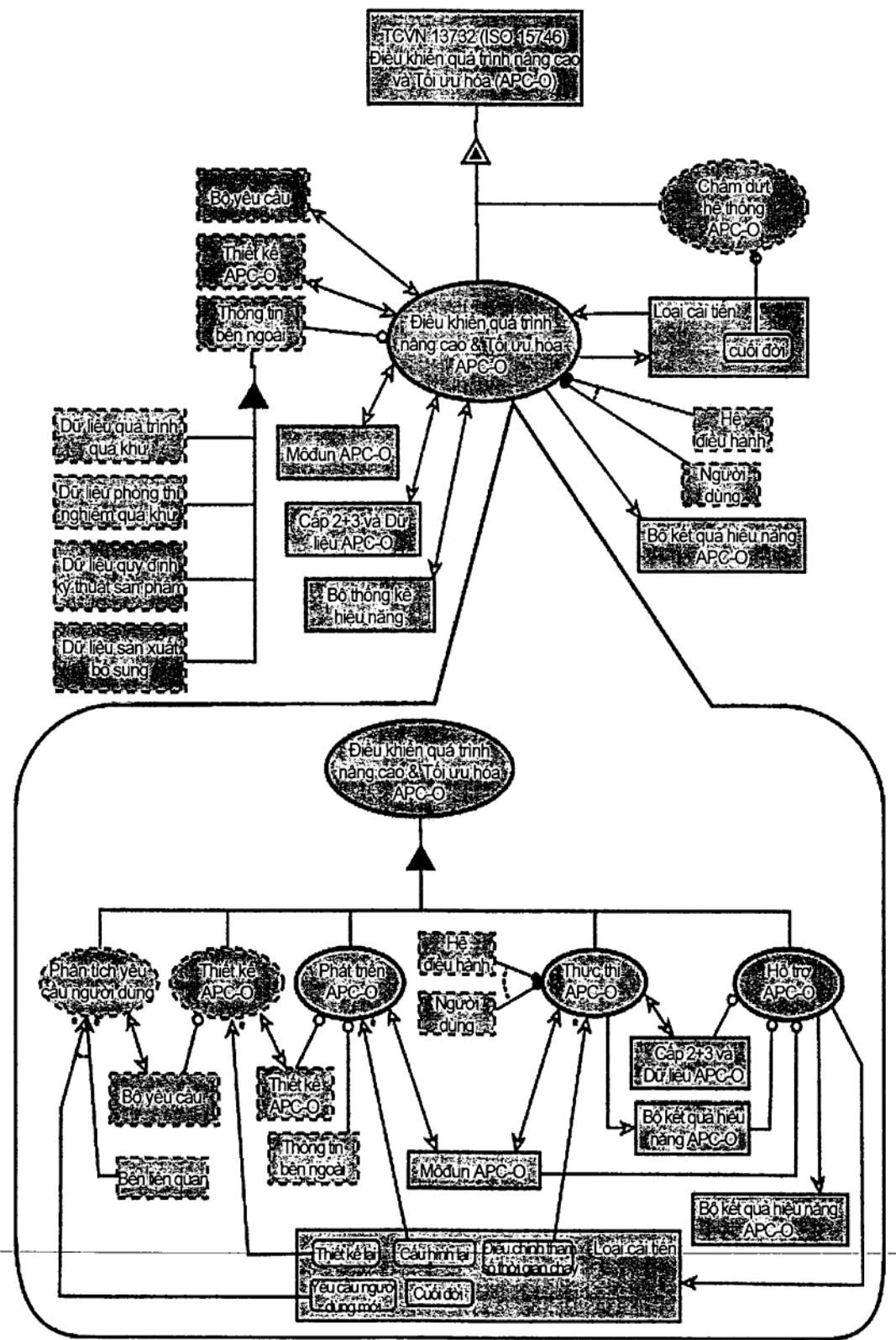
Ký hiệu	Tên	Mô tả
	Đối tượng	Một đối tượng là một mục tồn tại hoặc có thể tồn tại sau khi được xây dựng, về mặt vật lý hoặc thông tin. Các liên kết giữa các đối tượng sẽ tạo thành cấu trúc đối tượng của hệ thống được mô hình hóa, tức là khía cạnh cấu trúc, tĩnh của hệ thống.
	Quá trình	Một quá trình là một mục thể hiện khía cạnh hành vi, hệ thống động: cách các quá trình biến đổi các đối tượng trong hệ thống và cách hệ thống hoạt động để mang lại lợi ích. Các quá trình bổ sung cho các đối tượng bằng cách cung cấp khía cạnh động, quy trình của hệ thống.
	Trạng thái	Trạng thái là một tình huống hoặc vị trí mà tại đó một đối tượng có thể tồn tại trong một khoảng thời gian. Đối tượng B có thể ở trạng thái S1 hoặc S2.
	Liên kết công cụ	Liên kết công cụ là liên kết quy trình kết nối một quá trình với trình kích hoạt của quá trình đó trong đó trình kích hoạt là công cụ, dữ liệu, v.v. Đối tượng A kích hoạt Quá trình B và Quá trình B không thể xảy ra nếu Đối tượng A không tồn tại.
	Liên kết điều kiện	Liên kết điều kiện là một liên kết quy trình kết nối một quá trình với một trình kích hoạt của quá trình đó trong đó trình kích hoạt là trạng thái của một đối tượng. Quá trình thực hiện khi và chỉ khi đối tượng ở trạng thái nhất định.
	Liên kết tiêu thụ	Liên kết tiêu thụ là một liên kết kết nối một quá trình với một đối tượng sử dụng bởi hoặc được tiêu thụ do sự xuất hiện của quá trình đó. Quá trình B tiêu thụ Đối tượng A
	Liên kết kết quả	Liên kết kết quả là liên kết kết nối một quá trình với một đối tượng được xây dựng do sự xuất hiện của quá trình đó. Quá trình B tạo Đối tượng A.
	Liên kết gọi	Các liên kết gọi là các liên kết quy trình giữa các quá trình đang gọi và các quá trình được gọi. Các quá trình gọi kích hoạt các quá trình được gọi. Quá trình B gọi Quá trình C.
	Liên kết tác tử	Đối tượng là một người điều hành. Kích hoạt liên kết sẽ kích hoạt quá trình B.

	Liên kết hiệu ứng	Quá trình B thay đổi trạng thái của Đối tượng A; các chi tiết của hiệu ứng có thể được thêm vào ở mức thấp hơn.
	Liên kết sự kiện tiêu thụ	Sự tồn tại hoặc tạo đối tượng A sẽ cố gắng kích hoạt quá trình B. Nếu B được kích hoạt, nó sẽ tiêu thụ A. Quá trình thực thi sẽ tiếp tục nếu quá trình kích hoạt không thành công.
	Liên kết điều kiện	Sự tồn tại của đối tượng A là điều kiện để thực thi B. Nếu đối tượng A không tồn tại, thì quá trình B bị bỏ qua và luồng hệ thống thông thường tiếp tục.

Lưu ý rằng các giai đoạn Phân tích yêu cầu và Thiết kế thường trao đổi thông tin theo cách thủ công thay vì sử dụng các giao diện điện tử hoặc dựa trên máy tính. Do đó, tiêu chuẩn này chỉ đề cập đến các giai đoạn Phát triển, Thực thi và Hỗ trợ như được minh họa trong Hình 1. Hình 1 thể hiện các quá trình và đối tượng ngoài phạm vi bằng một đường đứt nét và các quá trình và đối tượng trong phạm vi bằng một đường liền nét.

Các công cụ khác nhau thường sử dụng cho mỗi giai đoạn do các yêu cầu chức năng khác nhau của các giai đoạn riêng biệt. Do đó, tiêu chuẩn này sẽ mô tả các giai đoạn vòng đời Phát triển, Thực thi và Hỗ trợ dưới dạng các hệ thống riêng biệt với các giao diện tích hợp giữa chúng.

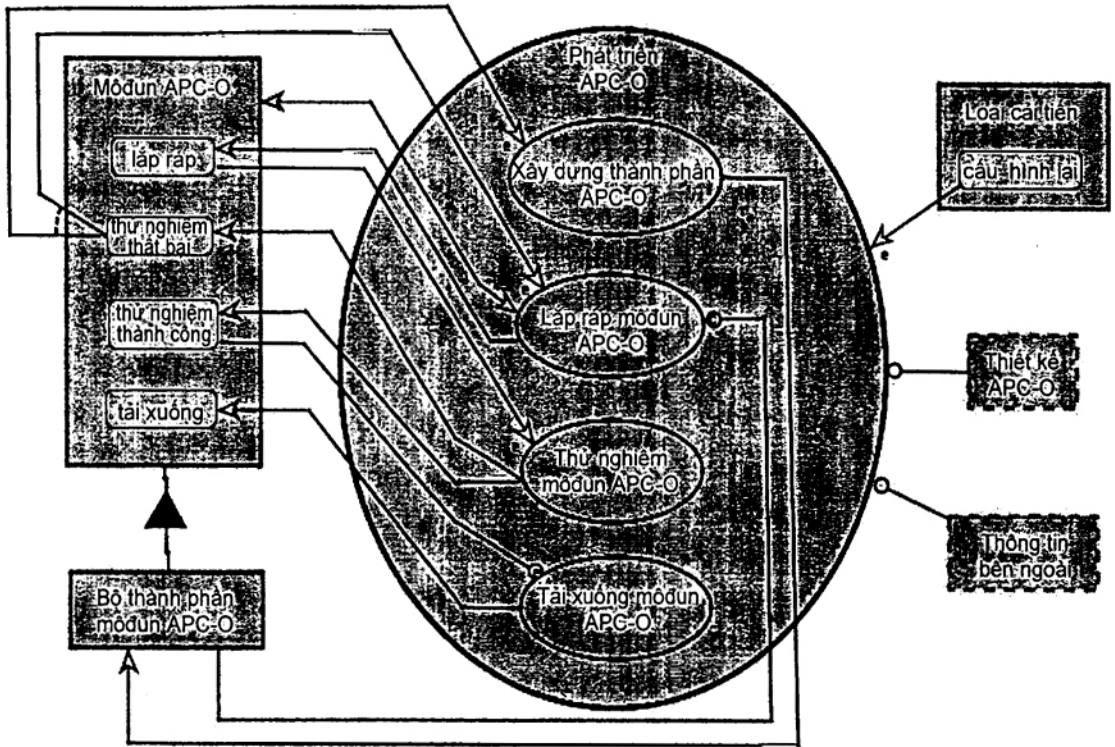
TCVN 13732-1 (ISO 15746-1) đã xác định bốn mô đun chức năng trong hệ thống APC-O là Cảm biến mềm, Kiểm soát quá trình nâng cao, Tối ưu hóa và Đánh giá hiệu quả. Luồng công việc cho bất kỳ giai đoạn nào cũng tương tự đối với bốn mô đun chức năng này, nhưng không giống nhau. Do đó, một số sản phẩm APC-O thương mại bao gồm các công cụ phần mềm hoàn toàn riêng biệt để phát triển, thực thi và hỗ trợ bốn mô đun chức năng trong khi những sản phẩm khác được tích hợp tốt bên trong. Các giao diện tích hợp được xác định trong tiêu chuẩn này sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc tích hợp giữa các sản phẩm APC-O thương mại khác nhau và giữa các hệ thống APC-O và không APC-O. Tiêu chuẩn không có ý ủng hộ bất kỳ mức tích hợp nội bộ cụ thể.



Hình 1 – Luồng công việc vòng đời APC-O

Các môđun APC-O bao gồm một hoặc nhiều thành phần thực hiện các chức năng hoặc công việc cụ thể. Các thành phần riêng lẻ này có thể được xây dựng riêng lẻ sau đó được lắp ráp để tạo thành môđun APC-O hoàn chỉnh.

Các giao diện bên ngoài được giai đoạn Phát triển sử dụng bao gồm các mô hình thông tin không phải APC-O. Đây có thể là các công cụ định vị tài nguyên toàn cầu cho bất kỳ cấp nào hoặc thông tin được truyền thủ công mô tả các hệ thống khác nhau mà ứng dụng APC-O dự kiến sẽ giao tiếp trong các giai đoạn Thực thi và/hoặc Hỗ trợ.



Hình 2 – Luồng công việc của giai đoạn Phát triển

Giai đoạn phát triển cũng tương tác với dữ liệu lịch sử từ nhiều cấp khác nhau, ví dụ:

- Quy định kỹ thuật sản phẩm
- Dữ liệu quá trình quá khứ
- Kết quả phòng thí nghiệm quá khứ
- Giá thành sản xuất

Giai đoạn phát triển sẽ tương tác với các hệ thống APC-O trong giai đoạn Thực thi và Hỗ trợ bằng cách cung cấp các định nghĩa môđun APC-O. Đây có thể là các định nghĩa mới hoặc sửa đổi các định nghĩa hiện có. Các hoạt động trong giai đoạn Phát triển có thể được bắt đầu khi hoàn thành giai đoạn Thiết kế hoặc giai đoạn Hỗ trợ báo hiệu sự cần thiết phải cải tiến hệ thống APC-O.

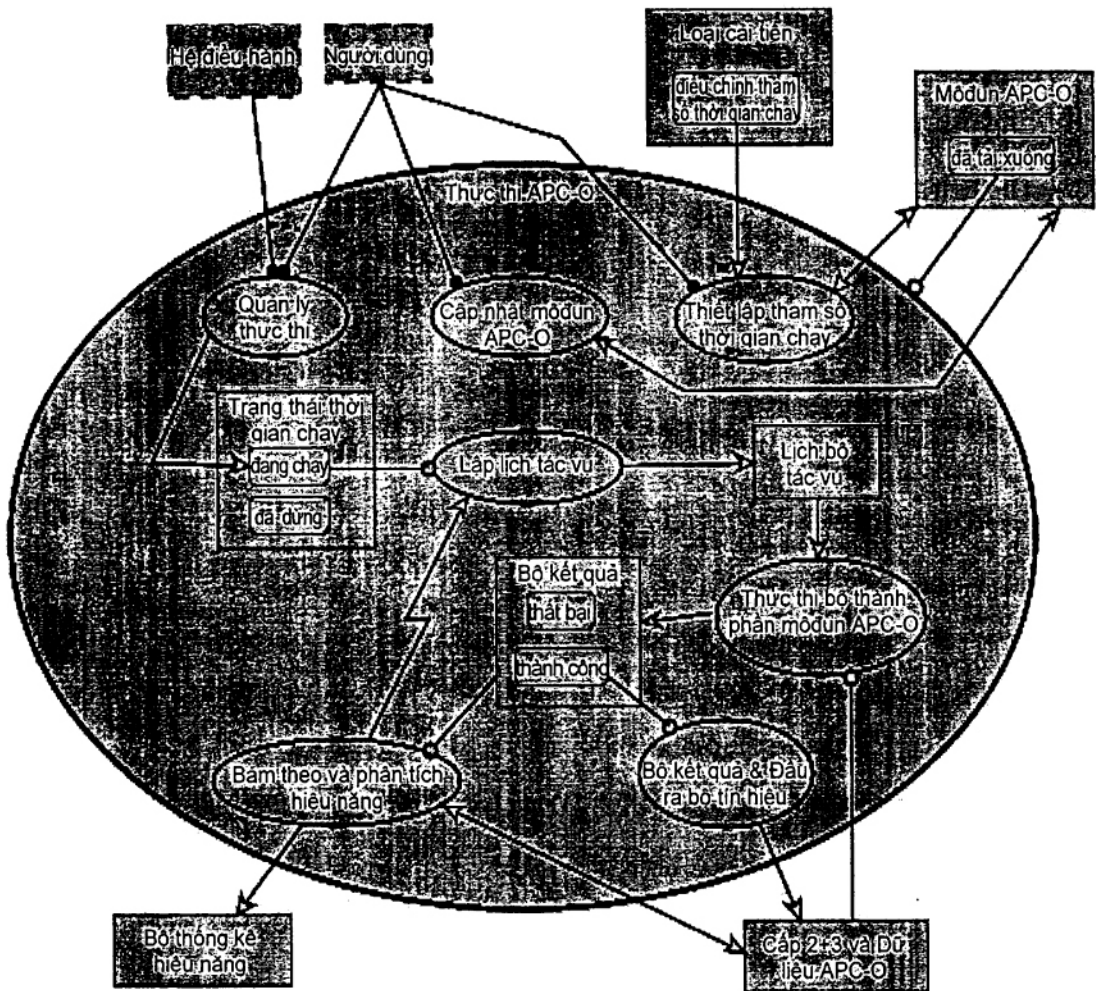
5.3 Giai đoạn thực thi

5.3.1 Luồng công việc của giai đoạn thực thi

Giai đoạn Thực thi bao gồm luồng công việc được minh họa trong Hình 3.

Các hoạt động chung được xác định thay vì chi tiết hóa từng môđun chức năng riêng biệt. Mặc dù có sự khác biệt giữa các môđun về cách các hoạt động này được thực hiện, nhưng những khác biệt đó không liên quan đến tiêu chuẩn này. Ngoài ra, các chi tiết của luồng công việc Giai đoạn thực thi sẽ khác nhau giữa gói APC-O thương mại này với gói APC-O thương mại khác nhưng những khác biệt đó không liên quan đến tiêu chuẩn này. Để đơn giản, một hệ thống đơn luồng đơn giản sử dụng để minh họa luồng công việc của Giai đoạn thực thi. Một số gói thương mại được thiết kế theo cách này nhưng cũng có những gói thương mại sử dụng xử lý không đồng bộ hoàn toàn và thậm chí xử lý phân tán cao.

Hình 3 minh họa các thành phần APC-O thực thi trong một vòng lặp liên tục được điều khiển bởi quá trình "lập lịch tác vụ" chỉ được kích hoạt nếu trạng thái thời gian làm việc của môđun APC-O là "đang chạy". Như đã trình bày trong giai đoạn Phát triển, môđun APC-O bao gồm một hoặc nhiều thành phần. Trong giai đoạn Thực thi, các thành phần APC-O có thể được cập nhật riêng lẻ như trong Hình 3 hoặc toàn bộ môđun có thể được cập nhật cùng một lúc.



Hình 3 – Luồng công việc ở giai đoạn thực thi

Các giao diện không phải APC-O sau đây cho giai đoạn Thực thi được xác định ở đây và được mô tả chi tiết trong Điều 6:

a) Trao đổi thông tin cấp 2 cho các dữ liệu như:

- 1) Thông số vòng lặp PID
- 2) Cài đặt các yếu tố điều khiển cuối như vị trí van và tốc độ truyền động
- 3) Xử lý các phép đo từ các thiết bị như cảm biến lưu lượng và nhiệt độ
- 4) Giá trị thể hệ thống kiểm soát chung
- 5) Tín hiệu báo động và sự kiện

b) Trao đổi thông tin cấp 3 cho các dữ liệu như:

- 1) Quy định kỹ thuật của sản phẩm

TCVN 13732-2:2023

- 2) Cài đặt quy trình dựa trên công thức
- 3) Kết quả phòng thí nghiệm
- 4) Giá thành sản xuất

Các giao diện sau đây giữa các Thành phần APC-O cũng được xác định ở đây và được mô tả chi tiết trong Điều 6:

a) Trao đổi thông tin APC-O. Ví dụ:

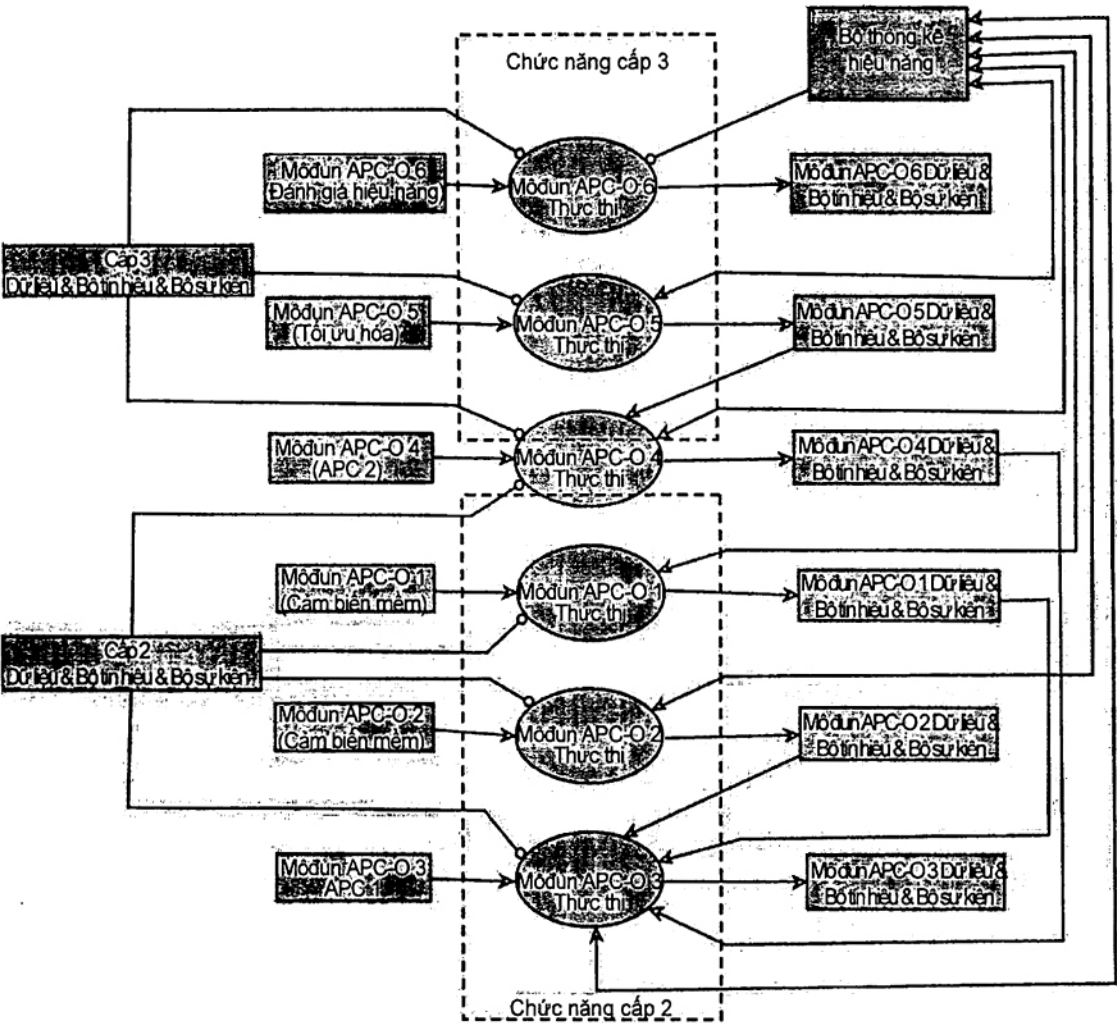
- 1) Dữ liệu, cảnh báo và sự kiện APC-O
- 2) Thống kê hiệu quả APC-O
- 3) Yêu cầu thực hiện và kết quả
- 4) Định nghĩa mô đun APC-O

5.3.2 Hệ thống APC-O phân tán

Hình 4 minh họa cách các thành phần APC-O phân tán tương tác. Trong hệ thống ví dụ, sáu mô đun APC-O tương tác để thực hiện một số chức năng liên quan đến nhau. Sáu mô đun được xác định là:

- Mô đun 1 - cảm biến mềm cung cấp một hoặc nhiều phần tử dữ liệu cho Mô đun 3
- Mô đun 2 - cảm biến mềm thứ hai, khác với Mô đun 1, cung cấp một hoặc nhiều thành phần dữ liệu cho Mô đun 3
- Mô đun 3 - mô đun APC thực hiện các chức năng điều khiển nâng cao trên quá trình sản xuất hoàn toàn trong môi trường cấp 2
- Mô đun 4 - mô đun APC thực hiện các chức năng điều khiển nâng cao trên quá trình sản xuất theo cách ảnh hưởng đến chính quy trình sản xuất ở cấp 2 và cả một hoặc nhiều chức năng MOM ở cấp 3
- Mô đun 5 - mô đun tối ưu hóa thực hiện các chức năng tối ưu hóa quá trình hoàn toàn trong môi trường cấp 3
- Mô đun 6 - mô đun đánh giá hiệu quả phân tích, bám theo và báo cáo hiệu quả của mô đun 1 - 5

Các tương tác khác nhau giữa các mô đun được minh họa trong Hình 4. Mô đun 1 và 2 chỉ cung cấp dữ liệu cho Mô đun 3 theo cách tương tự như các công cụ vật lý được cài đặt trong quá trình sản xuất. Mô đun 3 cũng sử dụng một hoặc nhiều đầu ra từ Mô đun 4. Các đầu ra này có thể là các điểm đặt được ghi từ các biến được điều khiển trong Mô đun 4 và sử dụng làm mục tiêu cho các biến được điều khiển trong Mô đun 3. Tương tự như vậy, Mô đun 4 sử dụng một hoặc nhiều đầu ra từ Mô đun 5. Vì Mô đun 5 là một mô đun tối ưu hóa, một ví dụ điển hình sẽ là các mục tiêu cho các biến được điều khiển trong Mô đun 4 trong đó các mục tiêu này được Mô đun 5 xác định là mục tiêu tối ưu dựa trên các mục tiêu kinh doanh được thu thập từ các hệ thống MOM khác nhau ở cấp 3.

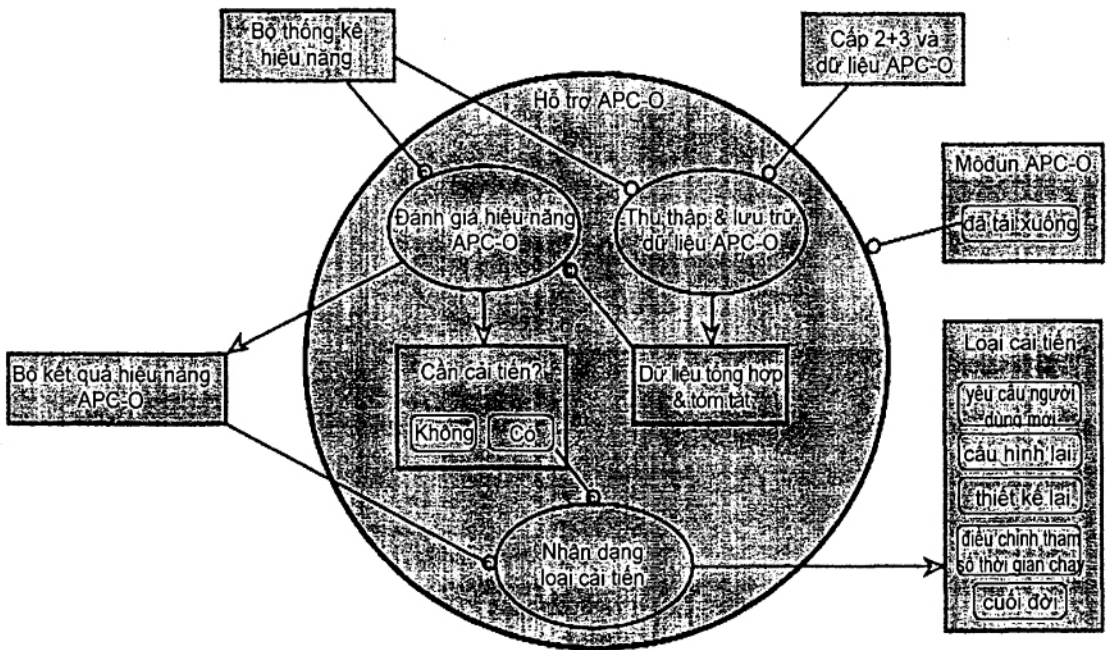


Hình 4 – Ví dụ về tương tác APC-O phân tán

5.4 Giai đoạn Hỗ trợ

Giai đoạn Hỗ trợ bao gồm luồng công việc được minh họa trong Hình 5. Luồng công việc của giai đoạn Hỗ trợ sẽ sử dụng các giao diện được xác định trong các giai đoạn trước.

Giai đoạn Hỗ trợ thường là một hoạt động thủ công để nâng cao và duy trì hiệu quả của hệ thống APC-O. Trong giai đoạn hỗ trợ được thực hiện thủ công, các quyết định của chuyên gia kỹ thuật thường dựa trên thông tin và phân tích từ mô đun đánh giá hiệu quả. Ba mô đun còn lại sẽ cung cấp cho mô đun đánh giá hiệu quả các dữ liệu thống kê về hiệu quả được thu thập thông qua các chức năng bám theo và phân tích nội bộ. Giai đoạn hỗ trợ có thể hoàn toàn tự động bằng cách sử dụng mô đun đánh giá hiệu quả cũng hoàn toàn tự động.



Hình 5 – Luồng công việc của giai đoạn hỗ trợ

6 Trao đổi thông tin

6.1 Tổng quan về dịch vụ trao đổi thông tin

Luồng công việc vòng đời của APC-O xác định các giao diện không phải APC-O sau đây mà các hệ thống APC-O sẽ hỗ trợ:

a) Cấp 2:

- 1) Định vị tài nguyên chung xác định tính khả dụng và khả năng của các tài nguyên không phải APC-O. Những ví dụ bao gồm:

i. Vòng lặp PID

- ii. Các yếu tố kiểm soát cuối như van và ổ đĩa
- iii. dụng cụ xử lý
- iv. Tín hiệu báo động và sự kiện

2) Trao đổi thông tin cho dữ liệu không phải APC-O. Những ví dụ bao gồm:

- i) Thông số vòng lặp PID
- ii) Cài đặt các yếu tố điều khiển cuối như vị trí van và tốc độ truyền động
- iii) Xử lý các phép đo từ các thiết bị như cảm biến lưu lượng và nhiệt độ
- iv) Giá trị thể hệ thống kiểm soát chung
- v) Tín hiệu báo động và sự kiện

b) Cấp 3:

1) Các con trở tài nguyên toàn cầu để xác định tính khả dụng và khả năng của các tài nguyên không phải APC-O. Những ví dụ bao gồm:

- i) quy định kỹ thuật sản phẩm
- ii) Công thức
- iii) Dữ liệu quá trình quá khứ
- iv) Kết quả phòng thí nghiệm
- v) Lệnh sản xuất

2) trao đổi thông tin cho dữ liệu không phải APCO. Những ví dụ bao gồm:

- i) quy định kỹ thuật sản phẩm
- ii) Cài đặt công thức
- iii) Dữ liệu quá trình quá khứ
- iv) Kết quả phòng thí nghiệm
- v) Giá thành sản xuất

Ngoài ra, các giao diện bên trong sau đây giữa các Môđun APC-O được xác định trong luồng công việc cấp phụ để hỗ trợ tích hợp các sản phẩm phần mềm thương mại nhằm tạo ra một hệ thống APC-O không đồng nhất. Điều này làm giảm sự phụ thuộc của ngành vào mọi sản phẩm APC-O thương mại hỗ trợ mọi công nghệ có thể. Các hệ thống APC-O sẽ hỗ trợ các giao diện này:

- a) Định nghĩa môđun APC-O;
- b) Dữ liệu APC-O;
- c) Cảnh báo và tín hiệu sự kiện APC-O.

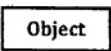
6.2 Mô hình thông tin

6.2.1 Quy định chung

Tất cả các giao diện đều dựa trên một mô hình thông tin tổng thể cho các hệ thống APC-O được minh họa trong Hình 6. Một hệ thống APC-O bao gồm một hoặc nhiều Môđun APC-O. Môđun APC-O sẽ được xác định theo Tên và Loại và cũng có thể có một hoặc nhiều thuộc tính dành riêng cho nhà cung cấp được cung cấp thông qua giao diện dịch vụ khám phá.

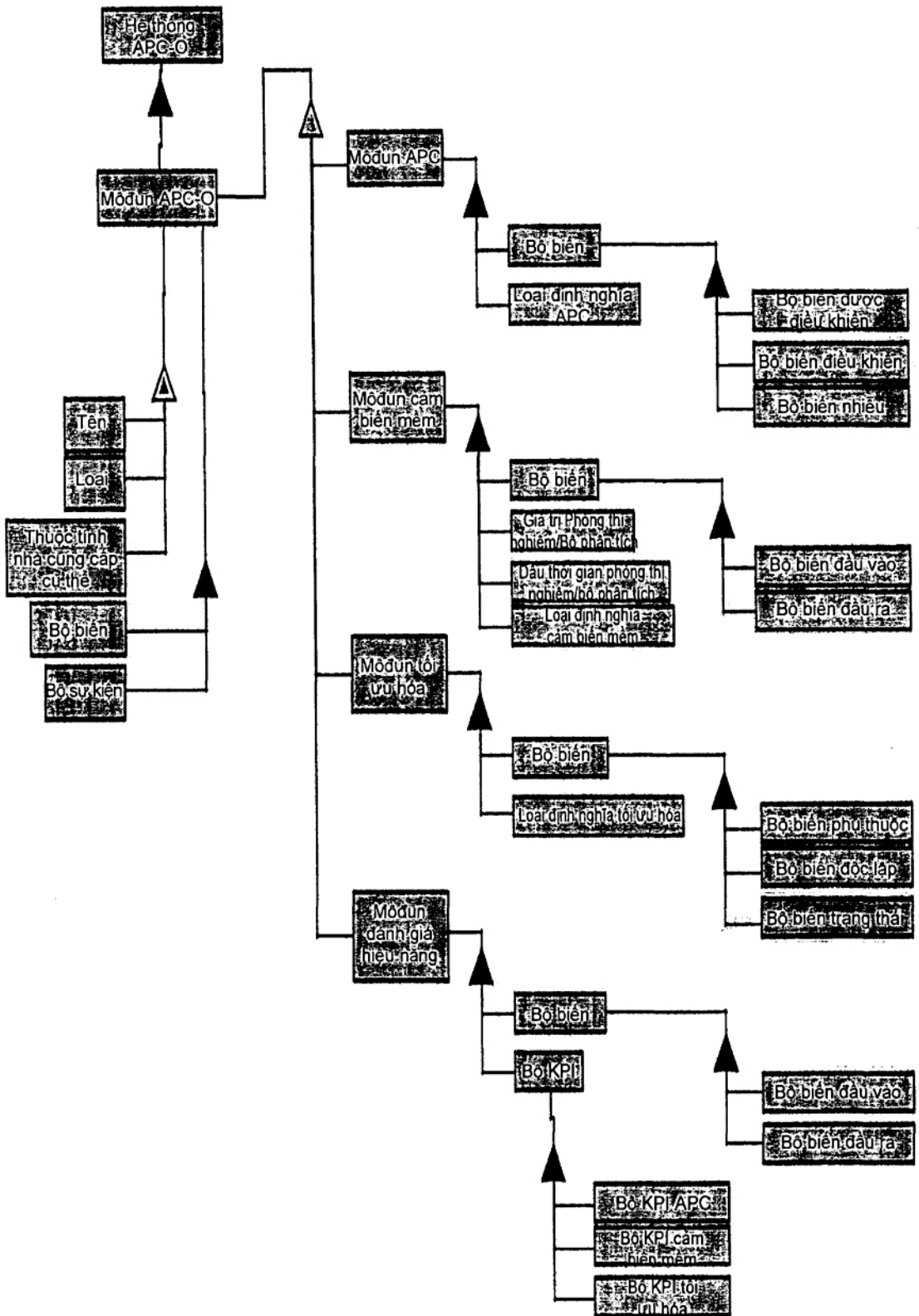
Các ký hiệu trong Bảng 2 sử dụng trong các mô hình thông tin trong tài liệu này:

Bảng 2 – Ký hiệu mô hình thông tin

Ký hiệu	Tên	Mô tả
	Đối tượng	Một đối tượng là một mục tồn tại hoặc có thể tồn tại sau khi được xây dựng, về mặt vật lý hoặc thông tin. Các liên kết giữa các đối tượng sẽ tạo thành cấu trúc đối tượng của hệ thống được mô hình hóa, tức là khía cạnh cấu trúc, tĩnh của hệ thống.
	Liên kết quan hệ tập hợp – tham gia	Một quan hệ cấu trúc cơ bản. Tập hợp–Tham gia là một mục nguồn tập hợp một hoặc nhiều mục tham gia khác, các mục đích, thành một tổng thể có ý nghĩa.
	Liên kết quan hệ trình bày – đặc trưng	Một quan hệ cấu trúc cơ bản. Trình bày–Đặc trưng có nghĩa là một mục trình bày hoặc được đặc trưng bởi một mục khác. Mỗi quan hệ Trình bày–Đặc trưng liên kết một mục nguồn, mục trình bày, với một hoặc nhiều mục đích, sẽ xác định các tính năng đặc trưng cho mục trình bày.
	Liên kết quan hệ Quy định chung hóa–chuyên biệt hóa	Quan hệ Quy định chung hóa–Chuyên biệt hóa mở rộng khái niệm kế thừa cho cả đối tượng và quá trình. Một hạng mục chuyên biệt hóa ít nhất có cùng quan hệ cấu trúc và quan hệ quy trình như hạng mục quy định chung.
	Liên kết quan hệ khởi tạo–phân loại	Quan hệ phân loại–khởi tạo kết nối các lớp với các thực thể của chúng.

Các môđun APC-O Cảm biến mềm, APC và Tối ưu hóa sẽ có Loại Định nghĩa là một loại đối tượng với các kiểu phụ để xác định cách khởi tạo cụ thể của môđun APC-O. Ví dụ về Loại APCDefinition là MatrixMPC, ExpertSystem và TransitionProcedure. Ví dụ về Loại SoftSensorDefinition là Equation và NeuralNetwork. Ví dụ về Loại OptimizationDefinition là SteadyStateOpt, DynamicOpt và ExpertSystemOpt. Môđun APC-O sẽ cung cấp cấu trúc Loại định nghĩa cụ thể của nó thông qua giao diện dịch vụ khám phá.

Môđun PerformanceAssessment không có Loại Định nghĩa nhưng sẽ có KPISets, là bộ KPI sử dụng để đánh giá hiệu quả của hệ thống APC-O. KPI cụ thể và định nghĩa của chúng sẽ được cung cấp bởi hệ thống APC-O thông qua giao diện dịch vụ khám phá.



Hình 6 – Mô hình thông tin APC-O

6.2.2 Thuộc tính loại sự kiện APC-O

Mô đun APC-O phải chứa Tập sự kiện là một nhóm các sự kiện mà mô đun sẽ giám sát hoặc tạo ra. Các sự kiện chính xác không chỉ phụ thuộc vào loại Mô đun APC-O mà còn phụ thuộc vào loại quá trình sản xuất mà mô đun được áp dụng. Các sự kiện trong Tập hợp sự kiện là các đối tượng thuộc loại Loại sự kiện APC-O. Các sự kiện cụ thể và định nghĩa của chúng sẽ được cung cấp bởi hệ thống APC-O thông qua giao diện dịch vụ khám phá. Thời gian chờ giao tiếp, Quy trình trên sản phẩm và Thay đổi cấp sản phẩm là những ví dụ về các sự kiện mà hệ thống APC-O quan tâm. Các sự kiện có thể kích hoạt hành động, ví dụ: sự kiện Thay đổi cấp sản phẩm có thể kích hoạt tài các mục tiêu và giới hạn cụ thể của sản phẩm vào mô đun APC.

APC-OEvent Type là một loại đối tượng xác định các thuộc tính phổ biến của các sự kiện sử dụng trong APC-O. Hình 7 hiển thị mô hình thông tin cho Loại APC-OEvent và các loại phụ được xác định. Phụ lục A cung cấp một bộ sự kiện ví dụ.

Thuộc tính loại sự kiện APC-O:

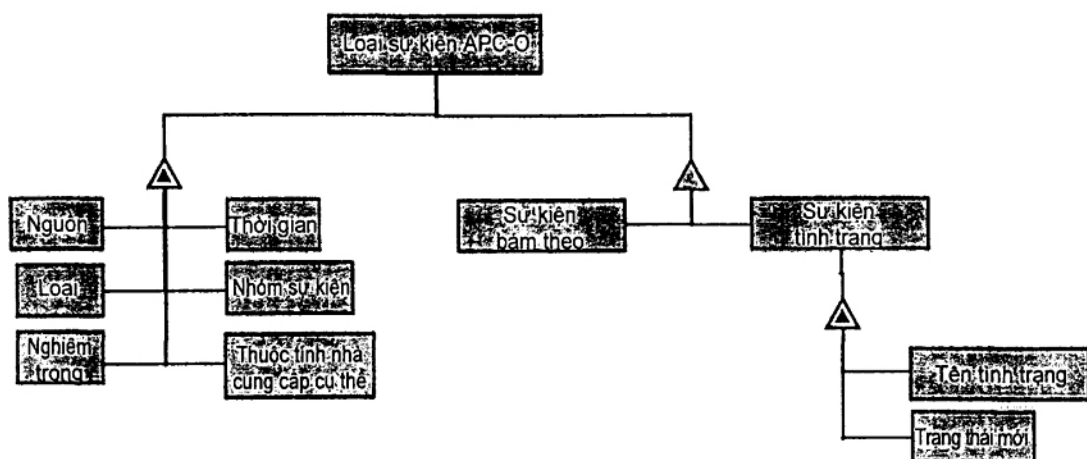
- Source - Tham chiếu đến đối tượng đã tạo sự kiện
- Time - Thời điểm xảy ra sự kiện
- Type - Loại sự kiện
- EventCategory - Nhóm sự kiện được xác định, chẳng hạn như Sự kiện quá trình hoặc Sự kiện hệ thống
- Severity - Tính khẩn cấp của sự kiện
- Vendor-Specific Attributes - Thuộc tính bổ sung được xác định bởi gói APC-O cụ thể. Các thuộc tính này sẽ được cung cấp bởi giao diện dịch vụ khám phá.

ConditionEvent là một kiểu con của Loại APC-OEvent sử dụng để biểu thị các thay đổi trong một số điều kiện, chẳng hạn như trạng thái báo động của phép đo quy trình hoặc trạng thái của liên kết truyền thông hệ thống. ConditionEvent có các thuộc tính bổ sung như được hiển thị bên dưới:

ConditionEvent (sự kiện có điều kiện) là một loại phụ của loại sự kiện APC-O, sử dụng để chỉ ra sự hiện diện của các thay đổi trong một số điều kiện (ví dụ: điều kiện báo động của hệ thống đo lường quá trình, thay đổi trạng thái của liên kết truyền thông với hệ thống, v.v.). Một sự kiện có điều kiện có các thuộc tính bổ sung:

- ConditionName – tên điều kiện;
- NewState - trạng thái mới.

TrackingEvent là một kiểu phụ của Loại APC-OEvent sử dụng để biểu thị các hành động như bắt đầu chuyển đổi cấp sản phẩm hoặc nhập phép đo phòng thí nghiệm mới. Một TrackingEvent không có thuộc tính nào ngoài những thuộc tính được xác định cho Loại sự kiện APC-O.



Hình 7 – Mô hình thông tin APC-OEvent

6.2.3 Thuộc tính của biến loại APC-O

Tất cả các loại Mô đun APC-O sẽ có VariableSets của loại cơ sở Loại APC-OVariable. VariableSets là tập hợp các biến sử dụng bởi hệ thống APC-O. Các bộ đã xác định được hiển thị cho từng loại APC-OModule. Các biến trong mỗi bộ này là các kiểu con của Loại APC-OVariable. Các bộ khác có thể được xác định bởi hệ thống APC-O và được hiển thị thông qua giao diện dịch vụ khám phá. InputVariableSet và OutputVariableSet là tập hợp các biến thuộc loại cơ sở APC-OVariable và không có thuộc tính Hành vi cụ thể.

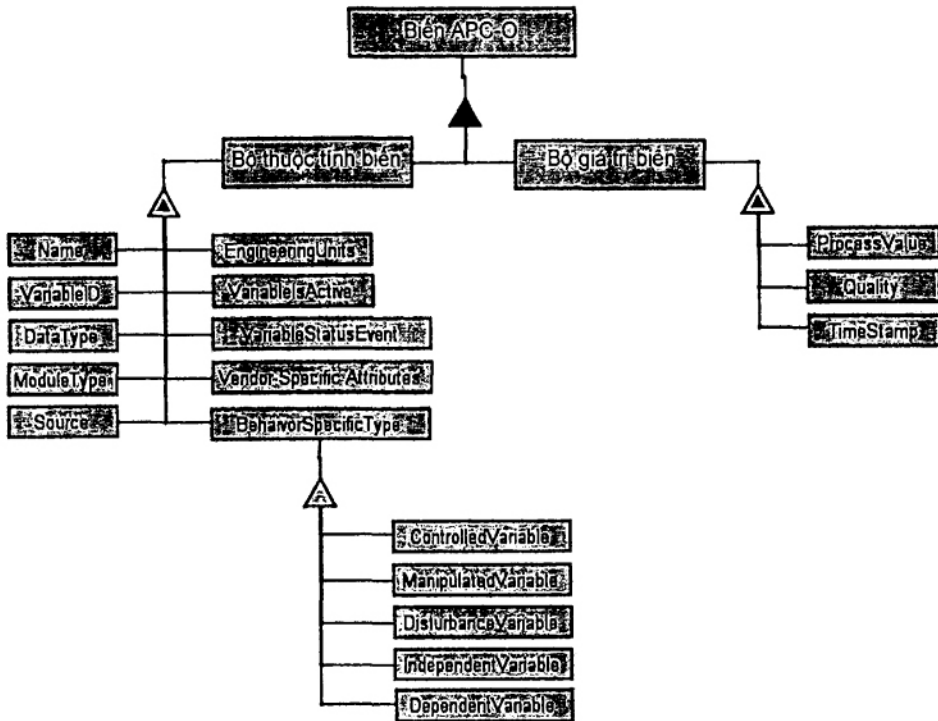
Loại APC-OVariable là một kiểu đối tượng xác định các thuộc tính chung của tất cả các biến sử dụng trong APC-O. Hình 8 cho thấy mô hình thông tin cho Loại APC-OVariable và các loại phụ được xác định.

Các thuộc tính của Loại APC-OVariable được định nghĩa như sau:

- Bộ giá trị của biến bao gồm:
 - ProcessValue - giá trị quy trình hiện tại được đọc từ Nguồn
 - Quality - chất lượng dữ liệu của ProcessValue
 - TimeStamp - ngày và giờ được liên kết với ProcessValue
- Tập các thuộc tính của biến bao gồm:
 - Name – tên mô tả của biến; - VariableID - định danh mô tả duy nhất của một biến ở định dạng chuyên nghiệp đặc biệt
 - người cho;
 - DataType - kiểu dữ liệu của biến quá trình (ví dụ: REAL, INT, BOOL, v.v.);
 - ModuleType – Loại APC-O của mô đun mà biến được liên kết (ví dụ: mô đun APC, cảm biến được điều khiển bằng phần mềm);

TCVN 13732-2:2023

- Source – liên kết đến một nguồn dữ liệu bên ngoài. Các kiểu con của VariableSource (nguồn của biến) bao gồm: PIDLoop (vòng phản hồi PID), FinalControlElement (phản hồi của bộ truyền động), SuccessfulVariable (biến được tính toán), SoftSensor (cảm biến được điều khiển bằng phần mềm). Các kiểu con này được mô tả trong phần 6.3 và 6.4.
- EngineeringUnits - đơn vị kỹ thuật xác định giá trị của các biến;
- VariablesActive - cờ cho biết liệu biến này có liên quan đến tính toán của thành phần hay không;
- VariableStatusEvent - một sự kiện báo hiệu sự thay đổi trạng thái của biến APC-O;
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể - bất kỳ thuộc tính bổ sung nào do gói chương trình APC-O đặc biệt;
- BehaviourSpecific - kiểu phụ của biến APC-O, phản ánh các đặc điểm hành vi;
- Name - tên mô tả của biến
- VariableID - mã định danh để xác định duy nhất biến, định dạng sẽ dành riêng cho nhà cung cấp
- DataType - kiểu dữ liệu của ProcessValue, ví dụ REAL, INT, BOOL, v.v.
- ModuleType - loại môđun APC-O mà biến được liên kết với, ví dụ: APC hoặc SoftSensor
- Source - một tham chiếu đến một nguồn bên ngoài cho dữ liệu. Các kiểu con của VariableSource bao gồm PiDLoop, FinalControlElement, CalculatedVariable và SoftSensor. Các kiểu con này được mô tả trong 6.3 và 6.4.
- EngineeringUnits - đơn vị đo xác định giá trị
- VariablesActive - cờ để cho biết liệu biến có được bao gồm trong phép tính thành phần hay không
- VariableStatusEvent - một sự kiện báo hiệu sự thay đổi trạng thái của biến APC-O
- Vendor-Specific Attributes - Bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói APC-O cụ thể
- Behaviourspecific - các kiểu con của Biến APC-O thể hiện hành vi bổ sung



Hình 8 – Mô hình thông tin loại APC-OVariable

6.2.4 Các loại định nghĩa mô đun

Ba loại đối tượng được xác định cho các mô đun APC, SoftSensor và Optimization.

Loại APCDefinition chỉ định đối tượng để thực hiện Điều khiển quá trình nâng cao. Định nghĩa của đối tượng phụ thuộc vào loại APC sử dụng. Ví dụ là MatrixMPC, ExpertSystem và TransitionProcedure. Các loại APC khác tồn tại và chúng sẽ có các định nghĩa đối tượng duy nhất. Gói APC-O cụ thể sẽ cung cấp các định nghĩa cho các loại APCDefinition mà nó sử dụng.

Loại SoftSensorDefinition chỉ định đối tượng để triển khai Cảm biến mềm. Định nghĩa của đối tượng phụ thuộc vào loại Cảm biến mềm sử dụng. Ví dụ là Equation và NeuralNetwork. Các loại Cảm biến mềm khác tồn tại và chúng sẽ có các định nghĩa đối tượng duy nhất. Gói APC-O cụ thể sẽ cung cấp các định nghĩa cho Loại SoftSensorDefinition mà nó sử dụng.

Loại OptimizationDefinition chỉ định đối tượng để triển khai Optimization. Định nghĩa của đối tượng phụ thuộc vào loại Optimization sử dụng. Các ví dụ là SteadyStateOpt, DynamicOpt và ExpertSystemOpt. Các loại Optimization khác tồn tại và chúng sẽ có các định nghĩa đối tượng duy nhất. Gói APC-O cụ thể sẽ cung cấp các định nghĩa cho Loại OptimizationDefinition mà nó sử dụng.

6.3 Giao diện hệ thống không phải APC-O

6.3.1 Quy định chung

Các điều con sau xác định giao diện giữa hệ thống APC-O và hệ thống không phải APC-O.

6.3.2 Dữ liệu và sự kiện cấp 2

6.3.2.1 Quy định chung

Trong khi ở giai đoạn Thực thi, hệ thống APC-O sẽ cần đọc một số vật phẩm dữ liệu từ hệ thống điều khiển truyền thống hoặc hệ thống Cấp 2. Phần lớn dữ liệu này là ánh xạ thể/giá trị đơn giản và các tiêu chuẩn hiện có được xây dựng trên đặc tả Truyền thông nền tảng mở (OPC), chẳng hạn như Truy cập dữ liệu OPC (IEC 62541) hoặc OPC-DA, là đủ. Cải tiến là cần thiết trong các tương tác phức tạp hơn.

Giao diện này được xây dựng dựa trên các tiêu chuẩn giao tiếp hiện có như Kiến trúc hợp nhất OPC (IEC 62541) hoặc OPC-UA, bằng cách tạo các mô hình thông tin dành riêng cho máy khách APC-O. Điều này cho phép phần mềm phát triển ứng dụng APC-O sử dụng các chức năng khám phá để tạo các liên kết dữ liệu sử dụng bởi công cụ thực thi APC-O trong thời gian làm việc. Điều này cũng cung cấp một phương pháp tiêu chuẩn cho công cụ thực thi APC-O để truy cập dữ liệu và sự kiện trong thời gian làm việc. Trao đổi thông tin nên hỗ trợ cả phương thức đồng bộ và không đồng bộ.

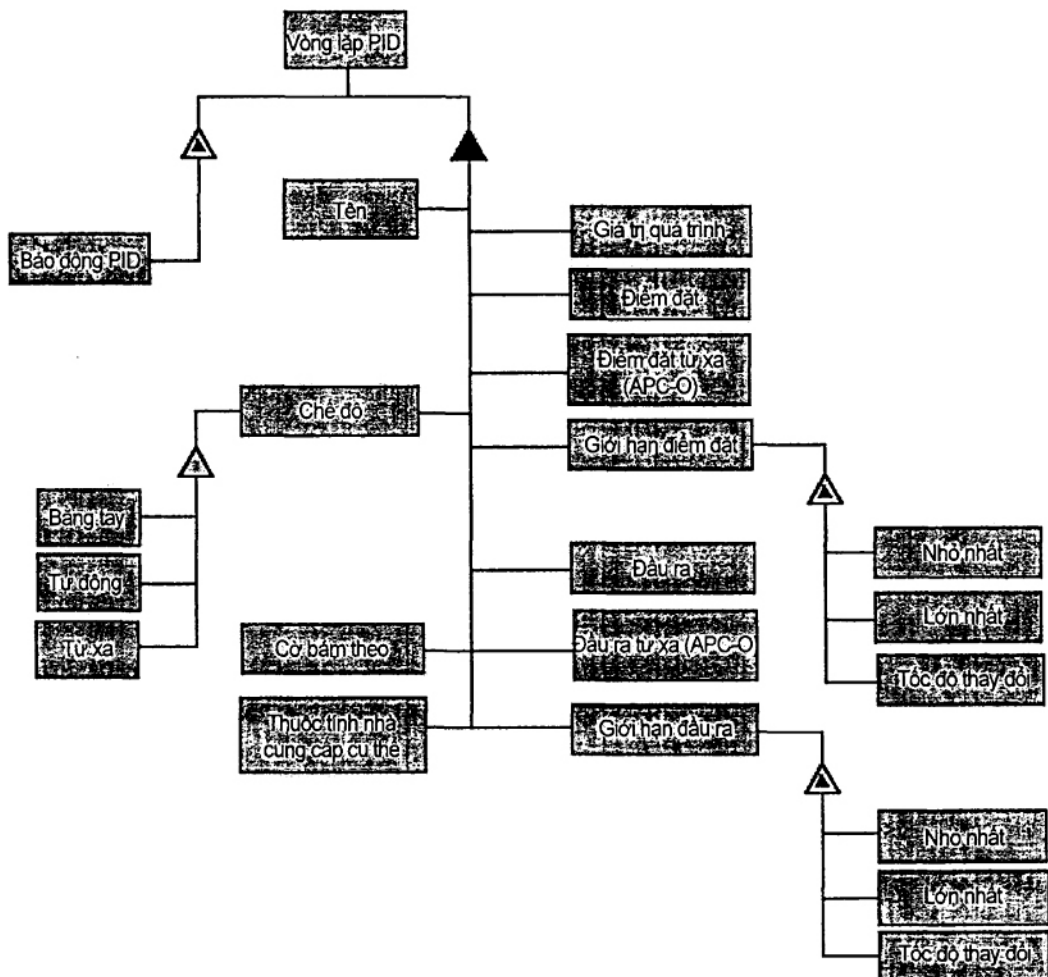
Tất cả các biến trong hệ thống APC-O sẽ trao đổi dữ liệu và sự kiện với các hệ thống bên ngoài thông qua Source của chúng, đây là ánh xạ chung tới nguồn dữ liệu bên ngoài thuộc loại VariableSource. Một kiểu con của Loại VariableSource có thể đơn giản như kết nối dữ liệu với giá trị quy trình của một công cụ trong hệ thống kiểm soát cơ bản. Hai lớp Loại VariableSource áp dụng cho các hệ thống bên ngoài đủ phức tạp và đủ phổ biến để được quan tâm trong tài liệu này. Các lớp này là PiDLoop và FinalControlElement.

6.3.2.2 Vòng lặp PID

PiDLoop là đại diện của bộ điều khiển PID trong hệ thống điều khiển Cấp 2. Hình 9 là một mô hình thông tin cho một PiDLoop chứa thông tin mà APC-O quan tâm. Nhiều tính năng và tham số của bộ điều khiển PID thực tế đã được lược bỏ trong mô hình thông tin này để tập trung vào các yêu cầu của APC-O. Các thuộc tính của PiDLoop được định nghĩa như sau:

- Name – tên mô tả của biến;
- ProcessValue (giá trị biến quá trình) – các giá trị được đọc từ công cụ đo lường và được điều khiển bởi bộ điều khiển PID;
- SetPoint (điểm điều khiển) – giá trị mục tiêu được theo dõi bởi bộ điều khiển PID;
- RemoteSetPoint (điểm điều khiển từ xa) - điểm điều khiển được hỗ trợ bởi Bộ điều khiển cấp trên (ví dụ: nút chính của tầng, hệ thống APC-O, v.v.);

- SetPointParameters (tham số điểm điều khiển) - nhóm các tham số xác định giá trị giới hạn của điểm điều khiển (ví dụ: giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất, mức độ thay đổi, v.v.);
- Output (tham số đầu ra) - tín hiệu đầu ra được hướng từ bộ điều khiển PID đến liên kết điều hành của hệ thống điều khiển (ví dụ: đến van);
- RemoteOutput (đầu ra từ xa) - tín hiệu đầu ra được tạo bởi bộ điều khiển cấp cao nhất (ví dụ: hệ thống APC-O);
- OutputLimits (giá trị giới hạn của các tham số đầu ra) - một nhóm các tham số xác định giá trị giới hạn của các tham số ở đầu ra của bộ điều khiển PID (ví dụ: giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất, mức độ thay đổi, v.v.);
- Thuộc tính Nhà cung cấp cụ thể - bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt;



Hình 9 – Mô hình thông tin PIDLoop

TCVN 13732-2:2023

Mode và Tracking ảnh hưởng đến hành vi của PID Loop. Mode có thể là MANUAL, AUTO, hoặc REMOTE. Khi ở chế độ MANUAL, vòng lặp không tính toán đầu ra, người vận hành sẽ đặt thủ công. Khi ở chế độ AUTO, vòng lặp sẽ tính toán đầu ra để cung cấp khả năng điều khiển. Khi ở REMOTE, vòng lặp hoạt động như thể nó ở AUTO ngoại trừ điểm đặt được cung cấp bởi điều khiển cấp cao hơn. Điểm đặt này được ghi vào tham số RemoteSetpoint và vòng lặp chịu trách nhiệm sao chép giá trị vào điểm đặt thực tế. Một tính năng phổ biến của PID Loop là bám theo điểm đặt thành giá trị quá trình khi vòng lặp ở chế độ MANUAL để quá trình không bị gián đoạn khi vòng lặp được đặt ở chế độ AUTO vì giá trị quá trình sẽ ở điểm đặt. Một tính năng cần thiết tương tự để hỗ trợ truyền vào và ra khỏi chế độ REMOTE một cách dễ dàng là theo dõi điểm đặt từ xa đến điểm đặt khi không ở chế độ REMOTE. TrackingFlags là các thuộc tính sử dụng để quản lý các tính năng này và các định nghĩa chính xác của chúng được xác định bởi nhà cung cấp hệ thống APC-O.

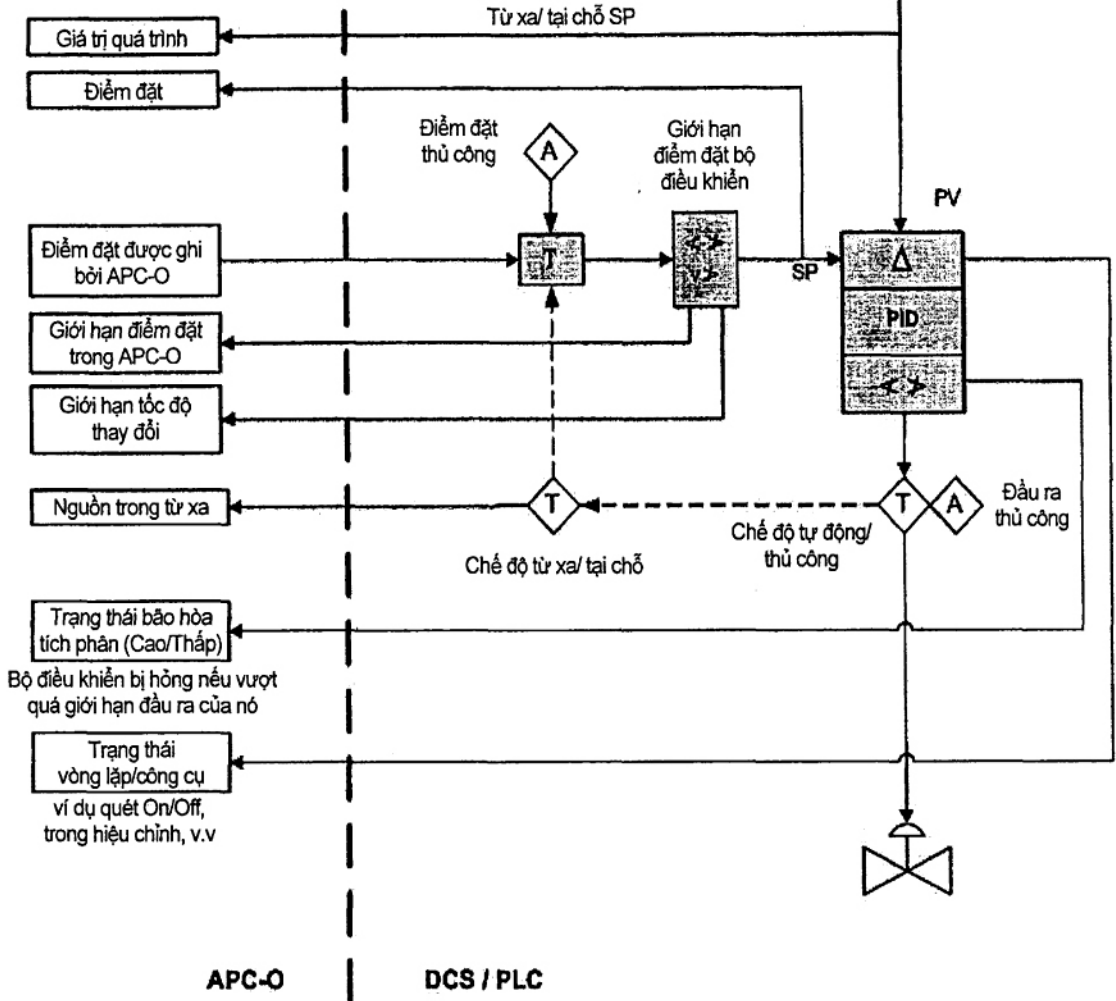
Một cảnh báo PID được định nghĩa là một loại đối tượng phù hợp với tiêu chuẩn OPC-UA (OPC Unified Architecture). Định nghĩa này cho phép hệ thống APC-O đăng ký một sự kiện dưới dạng tín hiệu cảnh báo, tín hiệu sự cố, v.v.

Việc đảm bảo rằng ứng dụng đang xem xét APC-O tương tác đúng cách với bộ điều khiển PID cơ bản đang hoạt động là cực kỳ quan trọng đối với quy trình sản xuất. Sự tương tác này được minh họa bằng sơ đồ SAMA trong Hình 10. Sơ đồ SAMA sử dụng các ký hiệu tiêu chuẩn và quy ước lập sơ đồ do Hiệp hội các nhà sản xuất dụng cụ khoa học (SAMA) phát triển. Các yêu cầu này phải được đáp ứng khi biên soạn các mô tả và tài liệu trong quá trình phát triển các hệ thống điều khiển. Bảng 3 tóm tắt các ký hiệu SAMA sử dụng trong tiêu chuẩn này.

Bám theo vòng lặp PID:

Điều khiển PID cần được thiết kế để để không bị chấn động đối với tất cả các chuyển chế độ:

- vòng lặp dưới SP theo dõi PV của nó trong thủ công.
- Vòng lặp dưới từ xa SP theo dõi SP tại chỗ khi không trong từ xa



Hình 10 – Tương tác của APC-O với vòng lặp PID truyền thống

Bảng 3 – Ký hiệu SAMA

Ký hiệu	Mô tả
Δ	Chênh lệch
PID	Thuật toán đạo hàm tích phân theo tỷ lệ để điều khiển
$\lessgtr$	giới hạn thấp
$\gtrless$	giới hạn cao
$v\gtrless$	Giới hạn vận tốc (tốc độ thay đổi)
	Xử lý tín hiệu tự động
	Xử lý tín hiệu thủ công
A	tín hiệu điều chỉnh
T	chuyển tín hiệu
	tín hiệu liên tục
	Tín hiệu bật tắt

6.3.2.3 Phản tử điều khiển cuối

Trong một số ứng dụng APC-O, bộ truyền động của hệ thống điều khiển được điều khiển trực tiếp, thay vì thông qua bộ điều khiển PID. FinalControlElement - Đại diện cho phản tử cuối của hệ thống điều khiển (ví dụ: van, van điều tiết, truyền động biến tốc độ của hệ thống điều khiển Cấp 2, v.v.). Hình 11 cho thấy mô hình thông tin FinalControlElement sử dụng bởi APC-O. Trong mô hình thông tin được quy định, một số tính năng và tham số của liên kết điều hành thực của hệ thống điều khiển được lược bỏ để tập trung vào các yêu cầu của APC-O. Các thuộc tính của người điều hành hệ thống điều khiển FinalControlElement được liệt kê bên dưới:

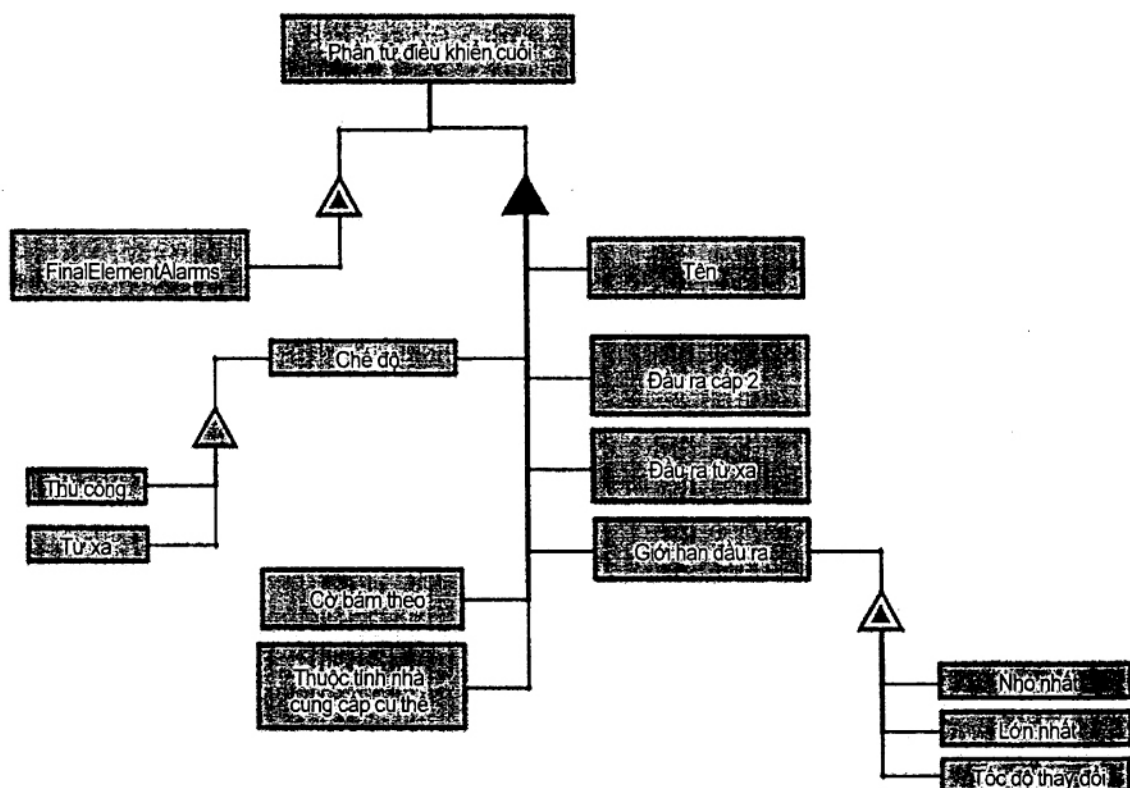
- Name – tên mô tả của biến;
- Level 2 Output (Tham số đầu ra cấp 2) – cài đặt do Hệ thống cấp 2 gửi đến liên kết điều hành. Đây có thể là các tham số đầu ra của bộ điều khiển PID;
- RemoteOutput (tham số đầu ra từ xa) – tham số đầu ra của bộ điều khiển cấp cao nhất (ví dụ: hệ thống APC-O);

- OutputLimits (giá trị giới hạn của các tham số đầu ra) – một nhóm tham số thuận tiện xác định các giá trị giới hạn cho các cài đặt của liên kết điều hành của hệ thống điều khiển (ví dụ: giá trị tối thiểu, giá trị tối đa, mức độ thay đổi, v.v. .);
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể – bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt.

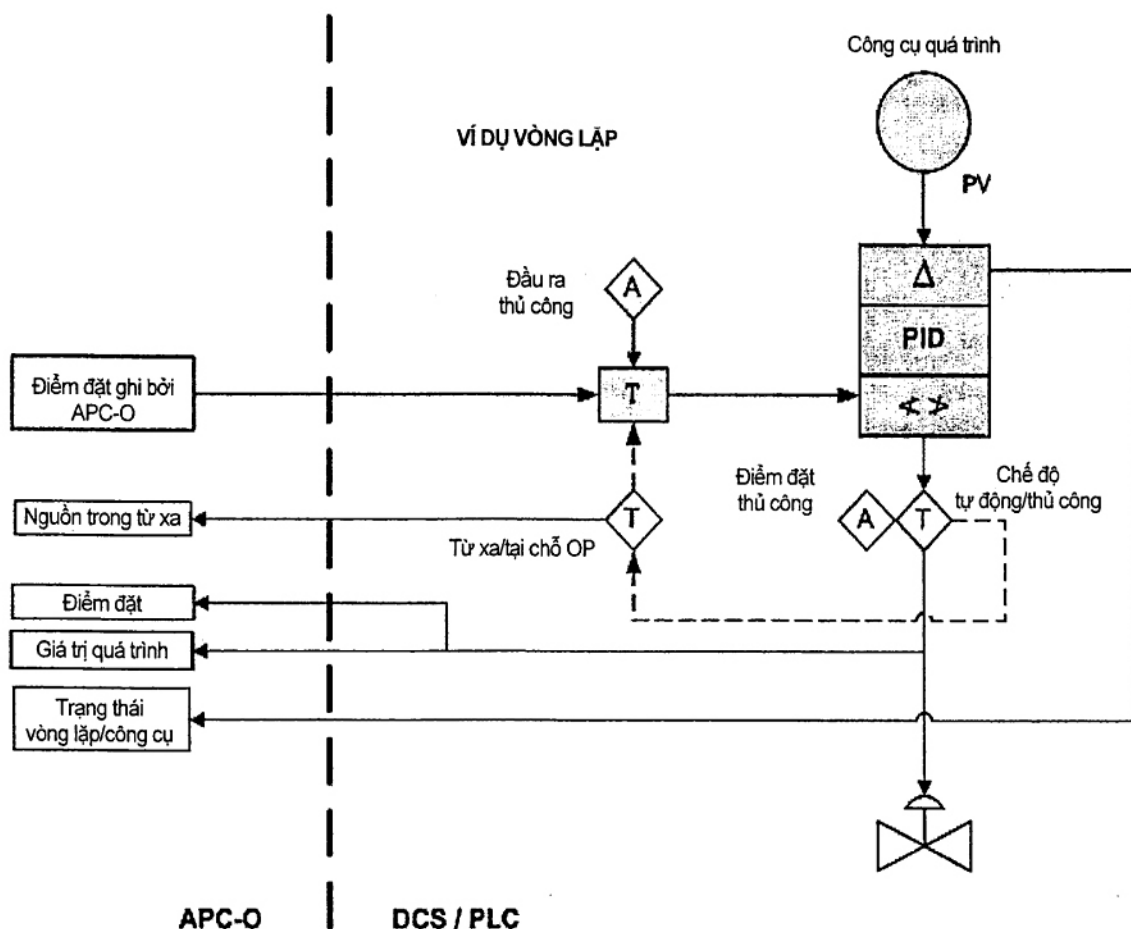
Chế độ và Theo dõi ảnh hưởng đến hành vi của FinalControlElement. Chế độ có thể là MANUAL hoặc REMOTE. Khi ở chế độ MANUAL, người vận hành đặt đầu ra theo cách thủ công. Khi ở REMOTE, Đầu ra được cung cấp bởi điều khiển cấp cao hơn. Giá trị này được ghi vào tham số RemoteOutput và khối chịu trách nhiệm sao chép giá trị vào đầu ra thực tế. Một tính năng cần thiết để hỗ trợ truyền vào và ra khỏi chế độ REMOTE một cách dễ dàng là theo dõi đầu ra từ xa đến đầu ra khi không ở REMOTE. Cờ theo dõi dành riêng cho nhà cung cấp sử dụng để quản lý các tính năng này.

FinalElementAlarm được định nghĩa là một loại đối tượng phù hợp với các tiêu chuẩn như OPC-UA để cho phép hệ thống APC-O đăng ký các sự kiện như báo động và sự kiện lỗi.

Tương tác thích hợp trong thời gian làm việc là rất quan trọng đối với hiệu quả của hầu hết các ứng dụng APC-O. Tương tác này được minh họa trong sơ đồ SAMA ở Hình 12.



Hình 11 – Mô hình thông tin FinalControlElement



Hình 12 – APC-O tương tác với phân tử điều khiển cuối

6.3.3 Dữ liệu và sự kiện lớp 3

6.3.3.1 Quy định chung

Tương tự như dữ liệu Lớp 2, giao diện này dựa trên các tiêu chuẩn hiện có. Nó tạo ra các mô hình thông tin sử dụng bởi hệ thống APC-O. Tương tác với các thành phần Cấp 3 dựa trên giả định rằng các thay đổi được bắt đầu bởi các hệ thống Cấp 3 bên ngoài hệ thống APC-O.

6.3.3.2 Hệ thống phòng thí nghiệm

Kết quả phân tích trong phòng thí nghiệm thông qua vòng phản hồi rơi vào cảm biến do chương trình điều khiển. Chúng có thể là dữ liệu nguồn của các tính toán hoặc biến phụ thuộc (Dependent Variable) của mô hình APC-O. Theo kết quả của quá trình phân tích, tập hợp các phần tử dữ liệu sau đây được hình thành:

- Result - kết quả được trình bày trong báo cáo của phòng thí nghiệm;
- TimeStamp (dấu thời gian) - ngày giờ lấy mẫu của quá trình sản xuất;

Một dấu hiệu bổ sung rằng một kết quả mới có sẵn là bắt buộc. Có thể coi đây là phần tử dữ liệu thứ ba được hệ thống APC-O lấy mẫu với tốc độ cố định. Nó có thể được coi là một sự kiện được đăng ký bởi hệ thống APC-O.

Tương tác này tuân theo các tiêu chuẩn giao diện dữ liệu đã thảo luận ở trên (ví dụ: OCR, SQL, v.v.).

6.3.3.3 Hệ thống công thức

Cần có các hệ thống công thức: 1) để xác định quy định kỹ thuật của sản phẩm, 2) để thiết lập quy trình sản xuất cho nhiều sản phẩm cùng một lúc. Dữ liệu APC-O cần thiết để tạo hệ thống công thức bao gồm:

- MVConstraints - hạn chế về tham số biến;
- MVOBJECTIVES - yêu cầu kỹ thuật đối với các tham số biến;
- CVOBJECTIVES - yêu cầu kỹ thuật đối với các tham số được điều khiển.

Phương pháp tương tác đầu tiên với hệ thống công thức là ánh xạ đơn giản của từng tham số (ví dụ: giá trị mục tiêu của Mục tiêu) với các yêu cầu kỹ thuật đối với các tham số được điều khiển của CVOBJECTIVES. Trong trường hợp này, các phần tử dữ liệu riêng lẻ đọc giá trị tương ứng của công thức đang hoạt động tại thời điểm được đề cập.

Phương pháp tương tác thứ hai với hệ thống công thức là quy định rằng hệ thống công thức chỉ nhập các giá trị mới không đồng bộ khi thay đổi công thức được kích hoạt.

Phương pháp tương tác thứ ba với hệ thống công thức là đăng ký thay đổi công thức dưới dạng quy trình APC-O của hệ thống. Mỗi công thức có quy trình riêng với cài đặt riêng. Nó có thể là một quy trình duy nhất nếu nó yêu cầu cài đặt hệ thống công thức chính xác.

Tương tác với hệ thống công thức tuân thủ các tiêu chuẩn OPC và SQL ở trên cho giao diện dữ liệu.

6.3.3.4 Dữ liệu lưu trữ

Giao diện này tuân thủ tiêu chuẩn truy cập dữ liệu lưu trữ OCR.

6.4 Giao diện liên hệ thống và nội bộ hệ thống

6.4.1 Quy định chung

Các điều con sau xác định các giao diện giữa các mô đun APC-O. Các giao diện này cung cấp trao đổi thông tin giữa các mô đun trong một hệ thống APC-O, cũng như giữa các mô đun của các hệ thống APC-O khác nhau.

6.4.2 Dữ liệu và sự kiện APC-O

6.4.2.1 Quy định chung

Các giao diện này được xây dựng trên các tiêu chuẩn giao tiếp hiện có như OPC-UA và XML (Ngôn ngữ đánh dấu mở rộng). Mô hình thông tin được tạo có tính đến các đặc điểm riêng của máy khách APC-O.

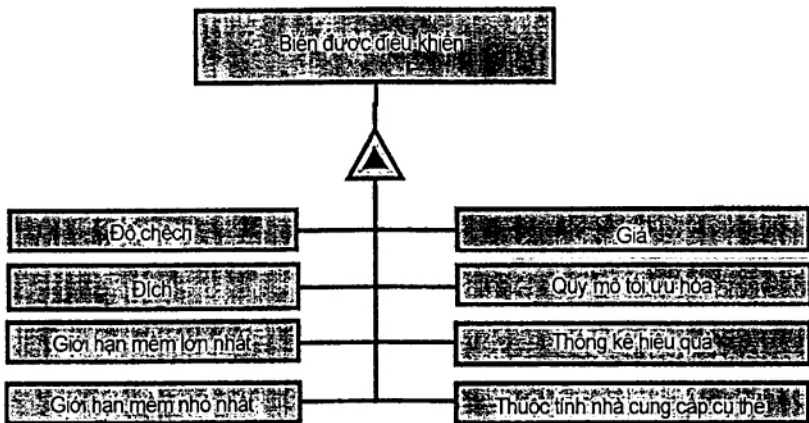
Phần mềm phát triển ứng dụng APC-O sử dụng các chức năng tìm kiếm mạng để tạo liên kết dữ liệu đang hoạt động bằng công cụ thực thi APC-O. Công cụ thời gian làm việc APC-O truy cập dữ liệu và sự kiện và cung cấp chúng trong thời gian làm việc.

Hoạt động của các giao diện với các mô hình thông tin mức cao nhất được thể hiện trong Hình 6. Phần 6.2 mô tả loại biến APC-O, bao gồm các loại con sau: biến bị điều khiển *ControlledVariable*, biến bị điều khiển *ManipulatedVariable*, biến nhiễu *DisturbanceVariable*, biến phụ thuộc *DependentVariable*, biến độc lập *IndependentVariable*.

6.4.2.2 Thuộc tính biến được điều khiển

Biến được điều khiển CV là biến mà mô đun APC cố gắng giữ trong giá trị mục tiêu Mục tiêu hoặc trong khoảng giữa các giới hạn đã đặt. Mô hình thông tin CV được hiển thị trong Hình 13. Chỉ các thuộc tính liên quan đến loại biến APC-O được hiển thị ở đây. Thuộc tính của các biến được quản lý:

- Bias (lỗi hệ thống) - sửa đổi mô hình phản hồi sản xuất;
- Target (giá trị đích) - giá trị trong vùng lân cận mà giá trị của biến được điều khiển CV được giữ;
- MinimumSoftLimit (giới hạn mềm tối thiểu) - giá trị tối thiểu trên đó nên giữ giá trị của biến được điều khiển CV;
- MaximumSoftLimit (giới hạn mềm tối đa) - giá trị tối đa dưới mức nên giữ giá trị của biến được điều khiển CV;
- Price (giá) - giá trị gắn với CV;
- OptimizationScale (thang đo tối ưu hóa) - chia tỷ lệ để xác định tầm quan trọng tương đối của độ lệch so với giá trị mục tiêu Target (giá trị giới hạn);
- PerformanceStatistics (dữ liệu thống kê sản xuất) - một hoặc nhiều biến thống kê sản xuất;
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể - bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt.

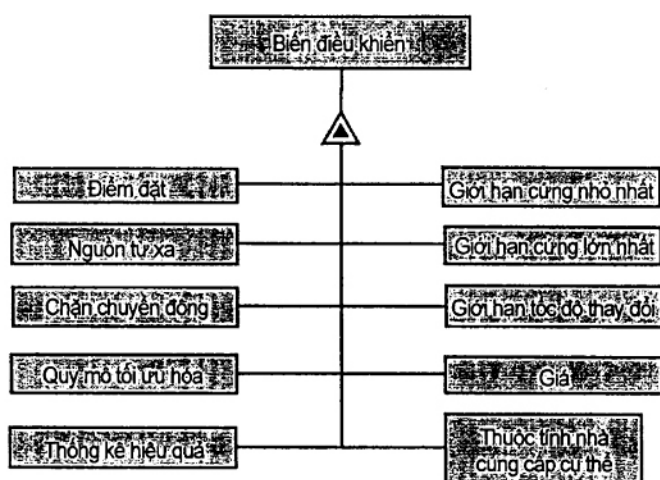


Hình 13 – Mô hình thông tin *ControlledVariable*

6.4.2.3 Thuộc tính của biến điều khiển

ManipulatedVariable hoặc MV là một biến mà một APCModule có thể điều chỉnh để đáp ứng mục tiêu của CV. Mô hình thông tin cho một MV được hiển thị trong Hình 14. Chỉ có các thuộc tính mở rộng từ loại APC-Variable được hiển thị. Các thuộc tính của ManipulatedVariable được định nghĩa như sau:

- Setpoint – điểm đặt của nguồn;
- SourceInRemote – cờ để chỉ ra nguồn ở chế độ từ xa
- MinimumHardLimit – giới hạn tối thiểu mà MV không được vượt quá
- MaximumHardLimit – giới hạn tối đa mà MV không được vượt quá
- RateOfChangeLimit – số lượng tối đa mà điểm đặt được phép thay đổi trong một lần điều chỉnh
- MoveSuppression – hình phạt cho việc di chuyển MV
- OptimizationScale – quy mô được sử dụng để xác định mức phạt tương đối được áp dụng cho một kích thước di chuyển cụ thể bởi MoveSuppression.
- Price – giá trị liên quan đến MV
- PerformanceStatistics – một hoặc nhiều biến số PerformanceStatistic
- Thuộc tính Nhà cung cấp cụ thể – bất kỳ thuộc tính bổ sung nào do gói APC-O cụ thể cung cấp

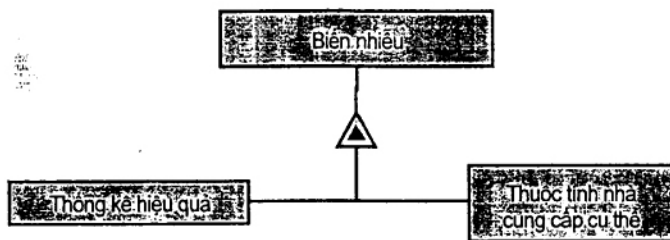


Hình 14 – Mô hình thông tin ManipulatedVariable

6.4.2.4 Thuộc tính biến nhiễu

DisturbanceVariable (DV) là một biến ảnh hưởng đến một hoặc nhiều biến CV được điều khiển cũng như kết quả đầu ra của mô hình. Mô đun APC không thể thay đổi nó. Mô hình thông tin của biến nhiễu được hiển thị trong Hình 15. Chỉ các thuộc tính của loại biến APC-O được xem xét. Thuộc tính biến nhiễu:

- PerformanceStatistics (thống kê sản xuất) - một hoặc nhiều biến PerformanceStatistic;
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể - bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt.

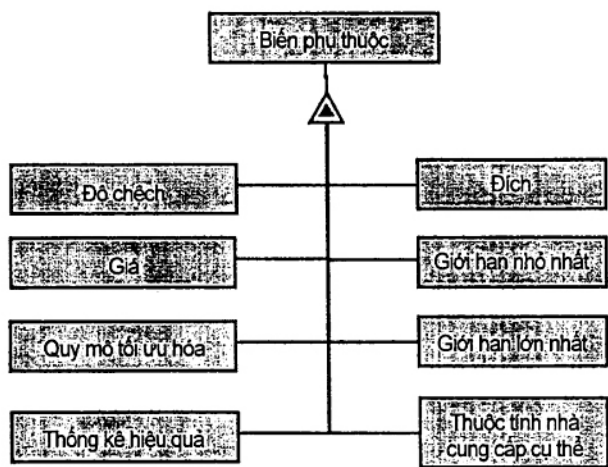


Hình 15 – Mô hình thông tin DisturbanceVariable

6.4.2.5 Thuộc tính biến phụ thuộc

Biến phụ thuộc DependentVariable là một biến có giá trị được Mô đun Tối ưu hóa giữ làm Giá trị đích nằm giữa giới hạn tối thiểu và tối đa đã đặt. Mô hình thông tin của biến phụ thuộc DependentVariable được hiển thị trong Hình 16. Chỉ các thuộc tính của loại biến APC-O được xem xét. Thuộc tính biến phụ thuộc:

- Bias – hiệu chỉnh mô hình bằng tín hiệu phản hồi
- Target – giá trị được giữ bởi mô đun tối ưu hóa giữa giới hạn tối thiểu và tối đa;
- MinimumLimit – giá trị tối thiểu được giữ bởi mô đun tối ưu hóa;
- MaximumLimit – giá trị tối đa được giữ bởi mô đun tối ưu hóa;
- Price – giá trị được liên kết với biến được đề cập;
- OptimizationScale – tỷ lệ cần thiết để xác định tầm quan trọng tương đối của độ lệch so với giá trị mục tiêu Mục tiêu, cũng như độ lệch so với giá trị giới hạn;
- PerformanceStatistics – một hoặc nhiều biến PerformanceStatistic;
- Thuộc tính cụ thể của nhà cung cấp – Bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói APC-O cụ thể

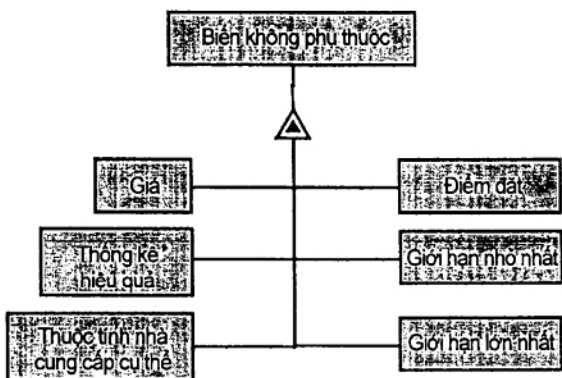


Hình 16 – Mô hình thông tin DependentVariable

6.4.2.6 Thuộc tính biến độc lập

IndependentVariable là một biến mà OptimizationModule có thể thay đổi để thay đổi giá trị của hàm mục tiêu. Mô hình thông tin IndependentVariable được hiển thị trong Hình 17. Chỉ các thuộc tính của loại biến APC-O được xem xét. Các thuộc tính của biến độc lập IndependentVariable:

- SetPoint – điểm điều khiển của nguồn;
- MinimumLimit – giới hạn tối thiểu mà biến không được phép đi;
- MaximumLimit – giới hạn tối đa mà biến bị cấm di chuyển;
- Price – giá trị gắn với biến;
- PerformanceStatistics – một hoặc nhiều biến PerformanceStatistic;
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể – bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt.

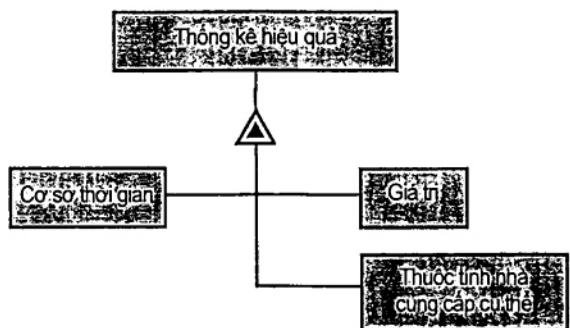


Hình 17 – Mô hình thông tin IndependentVariable

6.4.2.7 Thuộc tính thống kê quy trình sản xuất

PerformanceStatistic là đánh giá thống kê về các hoạt động của môđun APC-O liên quan đến biến tương ứng. Ví dụ: điểm PerformanceStatistics bao gồm: giá trị trung bình của độ lệch của ControlledVariable so với điểm đặt, 2) độ lệch chuẩn của biến điều khiển, 3) khoảng thời gian (%) trong đó ManipulatedVariable được giới hạn, v.v. PerformanceStatistics được cung cấp bởi môđun đánh giá hiệu quả quy trình sản xuất PerformanceAssessment. Mô hình thông tin PerformanceStatistics của thống kê quy trình sản xuất được hiển thị trong Hình 18. Các thuộc tính của PerformanceStatistics:

- Value – các giá trị thống kê;
- TimeBasis – thời gian thu thập và xử lý dữ liệu thống kê (ví dụ: mỗi giờ);
- Thuộc tính nhà cung cấp cụ thể – bất kỳ thuộc tính bổ sung nào được cung cấp bởi gói phần mềm APC-O đặc biệt.



Hình 18 – Mô hình thông tin PerformanceStatistic

6.4.3 Định nghĩa môđun APC-O

6.4.3.1 Quy định chung

Theo mục 6.2.4, môđun APC-O là một loại đối tượng có các loại phụ sau: môđun APC, môđun cảm biến được điều khiển bằng phần mềm, OptimizationModule, môđun đánh giá hiệu quả quy trình sản xuất. Đối tượng loại định nghĩa được bao gồm trong cấu trúc của môđun APC, môđun cảm biến được điều khiển bằng phần mềm và môđun tối ưu hóa OptimizationModule. Các đối tượng này xác định các triển khai cụ thể của môđun APC-O.

6.4.3.2 Loại định nghĩa APC

Không có loại định nghĩa chung về APC. Mỗi gói thương mại có cấu trúc độc đáo riêng. Hình 19 cho thấy ba ví dụ về các loại định nghĩa APC. Những ví dụ này không cung cấp mô tả đầy đủ về các công nghệ đang được xem xét. Chúng chỉ minh họa cho đối tượng tích hợp. Các thuộc tính này có thể hữu ích cho các ứng dụng bên ngoài của các triển khai cụ thể của môđun APC.

Đối tượng MatrixMPC là một loại APC được gọi là điều khiển dự báo theo mô hình (điều khiển dự báo) [MPC]. Bộ điều khiển MPC cung cấp một ma trận các mô hình, trong đó mỗi mô hình mô tả phản ứng của biến được điều khiển CV đối với sự thay đổi của biến được điều khiển MV hoặc biến nhiễu DV. Sau đó, sử dụng trình tối ưu hóa MPC, bộ điều khiển xác định một tập hợp các hành động điều khiển nhằm giảm thiểu hàm mục tiêu trong một khoảng thời gian hữu hạn. Thuộc tính đối tượng MatrixMPC:

- PredictionHorizon – thời gian dẫn đầu (đi vào tương lai), trong thời gian đó các mô hình được xem xét đang chờ phản hồi đối với những thay đổi trong tín hiệu đầu vào;
- ControlHorizon – một phần của thời gian dẫn PredictionHorizon dành cho việc chuẩn bị các hành động điều khiển;
- TimeUnits – đơn vị thời gian (ví dụ: giây, phút);
- MoveBlocks – các điểm thời gian điều khiển đặc biệt của ControlHorizon, trong đó các biến thể của các tham số có thể điều chỉnh MV được tính toán;
- ModelPairs – mô hình mô tả mối quan hệ giữa MV/CV, DV/CV. Mỗi cặp biến ModelPair có các thuộc tính sau:
 - MV hoặc DV – đối tượng đại diện cho biến điều khiển hoặc biến nhiễu;
 - CV là một đối tượng đại diện cho một biến được điều khiển;
 - IsIntegrator – cho biết mô hình đang xem xét là quan hệ tự điều chỉnh hay quan hệ tích phân;
 - ModelParameterSet – tập hợp các thông số cần thiết để mô tả mô hình. Có nhiều loại mô hình khác nhau. Dưới đây, chỉ có hai ví dụ được xem xét. Tập tham số của mô hình tham số bao gồm các tham số cần thiết để xây dựng hàm quá độ theo thời gian liên tục. Một số tên tham số chung sử dụng cho mục đích minh họa. Bộ tham số mô hình FIR bao gồm các tham số để ước lượng mô hình đáp ứng xung hữu hạn.

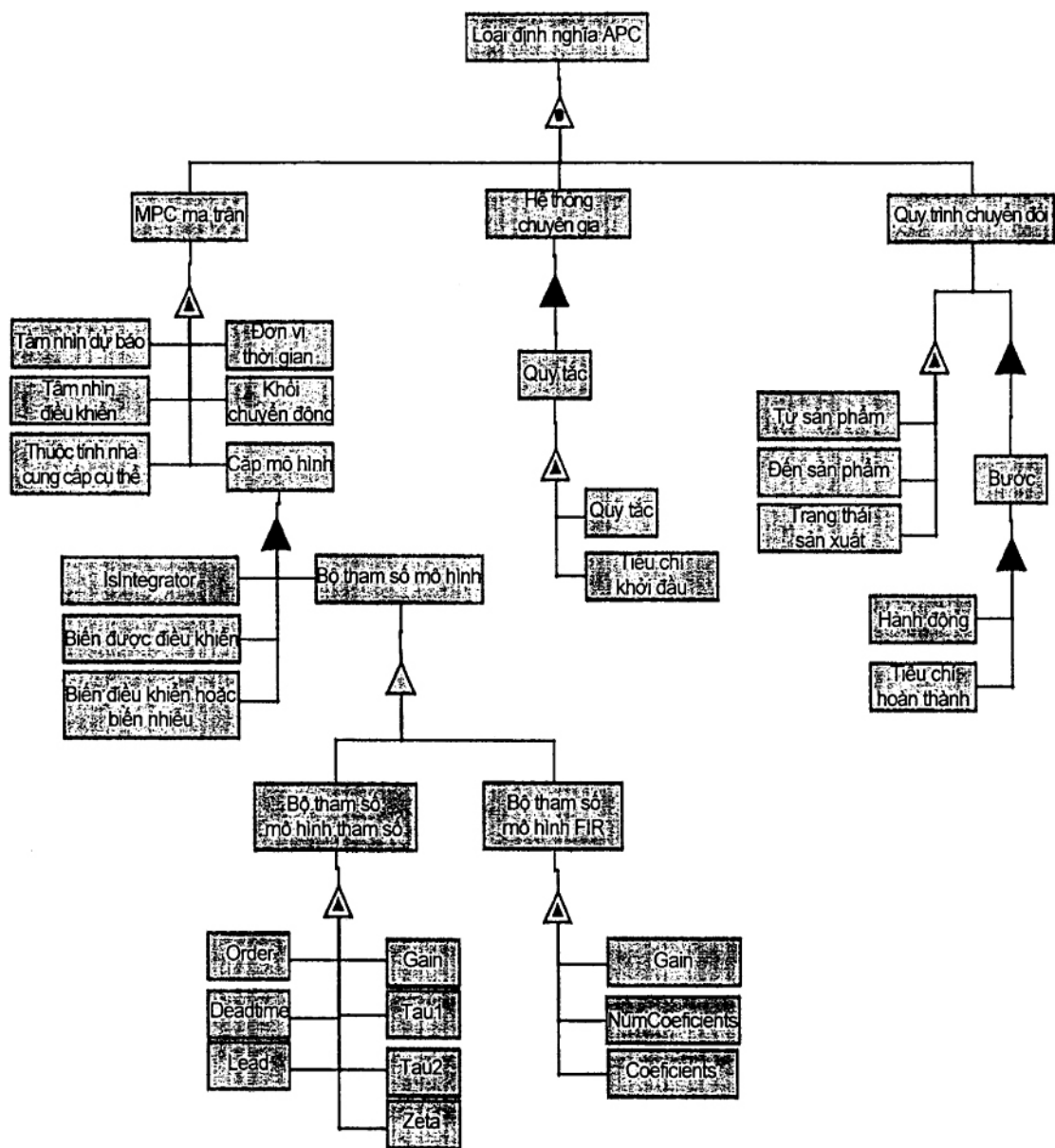
Đối tượng ExpertSystem thuộc kiểu APC. Nó sử dụng logic hoặc một bộ quy tắc để điều chỉnh quá trình sản xuất. Một đối tượng ExpertSystem có thể chứa các mô hình quy trình và các biểu diễn toán học khác của các quá trình. Các thuộc tính của đối tượng ExpertSystem:

- Quy tắc – một tập hợp các quy tắc hàm ý thuộc loại "nếu, thì" để đưa ra quyết định về các hành động điều khiển. Mỗi quy tắc bao gồm:
 - Quy tắc – quy tắc được trình bày ở định dạng nhà cung cấp cụ thể. Nó có thể là một quy tắc "nếu-thì" đơn giản. Ví dụ: "nếu nhiệt độ X vượt quá 500 độ thì mở nhẹ van nước lạnh 5%". Nó có thể là một quy tắc phức tạp kết hợp một số cấu trúc logic nếu-thì. Một quy tắc có thể áp dụng cho một hoặc nhiều đối tượng;
 - InitiationCriteria – tiêu chí khởi tạo quy tắc. Một số hệ thống có thể chạy tạm thời ở một tần số nhất định. Các hệ thống khác được khởi động khi có tín hiệu cho biết có dữ liệu mới.

TCVN 13732-2:2023

Đối tượng TransitionProcedure thuộc loại APC. Đối tượng này khởi xướng tác động đặc biệt đến quá trình sản xuất, hạng sản phẩm thay đổi. Một phương pháp hiệu suất để triển khai thực tế TransitionProcedure là sử dụng sơ đồ chức năng tuần tự theo tiêu chuẩn IEC 60848. Các thuộc tính của đối tượng TransitionProcedure là:

- FromProduct - sản phẩm là kết quả của một quá trình sản xuất. Đây là sản phẩm mà quá trình này từ chối;
- ToProduct - sản phẩm mà quy trình sản xuất hướng tới;
- ProcedureStatus (trạng thái quy trình) - trạng thái của quy trình đang được thực hiện (ví dụ: "sẵn sàng chạy", "chờ ở bước 3", "lỗi ở bước 4", v.v.);
- Các bước - một tập hợp các hành động xác định quy trình chuyển tiếp TransitionProcedure;
- Hành động (hành động, tác động) - các chức năng được thực hiện trong một bước (ví dụ: "bật máy bơm", v.v.);
- CompletionCriteria - tín hiệu (điều kiện logic) để hoàn thành một hành động (bước). Ví dụ: "Mức xăng đầy bình > 20% tức là bơm có thể khởi động. Thể hiện bằng mã: PumpRunning = TRUE".



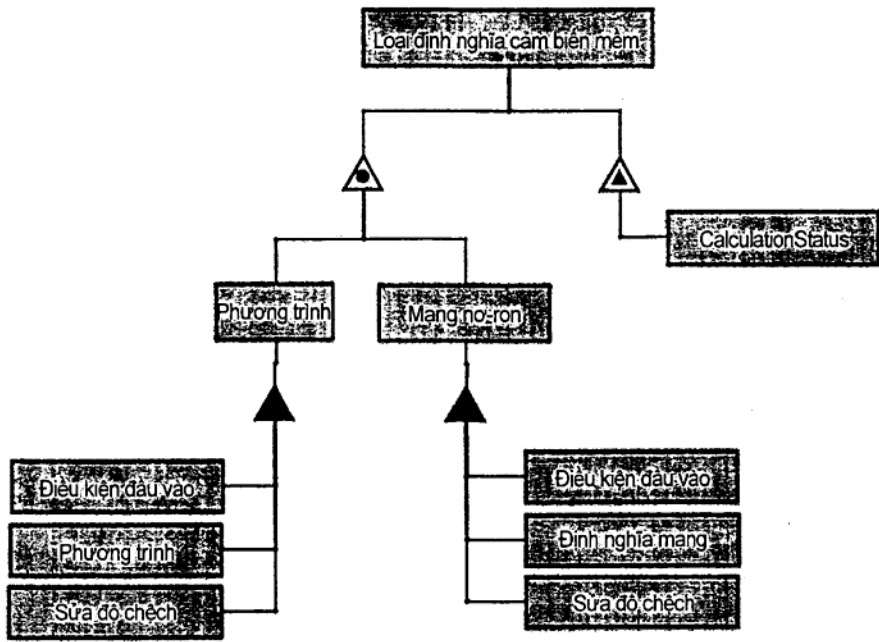
Hình 19 – Ví dụ về các loại định nghĩa APC

6.4.3.3 Loại định nghĩa của cảm biến được điều khiển bằng phần mềm SoftSensor

Không có loại định nghĩa chung về cảm biến được điều khiển bằng phần mềm. Mỗi gói phần mềm thương mại có cấu trúc độc đáo của riêng mình. Hình 20 cho thấy hai ví dụ về loại định nghĩa cảm biến được điều khiển bằng phần mềm. Những ví dụ này không cung cấp mô tả đầy đủ về các công nghệ đang được xem xét. Hình này cho phép bạn hiểu đối tượng tích hợp hoạt động như thế nào. Các thuộc tính được xem xét có thể hữu ích cho người dùng mô đun cảm biến được điều khiển bằng phần mềm.

Đối tượng Phương trình là một loại cảm biến được điều khiển bằng phần mềm. Cảm biến sử dụng một hoặc nhiều phương trình, mỗi quan hệ vật lý (ví dụ: định luật bảo toàn khối lượng, định luật bảo toàn năng lượng, v.v.)

Đối tượng NeuralNetwork là một loại cảm biến được điều khiển bằng phần mềm. Nó hoạt động theo phương pháp mô hình hóa thực nghiệm, liên quan đến mạng lưới nơ-ron sinh học của hệ nơ-ron trung ương của động vật. Mạng nơ-ron thường truyền toàn bộ tập hợp tín hiệu đầu vào thông qua mạng lưới "nơ-ron". Với sự trợ giúp của các hệ số trọng số và chức năng kích hoạt, tín hiệu đầu vào được chuyển đổi thành tín hiệu đầu ra.



Hình 20 – Một ví dụ về loại định nghĩa của cảm biến được điều khiển bằng phần mềm SoftSensor

6.4.3.4 Loại định nghĩa tối ưu hóa

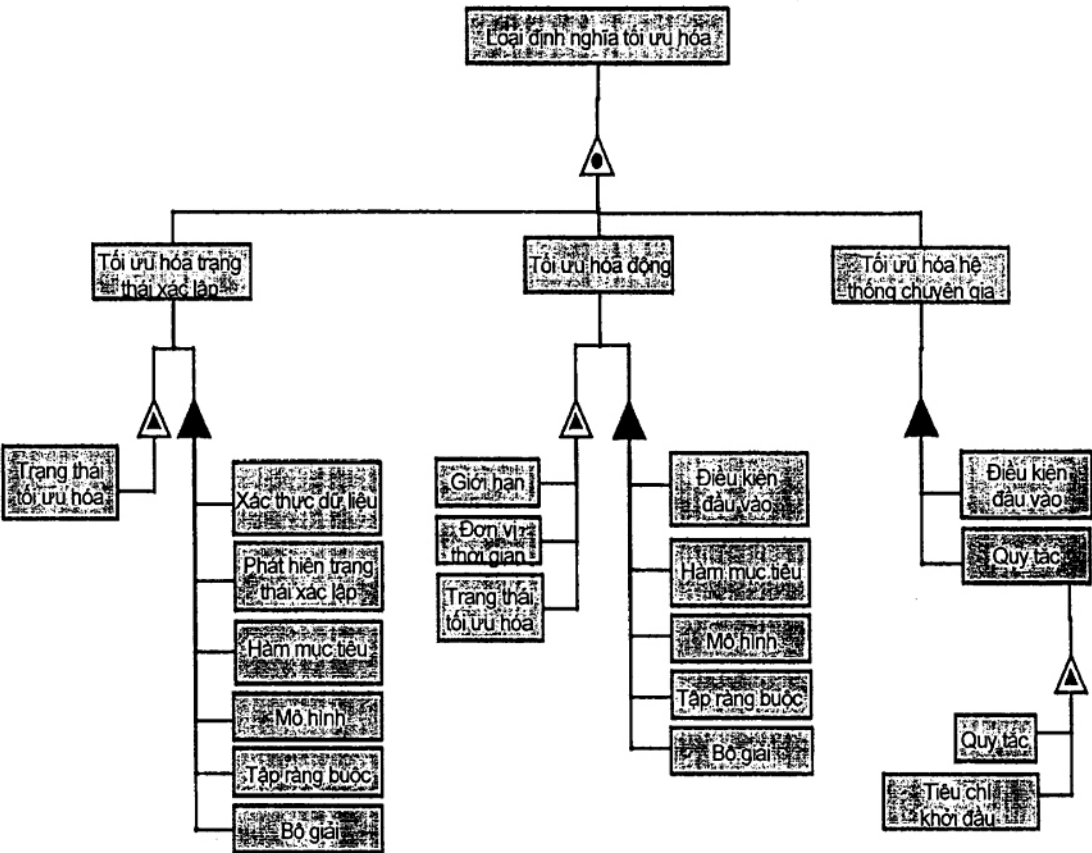
Không có loại định nghĩa tối ưu hóa chung. Mỗi gói phần mềm thương mại có cấu trúc độc đáo của riêng mình. Hình 21 cho thấy hai ví dụ về loại định nghĩa tối ưu hóa. Những ví dụ này không cung cấp mô tả đầy đủ về các công nghệ đang được xem xét. Hình này cho phép bạn hiểu đối tượng tích hợp hoạt động như thế nào. Các thuộc tính được xem xét có thể hữu ích cho người dùng mô đun tối ưu hóa.

Đối tượng SteadyStateOpt (tối ưu hóa cố định) là một loại tối ưu hóa trong đó chức năng mục tiêu được giảm thiểu bằng cách sử dụng các mô hình quy trình cố định (được đưa vào trạng thái xác lập). Quỹ đạo (trình tự các bước) của quá trình tối ưu hóa trong một không gian giới hạn của các tham số thay đổi không được xem xét.

Đối tượng DynamicOpt (tối ưu hóa động) là một loại tối ưu hóa trong đó chức năng mục tiêu được giảm thiểu trong một khoảng thời gian nhất định bằng cách sử dụng các mô hình quy trình động. Nếu giải pháp

thu được, thì quỹ đạo của quá trình tối ưu hóa và giải pháp cố định thu được sẽ được quy định trong báo cáo.

Đối tượng ExpertSystemOpt (tối ưu hóa hệ thống chuyên gia) là một loại tối ưu hóa trong đó các điều kiện tối ưu hóa được xác định bởi một tập hợp các quy tắc logic thuộc loại "if-then-else" ("nếu, thì, ngược lại"). Các mô hình quy trình có thể được xây dựng trong quy trình đang được xem xét theo các quy tắc đã được thiết lập. Các mô hình này không thể là cơ sở để xác định các điều kiện tối ưu hóa.



Hình 21 – Ví dụ về loại OptimizationDefinition

6.4.3.5 Môđun đánh giá hiệu quả

Định nghĩa đầy đủ về môđun PerformanceAssessment được đưa ra trong 6.2 và được hiển thị trong Hình 6. Không có thuộc tính cụ thể về hành vi bổ sung. Một môđun PerformanceAssessment phải được tạo thành từ các tập hợp biến số đầu vào và đầu ra và các tập hợp KPI. Các KPI được xác định dựa trên ISO 22400-1. Ví dụ bao gồm:

Bảng 4 – Sử dụng APC

Định nghĩa KPI	
Nội dung	
Tên	Sử dụng APC
ID	
Mô tả	Sử dụng APC là tỷ lệ phần trăm thời gian sản xuất thực tế trong đó có ít nhất một MV đang hoạt động trong ứng dụng APC.
Phạm vi	Đơn vị công việc được điều khiển bởi ứng dụng APC
Công thức	$\frac{\text{(Thời gian thực tế có ít nhất một MV đang hoạt động)}}{\text{(Thời gian thực tế đơn vị sản xuất)}}$
Đơn vị đo	%
Dải đo	0 – 100 %
Chiều hướng	Cao hơn và tốt hơn
Bối cảnh	
Thời gian	Định kỳ
Khán giả	Giám sát, quản lý
Phương pháp sản xuất	Tiếp diễn
Biểu đồ mô hình hiệu ứng	
Ghi chú	Việc sử dụng APC thường là một chỉ số về mức độ chấp nhận của các nhà khai thác. Các ứng dụng có mức độ chấp nhận cao sẽ thể hiện hiệu suất sử dụng cao.

Bảng 5 – Tỷ lệ sử dụng APC

Định nghĩa KPI	
Nội dung	
Tên	Tỷ lệ sử dụng APC
ID	
Mô tả	Tỷ lệ sử dụng APC là phần trăm MV hoạt động trong ứng dụng APC.
Phạm vi	Đơn vị công việc được điều khiển bởi ứng dụng APC
Công thức	$\frac{\text{(Số MV đang hoạt động trong ứng dụng APC)}}{\text{(Tổng số MV trong ứng dụng APC)}}$
Đơn vị đo	%
Dải đo	0 – 100 %
Chiều hướng	Cao hơn và tốt hơn
Bối cảnh	
Thời gian	Định kỳ
Khán giả	Giám sát, quản lý
Phương pháp sản xuất	Tiếp diễn
Biểu đồ mô hình hiệu ứng	
Ghi chú	Tỷ lệ sử dụng APC thường là một chỉ số về hiệu suất của ứng dụng APC. Các ứng dụng hoạt động tốt sẽ có tỷ lệ sử dụng cao.

Bảng 6 – Hiệu suất sử dụng APC

Định nghĩa KPI	
Nội dung	
Tên	Hiệu suất sử dụng APC
ID	
Mô tả	Hiệu suất sử dụng APC kết hợp Tỷ lệ sử dụng APC và Sử dụng APC
Phạm vi	Đơn vị công việc được điều khiển bởi ứng dụng APC
Công thức	$(\text{Sử dụng APC}) \times (\text{Tỷ lệ sử dụng APC})$
Đơn vị đo	%
Dải đo	0 – 100 %
Chiều hướng	Cao hơn và tốt hơn
Bối cảnh	
Thời gian	Định kỳ
Khán giả	Giám sát, quản lý
Phương pháp sản xuất	Tiếp diễn
Biểu đồ mô hình hiệu ứng	
Ghi chú	Hiệu suất sử dụng APC là một chỉ số về cả hiệu suất của ứng dụng APC và mức độ chấp nhận của các nhà khai thác. Các ứng dụng hoạt động tốt và có mức độ chấp nhận cao sẽ thể hiện khả năng sử dụng cao và sẽ quản lý quá trình một cách hiệu suất.

Bảng 7 – Thời gian tại MV Constraints

Định nghĩa KPI	
Nội dung	
Tên	Thời gian tại MV Constraints
ID	
Mô tả	Thời gian ở các ràng buộc MV là tỷ lệ phần trăm thời gian mà một biến điều khiển ở một ràng buộc.
Phạm vi	Đơn vị công việc được điều khiển bởi ứng dụng APC
Công thức	(Thời gian thực tế MV đang ở một hoặc nhiều giới hạn)/(Thời gian thực tế mà MV đang hoạt động)
Đơn vị đo	%
Dải đo	0 – 100 %
Chiều hướng	Thông thường càng thấp càng tốt, nhưng có những trường hợp hoạt động ở mức hạn chế là mong muốn
Bối cảnh	
Thời gian	Định kỳ
Khán giả	Giám sát, quản lý
Phương pháp sản xuất	Tiếp diễn
Biểu đồ mô hình hiệu ứng	
Ghi chú	Các ứng dụng APC và Tối ưu hóa thường hoạt động tốt nhất khi có sẵn tất cả các bậc tự do để đạt được các mục tiêu của ứng dụng. Tuy nhiên, có những trường hợp MV sẽ ở giới hạn vận hành an toàn tối thiểu hoặc tối đa trong các điều kiện tối ưu và trong những trường hợp đó, tỷ lệ phần trăm thời gian cao ở mức giới hạn là mong muốn.

Bảng 8 – CV Lỗi từ Setpoint

Định nghĩa KPI	
Nội dung	
Tên	CV Lỗi từ Setpoint
ID	
Mô tả	CV Error from Setpoint là độ lệch trung bình so với điểm đặt CV
Phạm vi	Đơn vị công việc được điều khiển bởi ứng dụng APC
Công thức	Giá trị trung bình của (Giá trị quy trình CV thực tế) - (Điểm đặt CV)
Đơn vị đo	cùng đơn vị đo với CV
Dải đo	Sẽ phụ thuộc vào phạm vi của CV
Chiều hướng	càng thấp càng tốt
Bối cảnh	
Thời gian	Định kỳ
Khán giả	Giám sát, quản lý
Phương pháp sản xuất	Tiếp diễn
Biểu đồ mô hình hiệu ứng	
Ghi chú	Lỗi trung bình từ điểm đặt là thước đo hiệu suất của việc điều khiển CV.

6.4.4 Các loại nguồn biến

Hai Loại nguồn biến cụ thể bắt nguồn trong một APC-OMModule. Đây là các đầu ra của SoftSensorModule và sẽ được tham chiếu dưới dạng Các loại biến APC-OVariable có trong Bộ biến biến đầu ra như trong Hình 6.

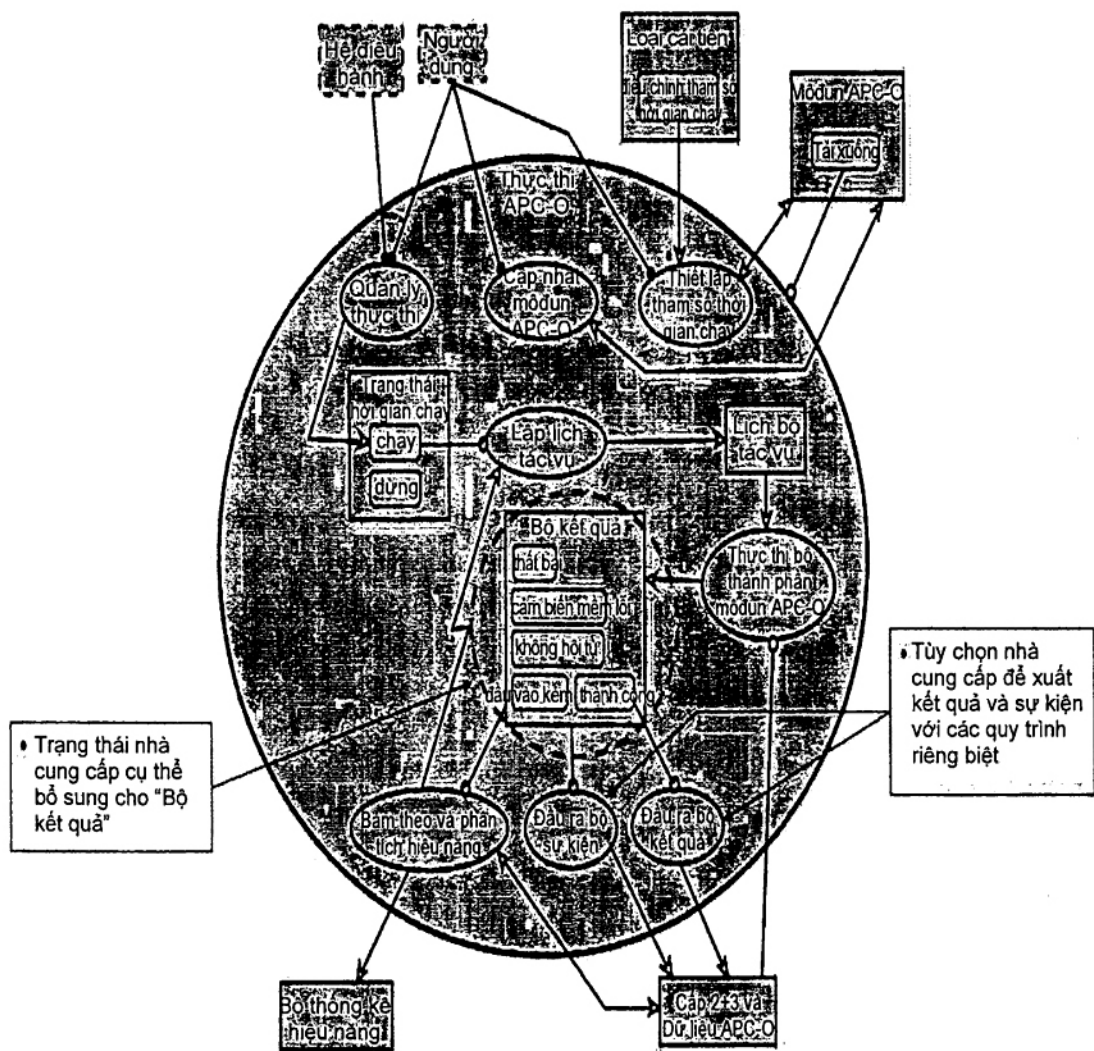
Phụ lục A

(tham khảo)

Ví dụ về tập hợp sự kiện APC-O

Khi ở giai đoạn Thực thi, hệ thống APC-O có thể cung cấp tín hiệu trạng thái dưới dạng sự kiện cho các hệ thống không phải APC-O. Các sự kiện này có thể sử dụng bởi hệ thống điều khiển cơ bản để xác định xem hệ thống APC0 có đang hoạt động ở trạng thái không thành công hay không và sau đó thực hiện để bảo vệ quy trình.

Hình A 1. là luồng công việc của giai đoạn Thực thi giống như trong Hình 3 ngoại trừ các trạng thái bổ sung đã được thêm vào đối tượng "kết quả" và "kết quả đầu ra, cảnh báo và sự kiện" đã được chia thành hai quy trình riêng biệt. Những sửa đổi này được TCVN 13732 (ISO 15746) cho phép và sẽ được thực hiện theo quyết định của nhà cung cấp phần mềm. Việc chuyển đổi sang từng trạng thái này sẽ kích hoạt các sự kiện mà hệ thống cấp 2 hoặc cấp 3 sẽ quan tâm.



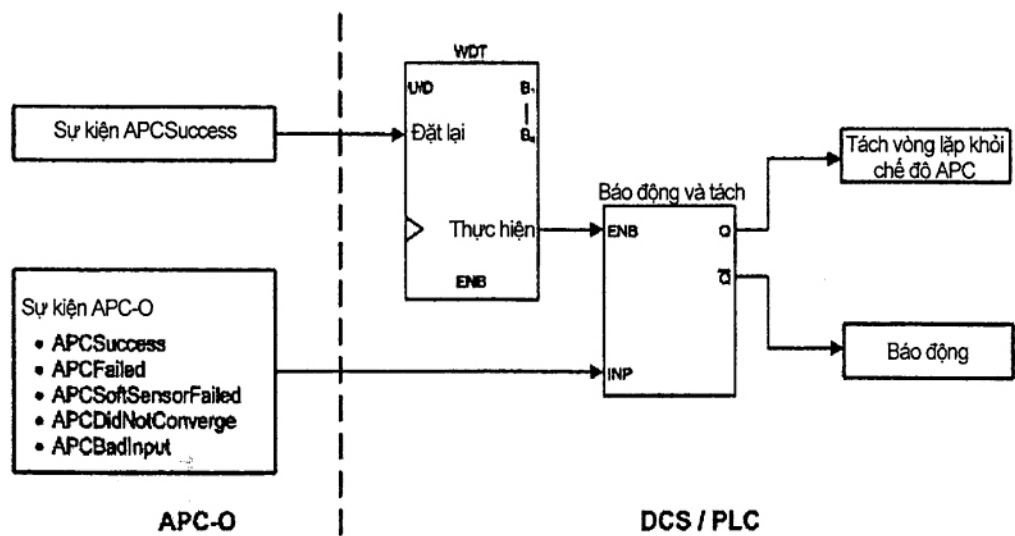
Hình A.1 – Giai đoạn thực thi APC-O với bộ sự kiện ví dụ

Trong ví dụ này, các sự kiện APC-O sau đây được xác định để hỗ trợ từng trạng thái được xác định cho đối tượng "kết quả". Các định nghĩa này tuân theo mô hình thông tin được trình bày trong hình 1.

Bảng A.1 – Sự kiện APC-O

Danh mục sự kiện	Mô tả	Nguồn	Kiểu	Mức độ nghiêm trọng	Thời gian	Tên điều kiện	Trạng thái mới
APCSuccess	Môđun APC đã hoàn thành thực thi thành công	Môđun APC X	Tình trạng	1		SUCCESS	thành công
APCFailed	Môđun APC không thể hoàn thành lý do thực thi không xác định	Môđun APC X	Tình trạng	1 000		FAILED	không đạt
APCSoftSensorFailed	Môđun APC không thể hoàn thành thực thi do lỗi cảm biến mềm	Môđun APC X	Tình trạng	500		FAIL_SS	Cảm biến mềm không thành công
APCDidNotConverge	Môđun APC không thể hoàn thành thực thi do các mô hình không hội tụ	Môđun APC X	Tình trạng	800		FAILCONVERGE	Không hội tụ
APCBadInput	Môđun APC không thể hoàn thành thực thi do một hoặc nhiều đầu vào không hợp lệ	Môđun APC X	Tình trạng	600		FAIL_BADINPUT	Đầu vào không hợp lệ

Chức năng trong hệ thống điều khiển cơ bản giám sát trạng thái của hệ thống APC-O thường được gọi là bộ đếm thời gian giám sát. Hình A.2 minh họa sự tương tác với bộ đếm thời gian giám sát cung cấp chỉ số trạng thái và báo động cho người vận hành và sẽ loại bỏ các vòng điều khiển ra khỏi chế độ REMOTE nếu có lỗi.



Hình A.2 – Tương tác APC-O với bộ đếm thời gian giám sát

Phụ lục B

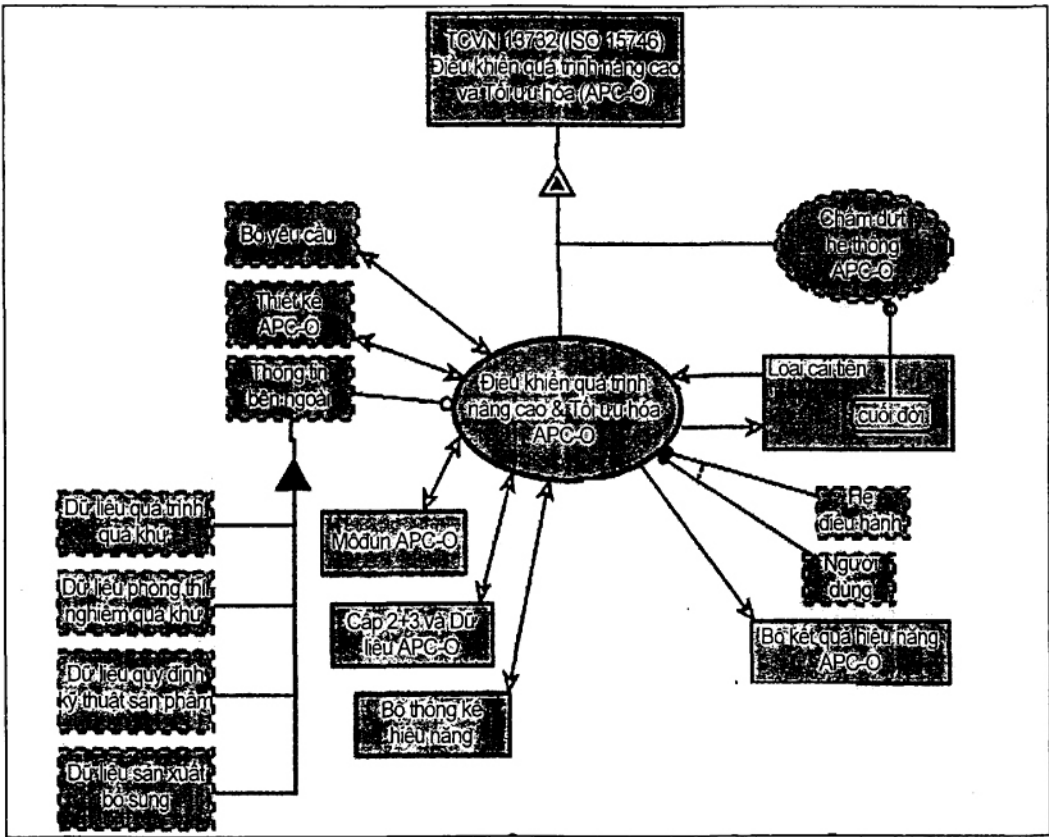
(tham khảo)

Ngôn ngữ quá trình đối tượng (OPL)

OPL là bản sao văn bản của quy định kỹ thuật hệ thống OPM đồ họa. OPL là một mô tả văn bản được tạo tự động của hệ thống bằng một tập hợp con tiếng Anh tự nhiên. OPL được trích xuất từ mô tả sơ đồ trong bộ OPD (Sơ đồ quy trình đối tượng). Các câu OPL có thể hiểu được đối với những người không có kinh nghiệm lập trình trước đó. OPL là ngôn ngữ có mục đích kép. Đầu tiên, nó phục vụ các chuyên gia miền và kiến trúc sư hệ thống tham gia phân tích và thiết kế một hệ thống, chẳng hạn như hệ thống thương mại điện tử hoặc hệ thống lập kế hoạch nguồn lực doanh nghiệp dựa trên Web. Thứ hai, nó cung cấp cơ sở vững chắc để tự động tạo ứng dụng được thiết kế. Nói cách khác, OPL phục vụ hai mục tiêu. Một là chuyển đổi tập Đối tượng - Các sơ đồ quy trình (OPD) thành văn bản ngôn ngữ tự nhiên có thể sử dụng để diễn đạt, giao tiếp và thiết kế kết quả giữa các bên liên quan khác nhau tham gia vào hệ thống đang được xây dựng. Người dùng bao gồm các chuyên gia miền và giám đốc điều hành của họ ở phía khách hàng, những người có khả năng thích đọc văn bản qua kiểm tra và giải thích OPDs.

Mục tiêu thứ hai của OPL là cung cấp cơ sở hạ tầng cần thiết để tiếp tục phát triển ứng dụng. Cùng một tệp văn bản OPL có thể là cơ sở để tạo ra hai khía cạnh ứng dụng quan trọng: mã thực thi và lược đồ cơ sở dữ liệu. Những thay đổi trong phân tích, thiết kế và quy định kỹ thuật gần như tự động được phản ánh trong ứng dụng cuối. Những đặc điểm này làm cho sự kết hợp giữa OPD hướng đồ họa và đối tác OPL dựa trên văn bản tương đương của nó trở thành một cơ sở hạ tầng lý tưởng cho quy định kỹ thuật hệ thống.

Trong Phụ lục B, quy định kỹ thuật OPM được trình bày bằng cả hai cách trình bày - OPD và OPL, được thể hiện như các hình sau.



ISO 15746 Advanced Process Control and Optimization (APC-O) exhibits APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing and APC-O System Terminating.

APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing requires External Information.

APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing affects Performance Statistics Set, Level 2+3 and APC-O Data, APC-O Module, Requirement Set, and APC-O Design.

APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing consumes Improvement Type.

APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing yields APC-O Performance Result Set and Improvement Type.

APC-O System Terminating is environmental.

APC-O System Terminating occurs if Improvement Type is end of life.

Improvement Type is end of life.

Improvement Type triggers APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing when its state changes.

Requirement Set is environmental.

APC-O Design is environmental.

External Information is environmental.

External Information consists of Historical Process Data, Historical Laboratory Data, Product Specification Data, and Additional Manufacturing Data.

Historical Process Data are environmental.

Historical Laboratory Data are environmental.

Product Specification Data are environmental.

Additional Manufacturing Data are environmental.

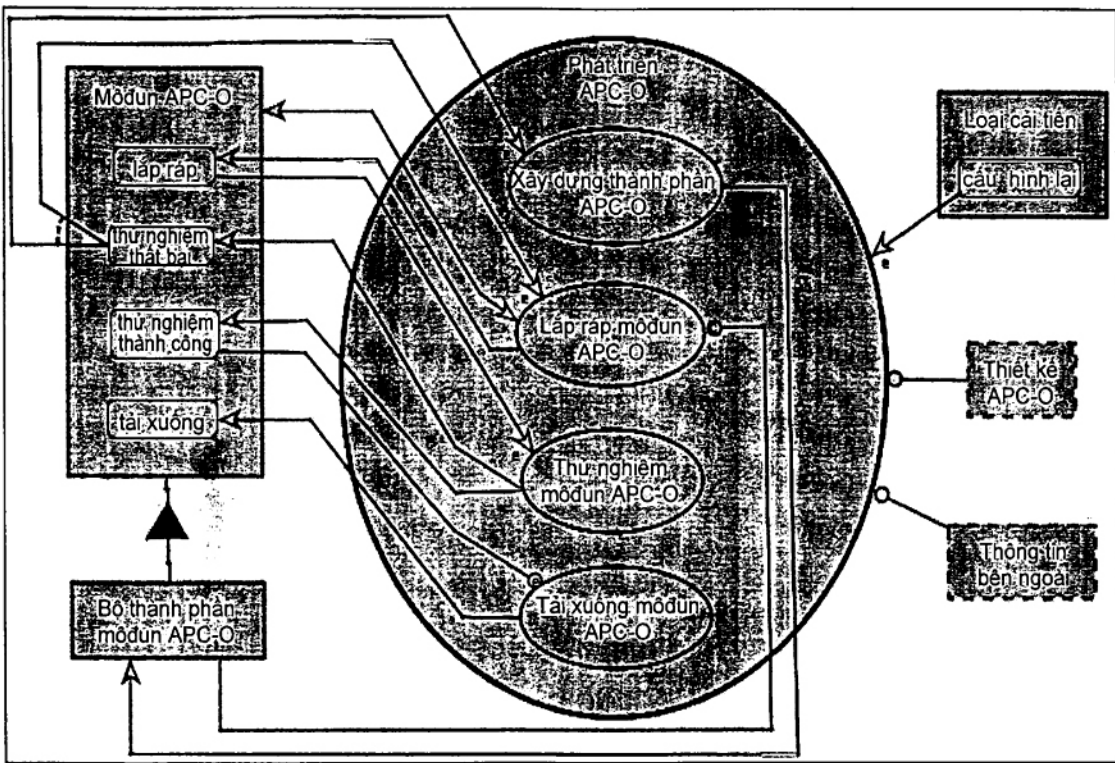
Operating System is environmental.

Operating System handles APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing.

User is environmental.

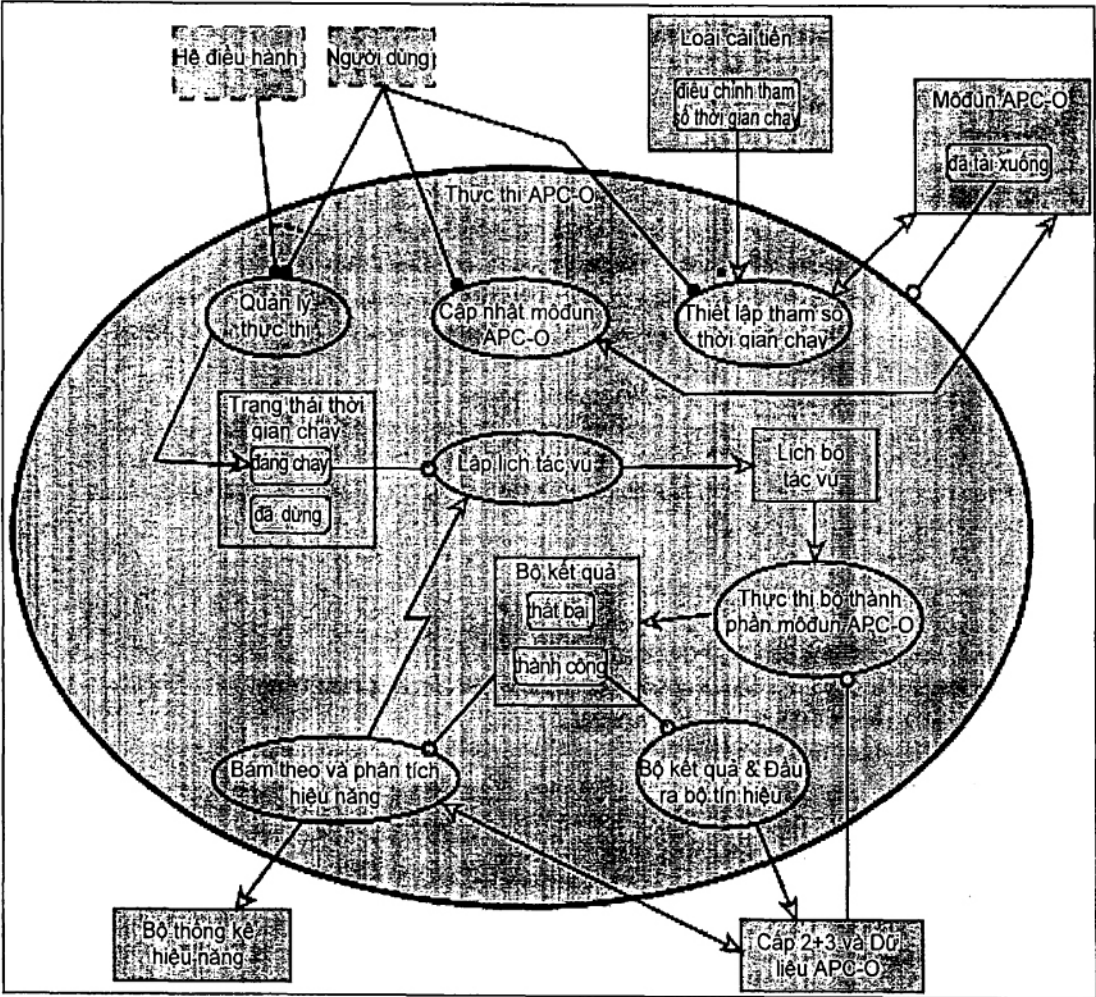
User handles APC-O - Advanced Process Controlling and Optimizing.

Hình B.1 – OPD và đoạn OPL tương ứng của luồng công việc vòng đời APC-O



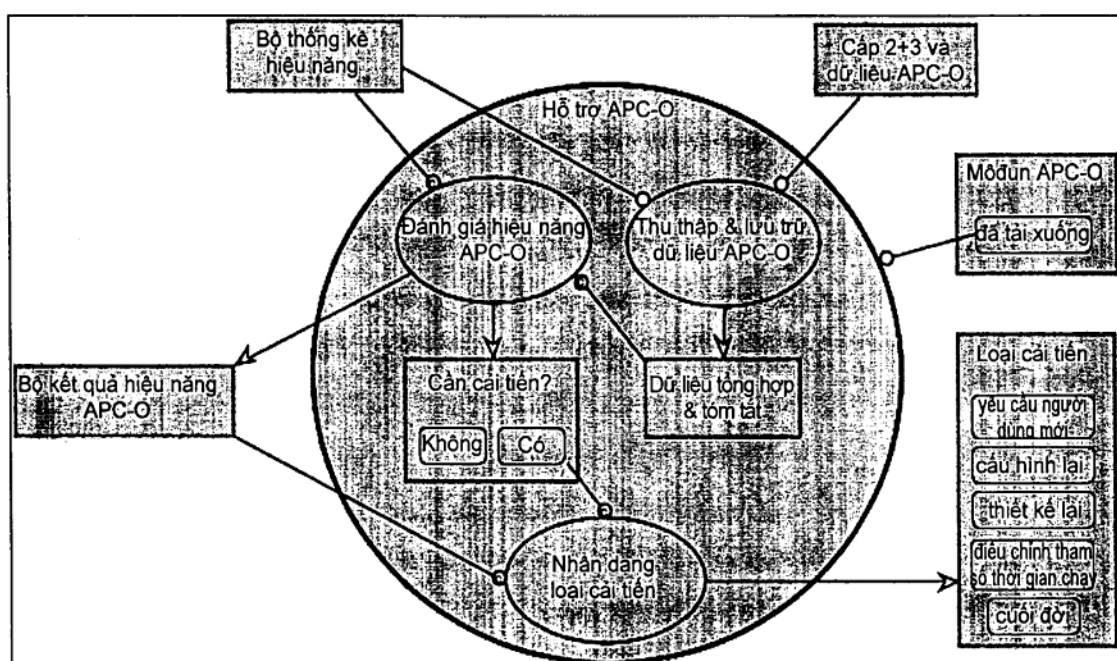
Improvement Type is reconfigure.
 Improvement Type triggers APC-O Developing when it enters reconfigure.
 APC-O Module can be assembled, failed test, successfully tested, or downloaded.
 APC-O Module consists of APC-O Module Component Set.
 APC-O Module triggers APC-O Module Testing when it enters assembled.
 APC-O Module triggers either APC-O Component Constructing or APC-O Module Assembling when it enters failed test.
 APC-O Module triggers APC-O Module Downloading when it enters successfully tested.
 APC-O Design is environmental.
 External Information is environmental.
 APC-O Developing consists of APC-O Module Assembling, APC-O Module Testing, APC-O Module Downloading, and APC-O Component Constructing.
 APC-O Developing requires External Information and APC-O Design.
 APC-O Developing consumes reconfigure Improvement Type.
 APC-O Developing zooms into APC-O Component Constructing, APC-O Module Assembling, APC-O Module Testing, and APC-O Module Downloading.
 APC-O Component Constructing consumes failed test APC-O Module.
 APC-O Component Constructing yields APC-O Module Component Set.
 APC-O Module Assembling occurs if APC-O Module Component Set is in existent.
 APC-O Module Assembling affects APC-O Module.
 APC-O Module Assembling changes APC-O Module from failed test to assembled.
 APC-O Module Testing consumes assembled APC-O Module.
 APC-O Module Testing yields either successfully tested APC-O Module or failed test APC-O Module.
 APC-O Module Downloading requires successfully tested APC-O Module.
 APC-O Module Downloading yields downloaded APC-O Module.

Hình B.2 – OPD và đoạn OPL tương ứng của luồng công việc của Giai đoạn phát triển



Improvement Type is adjust runtime parameters.
 Improvement Type triggers Runtime Parameter Setting when it enters adjust runtime parameters.
 APC-O Module is downloaded.
 Operating System is environmental.
 Operating System handles Execution Managing.
 User is environmental.
 User handles Runtime Parameter Setting either APC-O Module Updating, or Execution Managing.
 APC-O Executing exhibits Runtime State, Task Set Schedule, and Result Set.
 APC-O Executing consists of APC-O Module Updating, Runtime Parameter Setting, Task Scheduling, APC-O Module Component Set Executing, Result Set and Signal Set Outputting, Performance Tracking and Analysing, and Execution Managing.
 APC-O Executing requires downloaded APC-O Module.
 APC-O Executing zooms into Execution Managing, APC-O Module Updating, Runtime Parameter Setting, Task Scheduling, APC-O Module Component Set Executing, Result Set and Signal Set Outputting, and Performance Tracking and Analysing, as well as Result Set, Task Set Schedule, and Runtime State.
 Result Set can be failed or successful.
 Runtime State can be stopped or running.
 Execution Managing yields running Runtime State.
 APC-O Module Updating affects APC-O Module.
 Runtime Parameter Setting affects APC-O Module.
 Runtime Parameter Setting consumes adjust runtime parameters Improvement Type.
 Task Scheduling occurs if Runtime State is running.
 Task Scheduling yields Task Set Schedule.
 APC-O Module Component Set Executing requires Level 2+3 and APC-O Data.
 APC-O Module Component Set Executing consumes Task Set Schedule.
 APC-O Module Component Set Executing yields Result Set.
 Result Set and Signal Set Outputting occurs if Result Set is successful.
 Result Set and Signal Set Outputting yields Level 2+3 and APC-O Data.
 Performance Tracking and Analysing occurs if Result Set is in existent.
 Performance Tracking and Analysing affects Level 2+3 and APC-O Data.
 Performance Tracking and Analysing yields Performance Statistics Set.
 Performance Tracking and Analysing invokes Task Scheduling. APC-O Module Downloading yields downloaded APC-O Module.

Hình B.3 – OPD và đoạn OPL tương ứng của luồng công việc của Giai đoạn Thực thi



Improvement Type can be end of life, redesign, new user requirements, reconfigure, or adjust runtime parameters.

APC-O Module is downloaded.

APC-O Supporting exhibits Aggregated and Summarized Data and Improvement Required?.

APC-O Supporting consists of APC-O Data Gathering and Storing, APC-O Performance Evaluating, and Improvement Type Identifying.

APC-O Supporting requires downloaded APC-O Module.

APC-O Supporting zooms into APC-O Performance Evaluating, APC-O Data Gathering and Storing, and Improvement Type Identifying, as well as Improvement Required? and Aggregated and Summarized Data.

Improvement Required? can be Yes or No.

APC-O Performance Evaluating occurs if Aggregated and Summarized Data are in existent and Performance Statistics Set is in existent.

APC-O Performance Evaluating yields Improvement Required? and APC-O Performance Result Set.

APC-O Data Gathering and Storing requires Performance Statistics Set and Level 2+3 and APC-O Data.

APC-O Data Gathering and Storing yields Aggregated and Summarized Data.

Improvement Type Identifying occurs if Improvement Required? is Yes and APC-O Performance Result Set is in existent.

Improvement Type Identifying yields Improvement Type.

Hình B.4 – OPD và đoạn OPL tương ứng của luồng công việc của Giai đoạn hỗ trợ

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 15745-1, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 1: Generic reference description*
 - [2] ISO/PAS 19450, *Automation systems and integration – Object-Process Methodology*
 - [3] ISO 22400-1, *Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management – Part 1: Overview, concepts and terminology*
 - [4] ISO 22400-2, *Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management – Part 2: Definitions and descriptions*
 - [5] IEC 61131-1, *Programmable controllers – Part 1: General information*
 - [6] IEC 61499-1, *Function blocks – Part 1: Architecture*
 - [7] IEC 62264-1:2003, *Industrial-process measurement, control and automation – Enterprise-control system integration – Part 1: Models and terminology*
 - [8] IEC 62264-3:2007, *Industrial-process measurement, control and automation – Enterprise-control system integration – Part 3: Activity models of manufacturing operations management*
 - [9] *ADVANCED CONTROL AND INFORMATION SYSTEMS HANDBOOK. Hydrocarbon Process. 2005, (November) p. 2005*
 - [10] LIPTAK B.G. ed. *Instrument Engineer's Handbook. CRC Press, Fourth Edition, 2006*
 - [11] JoE QIN S., & BADGWELL T.A. *An overview of nonlinear model predictive control applications. Nonlinear model predictive control 26: 369-392, 2000*
 - [12] JOE QIN S., & BADGWELL TA. *A survey of industrial model predictive control technology. Control Eng. Pract. 2003, 11 pp. 733-764*
-