

CHƯƠNG 3

QUẢN TRỊ NHU CẦU, VẬN HÀNH VÀ QUẢN TRỊ CHUỖI CUNG ỨNG

M.Econ. Đặng Thiện Tâm

ĐỊNH HƯỚNG CHƯƠNG 3

Chương 1 xác lập *nhà máy thông minh là gì và được đo bằng cái gì*. Chương 2 phân tích nó được cấu thành từ những công nghệ nào và các công nghệ đó ghép nối ra sao. Chương 3 đặt cả hai vào chuyển động: theo dõi **dòng chảy thông tin và vật chất từ tín hiệu nhu cầu đầu tiên của khách hàng cho tới lúc sản phẩm được giao và thu hồi**, đồng thời chỉ ra điểm can thiệp của công nghệ số tại từng mắt xích. Đây là chương trung tâm của học phần và có trọng số cao nhất trong đề thi giữa kỳ.

Chương được tổ chức theo đúng dòng chảy ấy, gồm ba phần nối tiếp nhau. **Phần thứ nhất**, mục 3.2, xử lý đầu vào của toàn hệ thống là nhu cầu: chuyển từ dự báo dựa trên lịch sử đơn hàng sang cảm nhận nhu cầu dựa trên tín hiệu thời gian thực; các kỹ thuật dự báo và nguyên tắc chọn mô hình theo đặc tính chuỗi; hệ đo sai số nhiều chiều gồm cả những chỉ số khắc phục hạn chế của tỷ lệ phần trăm sai số; quy trình sáu bước xây dựng và duy trì hệ thống dự báo; hiệu ứng roi da cùng công thức lượng hóa mức khuếch đại; sự tiến hóa từ hoạch định bán hàng và vận hành sang hoạch định kinh doanh tích hợp; bài toán cá biệt hóa quy mô lớn với điểm tách biệt đơn hàng; và nguyên lý gộp rủi ro cùng định luật căn bậc hai.

Phần thứ hai, mục 3.3, đi vào lõi vận hành: kiến trúc hoạch định phân cấp từ dự báo tới thực thi; logic hoạch định nhu cầu vật tư kèm bài toán vận dụng đầy đủ; điều độ nâng cao với ràng buộc công suất hữu hạn; **các quy luật vật lý của nhà máy** gồm định luật Little và quan hệ phi tuyến giữa mức sử dụng năng lực với thời gian chờ; sợi chỉ số; quản trị tồn kho thông minh với phân tích đòn bẩy; và bốn thể hệ chiến lược bảo trì kèm quy trình triển khai bảo trì dự báo.

Phần thứ ba, mục 3.4, mở rộng ra ngoài hàng rào nhà máy: khung định vị tình huống ứng dụng hai chiều; khả năng hiển thị xuyên suốt và trung tâm điều hành; phân tích phê phán về truy xuất nguồn gốc cùng cây quyết định bốn điều kiện; logistics 4.0; chuỗi cung ứng bền vững, tuần hoàn và sức ép pháp lý từ thị trường xuất khẩu; và khả năng chống chịu trước gián đoạn kèm quy trình kiểm thử ứng suất. Mục 3.5 tổng hợp toàn chương thành lộ trình ba lớp năng lực.

So với các tài liệu cùng chủ đề, phiên bản này bổ sung **bốn công cụ định lượng** mà nhà quản trị vận hành cần sử dụng thành thạo: công thức lượng hóa hệ số khuếch đại của hiệu ứng roi da, định luật căn bậc hai trong gộp rủi ro tồn kho, quan hệ giữa mức sử dụng năng lực và thời gian chờ, cùng phân tích đòn bẩy của hai nguồn biến động lên tồn kho an toàn. Nguyên tắc xuyên suốt chương: **thông tin chảy ngược chiều vật chất, và chất lượng của dòng thông tin quyết định hiệu quả của dòng vật chất.**

MỤC TIÊU HỌC TẬP CỦA CHƯƠNG 3

Sau khi học xong chương này, người học có thể:

1. **Vận dụng** được khung bốn câu hỏi về tín hiệu, độ trễ, bóp méo và quyết định để phân tích bất kỳ mắt xích nào của dòng chảy.
2. **Phân biệt** được dự báo nhu cầu truyền thống với cảm nhận nhu cầu và **đánh giá** được giá trị cùng hạn chế của từng nguồn tín hiệu.
3. **Vận dụng** được các kỹ thuật dự báo cơ bản và **chọn** được mô hình phù hợp với đặc tính của chuỗi số liệu.
4. **Tính toán và diễn giải** được hệ đo sai số nhiều chiều gồm sai số tuyệt đối, sai số tương đối, độ chệch, tín hiệu theo dõi và sai số tương đối so với dự báo ngẫu thơ.
5. **Thực hiện** được quy trình sáu bước xây dựng và duy trì hệ thống dự báo.
6. **Giải thích** được bốn nguyên nhân của hiệu ứng roi da và **tính toán** được hệ số khuếch đại theo thời gian giao hàng cùng tham số dự báo.
7. **So sánh** được hoạch định bán hàng và vận hành với hoạch định kinh doanh tích hợp trên sáu tiêu chí.
8. **Xác định** được điểm tách biệt đơn hàng phù hợp với chiến lược cạnh tranh của doanh nghiệp.
9. **Vận dụng** được định luật căn bậc hai để đánh giá lợi ích của việc gộp kho và **chỉ ra** giới hạn của lợi ích đó.
10. **Mô tả** được kiến trúc hoạch định phân cấp và **thực hiện** được một bài toán hoạch định nhu cầu vật tư nhiều cấp.
11. **Giải thích** được nguyên lý điều độ với công suất hữu hạn và giá trị của tái lập lịch động.
12. **Vận dụng** được định luật Little và **giải thích** được vì sao thời gian chờ tăng phi tuyến theo mức sử dụng năng lực.

13. **Tính toán** được tồn kho an toàn có xét hai nguồn biến động và **xác định** được biến số có đòn bẩy lớn nhất.

14. **Phân biệt** được bốn thể hệ chiến lược bảo trì và **định lượng** được tác động của MTBF cùng MTTR lên khả dụng thiết bị.

15. **Thực hiện** được quy trình sáu bước triển khai bảo trì dự báo và **chỉ ra** điều kiện khiến bảo trì dự báo không phù hợp.

16. **Sử dụng** được khung hai chiều để định vị các tình huống ứng dụng và **phát hiện** được vùng năng lực bị bỏ trống.

17. **Đánh giá phê phán** được khi nào số cái phân tán thực sự cần thiết, thông qua cây quyết định bốn điều kiện.

18. **Phân tích** được yêu cầu dữ liệu phát sinh từ kiểm kê phát thải ba phạm vi, hộ chiếu sản phẩm số và cơ chế điều chỉnh biên giới carbon.

19. **Thực hiện** được quy trình bốn bước kiểm thử ứng suất chuỗi cung ứng và **định vị** được rủi ro trên ma trận thời gian cầm cự và thời gian phục hồi.

Chương 3 đáp ứng CLO.2 ở mức Bloom từ Vận dụng đến Phân tích và bước đầu chạm tới mức Đánh giá.

Bảng 3.1. Một số thuật ngữ nền tảng của Chương 3

Thuật ngữ tiếng Việt	Thuật ngữ tiếng Anh	Ý nghĩa ngắn gọn
Cảm nhận nhu cầu	Demand sensing	Sử dụng tín hiệu thời gian thực từ nhiều nguồn để rút ngắn độ trễ nhận biết thay đổi nhu cầu.
Độ chệch dự báo	Forecast bias	Xu hướng dự báo cao hơn hoặc thấp hơn thực tế một cách hệ thống qua nhiều kỳ.
Tín hiệu theo dõi	Tracking signal	Tỷ số giữa tổng đại số sai số tích lũy và sai số tuyệt đối trung bình, dùng để phát hiện lỗi hệ thống.
Hiệu ứng roi da	Bullwhip effect	Hiện tượng biến động đơn hàng khuếch đại dần khi đi ngược chuỗi cung ứng về phía nhà cung cấp.

Thuật ngữ tiếng Việt	Thuật ngữ tiếng Anh	Ý nghĩa ngắn gọn
Hoạch định bán hàng và vận hành	S&OP	Quy trình định kỳ đồng bộ kế hoạch bán hàng, sản xuất, tồn kho và tài chính trên một con số duy nhất.
Hoạch định kinh doanh tích hợp	IBP	Bước phát triển của S&OP, mở rộng sang tài chính, mô phỏng kịch bản và ra quyết định dựa trên rủi ro.
Điểm tách biệt đơn hàng	Order penetration point	Điểm trong dòng chảy vật chất mà từ đó hoạt động được kích hoạt bởi đơn hàng cụ thể thay vì bởi dự báo.
Gộp rủi ro	Risk pooling	Nguyên lý theo đó việc gộp nhiều nguồn nhu cầu độc lập làm giảm tổng tồn kho an toàn cần thiết.
Lịch sản xuất chính	Master Production Schedule	Kế hoạch sản xuất chi tiết theo sản phẩm và theo kỳ, nối kế hoạch tổng hợp với hoạch định vật tư.
Hoạch định nhu cầu vật tư	MRP	Logic tính nhu cầu vật tư phụ thuộc từ nhu cầu sản phẩm cuối, dựa trên cấu trúc sản phẩm và thời gian cung ứng.
Hoạch định và điều độ nâng cao	APS	Hệ thống lập lịch có xét ràng buộc công suất hữu hạn và tối ưu đa mục tiêu.
Định luật Little	Little's Law	Quan hệ giữa lượng sản phẩm dở dang, năng suất đầu ra và thời gian chu kỳ của một hệ thống ổn định.
Sợi chỉ số	Digital thread	Chuỗi dữ liệu liên tục gắn kết thông tin của một sản phẩm xuyên suốt vòng đời.
Trung tâm điều hành chuỗi cung ứng	Supply chain control tower	Nền tảng tập trung dữ liệu đa mắt xích, cảnh báo sớm và hỗ trợ ra quyết định phối hợp.

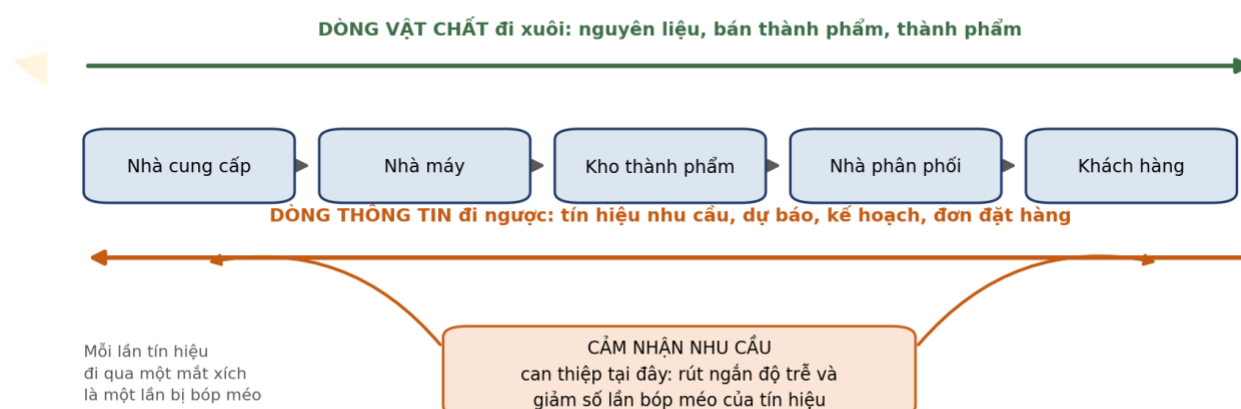
Thuật ngữ tiếng Việt	Thuật ngữ tiếng Anh	Ý nghĩa ngắn gọn
Hộ chiếu sản phẩm số	Digital Product Passport	Bộ dữ liệu số gắn với sản phẩm, mô tả thành phần, xuất xứ, dấu chân môi trường và khả năng tái chế.
Khả năng chống chịu chuỗi cung ứng	Supply chain resilience	Năng lực duy trì hoạt động và phục hồi nhanh sau gián đoạn.
Thời gian còn cầm cự	Time to survive	Số ngày nhà máy còn duy trì được sản xuất sau khi mất một nguồn cung.
Thời gian phục hồi	Time to recover	Số ngày cần thiết để khôi phục nguồn cung hoặc tìm được nguồn thay thế đã được phê duyệt.

3.1. Dẫn nhập: hai dòng chảy và khung phân tích của chương

3.1.1. Nguyên lý nền tảng

Trong một nhà máy có hai dòng chảy vận động ngược chiều nhau. **Dòng vật chất** đi từ nhà cung cấp, qua kho nguyên liệu, qua các công đoạn chế tạo, tới kho thành phẩm và tới khách hàng. **Dòng thông tin** đi theo chiều ngược lại, bắt đầu từ tín hiệu nhu cầu của khách hàng, chuyển thành dự báo, thành kế hoạch bán hàng, kế hoạch sản xuất, lịch sản xuất chính, nhu cầu vật tư và cuối cùng là đơn đặt hàng gửi nhà cung cấp.

DÒNG VẬT CHẤT VÀ DÒNG THÔNG TIN TRONG CHUỖI CUNG ỨNG



Hình 3.1. Hai dòng chảy ngược chiều và điểm can thiệp của cảm nhận nhu cầu

Nguồn: Tác giả xây dựng trên cơ sở phân tích bóp méo thông tin trong chuỗi cung ứng của Lee, Padmanabhan và Whang (1997).

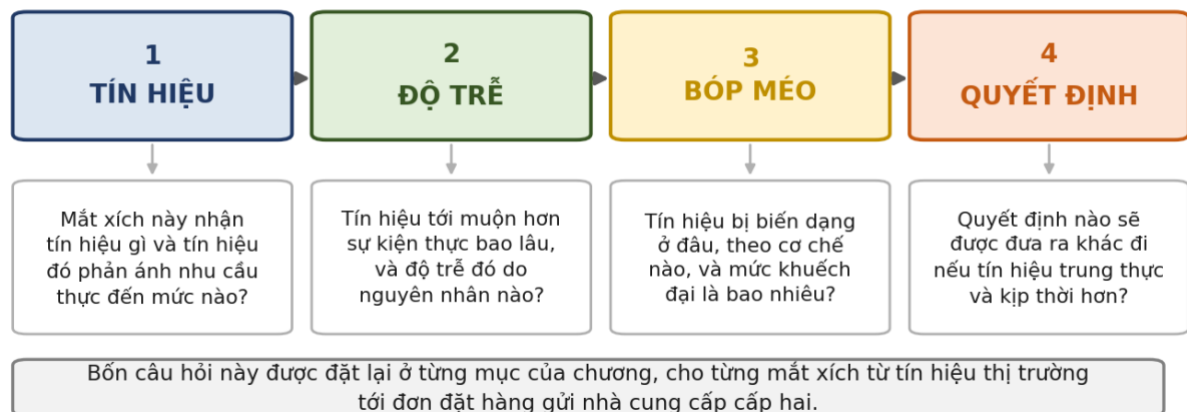
Toàn bộ hiệu quả vận hành phụ thuộc vào mức độ **trung thực và kịp thời** của dòng thông tin. Một tín hiệu nhu cầu bị bóp méo hoặc bị trì hoãn ở đầu chuỗi sẽ lan truyền và khuếch đại qua từng mắt xích, tạo ra thừa hàng ở nơi này và thiếu hàng ở nơi khác, kèm theo chi phí tồn kho, chi phí làm thêm giờ và chi phí giao hàng khẩn. Đây chính là bản chất của hiệu ứng roi da, hiện tượng sẽ được phân tích và lượng hóa ở mục 3.2.5.

Đóng góp căn bản của nhà máy thông minh vào bài toán này không nằm ở việc dự báo giỏi hơn, mà ở việc **rút ngắn độ trễ và giảm số lần bóp méo của dòng thông tin**. Khi dữ liệu điểm bán được chia sẻ trực tiếp tới nhà sản xuất, nhu cầu không còn phải suy đoán qua nhiều lớp trung gian. Khi trạng thái từng công đoạn hiển thị theo thời gian thực, kế hoạch có thể được điều chỉnh trong ngày thay vì trong tuần. Khi nhà cung cấp cấp hai được nhìn thấy trên bản đồ rủi ro, gián đoạn được phát hiện trước khi dây chuyền dừng.

3.1.2. Khung bốn câu hỏi dùng thống nhất trong toàn chương

Để tránh việc mỗi mục trở thành một chủ đề rời rạc, chương này sử dụng một khung phân tích duy nhất, được đặt lại tại từng mắt xích của dòng chảy. Người học cần coi đây là công cụ làm việc: khi đứng trước bất kỳ điểm nào trong chuỗi, bốn câu hỏi này phải được trả lời trước khi bàn tới giải pháp công nghệ.

KHUNG BỐN CÂU HỎI ÁP DỤNG CHO MỌI MẮT XÍCH CỦA DÒNG CHẢY



Hình 3.2. Khung bốn câu hỏi áp dụng cho mọi mắt xích của dòng chảy

Nguồn: Tác giả xây dựng.

Câu hỏi thứ tư là câu hỏi có sức sàng lọc mạnh nhất. Rất nhiều dự án dữ liệu chuỗi cung ứng thất bại không phải vì dữ liệu sai mà vì **không có quyết định nào thay đổi** sau khi có dữ liệu. Bảng điều khiển được xây dựng, báo cáo được gửi đi, nhưng người lập kế hoạch vẫn làm đúng như trước. Trong trường hợp đó, toàn bộ khoản đầu tư chỉ tạo ra chi phí.

3.1.3. Yêu cầu về năng lực định lượng

Chương này đòi hỏi **năng lực định lượng** ở mức vận dụng. Người học sẽ tính sai số dự báo và diễn giải dấu của độ chệch, tính hệ số khuếch đại của hiệu ứng roi da, chạy logic hoạch định nhu cầu vật tư nhiều cấp, vận dụng định luật Little, tính tồn kho an toàn cùng phân tích đòn bẩy của hai nguồn biến động, và tính tác động của bảo trì lên khả dụng thiết bị.

Các phép tính này không phức tạp về mặt toán học, nhưng chúng là ngôn ngữ mà nhà quản trị vận hành phải sử dụng thành thạo. Không có chúng, mọi thảo luận về chuyển đổi số chuỗi cung ứng đều dừng lại ở mức khẩu hiệu, và doanh nghiệp mất khả năng phân biệt giữa một đề xuất tạo giá trị thật với một đề xuất chỉ nghe có vẻ hợp lý.



3.2. Quản trị nhu cầu trong môi trường số

3.2.1. Từ dự báo nhu cầu tới cảm nhận nhu cầu

Dự báo nhu cầu truyền thống dựa trên **dữ liệu lịch sử đơn hàng của chính doanh nghiệp**. Cách tiếp cận này có hai điểm yếu cấu trúc. *Thứ nhất*, đơn hàng mà doanh nghiệp nhận được không phải là nhu cầu của người tiêu dùng cuối, mà là nhu cầu đã bị nhà phân phối xử lý qua chính sách tồn kho của họ, tức là một tín hiệu đã bị bóp méo. *Thứ hai* là độ trễ: đơn hàng phản ánh điều đã xảy ra ở thị trường vài tuần trước đó.

Đối chiếu với khung bốn câu hỏi ở Hình 3.2, hai điểm yếu này chính là câu trả lời tiêu cực cho câu hỏi thứ nhất về tín hiệu và câu hỏi thứ hai về độ trễ. **Cảm nhận nhu cầu** khắc phục cả hai bằng cách bổ sung các nguồn tín hiệu gần thị trường hơn và mới hơn, thay vì cố gắng ước lượng mức độ bóp méo của các mắt xích trung gian.

Bảng 3.2. Các nguồn tín hiệu trong cảm nhận nhu cầu

Nguồn tín hiệu	Nội dung	Độ trễ so với hành vi thực	Hạn chế cần lưu ý
Dữ liệu điểm bán	Doanh số bán lẻ theo mã hàng, cửa hàng và ngày	Ngày hoặc giờ	Phụ thuộc hoàn toàn vào mức độ hợp tác của nhà bán lẻ
Tồn kho tại kênh phân phối	Lượng hàng còn tại nhà phân phối và tại cửa hàng	Ngày	Dữ liệu thường không đầy đủ ở kênh phân phối truyền thống
Dữ liệu thời tiết	Nhiệt độ, lượng mưa, bão theo vùng	Biết trước nhiều ngày	Chỉ có ý nghĩa với nhóm hàng nhạy cảm với thời tiết
Xu hướng tìm kiếm trực tuyến	Lượng tìm kiếm theo từ khóa sản phẩm và theo vùng	Ngày	Tương quan không đồng nghĩa với nhân quả; nhiễu do sự kiện truyền thông
Tín hiệu mạng xã hội	Mức độ đề cập và sắc thái cảm xúc về thương hiệu	Giờ	Nhiều rất cao; dễ bị thao túng có chủ đích
Lịch khuyến mãi và sự kiện	Kế hoạch giảm giá, ngày lễ, mùa vụ	Biết trước	Đòi hỏi phối hợp nội bộ giữa marketing và vận hành

Nguồn tín hiệu	Nội dung	Độ trễ so với hành vi thực	Hạn chế cần lưu ý
Đơn hàng đã xác nhận của khách công nghiệp	Lịch giao hàng cam kết theo tuần	Tuần	Chỉ áp dụng với mô hình bán hàng cho doanh nghiệp
Dữ liệu vĩ mô ngành	Chỉ số sản xuất, kim ngạch nhập khẩu, giá nguyên liệu	Tuần đến tháng	Phù hợp với dự báo trung hạn hơn là ngắn hạn

Cần một cảnh báo phương pháp luận: **cảm nhận nhu cầu không thay thế dự báo mà bổ sung cho nó ở chân trời ngắn hạn**. Các tín hiệu thời gian thực có giá trị cao nhất cho khoảng dự báo từ vài ngày tới vài tuần, tức là chân trời điều độ và bổ sung hàng. Với chân trời trung và dài hạn phục vụ hoạch định năng lực cùng đầu tư, mô hình thống kê dựa trên lịch sử dài kết hợp phán đoán quản trị vẫn giữ vai trò chủ đạo.

CHÂN TRỜI DỰ BÁO, QUYẾT ĐỊNH TƯƠNG ỨNG VÀ KỸ THUẬT PHÙ HỢP

NGẮN HẠN 1 ngày đến 6 tuần	TRUNG HẠN 2 tháng đến 18 tháng	DÀI HẠN 18 tháng trở lên
Bổ sung hàng Điều độ sản xuất Phân bổ tồn kho	Kế hoạch tổng hợp Hợp đồng nguyên liệu Kế hoạch nhân lực	Đầu tư năng lực Mở rộng nhà máy Chiến lược danh mục
Cảm nhận nhu cầu Sàn mủ Mô hình nhân quả ngắn hạn	Phân rã mùa vụ Holt và Winters Hồi quy có biến giải thích	Mô hình xu thế dài Ý kiến chuyên gia Phân tích kịch bản

Sai lầm phổ biến là dùng một mô hình duy nhất cho mọi chân trời. Sai số phải được đo ở đúng chân trời và đúng mức tổng hợp mà quyết định được đưa ra.

Hình 3.3. Chân trời dự báo, quyết định được hỗ trợ và kỹ thuật phù hợp

Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu nguyên tắc thực hành dự báo của Hyndman và Athanasopoulos (2021).

3.2.2. Kỹ thuật dự báo và nguyên tắc chọn mô hình

Ba nhóm kỹ thuật cơ bản cần nắm ở cấp độ vận dụng.

Trung bình trượt. Dự báo kỳ tới bằng trung bình của n kỳ gần nhất. Ưu điểm là đơn giản và làm mượt nhiễu; nhược điểm là phản ứng chậm với thay đổi mức và không xử lý được xu thế. Giá trị n lớn cho đường mượt nhưng trễ, còn n nhỏ cho phản ứng nhanh nhưng nhiễu.

San mũ. Dự báo kỳ tới bằng dự báo kỳ trước cộng một phần sai số vừa xảy ra, theo công thức $F(t+1)$ bằng $F(t)$ cộng tích của hệ số α với hiệu $A(t)$ trừ $F(t)$, trong đó α nằm giữa 0 và 1. Hệ số α thể hiện tốc độ phản ứng: α lớn phản ứng nhanh với thay đổi thực nhưng cũng phản ứng mạnh với nhiễu ngẫu nhiên. Với chuỗi có xu thế cần san mũ hai tham số theo Holt; với chuỗi có cả xu thế và mùa vụ cần san mũ ba tham số theo Holt và Winters.

Phân rã mùa vụ. Tách chuỗi thành bốn thành phần gồm mức, xu thế, mùa vụ và nhiễu ngẫu nhiên. Chỉ số mùa vụ được tính bằng tỷ số giữa giá trị thực và giá trị đã khử mùa vụ, sau đó chuẩn hóa để tổng các chỉ số bằng số kỳ trong chu kỳ. Cách tiếp cận này đặc biệt phù hợp với ngành hàng tiêu dùng và thực phẩm tại Việt Nam, nơi hiệu ứng Tết Nguyên đán tạo biến động mùa vụ rất mạnh và lại **dịch chuyển theo lịch dương từng năm**, một chi tiết kỹ thuật thường bị bỏ sót khi áp dụng mô hình mùa vụ theo tháng dương lịch.

Bảng 3.3. Nguyên tắc chọn mô hình dự báo theo đặc tính chuỗi số liệu

Đặc tính chuỗi	Dấu hiệu nhận biết	Mô hình phù hợp	Mô hình không nên dùng và lý do
Ổn định quanh một mức	Đồ thị dao động ngẫu nhiên quanh một đường ngang	Trung bình trượt, san mũ đơn	Mô hình xu thế, vì sẽ tạo ra xu thế giả từ nhiễu ngẫu nhiên
Có xu thế rõ	Đồ thị đi lên hoặc đi xuống một cách bền vững	San mũ có xu thế theo Holt, hồi quy tuyến tính	San mũ đơn, vì luôn trễ một cách hệ thống và sinh độ chệch cùng dấu
Có mùa vụ	Mẫu hình lặp lại theo chu kỳ cố định	Phân rã mùa vụ, mô hình Holt và Winters	Trung bình trượt, vì làm phẳng và xóa mất chính thành phần mùa vụ
Nhu cầu gián đoạn	Nhiều kỳ bằng không xen kẽ các kỳ có nhu cầu	Phương pháp Croston và các biến thể chuyên biệt	San mũ thông thường, vì cho dự báo dương ở mọi kỳ kể cả kỳ không có nhu cầu

Đặc tính chuỗi	Dấu hiệu nhận biết	Mô hình phù hợp	Mô hình không nên dùng và lý do
Sản phẩm mới, không có lịch sử	Không có dữ liệu quá khứ của chính mã hàng	Dự báo tương tự theo sản phẩm cùng nhóm, ý kiến chuyên gia, thử nghiệm thị trường	Mọi mô hình chuỗi thời gian, vì không có chuỗi để ước lượng
Chịu tác động của sự kiện đã biết trước	Khuyến mãi, ngày lễ, thay đổi giá	Mô hình nhân quả có biến giải thích ngoại sinh	Mô hình chỉ dựa trên lịch sử nội sinh, vì không nhìn thấy nguyên nhân

ĐIỂM CẦN NHỚ

Nguyên tắc chọn mô hình có một hệ quả thực tiễn quan trọng: **doanh nghiệp không nên dùng một mô hình duy nhất cho toàn bộ danh mục hàng hóa**. Một danh mục vài nghìn mã hàng thường chứa đồng thời cả bốn dạng chuỗi đầu tiên trong Bảng 3.3. Cách làm hợp lý là phân nhóm danh mục theo đặc tính chuỗi, gán mô hình mặc định cho từng nhóm, rồi rà soát định kỳ việc phân nhóm đó. Đây cũng là điểm mà công cụ số tạo giá trị rõ rệt, vì việc kiểm tra đặc tính của vài nghìn chuỗi bằng tay là bất khả thi.

3.2.3. Hệ đo sai số dự báo nhiều chiều

Một hệ thống dự báo không đo được sai số là một hệ thống không thể cải tiến. Tuy nhiên, sai lầm phổ biến hơn là **chỉ đo một chiều**, thường là tỷ lệ phần trăm sai số, rồi kết luận về chất lượng dự báo. Sáu chỉ số dưới đây trả lời những câu hỏi khác nhau và cần được đọc cùng nhau.

Bảng 3.4. Hệ đo sai số dự báo và câu hỏi mà từng chỉ số trả lời

Chỉ số	Cách tính	Câu hỏi được trả lời	Khi nào nên dùng và cần lưu ý gì
Sai số tuyệt đối trung bình, MAE	Trung bình của trị tuyệt đối hiệu giữa thực tế và dự báo	Sai số điển hình lớn bao nhiêu, tính bằng đơn vị hiện vật	So sánh các mô hình trên cùng một mã hàng; không so sánh được giữa các mã có quy mô khác nhau

Chỉ số	Cách tính	Câu hỏi được trả lời	Khi nào nên dùng và cần lưu ý gì
Phần trăm sai số tuyệt đối trung bình, MAPE	Trung bình của tỷ số giữa trị tuyệt đối sai số và giá trị thực tế	Sai số chiếm bao nhiêu phần trăm nhu cầu	So sánh giữa các mã hàng khác quy mô; mất ý nghĩa khi nhu cầu thực gần bằng không
Độ chệch, ME	Trung bình của hiệu giữa thực tế và dự báo, giữ nguyên dấu	Mô hình có sai lệch về một phía một cách hệ thống hay không	Chỉ số quan trọng nhất về mặt quản trị và bị bỏ qua nhiều nhất
Sai số bình phương trung bình gốc, RMSE	Căn bậc hai của trung bình bình phương sai số	Mức độ nghiêm trọng của các sai số lớn	Khi sai số lớn gây hậu quả nghiêm trọng hơn nhiều lần so với sai số nhỏ
Tín hiệu theo dõi	Tổng đại số sai số tích lũy chia cho sai số tuyệt đối trung bình	Sai lệch tích lũy đã vượt ngưỡng cần can thiệp chưa	Theo dõi liên tục; vượt ngưỡng thường đặt ở khoảng cộng trừ 4 là dấu hiệu phải xem lại mô hình
Sai số tương đối so với dự báo ngay thơ	Sai số tuyệt đối trung bình chia cho sai số của phương pháp lấy giá trị kỳ trước	Mô hình có tốt hơn cách làm đơn giản nhất hay không	Giá trị lớn hơn 1 nghĩa là mô hình đang tệ hơn việc chỉ lặp lại số liệu kỳ trước

Chỉ số cuối cùng trong bảng đáng được nhấn mạnh vì nó trả lời một câu hỏi mà các chỉ số khác bỏ qua: **mô hình đang được đầu tư có thực sự tốt hơn cách làm đơn giản nhất hay không**. Trong thực tiễn, không hiếm trường hợp một hệ thống dự báo tốn kém cho kết quả kém hơn quy tắc lấy đúng số liệu kỳ trước, và điều đó chỉ lộ ra khi có phép so sánh này.

Ba lưu ý khi sử dụng. *Một là*, MAPE mất ý nghĩa khi nhu cầu thực bằng hoặc gần bằng không, trường hợp phổ biến với phụ tùng và hàng có nhu cầu gián đoạn. *Hai là*, độ chệch là chỉ số bị bỏ qua nhiều nhất nhưng lại quan trọng nhất về mặt quản trị: MAE thấp mà độ chệch dương lớn có nghĩa là doanh nghiệp **thiếu hàng một cách hệ thống**, còn độ chệch âm lớn nghĩa là tồn kho tích

tự liên tục. *Ba là*, sai số phải được đo ở **đúng chân trời và đúng mức tổng hợp** mà quyết định được đưa ra; dự báo tổng doanh số toàn công ty luôn chính xác hơn dự báo từng mã hàng tại từng kho, nhưng quyết định bổ sung hàng lại diễn ra ở mức sau.

VÍ DỤ TÍNH VÀ DIỄN GIẢI HỆ ĐO SAI SỐ DỰ BÁO

Dữ liệu. Nhu cầu thực tế sáu kỳ lần lượt là 100; 120; 90; 130; 110 và 140. Áp dụng san mũ đơn với hệ số 0,3, khởi tạo dự báo kỳ 1 bằng 100.

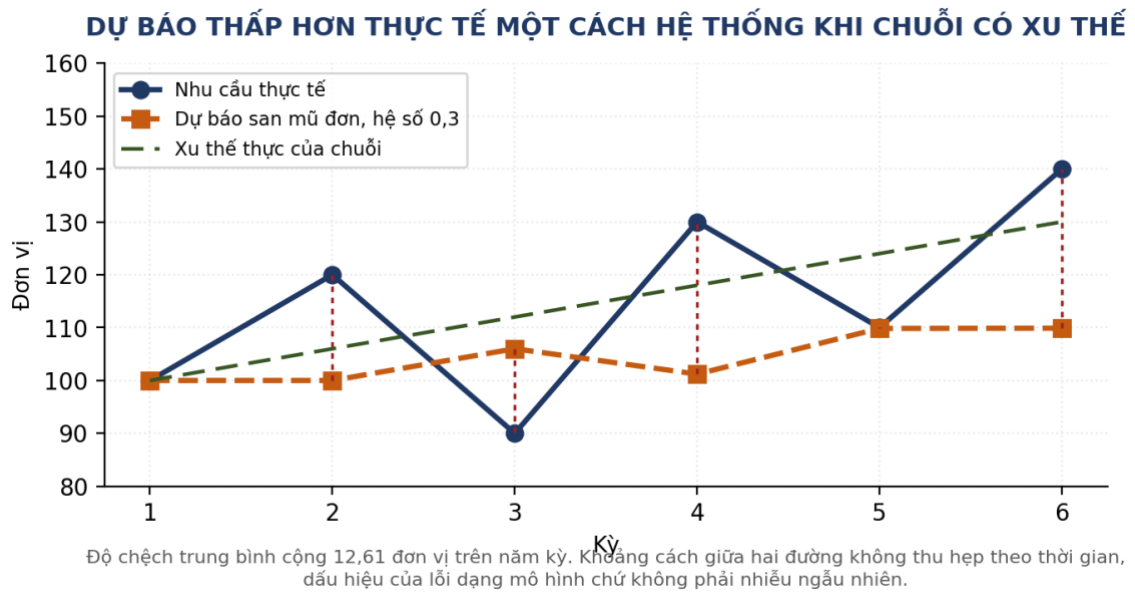
Chuỗi dự báo. Dự báo kỳ 2 bằng 100. Dự báo kỳ 3 bằng 100 cộng tích của 0,3 với hiệu 120 trừ 100, tức 106. Tương tự, dự báo kỳ 4 bằng 101,2; kỳ 5 bằng 109,84; kỳ 6 bằng 109,89 và kỳ 7 bằng 118,92.

Sai số các kỳ 2 đến 6 lần lượt là cộng 20; trừ 16; cộng 28,8; cộng 0,16 và cộng 30,11.

Kết quả sáu chỉ số. MAE bằng 95,07 chia 5, tức **19,01 đơn vị**. MAPE bằng **15,65 phần trăm**. Độ chệch bằng 63,07 chia 5, tức **cộng 12,61 đơn vị**. RMSE bằng **21,87 đơn vị**. Tín hiệu theo dõi bằng 63,07 chia 19,01, tức **cộng 3,32**. Sai số của dự báo ngẫu thơ bằng 28,0, nên sai số tương đối bằng 19,01 chia 28,0, tức **0,68**.

Diễn giải quản trị. Đọc riêng lẻ, MAPE 15,65 phần trăm ở mức chấp nhận được với nhiều ngành, và sai số tương đối 0,68 cho thấy mô hình vẫn tốt hơn cách làm ngẫu thơ. Nhưng **độ chệch dương lớn, tương đương khoảng 11 phần trăm mức nhu cầu trung bình, cùng tín hiệu theo dõi cộng 3,32 đã tiệm cận ngưỡng cảnh báo, mới là phát hiện đáng lo ngại**: mô hình dự báo thấp hơn thực tế một cách hệ thống.

Nguyên nhân và hành động đúng. Nguyên nhân điển hình là chuỗi có xu thế tăng trong khi san mũ đơn không xử lý được xu thế, khiến mô hình luôn đuổi theo và luôn trễ. Hành động đúng **không phải là tăng hệ số san mũ mà là đổi sang mô hình có thành phần xu thế**. Hệ quả nếu bỏ qua: thiếu hàng lặp lại, sản xuất khẩn cấp, và tỷ lệ giao hàng đúng hạn suy giảm dần mà không rõ nguyên nhân.



Hình 3.4. Dự báo thấp hơn thực tế một cách hệ thống khi chuỗi có xu thế

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo số liệu của ví dụ trên.

3.2.4. Quy trình sáu bước xây dựng và duy trì hệ thống dự báo

Ví dụ trên cho thấy một điều quan trọng: sai lầm nghiêm trọng nhất trong dự báo không phải là chọn sai tham số mà là **chọn sai dạng mô hình**, và lỗi này chỉ lộ ra khi có quy trình rà soát định kỳ. Sáu bước dưới đây chuẩn hóa quy trình đó.

QUY TRÌNH SÁU BƯỚC XÂY DỰNG VÀ DUY TRÌ HỆ THỐNG DỰ BÁO



Hình 3.5. Quy trình sáu bước xây dựng và duy trì hệ thống dự báo

Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu nguyên tắc thực hành dự báo của Hyndman và Athanasopoulos (2021).

Bảng 3.5. Sản phẩm đầu ra và câu hỏi kiểm tra của từng bước

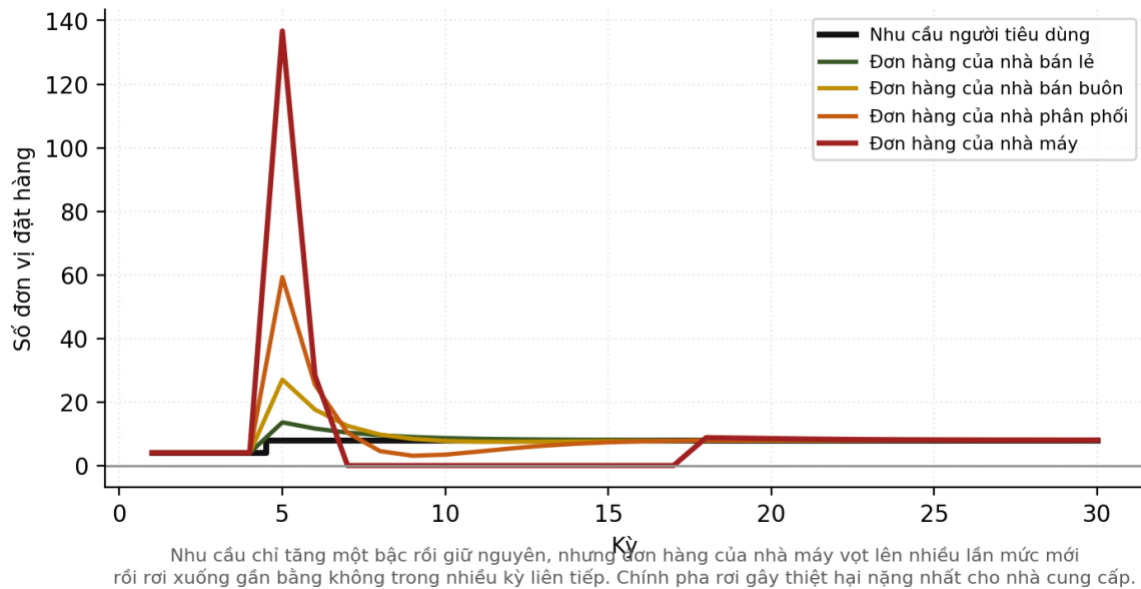
Bước	Sản phẩm đầu ra	Câu hỏi kiểm tra trước khi chuyển sang bước sau
1. Xác định chân trời và mức tổng hợp	Bảng ánh xạ từng quyết định với chân trời tương ứng	Sai số sẽ được đo ở đúng mức mà quyết định được đưa ra hay ở mức tổng hợp cao hơn cho đẹp số liệu?
2. Làm sạch dữ liệu lịch sử	Chuỗi số liệu đã tách và đánh dấu sự kiện bất thường	Các đợt khuyến mãi và các kỳ đứt hàng đã được đánh dấu chưa, hay đang bị coi là nhu cầu bình thường?
3. Nhận dạng đặc tính chuỗi	Đồ thị và kết luận về mức, xu thế, mùa vụ	Kết luận dựa trên đồ thị thực tế hay chỉ dựa trên thói quen chọn mô hình của kỳ trước?
4. Chọn và kiểm định mô hình	Mô hình kèm kết quả kiểm định ngoài mẫu	Mô hình đã được thử trên phần dữ liệu chưa dùng để ước lượng tham số chưa?
5. Đo sai số nhiều chiều	Bảng sáu chỉ số theo kỳ, có tách riêng độ chệch	Độ chệch có được theo dõi riêng, không gộp chung vào sai số tuyệt đối, hay không?
6. Rà soát định kỳ	Biên bản rà soát và quyết định giữ hoặc đổi mô hình	Độ chệch có giữ nguyên dấu trong nhiều kỳ liên tiếp hay không?

Câu hỏi kiểm tra ở bước 6 có giá trị chẩn đoán cao nhất. Nếu độ chệch giữ nguyên dấu trong ba kỳ liên tiếp trở lên, đó là dấu hiệu của lỗi dạng mô hình chứ không phải nhiễu ngẫu nhiên, và việc tinh chỉnh tham số sẽ không giải quyết được vấn đề. Đây cũng chính là lý do tín hiệu theo dõi được đưa vào Bảng 3.4: nó tự động hóa việc phát hiện dấu hiệu này trên toàn bộ danh mục.

3.2.5. Hiệu ứng roi da và cách lượng hóa mức khuếch đại

Hiệu ứng roi da là hiện tượng biến động đơn hàng khuếch đại dần khi đi ngược chuỗi cung ứng: nhu cầu người tiêu dùng cuối dao động nhẹ, nhưng đơn hàng mà nhà máy nhận được dao động rất mạnh, và đơn hàng gửi tới nhà cung cấp nguyên liệu còn dao động mạnh hơn nữa.

HIỆU ỨNG ROI DA KHI NHU CẦU TĂNG MỘT LẦN DUY NHẤT TỪ 4 LÊN 8



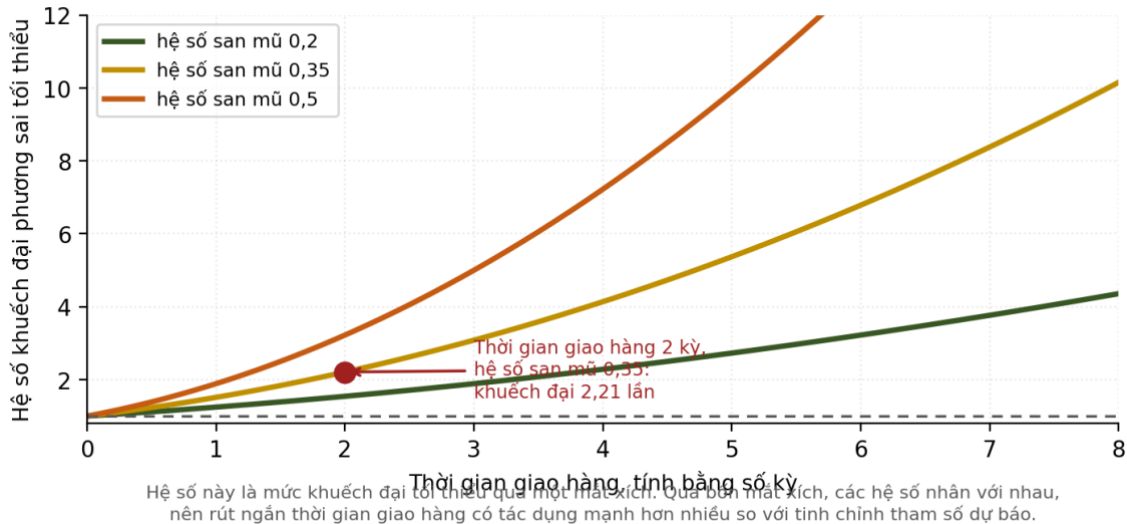
Hình 3.6. Hiệu ứng roi da khi nhu cầu tăng một lần duy nhất từ 4 lên 8

Nguồn: Tác giả mô phỏng với chính sách đặt hàng theo mức tồn kho mục tiêu, thời gian giao hàng hai kỳ và hệ số san mũ 0,35.

Đồ thị cho thấy một đặc điểm quan trọng mà mô tả bằng lời khó truyền đạt. Nhu cầu người tiêu dùng chỉ tăng **một lần duy nhất** từ 4 lên 8 đơn vị rồi giữ nguyên. Thế nhưng đỉnh đơn hàng lần lượt là 13,6 tại nhà bán lẻ; 27,0 tại nhà bán buôn; 59,3 tại nhà phân phối và **136,7 tại nhà máy**, tức khoảng 17 lần mức nhu cầu mới. Quan trọng hơn, sau đỉnh đó đơn hàng của nhà máy rơi xuống **bằng không trong khoảng mười một kỳ liên tiếp**. Chính pha rơi này, chứ không phải pha vọt, mới là nguyên nhân của tình trạng nhà cung cấp mất năng lực, lao động bị cắt giảm rồi tuyển lại, và quan hệ hợp tác bị bào mòn.

Mức khuếch đại này có thể được lượng hóa chứ không chỉ mô tả định tính. Chen, Drezner, Ryan và Simchi-Levi (2000) chứng minh rằng với chính sách đặt hàng theo mức tồn kho mục tiêu và dự báo bằng san mũ với hệ số α , tỷ số giữa phương sai đơn hàng và phương sai nhu cầu qua **một mắt xích** có cận dưới bằng 1 cộng với hai số hạng: số hạng thứ nhất là tích của 2, thời gian giao hàng L và α , chia cho hiệu 2 trừ α ; số hạng thứ hai là tích của 2, bình phương của L và bình phương của α , chia cho bình phương của hiệu 2 trừ α .

HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI TỐI THIỂU QUA MỘT MẮT XÍCH



Hình 3.7. Hệ số khuếch đại phương sai tối thiểu qua một mắt xích

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo công thức của Chen, Drezner, Ryan và Simchi-Levi (2000).

VÍ DỤ TÍNH HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI VÀ SO SÁNH HAI GIẢI PHÁP

Hiện trạng. Thời gian giao hàng giữa hai mắt xích là 2 kỳ, hệ số san mũ là 0,35. Áp dụng công thức, hệ số khuếch đại tối thiểu qua một mắt xích bằng **2,21 lần**. Qua bốn mắt xích, các hệ số nhân với nhau, cho mức khuếch đại khoảng **23,8 lần**, một con số cùng bậc độ lớn với kết quả mô phỏng ở Hình 3.6.

Giải pháp 1 là giảm hệ số san mũ từ 0,35 xuống 0,15 để làm mượt dự báo. Hệ số khuếch đại qua một mắt xích giảm còn khoảng 1,42; qua bốn mắt xích còn khoảng **4,1 lần**.

Giải pháp 2 là rút ngắn thời gian giao hàng từ 2 kỳ xuống 1 kỳ, giữ nguyên hệ số 0,35. Hệ số khuếch đại qua một mắt xích còn 1,51; qua bốn mắt xích còn khoảng **5,2 lần**.

Diễn giải quản trị. Cả hai giải pháp đều có tác dụng mạnh, nhưng bản chất khác nhau. Giảm hệ số san mũ **gần như không tốn tiền** nhưng đánh đổi bằng việc phản ứng chậm hơn với thay đổi thực của thị trường, nên chỉ phù hợp khi nhu cầu tương đối ổn định. Rút ngắn thời gian giao hàng **tốn chi phí thực** nhưng không có nhược điểm đó và còn cải thiện dòng thời tồn kho an toàn theo cơ chế sẽ phân tích ở mục 3.3.6. Trong thực tiễn, doanh nghiệp nên làm giải pháp 1 trước vì nó không tốn kém, rồi mới cân nhắc giải pháp 2 theo luận chứng kinh tế.

Bảng 3.6. Bốn nguyên nhân của hiệu ứng roi da và biện pháp khắc phục

Nguyên nhân	Cơ chế phát sinh	Biện pháp truyền thống	Biện pháp dựa trên dữ liệu
Cập nhật dự báo theo đơn hàng nhận được	Mỗi mắt xích dự báo dựa trên đơn hàng của mắt xích kế tiếp chứ không dựa trên nhu cầu cuối	Rút ngắn thời gian giao hàng để giảm số hạng chứa L trong công thức khuếch đại	Chia sẻ dữ liệu điểm bán; dự báo tập trung một lần cho toàn chuỗi
Gộp đơn theo lô lớn	Đặt hàng theo lô lớn để tiết kiệm chi phí đặt hàng và chi phí vận chuyển	Giảm chi phí mỗi lần đặt hàng; gom nhiều loại hàng trong một chuyến	Đặt hàng điện tử với chi phí giao dịch gần bằng không; tối ưu tải xe theo thời gian thực
Biến động giá và khuyến mãi	Khách hàng mua tích trữ khi giảm giá, tạo ra đỉnh giả rồi hố sâu ngay sau đó	Chính sách giá thấp ổn định mỗi ngày	Phối hợp lịch khuyến mãi giữa các mắt xích; mô phỏng tác động trước khi chạy chương trình
Phân bổ khi khan hiếm và đặt hàng không	Khi cung thiếu, khách hàng đặt dư để giành phần, tạo tín hiệu nhu cầu giả	Phân bổ theo doanh số lịch sử thay vì theo lượng đặt	Minh bạch năng lực sản xuất thực; phân bổ dựa trên dữ liệu tiêu thụ thực tế của khách

Điểm mấu chốt cần rút ra: **hiệu ứng roi da không phải là hiện tượng ngẫu nhiên mà là hệ quả có thể dự đoán và tính toán được của việc thiếu thông tin**. Ba nguyên nhân đầu đều bắt nguồn từ việc mỗi mắt xích chỉ nhìn thấy mắt xích liền kề. Đây chính là lý do khả năng hiển thị xuyên suốt chuỗi được xem là năng lực nền tảng của chuỗi cung ứng số, chứ không phải một tiện ích bổ sung.

HƯỚNG DẪN HOẠT ĐỘNG TRÊN LỚP: MÔ PHỎNG TRÒ CHƠI BIA

Vòng 1, khoảng 35 phút. Lớp chia thành các chuỗi bốn mắt xích gồm nhà bán lẻ, nhà bán buôn, nhà phân phối và nhà máy. Mỗi mắt xích chỉ được nhìn thấy đơn hàng của mắt xích kế tiếp; thời gian giao hàng hai kỳ. Nhu cầu người tiêu dùng do giảng viên giữ kín, tăng một lần duy nhất từ 4 lên 8 đơn vị ở kỳ thứ năm rồi giữ nguyên.

Vòng 2, khoảng 20 phút. Chạy lại đúng kịch bản nhu cầu, nhưng mọi mắt xích đều nhìn thấy dữ liệu bán hàng của nhà bán lẻ và mức tồn kho của toàn chuỗi.

Yêu cầu phân tích, khoảng 25 phút. Vẽ trên cùng một đồ thị nhu cầu người tiêu dùng, đơn hàng của từng mắt xích và tồn kho của từng mắt xích, ở cả hai vòng. Trả lời bốn câu hỏi. Thứ nhất, hệ số khuếch đại thực đo được tại nhà máy ở vòng 1 là bao nhiêu, và so sánh với giá trị tính từ công thức ở mục 3.2.5. Thứ hai, tỷ số đó thay đổi thế nào ở vòng 2. Thứ ba, phần biến động còn lại ở vòng 2 do đâu. Thứ tư, nhóm phải mất bao nhiêu kỳ để tồn kho trở lại mức ổn định sau cú sốc, ở mỗi vòng.

Kết luận sự phạm cần dẫn dắt. Thông tin làm giảm mạnh nhưng không xóa bỏ hiệu ứng roi da, vì độ trễ vật lý của dòng vật chất vẫn tồn tại và số hạng chứa thời gian giao hàng trong công thức khuếch đại vẫn khác không. Muốn giảm tiếp phải rút ngắn thời gian giao hàng, tức là can thiệp vào dòng vật chất chứ không chỉ dòng thông tin.

3.2.6. Từ hoạch định bán hàng và vận hành tới hoạch định kinh doanh tích hợp

Hoạch định bán hàng và vận hành là quy trình định kỳ, thường theo tháng, nhằm đồng bộ kế hoạch của các bộ phận trên **một con số duy nhất**. Giá trị cốt lõi của quy trình không nằm ở kỹ thuật dự báo mà ở việc buộc các bộ phận có lợi ích khác nhau phải cam kết trên cùng một tập giả định.

CHU TRÌNH NĂM BƯỚC CỦA HOẠCH ĐỊNH BÁN HÀNG VÀ VẬN HÀNH



Hình 3.8. Chu trình năm bước của hoạch định bán hàng và vận hành

Nguồn: Tác giả biên soạn theo thực hành chuẩn được trình bày trong Chopra và Meindl (2019).

Hoạch định kinh doanh tích hợp là bước phát triển tiếp theo, với ba khác biệt bản chất về phạm vi, đơn vị đo và cách xử lý bất định.

Bảng 3.7. So sánh hoạch định bán hàng và vận hành với hoạch định kinh doanh tích hợp

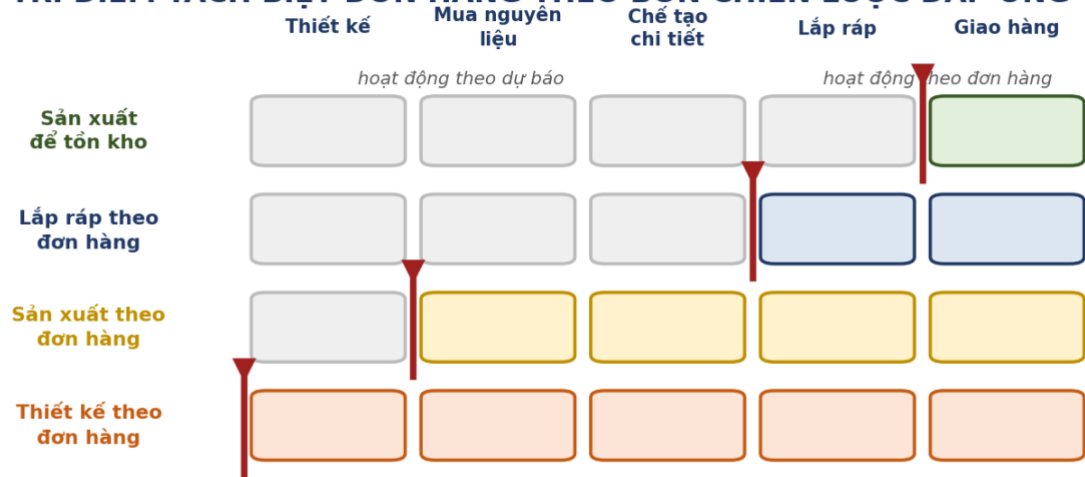
Tiêu chí	Hoạch định bán hàng và vận hành	Hoạch định kinh doanh tích hợp
Phạm vi	Bán hàng, sản xuất, tồn kho	Bổ sung tài chính, phát triển sản phẩm mới và chiến lược danh mục
Đơn vị đo	Chủ yếu là đơn vị hiện vật	Cả hiện vật và giá trị; kế hoạch quy đổi trực tiếp sang kết quả tài chính dự kiến
Chân trời	3 đến 12 tháng	12 đến 36 tháng, cuốn chiếu theo từng kỳ
Cách xử lý bất định	Một kịch bản cơ sở duy nhất	Nhiều kịch bản kèm xác suất; mô phỏng tác động trước khi quyết định
Vai trò của công nghệ	Bảng tính và báo cáo tổng hợp thủ công	Nền tảng hoạch định có mô phỏng, tích hợp dữ liệu thời gian thực từ vận hành
Sản phẩm đầu ra	Một kế hoạch tổng nhất	Kế hoạch thống nhất kèm danh mục rủi ro, cơ hội và phương án ứng phó đã được phê duyệt trước

Giá trị lớn nhất mà công nghệ số mang lại cho quy trình này là **khả năng chạy kịch bản ngay trong thời gian họp**. Ở mô hình truyền thống, câu hỏi về tác động tới doanh thu quý nếu một nhà cung cấp giao trễ hai tuần cần vài ngày phân tích và thường được trả lời sau khi cuộc họp đã kết thúc. Với nền tảng hoạch định tích hợp dữ liệu, câu trả lời có trong vài phút, và điều này thay đổi bản chất của cuộc họp từ *báo cáo kết quả sang ra quyết định có so sánh phương án*.

3.2.7. Cá biệt hóa quy mô lớn và điểm tách biệt đơn hàng

Điểm tách biệt đơn hàng là vị trí trong dòng chảy vật chất mà từ đó các hoạt động được kích hoạt bởi đơn hàng cụ thể của khách hàng thay vì bởi dự báo. Vị trí của điểm này quyết định đồng thời thời gian giao hàng, mức tồn kho và khả năng cá biệt hóa, và đây là một trong những quyết định kiến trúc quan trọng nhất của quản trị vận hành.

VỊ TRÍ ĐIỂM TÁCH BIỆT ĐƠN HÀNG THEO BỐN CHIẾN LƯỢC ĐÁP ỨNG



Vạch đỏ là điểm tách biệt đơn hàng. Dịch vạch sang trái làm giảm rủi ro tồn kho nhưng kéo dài thời gian giao hàng; dịch sang phải cho hiệu quả ngược lại. Công nghệ số nói lỏng chứ không xóa bỏ đánh đổi này.

Hình 3.9. Vị trí điểm tách biệt đơn hàng theo bốn chiến lược đáp ứng

Nguồn: Tác giả biên vẽ theo Olhager (2003).

Bảng 3.8. Bốn chiến lược theo vị trí điểm tách biệt đơn hàng

Chiến lược	Vị trí điểm tách biệt	Thời gian giao hàng	Rủi ro tồn kho	Mức cá biệt hóa	Ví dụ điển hình
Sản xuất để tồn kho	Sau khi hoàn thành sản phẩm	Rất ngắn	Cao, nằm ở thành phẩm	Không có	Hàng tiêu dùng nhanh, bia, nước giải khát
Lắp ráp theo đơn hàng	Tại kho bán thành phẩm và cụm mô đun	Ngắn	Trung bình, nằm ở mô đun	Theo cấu hình mô đun	Máy tính, xe máy có tùy chọn, nội thất mô đun
Sản xuất theo đơn hàng	Tại kho nguyên liệu	Trung bình	Thấp, nằm ở nguyên liệu	Cao	May mặc gia công, cơ khí theo bản vẽ
Thiết kế theo đơn hàng	Trước cả khâu thiết kế	Dài	Rất thấp	Rất cao	Thiết bị công nghiệp chuyên dụng, đóng tàu

Chìa khóa kỹ thuật của cá biệt hóa quy mô lớn là **mô đun hóa sản phẩm**: thiết kế sản phẩm thành các cụm chức năng độc lập có giao diện chuẩn hóa, sao cho số biến thể mà khách hàng nhìn thấy tăng theo cấp số nhân trong khi số chi tiết mà nhà máy phải quản lý chỉ tăng theo cấp số cộng. Ví dụ, một sản phẩm gồm bốn cụm mô đun, mỗi cụm có năm phương án, tạo ra 625 biến thể cho khách hàng nhưng chỉ cần quản lý 20 mã cụm trong sản xuất.

Vai trò của công nghệ số ở đây có ba mặt. **Cấu hình sản phẩm trực tuyến** cho phép khách hàng tự chọn và hệ thống tự kiểm tra tính tương thích giữa các lựa chọn. **Chuyển đổi cấu hình thành hóa đơn vật tư tự động** loại bỏ khâu nhập liệu thủ công vốn là nguồn lỗi lớn khi số biến thể tăng cao. **Điều độ linh hoạt** cho phép chạy nhiều biến thể trên cùng dây chuyền mà không mất năng suất.

ĐIỂM CẦN NHỚ

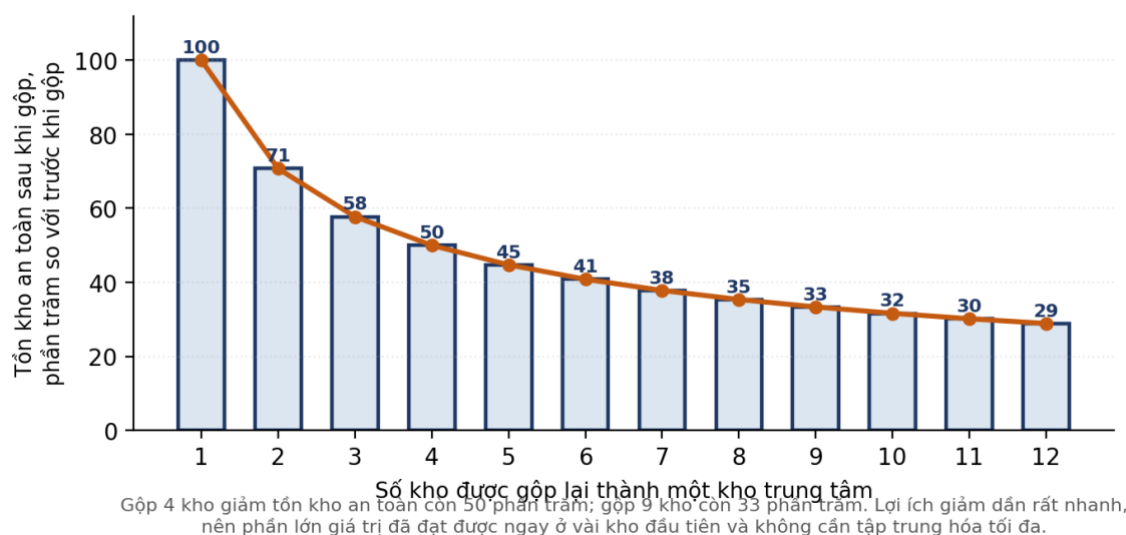
Dịch chuyển điểm tách biệt đơn hàng ngược về phía thượng nguồn làm **giảm rủi ro tồn kho nhưng kéo dài thời gian giao hàng**. Công nghệ số nói lỏng đánh đổi này theo hai hướng bổ sung nhau: cải thiện dự báo giúp giảm tồn kho ở chiến lược sản xuất để tồn kho, còn rút ngắn thời gian sản xuất và thời gian chuyển đổi giúp giữ được thời gian giao hàng ngắn ở chiến lược sản xuất theo đơn hàng. Đây là minh họa cụ thể cho luận điểm ở Chương 1 rằng công nghệ dịch chuyển đường biên hiệu quả chứ không xóa bỏ đánh đổi.

3.2.8. Gộp rủi ro và định luật căn bậc hai

Một nguyên lý định lượng thường bị bỏ qua trong thảo luận về mạng lưới phân phối là **gộp rủi ro**. Nội dung của nguyên lý như sau: khi nhu cầu tại n địa điểm là độc lập với nhau và được phục vụ từ một kho trung tâm duy nhất thay vì n kho riêng, tổng tồn kho an toàn cần thiết giảm theo tỷ lệ **một trên căn bậc hai của n** .

Cơ sở toán học rất đơn giản. Phương sai của tổng n biến ngẫu nhiên độc lập bằng tổng các phương sai, nên độ lệch chuẩn của tổng bằng căn bậc hai của n nhân với độ lệch chuẩn của từng biến, chứ không bằng n lần. Trong khi đó, nếu giữ n kho riêng thì tồn kho an toàn tổng cộng bằng đúng n lần tồn kho an toàn của một kho.

ĐỊNH LUẬT CĂN BẬC HAI TRONG GỘP RỦI RO TỒN KHO



Hình 3.10. Định luật căn bậc hai trong gộp rủi ro tồn kho

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo nguyên lý gộp rủi ro trình bày trong Chopra và Meindl (2019).

VÍ DỤ VẬN DỤNG ĐỊNH LUẬT CĂN BẬC HAI

Bối cảnh. Một doanh nghiệp phân phối có 9 kho vùng. Mỗi kho giữ tồn kho an toàn 200 đơn vị cho một mã hàng, tổng cộng **1.800 đơn vị**. Giá vốn 500 nghìn đồng mỗi đơn vị, chi phí lưu kho bằng 20 phần trăm giá vốn mỗi năm.

Tính toán khi gộp thành một kho trung tâm. Tồn kho an toàn cần thiết bằng 200 nhân với căn bậc hai của 9, tức **600 đơn vị**. Mức giảm là 1.200 đơn vị, tương đương **66,7 phần trăm**. Giá trị tồn kho giải phóng bằng 1.200 nhân 500 nghìn, tức **600 triệu đồng**; chi phí lưu kho tiết kiệm mỗi năm bằng 20 phần trăm của 600 triệu, tức **120 triệu đồng**.

Nhưng kết luận này chưa đầy đủ. Cần bổ sung ba yếu tố mà phép tính bỏ sót. Thứ nhất là *chi phí vận chuyển chặng cuối tăng lên*, vì hàng phải đi xa hơn tới khách. Thứ hai là *thời gian giao hàng cho khách kéo dài*, có thể làm mất doanh số. Thứ ba là *giả định độc lập có thể không đúng*: nếu nhu cầu các vùng cùng tăng giảm theo một yếu tố chung như mùa vụ hoặc chính sách giá, lợi ích gộp rủi ro sẽ nhỏ hơn nhiều so với tính toán.

Giải pháp trung gian được dùng phổ biến là *gộp ảo*: giữ nguyên các kho vật lý nhưng quản lý tồn kho như một khối duy nhất, cho phép điều chuyển giữa các kho theo thời gian thực. Cách này thu được phần lớn lợi ích gộp rủi ro mà không phải trả giá về thời gian giao hàng, và nó **chỉ khả thi khi có hệ thống hiển thị tồn kho xuyên suốt**, tức là đúng năng lực số sẽ bàn ở mục 3.4.2.

Hình 3.10 còn hàm chứa một thông điệp quản trị quan trọng về **quy luật lợi ích giảm dần**. Gộp 4 kho đã thu được một nửa lợi ích tối đa, gộp 9 kho thu được hai phần ba, nhưng gộp từ 9 lên 12 kho chỉ cải thiện thêm khoảng 5 điểm phần trăm. Vì vậy, chiến lược tập trung hóa tối đa hiếm khi là chiến lược tối ưu; điểm dừng hợp lý thường nằm ở chỗ lợi ích biên của việc gộp thêm một kho bằng đúng chi phí biên về vận chuyển và thời gian giao hàng phát sinh.



3.3. Hoạch định, điều độ và vận hành sản xuất số

3.3.1. Kiến trúc hoạch định phân cấp

Hoạch định sản xuất được tổ chức theo cấu trúc phân cấp, trong đó mỗi cấp có chân trời, mức tổng hợp và chu kỳ cập nhật riêng. Nguyên lý nền tảng là **kế hoạch cấp trên đặt ràng buộc cho cấp dưới**, còn kết quả thực thi cấp dưới phản hồi ngược lên cấp trên.



Hình 3.11. Kiến trúc hoạch định phân cấp và vòng phản hồi từ thực thi

Nguồn: Tác giả xây dựng trên cơ sở khung hoạch định phân cấp của Hopp và Spearman (2011).

Bảng 3.9. Kiến trúc hoạch định phân cấp trong sản xuất

Cấp hoạch định	Câu hỏi trả lời	Chân trời	Mức tổng hợp	Chu kỳ cập nhật	Hệ thống hỗ trợ
Dự báo nhu cầu	Thị trường sẽ cần bao nhiêu	3 đến 24 tháng	Nhóm sản phẩm, vùng	Tháng	Nền tảng dự báo, IBP
Kế hoạch tổng hợp	Cân đối năng lực và nhu cầu bằng cách nào	6 đến 18 tháng	Nhóm sản phẩm, giờ máy	Tháng	ERP, IBP

Cấp hoạch định	Câu hỏi trả lời	Chân trời	Mức tổng hợp	Chu kỳ cập nhật	Hệ thống hỗ trợ
Lịch sản xuất chính	Sản xuất mã hàng nào, bao nhiêu, tuần nào	4 đến 16 tuần	Mã sản phẩm cuối	Tuần	ERP
Hoạch định nhu cầu vật tư	Cần vật tư gì, bao nhiêu, đặt khi nào	4 đến 16 tuần	Mã vật tư	Tuần hoặc ngày	ERP
Điều độ chi tiết	Chạy lệnh nào, trên máy nào, theo thứ tự nào	Ngày đến 2 tuần	Lệnh sản xuất, nguồn lực	Ngày hoặc theo sự kiện	APS
Thực thi và phản hồi	Thực tế diễn ra ra sao	Ca, giờ	Thao tác, thiết bị	Thời gian thực	MES và MOM

Điểm yếu cố hữu của kiến trúc này trong nhà máy truyền thống là **độ trễ phản hồi**: sai lệch giữa kế hoạch và thực tế chỉ được phát hiện ở kỳ họp kế hoạch tiếp theo. Nhà máy thông minh rút ngắn vòng phản hồi này xuống mức giờ hoặc phút nhờ dữ liệu từ hệ thống điều hành sản xuất, cho phép điều chỉnh khi vấn đề còn nhỏ. Đối chiếu với khung bốn câu hỏi ở Hình 3.2, đây chính là câu trả lời cho câu hỏi thứ hai về độ trễ, áp dụng cho mắt xích nội bộ của nhà máy.

3.3.2. Logic hoạch định nhu cầu vật tư và bài toán vận dụng

Hoạch định nhu cầu vật tư dựa trên ba đầu vào bắt buộc: **lịch sản xuất chính** cho biết cần bao nhiêu sản phẩm cuối và khi nào; **hóa đơn vật tư** cho biết mỗi sản phẩm cần những chi tiết gì với số lượng bao nhiêu; và **hồ sơ tồn kho** cho biết đang có gì, đã đặt gì, thời gian cung ứng bao lâu.



Hình 3.12. Logic bốn bước của hoạch định nhu cầu vật tư

Nguồn: Tác giả biên soạn theo logic MRP chuẩn trình bày trong Hopp và Spearman (2011).

VÍ DỤ VẬN DỤNG LOGIC HOẠCH ĐỊNH NHU CẦU VẬT TƯ

Dữ liệu. Sản phẩm A cần 2 đơn vị chi tiết B cho mỗi đơn vị A. Thời gian sản xuất A là 1 tuần; thời gian cung ứng B là 2 tuần. Quy tắc lô là đặt đúng bằng nhu cầu. Tồn kho đầu kỳ: A có 50 và B có 200. Nhu cầu gộp sản phẩm A: tuần 3 là 100; tuần 4 là 150; tuần 5 là 120; tuần 6 là 200.

Bước 1, cấp A. Nhu cầu thuần bằng nhu cầu gộp trừ tồn kho khả dụng: tuần 3 bằng 100 trừ 50, tức 50; tuần 4 là 150; tuần 5 là 120; tuần 6 là 200. Lệnh sản xuất A phải **phát trước 1 tuần**, nên phát 50 ở tuần 2; 150 ở tuần 3; 120 ở tuần 4 và 200 ở tuần 5.

Bước 2, cấp B. Nhu cầu gộp của B bằng 2 lần lệnh phát của A, ngay tại tuần phát lệnh: tuần 2 là 100; tuần 3 là 300; tuần 4 là 240; tuần 5 là 400. Trừ tồn kho 200: tuần 2 dùng 100 và còn dư 100; tuần 3 nhu cầu thuần bằng 300 trừ 100, tức 200; tuần 4 là 240; tuần 5 là 400. Đơn đặt hàng B phải **phát trước 2 tuần**, nên đặt 200 ở tuần 1; 240 ở tuần 2 và 400 ở tuần 3.

Ba đặc điểm cần rút ra. Thứ nhất, nhu cầu vật tư là **nhu cầu phụ thuộc**, được tính ra từ nhu cầu sản phẩm cuối chứ không được dự báo riêng; dự báo riêng cho từng chi tiết là sai lầm phương pháp và làm mất tính nhất quán của kế hoạch. Thứ hai, **thời gian cung ứng đẩy hành động về phía sớm hơn**: nhu cầu ở tuần 6 buộc phải hành động ngay từ tuần 3. Điều này giải thích vì sao độ chính xác dự báo ở chân trời dài lại quan trọng với vật tư có thời gian cung ứng dài. Thứ ba, logic này **giả định năng lực vô hạn**: nó cho biết cần gì và khi nào, nhưng không kiểm tra nhà máy có đủ công suất để chạy 200 đơn vị trong tuần 5 hay không. Đây chính là khoảng trống mà hệ thống điều độ nâng cao lấp đầy.

Bảng 3.10. Bảng hoạch định nhu cầu vật tư của ví dụ trên

Chỉ tiêu	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4	Tuần 5	Tuần 6
A: nhu cầu gộp	0	0	100	150	120	200
A: tồn kho khả dụng đầu kỳ	50	50	50	0	0	0
A: nhu cầu thuần	0	0	50	150	120	200
A: lệnh sản xuất phát ra	0	50	150	120	200	0
B: nhu cầu gộp	0	100	300	240	400	0
B: tồn kho khả dụng đầu kỳ	200	200	100	0	0	0
B: nhu cầu thuần	0	0	200	240	400	0
B: đơn đặt hàng phát ra	200	240	400	0	0	0

3.3.3. Điều độ nâng cao với công suất hữu hạn

Ba khác biệt phân định hệ thống điều độ nâng cao với logic hoạch định nhu cầu vật tư truyền thống.

Công suất hữu hạn. Hệ thống chỉ xếp công việc vào các khe thời gian mà nguồn lực thực sự còn trống, có xét thời gian chuyển đổi, thời gian bảo trì kế hoạch và năng lực lao động. Kết quả là một lịch **khả thi** thay vì một lịch mong muốn. Hệ quả quản trị là khi nhu cầu vượt năng lực, hệ thống buộc phải hiển thị xung đột thay vì che giấu nó, và quyết định ưu tiên đơn nào được đưa lên bàn lãnh đạo thay vì được quản đốc tự xử lý ở xưởng.

Tối ưu đa mục tiêu. Bài toán điều độ hiếm khi có một mục tiêu duy nhất. Bốn mục tiêu thường xung đột nhau gồm tối thiểu hóa tổng thời gian hoàn thành, tối thiểu hóa số đơn trễ hạn, tối thiểu hóa tổng thời gian chuyển đổi, và cân bằng tải giữa các nguồn lực. Ví dụ điển hình là gom các lệnh cùng màu để giảm thời gian rửa máy, việc này tăng năng suất nhưng có thể khiến một đơn hàng gấp bị đẩy lùi. Hệ thống xử lý bằng cách gán trọng số cho từng mục tiêu, và **việc gán trọng số là quyết định quản trị chứ không phải quyết định kỹ thuật.**

Tái lập lịch động. Khi có sự cố như máy hỏng, thiếu vật tư hoặc đơn hàng khẩn xen vào, hệ thống tính lại lịch trong vài phút và cho thấy tác động dây chuyền lên các đơn hàng khác. Đây là năng lực mà bảng kế hoạch thủ công không thể có, và cũng là nơi giá trị của tích hợp giữa hệ thống điều hành sản xuất với hệ thống điều độ thể hiện rõ nhất: hệ thống điều độ chỉ tái lập lịch đúng khi nó biết trạng thái thực của xưởng.

ĐIỂM CẦN NHỚ

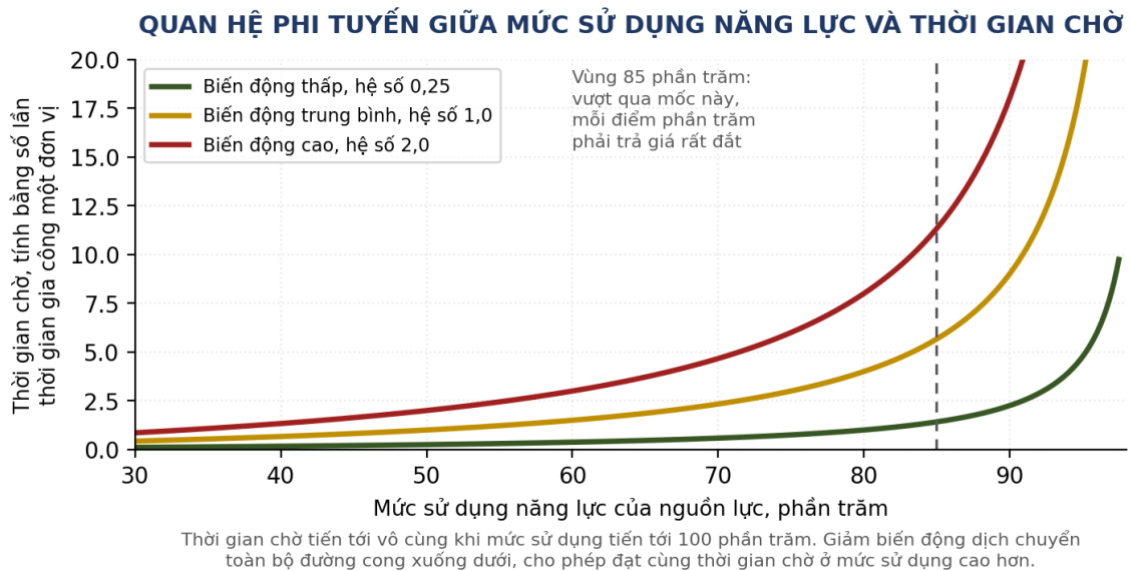
Một hệ thống điều độ nâng cao chỉ tốt bằng chất lượng **dữ liệu chủ** mà nó sử dụng: thời gian chu kỳ chuẩn, ma trận thời gian chuyển đổi giữa các mã hàng, năng lực thực của từng nguồn lực và trình độ tay nghề của từng vị trí. Ở phần lớn doanh nghiệp, các dữ liệu này đã lỗi thời nhiều năm. Vì vậy **kiểm toán và cập nhật dữ liệu chủ phải là hạng mục đầu tiên trong dự án, không phải hạng mục cuối cùng**. Bỏ qua bước này là nguyên nhân hàng đầu khiến người lập kế hoạch quay lại dùng bảng tính sau khoảng sáu tháng vận hành hệ thống mới.

3.3.4. Các quy luật vật lý của nhà máy

Trước khi bàn tới công nghệ, nhà quản trị vận hành cần nắm hai quan hệ định lượng đúng với mọi hệ thống sản xuất, bất kể ngành nghề và bất kể mức độ số hóa. Hopp và Spearman (2011) gọi chúng là các quy luật vật lý của nhà máy, và điểm chung của chúng là **không thể bị vi phạm bằng nỗ lực quản lý hay bằng phần mềm**.

Quy luật thứ nhất là định luật Little. Với một hệ thống ở trạng thái ổn định, lượng sản phẩm dở dang bằng tích của năng suất đầu ra với thời gian chu kỳ. Hệ quả trực tiếp và rất hữu ích: nếu năng suất đầu ra không đổi thì **muốn rút ngắn thời gian chu kỳ, cách duy nhất là giảm lượng sản phẩm dở dang**. Một chuyền có năng suất 120 sản phẩm mỗi giờ và lượng dở dang 480 sản phẩm sẽ có thời gian chu kỳ đúng bằng 4 giờ; muốn giảm xuống 2 giờ mà giữ nguyên năng suất, lượng dở dang phải giảm còn 240. Đây là căn cứ định lượng cho nguyên tắc giới hạn lượng công việc đang xử lý trong sản xuất tinh gọn.

Quy luật thứ hai là quan hệ phi tuyến giữa mức sử dụng năng lực và thời gian chờ. Thời gian chờ trước một nguồn lực tỷ lệ với thương của mức sử dụng chia cho hiệu một trừ mức sử dụng, nhân với một hệ số phản ánh mức độ biến động của dòng công việc đến và của thời gian gia công.



Hình 3.13. Quan hệ phi tuyến giữa mức sử dụng năng lực và thời gian chờ

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo quan hệ hàng đợi trình bày trong Hopp và Spearman (2011).

VÍ DỤ VẬN DỤNG HAI QUY LUẬT VẬT LÝ CỦA NHÀ MÁY

Tình huống. Một xưởng gia công có nguồn lực nút thắt đang chạy ở mức sử dụng 85 phần trăm. Ban giám đốc muốn nâng lên 95 phần trăm để tận dụng tối đa thiết bị đã đầu tư.

Tính toán tác động lên thời gian chờ. Ở mức 85 phần trăm, hệ số thương bằng 0,85 chia 0,15, tức **5,67**. Ở mức 95 phần trăm, hệ số bằng 0,95 chia 0,05, tức **19,0**. Thời gian chờ tăng gấp **3,35 lần** trong khi sản lượng chỉ tăng khoảng 11,8 phần trăm.

Tác động lên tồn kho. Theo định luật Little, thời gian chu kỳ dài hơn 3,35 lần với năng suất đầu ra chỉ cao hơn 1,118 lần sẽ làm lượng sản phẩm dở dang tăng khoảng **3,7 lần**. Toàn bộ phần vốn lưu động này bị giam trong xưởng.

Phương án thay thế. Thay vì nâng mức sử dụng, hãy **giảm biến động**. Nếu hệ số biến động giảm từ 1,0 xuống 0,5 nhờ chuẩn hóa thời gian chuyển đổi và ổn định dòng công việc đến, thì ở cùng mức sử dụng 85 phần trăm, thời gian chờ giảm một nửa. Nói cách khác, doanh nghiệp có thể đạt được cùng một kết quả về thời gian chờ ở mức sử dụng cao hơn, nếu trước đó đã giảm được biến động.

Kết luận quản trị. Đây là căn cứ định lượng cho nguyên tắc *ổn định trước, tăng tải sau* đã nêu ở Chương 2. Nó cũng giải thích vì sao chỉ số mức sử dụng thiết bị, nếu được dùng làm chỉ tiêu thi đua độc lập, sẽ dẫn tới hành vi phản tác dụng: quản đốc đẩy mức sử dụng lên cao, thời gian giao hàng dài ra, và tồn kho dở dang phình to.

3.3.5. Sợi chỉ số và truy xuất theo vòng đời

Sợi chỉ số là chuỗi dữ liệu liên tục gắn kết mọi thông tin liên quan tới một sản phẩm xuyên suốt vòng đời, từ yêu cầu khách hàng, thiết kế, mô phỏng, quy trình công nghệ, thông số sản xuất thực tế của từng đơn vị sản phẩm, kết quả kiểm tra, lịch sử sử dụng và bảo trì, cho tới thải bỏ và tái chế.

Cần phân biệt rõ sợi chỉ số với bản sao số đã học ở Chương 2: **bản sao số là mô hình động của một thực thể tại một thời điểm, còn sợi chỉ số là liên kết dữ liệu theo trục thời gian và theo trục các giai đoạn vòng đời.** Bản sao số trả lời câu hỏi *vật này đang ra sao*; sợi chỉ số trả lời câu hỏi *vật này đã trải qua những gì và vì sao nó thành ra như vậy*.

Ba giá trị vận hành trực tiếp của sợi chỉ số như sau. **Truy xuất nguồn gốc có mục tiêu:** khi phát hiện lỗi ở khách hàng, doanh nghiệp xác định được chính xác lô nào, sản xuất trên máy nào, ca nào, với lô nguyên liệu nào, nhờ đó thu hồi 300 sản phẩm thay vì thu hồi cả 30.000; chênh lệch chi phí giữa hai kịch bản này thường lớn hơn toàn bộ chi phí xây dựng hệ thống truy xuất. **Vòng phản hồi thiết kế:** dữ liệu hỏng hóc trong quá trình sử dụng được đưa ngược về bộ phận thiết kế, cho phép cải tiến sản phẩm dựa trên bằng chứng thực tế thay vì phỏng đoán. **Đáp ứng yêu cầu tuân thủ:** các quy định về hồ chiếu sản phẩm số và kiểm kê phát thải theo sản phẩm, sẽ trình bày ở mục 3.4.5, chỉ có thể đáp ứng được nếu dữ liệu vòng đời đã được liên kết sẵn từ trước.

3.3.6. Quản trị tồn kho thông minh

Phân loại hai chiều ABC và XYZ. Phân loại ABC dựa trên **giá trị tiêu thụ**, trong đó nhóm A thường chiếm khoảng 70 đến 80 phần trăm giá trị nhưng chỉ 10 đến 20 phần trăm số mã hàng. Phân loại XYZ dựa trên **mức độ ổn định của nhu cầu**, trong đó X là ổn định và dễ dự báo, Y biến động vừa và thường có mùa vụ, còn Z biến động mạnh và khó dự báo. Kết hợp hai chiều tạo thành ma trận chín ô, mỗi ô có chiến lược quản trị riêng.

MA TRẬN ABC VÀ XYZ VỚI CHIẾN LƯỢC QUẢN TRỊ TƯƠNG ỨNG

	A giá trị tiêu thụ cao	B giá trị trung bình	C giá trị thấp
X ổn định	AX Giá trị cao, nhu cầu ổn định, Bổ sung tự động, lô nhỏ, tồn kho thấp	BX Giá trị vừa, nhu cầu ổn định, Bổ sung theo chu kỳ cố định	CX Giá trị thấp, nhu cầu ổn định, Hai thùng, kiểm soát đơn giản
Y biến động vừa	AY Giá trị cao, biến động vừa, Dự báo có mùa vụ, tồn kho an toàn động	BY Giá trị vừa, biến động vừa, Điểm đặt hàng lại có rà soát định kỳ	CY Giá trị thấp, biến động vừa, Tồn kho an toàn rộng, kiểm soát nhẹ
Z khó dự báo	AZ Giá trị cao, khó dự báo, Sản xuất theo đơn hàng, hợp tác chặt chẽ với khách	BZ Giá trị vừa, khó dự báo, Tồn kho an toàn cao có giới hạn ngân sách	CZ Giá trị thấp, khó dự báo, Tồn kho đệm rộng, chi phí sai sót thấp

Ô AZ là ô khó nhất và cũng là ô mà năng lực số tạo khác biệt lớn nhất, vì nó đòi hỏi phối hợp trực tiếp với khách hàng thay vì dựa vào dự báo thống kê.

Hình 3.14. Ma trận ABC và XYZ với chiến lược quản trị tương ứng

Nguồn: Tác giả biên soạn theo Silver, Pyke và Thomas (2016).

Ô đáng chú ý nhất về mặt quản trị là **AZ**, tức nhóm hàng có giá trị cao nhưng nhu cầu khó dự báo. Đây là ô mà mọi nỗ lực cải tiến mô hình thống kê đều cho hiệu quả hạn chế, vì bản chất của chuỗi là khó dự báo chứ không phải vì mô hình kém. Lời giải đúng cho ô này là **thay đổi cách vận hành chứ không phải cải tiến dự báo**: chuyển sang sản xuất theo đơn hàng, ký thỏa thuận chia sẻ kế hoạch với khách hàng lớn, hoặc rút ngắn thời gian cung ứng để giảm chân trời cần dự báo.

Tồn kho an toàn với hai nguồn biến động. Tồn kho an toàn bằng tích của hệ số z ứng với mức phục vụ mục tiêu với căn bậc hai của một tổng gồm hai thành phần: thành phần thứ nhất là tích của thời gian cung ứng trung bình với bình phương độ lệch chuẩn của nhu cầu mỗi kỳ; thành phần thứ hai là tích của bình phương nhu cầu trung bình mỗi kỳ với bình phương độ lệch chuẩn của thời gian cung ứng.

Tính chất *thông minh* trong nhà máy thông minh nằm ở chỗ các tham số này được **cập nhật liên tục từ dữ liệu thực tế** thay vì được đặt cố định một lần rồi giữ nguyên nhiều năm. Trong thực tiễn, độ lệch chuẩn thời gian cung ứng là tham số bị bỏ quên nhiều nhất, dù như phân tích dưới đây cho thấy, nó thường là tham số có đòn bẩy lớn nhất.

VÍ DỤ TÍNH TỒN KHO AN TOÀN VÀ XÁC ĐỊNH ĐÒN BẨY CẢI THIẾN

Dữ liệu. Nhu cầu trung bình 500 đơn vị mỗi tuần; độ lệch chuẩn của nhu cầu 80 đơn vị mỗi tuần. Thời gian cung ứng trung bình 3 tuần; độ lệch chuẩn của thời gian cung ứng 0,5 tuần. Mức phục vụ mục tiêu 95 phần trăm, tương ứng hệ số z bằng 1,645.

Tính toán. Thành phần biến động nhu cầu bằng 3 nhân 6.400, tức 19.200. Thành phần biến động thời gian cung ứng bằng 250.000 nhân 0,25, tức 62.500. Tổng bằng 81.700; căn bậc hai xấp xỉ 285,8. Tồn kho an toàn bằng 1,645 nhân 285,8, xấp xỉ **470 đơn vị**.

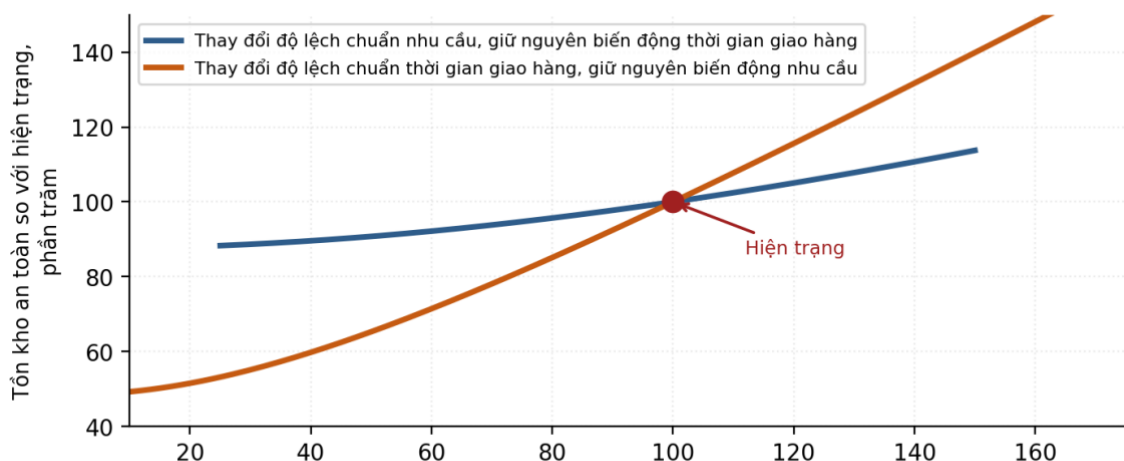
Phân tích đòn bẩy. Thành phần biến động thời gian cung ứng chiếm 62.500 trên 81.700, xấp xỉ **76,5 phần trăm** tổng phương sai, gấp hơn ba lần thành phần biến động nhu cầu.

Kịch bản 1 là cải thiện dự báo, giảm độ lệch chuẩn nhu cầu từ 80 xuống 60. Tổng phương sai bằng 10.800 cộng 62.500, tức 73.300; tồn kho an toàn xấp xỉ **445 đơn vị**, chỉ giảm 5 phần trăm.

Kịch bản 2 là ổn định nhà cung cấp, giảm độ lệch chuẩn thời gian cung ứng từ 0,5 xuống 0,2 tuần. Tổng phương sai bằng 19.200 cộng 10.000, tức 29.200; tồn kho an toàn xấp xỉ **281 đơn vị**, giảm 40 phần trăm.

Kết luận quản trị. Khi nhu cầu tương đối ổn định nhưng nhà cung cấp giao hàng thất thường, **đầu tư vào độ tin cậy của nhà cung cấp có đòn bẩy lớn hơn nhiều so với đầu tư vào mô hình dự báo tinh vi hơn**, và thường rẻ hơn vì nó chủ yếu đòi hỏi tổ chức và cam kết hợp đồng chứ không đòi hỏi công nghệ. Đây là ví dụ điển hình cho nguyên tắc của Chương 1: phải phân rõ chỉ số để tìm nguồn tổn thất lớn nhất trước khi chọn giải pháp.

ĐÒN BẰNG CỦA HAI NGUỒN BIẾN ĐỘNG LÊN TỒN KHO AN TOÀN



Đường dốc hơn là đường có đòn bẩy lớn hơn. Trong ví dụ này, biến động thời gian giao hàng chiếm khoảng 76 phần trăm tổng phương sai, nên cải thiện độ tin cậy của nhà cung cấp hiệu quả hơn nhiều.

Hình 3.15. Đòn bẩy của hai nguồn biến động lên tồn kho an toàn

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo số liệu của ví dụ trên.

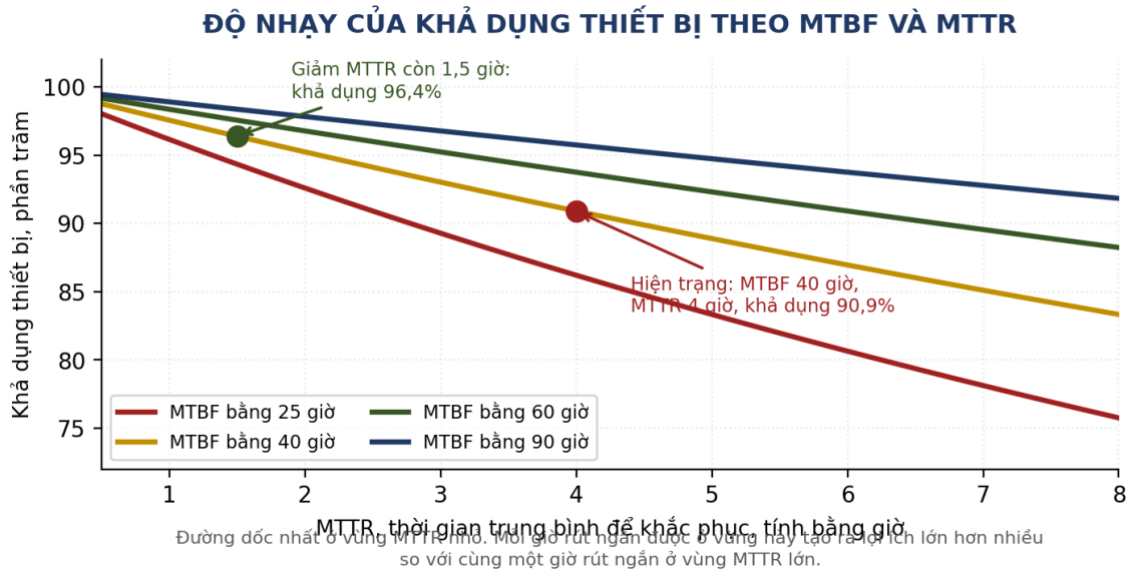
Kho tự động và bổ sung theo tín hiệu thời gian thực. Hệ thống lưu trữ và truy xuất tự động kết hợp với dữ liệu tồn kho thời gian thực cho phép chuyển từ mô hình bổ sung định kỳ sang mô hình bổ sung theo sự kiện. Tuy nhiên cần thẩm định thận trọng: hệ thống này đòi hỏi vốn đầu tư lớn và làm giảm tính linh hoạt của mặt bằng. Với doanh nghiệp có danh mục hàng thay đổi nhanh, giải pháp chi phí thấp gồm định vị vị trí bằng mã vạch, quản lý kho bằng phần mềm và quy trình kiểm kê chu kỳ thường cho tỷ suất hoàn vốn cao hơn.

3.3.7. Bốn thể hệ chiến lược bảo trì

Bảng 3.11. Bốn thể hệ chiến lược bảo trì

Thể hệ	Nguyên lý	Dữ liệu cần có	Ưu điểm	Hạn chế
Bảo trì sự cố	Sửa chữa sau khi thiết bị đã hỏng	Không cần dữ liệu	Không tốn chi phí phòng ngừa	Dùng máy đột xuất; hư hỏng thứ cấp; chi phí cao nhất xét trên tổng thể
Bảo trì định kỳ	Bảo dưỡng theo lịch thời gian hoặc theo số giờ chạy	Lịch sử vận hành, khuyến cáo của nhà sản xuất	Đơn giản, dễ lập kế hoạch và dễ kiểm soát	Bảo dưỡng thừa với máy còn tốt; vẫn bỏ sót các hỏng hóc phát sinh sớm
Bảo trì theo tình trạng	Can thiệp khi chỉ số tình trạng vượt ngưỡng đã đặt	Đo rung động, nhiệt độ, dòng điện, phân tích dầu theo thời gian thực	Can thiệp đúng lúc; giảm đáng kể bảo dưỡng thừa	Cần cảm biến và ngưỡng chuẩn; đòi hỏi năng lực phân tích tại chỗ
Bảo trì dự báo	Dự đoán thời điểm hỏng còn lại bằng mô hình xây từ dữ liệu	Dữ liệu tình trạng dài hạn kèm nhãn sự cố lịch sử	Lập kế hoạch tối ưu; giảm cả thời gian dừng máy lẫn chi phí bảo trì	Cần lượng dữ liệu sự cố đủ lớn, điều kiện khó đạt với thiết bị ít hỏng

Hai chỉ số then chốt là **MTBF**, thời gian trung bình giữa hai lần hỏng, và **MTTR**, thời gian trung bình để khắc phục. Khả dụng thiết bị, tức thành phần đầu tiên của chỉ số hiệu suất thiết bị toàn phần đã học ở Chương 1, bằng thương của MTBF chia cho tổng MTBF và MTTR.



Hình 3.16. Độ nhạy của khả dụng thiết bị theo MTBF và MTTR

Nguồn: Tác giả tính toán và biên vẽ theo công thức khả dụng nêu trên.

VÍ DỤ TÁC ĐỘNG CỦA BẢO TRÌ LÊN KHẢ DỤNG THIẾT BỊ

Hiện trạng. MTBF bằng 40 giờ; MTTR bằng 4 giờ. Khả dụng bằng 40 chia 44, tức **90,9 phần trăm**.

Phương án 1 là tăng độ tin cậy. Nâng cấp thiết bị và bảo dưỡng tốt hơn để đưa MTBF lên 60 giờ, giữ MTTR ở 4 giờ: khả dụng bằng 60 chia 64, tức **93,75 phần trăm**, tăng 2,85 điểm phần trăm.

Phương án 2 là rút ngắn thời gian khắc phục. Nhờ cảnh báo sớm, chuẩn bị sẵn phụ tùng và quy trình xử lý chuẩn, MTTR giảm còn 1,5 giờ, giữ MTBF ở 40 giờ: khả dụng bằng 40 chia 41,5, tức **96,4 phần trăm**, tăng 5,5 điểm phần trăm.

Kết luận quản trị. Trong tình huống này, **giảm MTTR mang lại hiệu quả gần gấp đôi so với tăng MTBF**, và thường rẻ hơn nhiều vì nó chủ yếu đòi hỏi tổ chức tốt hơn, gồm sẵn sàng phụ tùng, quy trình chẩn đoán chuẩn và thông báo tức thời tới đúng người, chứ không đòi hỏi thay thiết bị. Đây là lý do trong lộ trình bảo trì số, hạng mục đầu tiên nên là **hệ thống thông báo và quản lý lệnh bảo trì**, chứ không phải mô hình học máy dự báo hỏng hóc.

Hình 3.16 cũng cho thấy một đặc điểm quan trọng: đường khả dụng dốc nhất ở vùng MTTR nhỏ, nghĩa là mỗi giờ rút ngắn được ở vùng này tạo ra lợi ích lớn hơn nhiều so với cùng một giờ rút ngắn ở vùng MTTR lớn.

3.3.8. Quy trình sáu bước triển khai bảo trì dự báo

Bảo trì dự báo là hạng mục được chào bán nhiều nhất và cũng là hạng mục thất bại nhiều nhất trong nhóm dự án bảo trì số. Nguyên nhân hầu như luôn nằm ở việc bỏ qua các điều kiện dữ liệu chứ không ở chất lượng thuật toán.

QUY TRÌNH SÁU BƯỚC TRIỂN KHAI BẢO TRÌ DỰ BÁO



Hình 3.17. Quy trình sáu bước triển khai bảo trì dự báo

Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu khung bảo trì năng suất toàn diện của Nakajima (1988).

Bước 4 là nút thắt thực tế và cũng là nghịch lý của bảo trì dự báo: **thiết bị càng ít hỏng thì càng khó có đủ dữ liệu sự cố để huấn luyện mô hình**. Với một máy hỏng ba lần mỗi năm, phải mất nhiều năm mới tích lũy đủ số mẫu có nhãn. Đây là lý do bảo trì dự báo không phải là lựa chọn đúng cho mọi thiết bị, và vì sao bước 1 lại yêu cầu xếp hạng thiết bị theo tổn thất do dừng máy chứ không theo mức độ hiện đại.

Bước 5 cũng cần lưu ý về mặt phương pháp. Một mô hình bảo trì dự báo phải được đánh giá bằng **tỷ lệ báo động giả và tỷ lệ bỏ sót**, chứ không bằng độ chính xác tổng thể. Lý do là dữ liệu sự cố vốn rất mất cân bằng: nếu 99 phần trăm số quan sát là trạng thái bình thường, một mô hình luôn dự báo *không hỏng* sẽ đạt độ chính xác 99 phần trăm mà hoàn toàn vô dụng. Hai loại sai lầm này cũng có chi phí rất khác nhau: báo động giả gây dừng máy không cần thiết, còn bỏ sót gây đúng sự cố mà hệ thống được lắp để ngăn chặn.

3.4. Chuỗi cung ứng số

3.4.1. Khung định vị tình huống ứng dụng

Nghiên cứu của nhóm Đại học St. Gallen do Budde, Hänggi, Friedli và Rüedy (2023) công bố đã sàng lọc hơn 500 tình huống ứng dụng đã được công bố và quy nạp thành **44 tình huống ứng dụng** đại diện cho nhà máy thông minh. Đóng góp phương pháp luận quan trọng của công trình này không nằm ở con số 44, mà ở **khung phân loại hai chiều** cho phép định vị bất kỳ ứng dụng nào.

Trục ngang là các giai đoạn quy trình cốt lõi của doanh nghiệp, đi theo dòng chảy giá trị từ phát triển sản phẩm, qua mua hàng và cung ứng, sản xuất, logistics và kho vận, tới bán hàng cùng dịch vụ sau bán. Vị trí trên trục này trả lời câu hỏi *ứng dụng này can thiệp vào khâu nào của doanh nghiệp*.

Trục dọc là mức độ tiên liệu của phân tích dữ liệu, tương ứng với bốn cấp phân tích và cũng tương ứng với mức trưởng thành số đã học ở Chương 1: mô tả cho biết chuyện gì đang xảy ra; chẩn đoán cho biết vì sao xảy ra; dự báo cho biết điều gì sẽ xảy ra; và khuyến nghị cùng tự điều chỉnh cho biết nên làm gì và hệ thống tự làm. Vị trí trên trục này trả lời câu hỏi *ứng dụng này đòi hỏi năng lực dữ liệu ở mức nào*.



Hình 3.18. Khung hai chiều định vị tình huống ứng dụng

Nguồn: Tác giả biên vẽ theo khung phân loại của Budde, Hänggi, Friedli và Rüedy (2023), có bổ sung ví dụ minh họa cho từng ô.

Cách đọc một thể tình huống ứng dụng. Mỗi tình huống trong bộ 44 được mô tả theo cấu trúc thống nhất, và người học cần rèn kỹ năng đọc theo sáu câu hỏi. Thứ nhất là *bài toán*: vấn đề vận hành nào được giải quyết. Thứ hai là *cơ chế*: dữ liệu nào được thu thập và biến thành hành động ra sao. Thứ ba là *lợi ích*: chỉ số vận hành nào cải thiện và ước lượng mức cải thiện là bao nhiêu. Thứ tư là *điều kiện tiên quyết*: cần hạ tầng, dữ liệu và năng lực gì. Thứ năm là *mức trưởng thành yêu cầu*: vị trí trên trục dọc ở đâu. Thứ sáu là *rủi ro và giới hạn*: trường hợp nào không nên áp dụng.

Giá trị quản trị của khung nằm ở hai chỗ. *Thứ nhất*, nó biến một danh sách công nghệ rời rạc thành một **bản đồ có tọa độ**, giúp doanh nghiệp thấy mình đang tập trung vào vùng nào và bỏ trống vùng nào. *Thứ hai*, nó cho thấy rõ **ràng buộc trình tự**: một doanh nghiệp chưa làm được lớp mô tả ở khâu sản xuất thì không thể nhảy thẳng lên lớp tự điều chỉnh ở cùng khâu đó, vì lớp trên đòi hỏi chính dữ liệu do lớp dưới tạo ra.

HƯỚNG DẪN HOẠT ĐỘNG TRÊN LỚP: ĐỊNH VỊ TÌNH HUỐNG ỨNG DỤNG

Yêu cầu. Mỗi nhóm chọn 5 tình huống ứng dụng đã quan sát hoặc được doanh nghiệp mô tả tại nhà máy khảo sát, định vị lên khung hai chiều và trình bày trong 7 phút.

Với mỗi tình huống phải nêu: tọa độ trên khung gồm giai đoạn quy trình và mức phân tích; chỉ số vận hành mà nó cải thiện; điều kiện tiên quyết đã có và chưa có tại nhà máy.

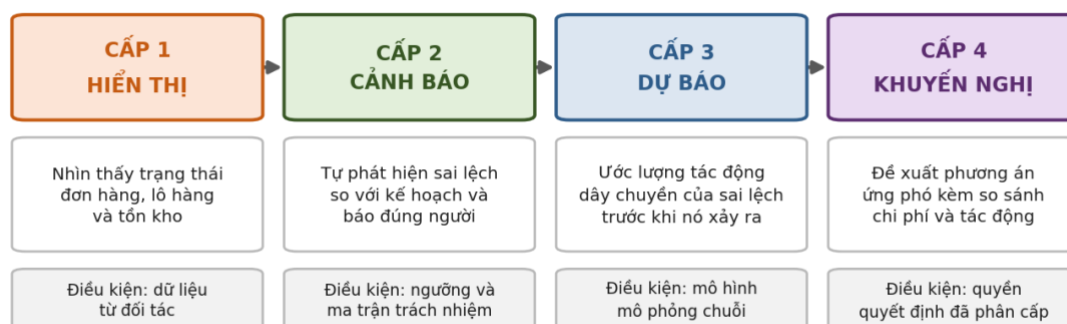
Câu hỏi phản biện bắt buộc mà nhóm khác phải đặt: thứ nhất, ứng dụng này có thực sự ở mức phân tích mà nhóm tuyên bố, hay đang được nâng cấp thứ hạng cho đẹp? Thứ hai, nếu bỏ ứng dụng này đi thì nhà máy mất gì đo lường được? Thứ ba, vùng nào trên khung đang bị bỏ trống, và việc bỏ trống đó là có chủ ý hay do thiếu nhận thức?

3.4.2. Khả năng hiển thị xuyên suốt và trung tâm điều hành

Khả năng hiển thị xuyên suốt chuỗi là năng lực nhìn thấy trạng thái của toàn chuỗi, từ nhà cung cấp của nhà cung cấp tới khách hàng của khách hàng, trên một nền tảng duy nhất và theo thời gian gần thực.

Bài học lớn từ các đợt gián đoạn toàn cầu giai đoạn từ năm 2020 đến năm 2023 là rủi ro nghiêm trọng nhất thường không nằm ở nhà cung cấp cấp một, vốn được doanh nghiệp theo dõi chặt, mà nằm ở **nhà cung cấp cấp hai và cấp ba**, những mắt xích mà doanh nghiệp thường không biết tên. Hiện tượng **hội tụ ẩn** xảy ra khi nhiều nhà cung cấp cấp một khác nhau lại cùng phụ thuộc vào một nhà cung cấp cấp hai duy nhất; khi mắt xích đó gián đoạn, toàn bộ phương án dự phòng của doanh nghiệp sụp đổ đồng thời. Đây là tình huống mà doanh nghiệp tin rằng mình đã đa dạng hóa nguồn cung, trong khi trên thực tế thì không.

BỐN CẤP NĂNG LỰC CỦA TRUNG TÂM ĐIỀU HÀNH CHUỖI CUNG ỨNG



Giá trị của trung tâm điều hành không nằm ở màn hình mà nằm ở quy trình xử lý phía sau màn hình. Thiếu quy định về người tiếp nhận, thời hạn phản hồi và thẩm quyền quyết định, nó chỉ là một phòng trưng bày.

Hình 3.19. Bốn cấp năng lực của trung tâm điều hành chuỗi cung ứng

Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu Ivanov và Dolgui (2021).

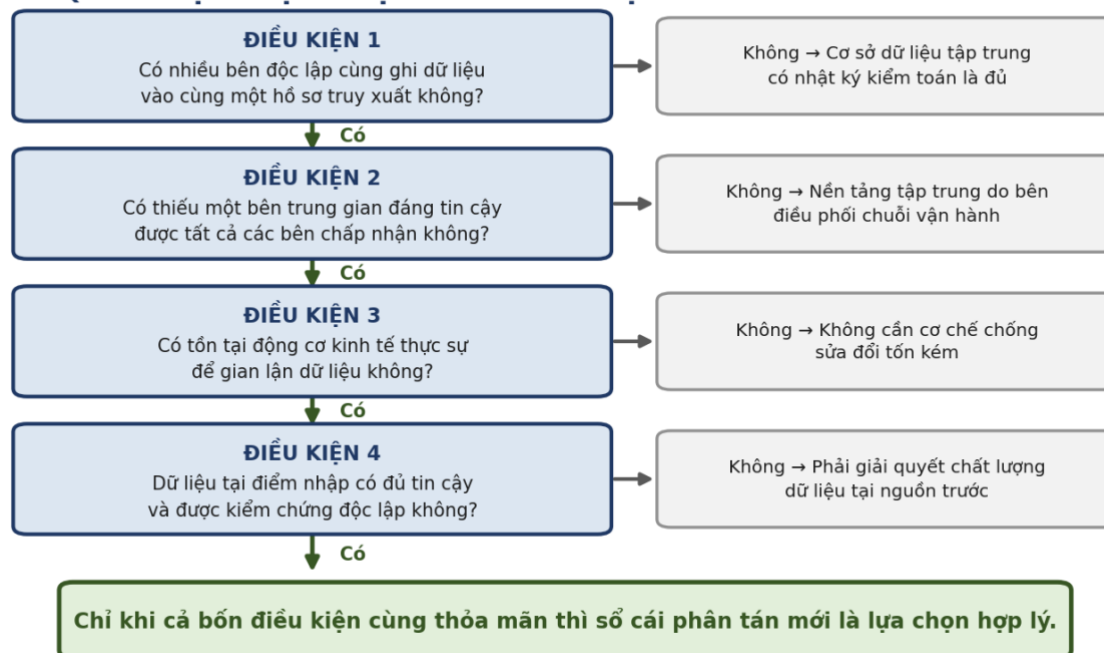
Một cảnh báo thực tiễn quan trọng: **giá trị của trung tâm điều hành không nằm ở màn hình mà nằm ở quy trình xử lý phía sau màn hình**. Nếu không có quy định rõ ai tiếp nhận cảnh báo, trong bao lâu phải phản hồi và có thẩm quyền quyết định gì, thì trung tâm điều hành trở thành một phòng trưng bày đắt tiền. Đây chính là dạng thất bại quy trình đã nêu ở Chương 2, xuất hiện lại ở cấp chuỗi cung ứng.

3.4.3. Truy xuất nguồn gốc và sổ cái phân tán: một phân tích phê phán

Truy xuất nguồn gốc là yêu cầu bắt buộc trong nhiều ngành và ngày càng trở thành điều kiện tiếp cận thị trường. Câu hỏi kỹ thuật đặt ra là hệ thống truy xuất nên dựa trên cơ sở dữ liệu tập trung truyền thống hay dựa trên sổ cái phân tán.

Lập luận ủng hộ sổ cái phân tán thường viện dẫn tính bất biến của bản ghi và khả năng chống sửa đổi. Tuy nhiên, phân tích tinh tế cho thấy công nghệ này chỉ thực sự cần thiết khi thỏa mãn **đồng thời** bốn điều kiện.

CÂY QUYẾT ĐỊNH LỰA CHỌN KIẾN TRÚC HỆ THỐNG TRUY XUẤT NGUỒN GỐC



Hình 3.20. Cây quyết định lựa chọn kiến trúc hệ thống truy xuất nguồn gốc

Nguồn: Tác giả xây dựng.

Điều kiện 1 là nhiều bên độc lập cùng ghi dữ liệu. Nếu chỉ một tổ chức ghi và kiểm soát dữ liệu thì cơ sở dữ liệu tập trung có nhật ký kiểm toán là đủ và rẻ hơn nhiều lần.

Điều kiện 2 là không tồn tại bên trung gian đáng tin cậy được tất cả chấp nhận. Nếu đã có một nhà điều phối chuỗi mà mọi bên đều tin, chẳng hạn doanh nghiệp đầu chuỗi hoặc một hiệp hội ngành, thì bài toán tin cậy đã được giải bằng thể chế chứ không cần giải bằng công nghệ.

Điều kiện 3 là có động cơ thực sự để gian lận dữ liệu. Truy xuất nguồn gốc chỉ có ý nghĩa chống gian lận khi tồn tại lợi ích kinh tế đủ lớn từ việc khai man xuất xứ hoặc thành phần.

Điều kiện 4 là dữ liệu đầu vào đáng tin cậy. Đây là điều kiện quyết định và cũng là điểm yếu chí mạng thường bị bỏ qua: **sổ cái phân tán bảo đảm bản ghi không bị sửa sau khi ghi, nhưng không bảo đảm bản ghi đó đúng vào lúc được ghi.** Nếu công nhân quét nhầm mã, hoặc nhà cung cấp khai sai xuất xứ ngay từ đầu, hệ thống sẽ lưu giữ vĩnh viễn và bất biến một thông tin sai. Đây là vấn đề điểm nối giữa thế giới thực và sổ cái, và không một công nghệ sổ cái nào giải quyết được nó.

Bảng 3.12. Đối chiếu tình huống thực tế với kiến trúc phù hợp

Tình huống	Kiến trúc phù hợp	Lý do
Truy xuất nội bộ trong một nhà máy	Cơ sở dữ liệu tập trung tích hợp với hệ thống điều hành sản xuất	Chỉ có một chủ thể ghi dữ liệu; chi phí thấp và hiệu năng cao
Truy xuất trong chuỗi có doanh nghiệp đầu chuỗi chỉ phối	Nền tảng tập trung do doanh nghiệp đầu chuỗi vận hành, có phân quyền theo vai trò	Đã tồn tại bên điều phối được các bên tin cậy; chi phí thấp hơn đáng kể
Chuỗi nhiều bên độc lập, có tranh chấp lợi ích, giá trị hàng cao	Sổ cái phân tán có kiểm soát quyền tham gia	Không có bên trung gian được chấp nhận chung; động cơ gian lận đủ lớn
Yêu cầu tuân thủ pháp lý về xuất xứ và phát thải	Kiến trúc lai: dữ liệu vận hành lưu tập trung, chỉ chứng thực các điểm mốc lên sổ cái	Cân bằng giữa chi phí và khả năng chứng minh trước bên thứ ba

Kết luận phê phán dành cho người học: trong đa số tình huống của doanh nghiệp sản xuất Việt Nam hiện nay, khoản đầu tư đầu tiên đúng đắn không phải là sổ cái phân tán mà là **định danh sản phẩm và lô hàng một cách nhất quán, cùng kỷ luật ghi nhận dữ liệu tại nguồn**. Không có nền tảng đó, mọi kiến trúc phía trên đều vô nghĩa. Nói theo ngôn ngữ của điều kiện 4, doanh nghiệp phải giải quyết chất lượng dữ liệu tại điểm nhập trước khi bàn tới việc bảo vệ dữ liệu khỏi bị sửa đổi.

3.4.4. Logistics 4.0

Logistics 4.0 áp dụng nguyên lý kết nối, minh bạch và tối ưu vào dòng vật chất bên ngoài nhà máy.

Bảng 3.13. Bốn nhóm ứng dụng của Logistics 4.0

Nhóm ứng dụng	Nội dung	Chỉ số vận hành cải thiện	Điều kiện triển khai
Theo dõi hành trình	Định vị lô hàng, giám sát nhiệt độ và độ ẩm với hàng nhạy cảm, cảnh báo sai lệch	Tỷ lệ giao hàng đúng hạn; tỷ lệ hư hỏng trong vận chuyển	Thiết bị định vị và cảm biến; sự hợp tác của đơn vị vận tải

Nhóm ứng dụng	Nội dung	Chỉ số vận hành cải thiện	Điều kiện triển khai
Tối ưu tuyến đường	Lập tuyến giao hàng có xét khung giờ, tải trọng và tình hình giao thông thời gian thực	Chi phí vận tải; số điểm giao mỗi chuyến	Dữ liệu địa chỉ đã chuẩn hóa; hệ thống quản lý vận tải
Kho thông minh	Định vị hàng, robot lấy hàng, tối ưu vị trí lưu trữ theo tần suất xuất nhập	Năng suất lấy hàng; độ chính xác tồn kho	Chuẩn hóa mã hàng và mã vị trí; mặt bằng phù hợp
Giao hàng chặng cuối	Tối ưu điểm giao, thông báo chủ động cho khách, tự động xử lý trường hợp giao không thành công	Tỷ lệ giao thành công lần đầu; chi phí chặng cuối	Kênh liên lạc với khách hàng; dữ liệu địa chỉ chính xác

Trong bối cảnh Việt Nam, hai điểm nghẽn đặc thù cần được nhận diện. **Chất lượng dữ liệu địa chỉ** là điểm nghẽn thứ nhất: hệ thống địa chỉ không chuẩn hóa làm giảm đáng kể hiệu quả của mọi thuật toán tối ưu tuyến, vì thuật toán tốt đến đâu cũng không bù được đầu vào sai. **Mức độ số hóa của đơn vị vận tải thuê ngoài** là điểm nghẽn thứ hai: doanh nghiệp có thể số hóa rất tốt bên trong nhà máy nhưng mất hoàn toàn khả năng nhìn thấy lô hàng ngay khi xe rời cổng, nếu nhà vận tải không chia sẻ dữ liệu. Hàm ý hợp đồng rất cụ thể: yêu cầu chia sẻ dữ liệu định vị và dữ liệu trạng thái nên trở thành một điều khoản chuẩn trong hợp đồng vận tải, chứ không phải một đề nghị thiện chí.

3.4.5. Chuỗi cung ứng bền vững, tuần hoàn và sức ép pháp lý

Kiểm kê phát thải theo ba phạm vi. Phạm vi 1 gồm phát thải trực tiếp từ nguồn do doanh nghiệp sở hữu hoặc kiểm soát như lò đốt, nồi hơi và xe của công ty. Phạm vi 2 gồm phát thải gián tiếp từ năng lượng mua vào, chủ yếu là điện. Phạm vi 3 gồm toàn bộ phát thải còn lại trong chuỗi giá trị, bao gồm nguyên liệu mua vào, vận chuyển thuê ngoài, sử dụng và thải bỏ sản phẩm.

Đặc điểm quan trọng về mặt quản trị là với phần lớn doanh nghiệp sản xuất, **Phạm vi 3 chiếm tỷ trọng áp đảo trong tổng phát thải nhưng lại là phạm vi khó đo nhất**, vì dữ liệu nằm ở tay các đối tác trong chuỗi. Đây chính là điểm mà năng lực tích hợp theo chiều ngang đã phân tích ở Chương 2 chuyển từ lợi thế cạnh tranh thành điều kiện tuân thủ bắt buộc.

Hộ chiếu sản phẩm số là bộ dữ liệu gắn với từng sản phẩm, chứa thông tin về thành phần vật liệu, xuất xứ, dấu chân môi trường, khả năng sửa chữa và tái chế. Yêu cầu này được thiết lập trong khuôn khổ Quy định về thiết kế sinh thái cho sản phẩm bền vững của Liên minh châu Âu và được triển khai theo lộ trình từng nhóm sản phẩm.

Bảng 3.14. Lộ trình chỉ định của các văn bản ủy quyền theo nhóm sản phẩm

Nhóm sản phẩm	Thời điểm chỉ định thông qua văn bản ủy quyền	Mức độ liên quan tới xuất khẩu của Việt Nam
Sắt thép	Năm 2026	Trung bình
Dệt may và hàng may mặc	Năm 2027	Rất cao
Lốp xe và nhôm	Năm 2027	Trung bình
Đồ nội thất	Năm 2028	Cao
Đệm	Năm 2029	Trung bình
Pin và ắc quy	Theo Quy định riêng về pin, áp dụng từ tháng 2 năm 2027	Cao với chuỗi điện tử và xe điện

Lưu ý phương pháp: các mốc trong Bảng 3.14 là thời điểm thông qua văn bản ủy quyền, không phải thời điểm nghĩa vụ tuân thủ có hiệu lực. Nghĩa vụ thực tế thường đến sau đó một khoảng chuyển tiếp, và lịch trình đã từng bị lùi so với dự kiến ban đầu. Thông tin phản ánh trạng thái tại thời điểm biên soạn là tháng 8 năm 2026 và cần được rà soát trước mỗi học kỳ.

Cơ chế điều chỉnh biên giới carbon. Như đã trình bày ở Chương 1, cơ chế này đã bước vào giai đoạn chính thức từ ngày 1 tháng 1 năm 2026. Điểm cần nhấn mạnh ở Chương 3 là **hàm ý về dữ liệu**: để khai báo phát thải hàm chứa bằng giá trị thực tế thay vì giá trị mặc định vốn thường bất lợi, doanh nghiệp phải có hệ thống đo lường và kiểm chứng phát thải ở **cấp sản phẩm và cấp công đoạn**, chứ không chỉ ở cấp nhà máy. Điều này biến hệ thống thu thập dữ liệu năng lượng theo công đoạn từ một dự án cải tiến tự nguyện thành một điều kiện thương mại.

ĐIỂM CẦN NHỚ

Ba yêu cầu pháp lý gồm kiểm kê Phạm vi 3, hộ chiếu sản phẩm số và cơ chế điều chỉnh biên giới carbon có chung một mẫu số: chúng đòi hỏi dữ liệu ở **cấp sản phẩm, truy xuất**

được tới nguồn và kiểm chứng được bởi bên thứ ba. Đây chính xác là năng lực mà sợi chỉ số ở mục 3.3.5 tạo ra.

Vì vậy, đầu tư vào sợi chỉ số nên được thẩm định không chỉ theo lợi ích vận hành nội bộ mà còn theo giá trị của việc **duy trì quyền tiếp cận thị trường xuất khẩu**, một loại lợi ích có bản chất là tránh tổn thất chứ không phải tạo thêm doanh thu. Đây cũng chính là logic thẩm định đã áp dụng cho đầu tư an ninh mạng ở Chương 2.

3.4.6. Khả năng chống chịu của chuỗi cung ứng

Khả năng chống chịu là năng lực duy trì hoạt động và phục hồi nhanh sau gián đoạn. Điểm cần làm rõ ngay là **khả năng chống chịu và hiệu quả là hai mục tiêu xung đột một phần với nhau**. Tồn kho thấp, nguồn cung đơn nhất và thời gian đệm bằng không đều tối ưu về chi phí trong điều kiện bình thường, nhưng đúng những đặc điểm đó lại làm hệ thống dễ tổn thương. Quyết định quản trị vì vậy không phải là tối đa hóa khả năng chống chịu mà là **xác định mức chống chịu tương xứng với mức rủi ro và với chi phí của gián đoạn**.

Bảng 3.15. Bốn nhóm chiến lược nâng cao khả năng chống chịu

Chiến lược	Cách thực hiện	Chi phí	Phù hợp khi
Dự phòng	Tồn kho đệm, nguồn cung thứ hai, năng lực sản xuất dư	Cao và phát sinh thường xuyên	Vật tư then chốt, khó thay thế, thời gian cung ứng dài
Linh hoạt	Nguồn cung đa vùng, sản phẩm dùng chi tiết chung, dây chuyền đa năng	Trung bình, chủ yếu phát sinh ở giai đoạn thiết kế	Danh mục sản phẩm rộng; nhu cầu biến động mạnh
Khả năng nhìn thấy	Bản đồ nhà cung cấp nhiều cấp; hệ thống cảnh báo sớm	Trung bình, chủ yếu là chi phí dữ liệu	Chuỗi nhiều cấp, phụ thuộc nhập khẩu
Năng lực phản ứng	Kịch bản ứng phó đã diễn tập; quyền quyết định được phân cấp trước	Thấp, chủ yếu là chi phí tổ chức	Mọi doanh nghiệp; đây là chiến lược có tỷ suất hiệu quả cao nhất

Kiểm thử ứng suất bằng mô phỏng kịch bản là công cụ đưa khả năng chống chịu từ khẩu hiệu thành con số.

QUY TRÌNH BỐN BƯỚC KIỂM THỬ ỨNG SUẤT CHUỖI CUNG ỨNG



Hình 3.21. Quy trình bốn bước kiểm thử ứng suất chuỗi cung ứng

Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu Christopher và Peck (2004) cùng Ivanov và Dolgui (2021).

Hai chỉ số cốt lõi của quy trình này là **thời gian còn cầm cự**, tức số ngày nhà máy còn duy trì được sản xuất sau khi mất một nguồn cung, và **thời gian phục hồi**, tức số ngày cần thiết để khôi phục nguồn cung hoặc đưa được nguồn thay thế vào sử dụng sau khi đã phê duyệt. Đặt hai chỉ số này lên hai trục tạo thành một ma trận định vị rủi ro rất trực quan cho lãnh đạo.

MA TRẬN THỜI GIAN CÒN CẦM CỰ VÀ THỜI GIAN PHỤC HỒI NGUỒN CUNG



Hình 3.22. Ma trận thời gian còn cầm cự và thời gian phục hồi nguồn cung

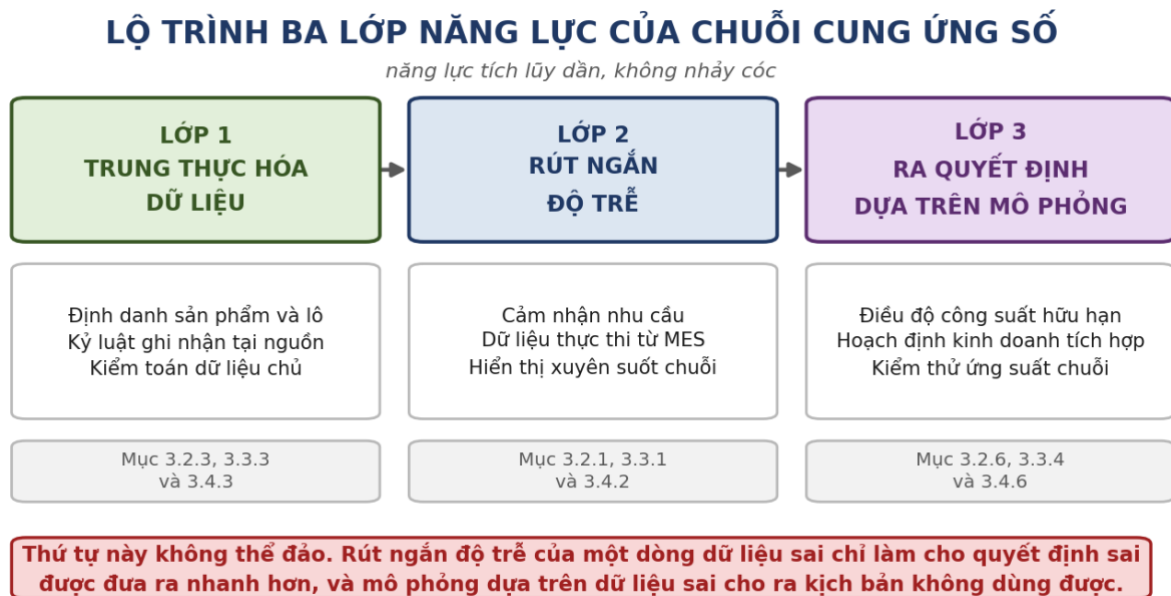
Nguồn: Tác giả xây dựng, có tham chiếu Ivanov và Dolgui (2021).

Cách đọc ma trận rất đơn giản và chính vì thế mà nó hữu dụng trong phòng hợp. Nếu thời gian còn cầm cự của một vật tư là 5 ngày trong khi thời gian phục hồi là 6 tuần, vật tư đó nằm ở ô nguy hiểm và **khoảng cách giữa hai con số chính là mức rủi ro cần được xử lý** bằng dự phòng hoặc bằng hợp đồng nguồn thứ hai đã ký sẵn. Ngược lại, một vật tư có thời gian cầm cự 60 ngày và thời gian phục hồi 10 ngày đang được dự phòng quá mức, và doanh nghiệp có thể giảm tồn kho để giải phóng vốn lưu động mà không tăng rủi ro thực chất.



3.5. Tổng hợp: lộ trình ba lớp năng lực của chuỗi cung ứng số

Ba phần trước đã đi qua từng mắt xích. Mục này ghép chúng lại thành một lộ trình duy nhất, nhằm trả lời câu hỏi mà nhà quản trị đặt ra ngay từ đầu chương: bắt đầu từ đâu và theo thứ tự nào.



Hình 3.23. Lộ trình ba lớp năng lực của chuỗi cung ứng số

Nguồn: Tác giả tổng hợp từ nội dung Chương 3.

Lớp thứ nhất là trung thực hóa dữ liệu. Định danh sản phẩm và lô hàng nhất quán, kỷ luật ghi nhận tại nguồn, kiểm toán dữ liệu chủ. Lớp này gần như không cần vốn công nghệ nhưng quyết định toàn bộ giá trị của hai lớp sau. Nội dung tương ứng nằm ở mục 3.2.3 về đo sai số trung thực, mục 3.3.3 về dữ liệu chủ và mục 3.4.3 về chất lượng dữ liệu tại điểm nhập.

Lớp thứ hai là rút ngắn độ trễ. Cảm nhận nhu cầu ở đầu chuỗi, dữ liệu thực thi thời gian thực trong nhà máy, khả năng hiển thị xuyên suốt ra tới nhà cung cấp cấp hai. Đây là lớp mà phần lớn giá trị vận hành được tạo ra, vì nó trực tiếp làm giảm số hạng chứa thời gian trong mọi công thức đã học trong chương, từ hệ số khuếch đại roi da tới tồn kho an toàn.

Lớp thứ ba là ra quyết định dựa trên mô phỏng. Điều độ với công suất hữu hạn, hoạch định kinh doanh tích hợp có chạy kịch bản, kiểm thử ứng suất chuỗi cung ứng. Chỉ tới lớp này doanh nghiệp mới chuyển từ phản ứng sang tiên liệu.

Thứ tự này **không thể đảo**. Rút ngắn độ trễ của một dòng dữ liệu sai chỉ làm cho quyết định sai được đưa ra nhanh hơn. Mô phỏng dựa trên dữ liệu sai cho ra kịch bản không dùng được, và tệ hơn là tạo cảm giác an tâm sai lệch, vì kết quả mô phỏng luôn trông có vẻ đáng tin cậy bất kể chất lượng đầu vào.

3.6. Tóm tắt chương

Chương 3 đã theo dõi dòng chảy từ tín hiệu nhu cầu tới giao hàng và thu hồi, đồng thời chỉ ra điểm can thiệp của công nghệ số tại từng mắt xích. Nguyên lý xuyên suốt là thông tin chảy ngược chiều vật chất, và chất lượng dòng thông tin quyết định hiệu quả dòng vật chất. Khung bốn câu hỏi về tín hiệu, độ trễ, bóp méo và quyết định được dùng thống nhất để phân tích mọi mắt xích.

Về quản trị nhu cầu, cảm nhận nhu cầu bổ sung cho dự báo truyền thống ở chân trời ngắn hạn bằng các nguồn tín hiệu gần thị trường hơn, nhưng không thay thế mô hình thống kê ở chân trời trung và dài hạn. Việc chọn mô hình phải dựa trên đặc tính chuỗi số liệu, và một danh mục lớn cần được phân nhóm theo đặc tính chứ không dùng chung một mô hình. Hệ đo sai số phải nhiều chiều: ngoài sai số tuyệt đối và sai số tương đối, cần theo dõi độ chệch, tín hiệu theo dõi và sai số tương đối so với dự báo ngẫu thơ; ví dụ trong chương cho thấy một mô hình có sai số tương đối chấp nhận được vẫn có thể mắc lỗi hệ thống nghiêm trọng. Quy trình sáu bước ở Hình 3.5 chuẩn hóa việc xây dựng và duy trì hệ thống dự báo, trong đó tiêu chí chẩn đoán quan trọng nhất là độ chệch giữ nguyên đầu qua nhiều kỳ liên tiếp.

Hiệu ứng roi da có bốn nguyên nhân cổ điển, ba trong số đó bắt nguồn từ việc mỗi mắt xích chỉ nhìn thấy mắt xích liền kề. Mô phỏng ở Hình 3.6 cho thấy đơn hàng nhà máy vọt lên khoảng 17 lần mức nhu cầu mới rồi rơi về không trong khoảng mười một kỳ, và chính pha rơi mới gây thiệt hại nặng nhất cho nhà cung cấp. Công thức của Chen và cộng sự cho phép lượng hóa mức khuếch đại theo thời gian giao hàng và tham số dự báo, qua đó so sánh được hai giải pháp can thiệp bằng con số thay vì bằng cảm tính. Hoạch định bán hàng và vận hành tiến hóa thành hoạch định kinh doanh tích hợp với ba khác biệt về phạm vi, đơn vị đo và cách xử lý bất định. Vị trí điểm tách biệt đơn hàng quyết định đồng thời thời gian giao hàng, rủi ro tồn kho và mức cá biệt hóa. Cuối cùng, định luật căn bậc hai lượng hóa lợi ích của gộp rủi ro đồng thời chỉ ra quy luật lợi ích giảm dần, nên tập trung hóa tối đa hiếm khi là chiến lược tối ưu.

Về hoạch định và vận hành, kiến trúc phân cấp từ dự báo tới thực thi có điểm yếu cố hữu là độ trễ phản hồi, và đây là nơi dữ liệu từ hệ thống điều hành sản xuất tạo giá trị lớn nhất. Logic hoạch định nhu cầu vật tư tính nhu cầu phụ thuộc từ nhu cầu sản phẩm cuối và giả định năng lực vô hạn; đây là khoảng trống mà hệ thống điều độ nâng cao lấp đầy bằng ràng buộc công suất hữu hạn, tối ưu đa mục tiêu và tái lập lịch động, với điều kiện tiên quyết là chất lượng dữ liệu chủ. Hai quy luật vật lý của nhà máy đặt giới hạn cứng cho mọi nỗ lực cải tiến: định luật Little buộc phải giảm lượng dở dang nếu muốn rút ngắn thời gian chu kỳ, còn quan hệ phi tuyến giữa mức sử dụng và thời gian chờ giải thích vì sao đẩy mức sử dụng lên 95 phần trăm làm thời gian chờ tăng hơn ba lần trong khi sản lượng chỉ tăng khoảng 12 phần trăm.

Sợi chỉ số khác bản sao số ở chỗ nó liên kết dữ liệu theo trục thời gian và vòng đời, tạo ra ba giá trị gồm truy xuất có mục tiêu, vòng phản hồi thiết kế và khả năng đáp ứng tuân thủ. Trong

quản trị tồn kho, ma trận ABC và XYZ định hướng chiến lược theo từng nhóm, trong đó ô AZ đòi hỏi thay đổi cách vận hành chứ không phải cải tiến dự báo; công thức tồn kho an toàn hai thành phần cho thấy biến động thời gian cung ứng thường chiếm phần lớn phương sai và do đó có đòn bẩy lớn hơn biến động nhu cầu. Về bảo trì, bốn thể hệ chiến lược đòi hỏi mức dữ liệu tăng dần; đường cong ở Hình 3.16 cho thấy giảm MTTR thường hiệu quả và rẻ hơn tăng MTBF; và quy trình sáu bước ở Hình 3.17 chỉ ra nghịch lý rằng thiết bị càng ít hỏng thì càng khó triển khai bảo trì dự báo.

Về chuỗi cung ứng số, khung hai chiều định vị tình huống ứng dụng theo giai đoạn quy trình và mức độ tiên liệu của phân tích, qua đó bộc lộ cả khoảng trống lẫn ràng buộc trình tự. Khả năng hiển thị xuyên suốt có giá trị lớn nhất ở các cấp nhà cung cấp sâu, nơi ẩn chứa rủi ro hội tụ ẩn; và giá trị của trung tâm điều hành nằm ở quy trình xử lý phía sau màn hình chứ không ở màn hình. Cây quyết định ở Hình 3.20 cho thấy sổ cái phân tán chỉ cần thiết khi thỏa mãn đồng thời bốn điều kiện, trong đó điều kiện về độ tin cậy của dữ liệu đầu vào là điểm yếu chí mạng. Ba yêu cầu pháp lý về phát thải Phạm vi 3, hộ chiếu sản phẩm số và cơ chế điều chỉnh biên giới carbon có chung một đòi hỏi là dữ liệu ở cấp sản phẩm, truy xuất được và kiểm chứng được, biến đầu tư dữ liệu thành điều kiện duy trì quyền tiếp cận thị trường. Khả năng chống chịu đòi hỏi xác định mức tương xứng với rủi ro thay vì tối đa hóa, với quy trình kiểm thử ứng suất bốn bước và ma trận thời gian cầm cự cùng thời gian phục hồi là công cụ đưa rủi ro thành con số quyết định được.

Toàn bộ nội dung được tổng hợp thành lộ trình ba lớp năng lực ở Hình 3.23, với nguyên tắc khép lại chương: **trung thực hóa dữ liệu trước, rút ngắn độ trễ sau, mô phỏng để ra quyết định sau cùng**, bởi rút ngắn độ trễ của một dòng dữ liệu sai chỉ làm cho quyết định sai được đưa ra nhanh hơn.

3.7. Thuật ngữ trọng tâm

Bảng 3.16. Thuật ngữ trọng tâm Chương 3

Thuật ngữ	Giải thích ngắn
Demand sensing	Cảm nhận nhu cầu bằng tín hiệu thời gian thực; bổ sung cho dự báo ở chân trời ngắn.
Exponential smoothing	San mũ; dự báo mới bằng dự báo cũ cộng một phần sai số vừa xảy ra.
Holt và Holt Winters	San mũ hai và ba tham số, xử lý được chuỗi có xu thế và chuỗi có cả xu thế lẫn mùa vụ.

Thuật ngữ	Giải thích ngắn
Croston method	Phương pháp dự báo chuyên biệt cho nhu cầu gián đoạn có nhiều kỳ bằng không.
MAE, MAPE, RMSE	Ba chỉ số đo độ lớn của sai số dự báo theo ba cách khác nhau.
Forecast bias	Độ chệch; sai lệch cùng dấu một cách hệ thống, chỉ số quan trọng nhất và bị bỏ qua nhiều nhất.
Tracking signal	Tín hiệu theo dõi; tự động phát hiện sai lệch tích lũy vượt ngưỡng trên toàn danh mục.
Naive forecast benchmark	Chuẩn đối sánh ngây thơ; kiểm tra mô hình có thực sự tốt hơn việc lặp lại số liệu kỳ trước.
Bullwhip effect	Hiệu ứng roi da; biến động đơn hàng khuếch đại khi đi ngược chuỗi, lượng hóa được bằng công thức.
S&OP và IBP	Hoạch định bán hàng cùng vận hành, và bước phát triển tích hợp tài chính và kịch bản.
Order penetration point	Điểm tách biệt đơn hàng; ranh giới giữa hoạt động theo dự báo và hoạt động theo đơn hàng.
MTS, ATO, MTO và ETO	Bốn chiến lược đáp ứng đơn hàng theo vị trí điểm tách biệt.
Mass customization	Cá biệt hóa quy mô lớn dựa trên mô đun hóa sản phẩm.
Risk pooling	Gộp rủi ro; tồn kho an toàn giảm theo tỷ lệ một trên căn bậc hai số điểm được gộp.
MPS	Lịch sản xuất chính; nối kế hoạch tổng hợp với hoạch định vật tư.
MRP	Logic tính nhu cầu vật tư phụ thuộc; giả định năng lực vô hạn.
APS	Điều độ nâng cao với công suất hữu hạn, tối ưu đa mục tiêu và tái lập lịch động.

Thuật ngữ	Giải thích ngắn
Little's Law	Định luật Little; lượng dở dang bằng tích của năng suất đầu ra với thời gian chu kỳ.
Utilization và queue time	Quan hệ phi tuyến; thời gian chờ tiến tới vô cùng khi mức sử dụng tiến tới toàn phần.
Digital thread	Sợi chỉ số; liên kết dữ liệu xuyên vòng đời sản phẩm.
ABC và XYZ analysis	Phân loại tồn kho theo giá trị tiêu thụ và theo độ ổn định của nhu cầu.
Safety stock	Tồn kho an toàn; phụ thuộc biến động nhu cầu và biến động thời gian cung ứng.
MTBF và MTTR	Thời gian trung bình giữa hai lần hỏng và thời gian trung bình khắc phục.
Predictive maintenance	Bảo trì dự báo; đòi hỏi dữ liệu tình trạng dài hạn kèm nhãn sự cố.
Smart Factory Framework	Khung hai chiều định vị tình huống ứng dụng theo giai đoạn quy trình và mức phân tích.
Control tower	Trung tâm điều hành chuỗi cung ứng; bốn cấp gồm hiển thị, cảnh báo, dự báo và khuyến nghị.
Hidden convergence	Hội tụ ẩn; nhiều nhà cung cấp cấp một cùng phụ thuộc vào một nhà cung cấp cấp hai.
Scope 1, 2 và 3 emissions	Ba phạm vi kiểm kê phát thải; Phạm vi 3 lớn nhất và khó đo nhất.
Digital Product Passport	Hộ chiếu sản phẩm số theo quy định thiết kế sinh thái của Liên minh châu Âu.
Supply chain resilience	Khả năng chống chịu; xung đột một phần với mục tiêu hiệu quả.
Time to survive và time to recover	Thời gian còn cầm cự và thời gian phục hồi; khoảng cách giữa hai chỉ số là mức rủi ro cần xử lý.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 3

A. Câu hỏi ôn tập

1. Trình bày khung bốn câu hỏi ở Hình 3.2. Vì sao câu hỏi thứ tư về quyết định lại có sức sàng lọc mạnh nhất đối với một đề xuất đầu tư dữ liệu?
2. Vì sao nói đơn hàng mà nhà sản xuất nhận được không phải là nhu cầu thực của thị trường? Hai điểm yếu cấu trúc của dự báo dựa trên lịch sử đơn hàng là gì?
3. Nêu ít nhất năm nguồn tín hiệu trong cảm nhận nhu cầu cùng hạn chế của từng nguồn. Vì sao cảm nhận nhu cầu không thay thế được dự báo thống kê?
4. Dựa trên Hình 3.1, hãy giải thích vì sao mỗi mắt xích trung gian lại là một điểm bóp méo tín hiệu nhu cầu.
5. Trình bày nguyên tắc chọn mô hình dự báo theo đặc tính chuỗi số liệu. Vì sao dùng san mũ đơn cho chuỗi có xu thế lại tạo ra sai lệch hệ thống?
6. Vì sao một doanh nghiệp có danh mục vài nghìn mã hàng không nên dùng một mô hình dự báo duy nhất cho toàn bộ danh mục?
7. So sánh ý nghĩa quản trị của sai số tuyệt đối trung bình, phần trăm sai số tuyệt đối trung bình và độ chệch. Vì sao độ chệch là chỉ số quan trọng nhất nhưng bị bỏ qua nhiều nhất?
8. Tín hiệu theo dõi được tính thế nào và nó bổ sung điều gì mà độ chệch đơn lẻ không cho biết?
9. Chuẩn đối sánh với dự báo ngay thơ trả lời câu hỏi gì? Nêu một tình huống trong đó chỉ số này bộc lộ vấn đề mà các chỉ số khác che giấu.
10. Vì sao MAPE mất ý nghĩa với hàng có nhu cầu gián đoạn? Đề xuất chỉ số thay thế và giải thích.
11. Trình bày quy trình sáu bước ở Hình 3.5. Vì sao câu hỏi kiểm tra ở bước 6 có giá trị chẩn đoán cao nhất?
12. Trình bày bốn nguyên nhân của hiệu ứng roi da và biện pháp khắc phục dựa trên dữ liệu cho từng nguyên nhân.
13. Quan sát Hình 3.6 và giải thích vì sao pha đơn hàng rơi xuống bằng không sau đỉnh lại gây thiệt hại nặng cho nhà cung cấp hơn cả pha vọt lên.
14. Viết công thức hệ số khuếch đại qua một mắt xích và giải thích ý nghĩa của từng số hạng. Vì sao rút ngắn thời gian giao hàng có tác dụng mạnh hơn tinh chỉnh tham số dự báo khi thời gian giao hàng đã dài?
15. Vì sao chia sẻ thông tin đầy đủ vẫn không xóa bỏ hoàn toàn hiệu ứng roi da? Cần can thiệp thêm vào đâu và vì sao?

16. So sánh hoạch định bán hàng và vận hành với hoạch định kinh doanh tích hợp trên sáu tiêu chí. Khả năng mô phỏng kịch bản làm thay đổi bản chất cuộc họp hoạch định như thế nào?

17. Định nghĩa điểm tách biệt đơn hàng. Phân tích quan hệ đánh đổi giữa thời gian giao hàng, rủi ro tồn kho và mức cá biệt hóa khi dịch chuyển điểm này.

18. Mô đun hóa sản phẩm giải quyết mâu thuẫn giữa đa dạng và hiệu quả bằng cơ chế nào? Cho một ví dụ số minh họa.

19. Phát biểu định luật căn bậc hai trong gộp rủi ro và nêu cơ sở toán học của nó. Ba yếu tố nào mà phép tính gộp rủi ro thuần túy bỏ sót?

20. Gộp ảo là gì và vì sao nó chỉ khả thi khi doanh nghiệp đã có năng lực hiển thị tồn kho xuyên suốt?

21. Trình bày kiến trúc hoạch định phân cấp với chân trời và chu kỳ cập nhật của từng cấp. Điểm yếu cố hữu của kiến trúc này là gì?

22. Trình bày logic bốn bước ở Hình 3.12. Vì sao nhu cầu vật tư là nhu cầu phụ thuộc và không nên dự báo riêng cho từng chi tiết?

23. Vì sao thời gian cung ứng dài làm tăng tầm quan trọng của độ chính xác dự báo ở chân trời dài?

24. Nêu ba khác biệt giữa hệ thống điều độ nâng cao và logic hoạch định nhu cầu vật tư. Vì sao việc gán trọng số cho các mục tiêu điều độ là quyết định quản trị chứ không phải quyết định kỹ thuật?

25. Vì sao kiểm toán dữ liệu chủ phải là hạng mục đầu tiên của dự án điều độ nâng cao?

26. Phát biểu định luật Little và nêu hệ quả thực tiễn của nó đối với việc rút ngắn thời gian chu kỳ.

27. Dựa trên Hình 3.13, hãy giải thích vì sao nâng mức sử dụng nút thắt từ 85 lên 95 phần trăm lại là một quyết định thường gây hại. Phương án thay thế là gì?

28. Phân biệt bản sao số và sợi chỉ số. Nêu ba giá trị vận hành của sợi chỉ số.

29. Trình bày ma trận ABC và XYZ, kèm chiến lược quản trị cho ba ô là AX, AZ và CZ. Vì sao ô AZ đòi hỏi thay đổi cách vận hành thay vì cải tiến mô hình dự báo?

30. Viết công thức tồn kho an toàn có xét hai nguồn biến động và giải thích ý nghĩa của từng thành phần.

31. So sánh bốn thể hệ chiến lược bảo trì theo dữ liệu cần thiết và điều kiện áp dụng.

32. Dựa trên Hình 3.16, hãy giải thích vì sao lợi ích của việc rút ngắn MTTR không đồng đều mà phụ thuộc vào mức MTTR hiện tại.

33. Trình bày quy trình sáu bước ở Hình 3.17. Vì sao thiết bị càng ít hỏng thì càng khó triển khai bảo trì dự báo?

34. Vì sao mô hình bảo trì dự báo phải được đánh giá bằng tỷ lệ báo động giả và tỷ lệ bỏ sót thay vì bằng độ chính xác tổng thể?

35. Trình bày hai trục của khung định vị tình huống ứng dụng. Vì sao khung này buộc lộ được ràng buộc trình tự trong lộ trình chuyển đổi?

36. Vì sao rủi ro nghiêm trọng nhất của chuỗi cung ứng thường nằm ở nhà cung cấp cấp hai và cấp ba? Giải thích hiện tượng hội tụ ẩn và hệ quả của nó đối với chiến lược đa dạng hóa nguồn cung.

37. Trình bày bốn cấp năng lực của trung tâm điều hành chuỗi cung ứng. Vì sao giá trị của trung tâm điều hành không nằm ở màn hình?

38. Nêu bốn điều kiện để sở cái phân tán thực sự cần thiết. Vì sao điều kiện về độ tin cậy dữ liệu đầu vào là điểm yếu chí mạng?

39. Với một doanh nghiệp gia công cơ khí chỉ truy xuất nội bộ, hãy đi qua cây quyết định ở Hình 3.20 và cho biết kết luận dừng ở bước nào.

40. Nêu bốn nhóm ứng dụng của Logistics 4.0 và hai điểm nghẽn đặc thù của bối cảnh Việt Nam. Đề xuất một điều khoản hợp đồng để xử lý điểm nghẽn thứ hai.

41. Phân biệt phát thải Phạm vi 1, 2 và 3. Vì sao Phạm vi 3 vừa lớn nhất vừa khó đo nhất?

42. Hộ chiếu sản phẩm số đặt ra yêu cầu dữ liệu gì đối với doanh nghiệp dệt may xuất khẩu Việt Nam? Vì sao cần chuẩn bị trước thời điểm nghĩa vụ có hiệu lực?

43. Vì sao khả năng chống chịu và hiệu quả xung đột một phần với nhau? Trình bày bốn nhóm chiến lược nâng cao khả năng chống chịu và nhận xét về chiến lược có tỷ suất hiệu quả cao nhất.

44. Trình bày cách đọc ma trận ở Hình 3.22. Một vật tư có thời gian còn cầm cự 60 ngày và thời gian phục hồi 10 ngày nằm ở ô nào, và bạn khuyến nghị hành động gì?

45. Trình bày lộ trình ba lớp ở Hình 3.23. Vì sao thứ tự ba lớp này không thể đảo?

B. Bài tập vận dụng

Bài 1, dự báo và hệ đo sai số. Nhu cầu tám kỳ của một mã hàng lần lượt là 220; 250; 210; 280; 260; 300; 290 và 330 đơn vị.

a) Dự báo bằng trung bình trượt 3 kỳ cho các kỳ 4 đến 8.

b) Dự báo bằng san mũ đơn với hệ số 0,2 và với hệ số 0,5, khởi tạo dự báo kỳ 1 bằng 220, cho các kỳ 2 đến 8.

c) Tính sai số tuyệt đối trung bình, phần trăm sai số tuyệt đối trung bình, độ chệch và tín hiệu theo dõi cho cả ba phương án, trên các kỳ có đủ dữ liệu so sánh.

d) Tính sai số của dự báo ngẫu thơ và chỉ số sai số tương đối cho cả ba phương án. Có phương án nào tệ hơn dự báo ngẫu thơ không?

e) Nhận xét về dấu và độ lớn của độ chệch. Bạn khuyến nghị chuyển sang mô hình nào và vì sao?

f) Áp dụng quy trình sáu bước ở Hình 3.5, hãy chỉ ra bước nào lẽ ra đã phát hiện được vấn đề này sớm hơn.

Bài 2, lượng hóa hiệu ứng roi da. Một chuỗi bốn mắt xích có thời gian giao hàng 3 kỳ giữa mỗi cặp mắt xích và dùng san mũ với hệ số 0,4.

a) Tính hệ số khuếch đại tối thiểu qua một mắt xích và qua toàn bộ bốn mắt xích.

b) Doanh nghiệp cân nhắc hai phương án: giảm hệ số san mũ xuống 0,2, hoặc rút ngắn thời gian giao hàng xuống 1,5 kỳ. Tính hệ số khuếch đại của từng phương án qua bốn mắt xích.

c) Nêu ưu điểm và nhược điểm của mỗi phương án về mặt vận hành, ngoài con số khuếch đại.

d) Sau khi tham gia mô phỏng trò chơi bia trên lớp, hãy tính hệ số khuếch đại thực đo được tại nhà máy ở cả hai vòng và so sánh với giá trị lý thuyết. Giải thích chênh lệch.

Bài 3, gộp rủi ro. Một doanh nghiệp có 16 kho vùng, mỗi kho giữ tồn kho an toàn 150 đơn vị cho một mã hàng. Giá vốn 800 nghìn đồng mỗi đơn vị, chi phí lưu kho bằng 22 phần trăm giá vốn mỗi năm.

a) Tính tồn kho an toàn tổng cộng và chi phí lưu kho hiện tại.

b) Tính tồn kho an toàn nếu gộp toàn bộ về một kho trung tâm, và mức tiết kiệm chi phí lưu kho mỗi năm.

c) Tính kết quả cho các phương án gộp thành 2 kho, 4 kho và 8 kho vùng. Lập bảng so sánh.

d) Nếu mỗi lần giảm bớt một kho làm tăng chi phí vận chuyển chặng cuối 45 triệu đồng mỗi năm, hãy xác định số kho tối ưu.

Bài 4, hoạch định nhu cầu vật tư nhiều cấp. Sản phẩm P gồm 3 chi tiết Q và 1 cụm R; mỗi cụm R gồm 2 chi tiết S. Thời gian sản xuất P là 1 tuần và R là 2 tuần; thời gian cung ứng Q là 3 tuần và S là 2 tuần. Quy tắc lô là đặt đúng bằng nhu cầu. Tồn kho đầu kỳ: P có 40; Q có 150; R có 0 và S có 100. Nhu cầu gộp sản phẩm P: tuần 4 là 80; tuần 5 là 120; tuần 6 là 100; tuần 7 là 160.

a) Lập bảng hoạch định đầy đủ cho P, R, Q và S theo mẫu của Bảng 3.10.

b) Xác định thời điểm sớm nhất phải phát đơn đặt hàng cho từng vật tư.

c) Nếu nhà cung cấp Q thông báo thời gian cung ứng tăng từ 3 lên 5 tuần, kế hoạch bị ảnh hưởng thế nào? Đề xuất hai phương án xử lý kèm đánh giá ưu nhược điểm.

d) Giả sử năng lực sản xuất tối đa của nhà máy là 130 đơn vị P mỗi tuần. Kế hoạch ở câu a có khả thi không? Nếu không, hãy chỉ ra tuần nào vi phạm và đề xuất cách xử lý.

Bài 5, quy luật vật lý của nhà máy. Một chuyền lắp ráp có năng suất đầu ra 90 sản phẩm mỗi giờ và lượng sản phẩm dở dang trung bình 540 sản phẩm. Nút thắt của chuyền đang chạy ở mức sử dụng 88 phần trăm với hệ số biến động 1,2.

- Tính thời gian chu kỳ hiện tại theo định luật Little.
- Nếu muốn giảm thời gian chu kỳ xuống còn 3 giờ mà giữ nguyên năng suất, lượng dở dang phải giảm còn bao nhiêu?
- Tính hệ số thời gian chờ ở mức sử dụng 88 phần trăm và ở mức 94 phần trăm. Mức chờ tăng bao nhiêu lần?
- Nếu giảm được hệ số biến động từ 1,2 xuống 0,6 nhờ chuẩn hóa thời gian chuyển đổi, doanh nghiệp có thể chạy ở mức sử dụng nào mà vẫn giữ nguyên thời gian chờ như hiện tại?
- Từ kết quả trên, hãy lập luận cho ban giám đốc về việc nên đầu tư giảm biến động hay nên đẩy mức sử dụng lên cao.

Bài 6, tồn kho an toàn và phân tích đòn bẩy. Một mã nguyên liệu nhóm A có nhu cầu trung bình 1.200 kilôgam mỗi tuần với độ lệch chuẩn 200 kilôgam. Thời gian cung ứng trung bình 4 tuần với độ lệch chuẩn 1 tuần. Mức phục vụ mục tiêu 98 phần trăm, tương ứng hệ số z bằng 2,05. Chi phí lưu kho 1.500 đồng mỗi kilôgam mỗi tuần.

- Tính tồn kho an toàn và chi phí lưu kho tồn kho an toàn mỗi năm.
- Phân rã hai thành phần phương sai và xác định thành phần chiếm tỷ trọng lớn hơn.
- So sánh hai phương án cải thiện: giảm độ lệch chuẩn nhu cầu xuống 140 kilôgam nhờ dự báo tốt hơn; hoặc giảm độ lệch chuẩn thời gian cung ứng xuống 0,4 tuần nhờ hợp tác chặt chẽ với nhà cung cấp. Tính mức tiết kiệm chi phí lưu kho của từng phương án.
- Nếu chi phí thực hiện phương án thứ hai là 90 triệu đồng mỗi năm, phương án đó có đáng làm không?
- Nếu mức phục vụ mục tiêu được nâng từ 98 lên 99,5 phần trăm, tương ứng hệ số z bằng 2,58, chi phí lưu kho tăng thêm bao nhiêu? Nhận xét về chi phí biên của việc nâng mức phục vụ.

Bài 7, bảo trì và khả dụng thiết bị. Một máy có MTBF 25 giờ và MTTR 5 giờ. Nhà máy chạy 3 ca, 22 ngày mỗi tháng.

- Tính khả dụng hiện tại và số giờ dừng máy ước tính mỗi tháng.

b) Phương án A là đầu tư giám sát tình trạng để nâng MTBF lên 40 giờ với chi phí 260 triệu đồng. Phương án B là tổ chức lại kho phụ tùng và quy trình xử lý sự cố để giảm MTTR xuống 2 giờ với chi phí 90 triệu đồng. Tính khả dụng của từng phương án.

c) Nếu mỗi giờ dừng máy gây thiệt hại 4 triệu đồng, hãy tính lợi ích năm và thời gian hoàn vốn của từng phương án.

d) Bạn khuyến nghị phương án nào? Có nên làm cả hai không, và theo thứ tự nào? Hãy đối chiếu kết luận với dạng đường cong ở Hình 3.16.

e) Ban giám đốc muốn triển khai bảo trì dự báo cho máy này. Máy hỏng trung bình bao nhiêu lần mỗi năm theo số liệu hiện tại, và điều đó có ý nghĩa gì đối với bước 4 của quy trình ở Hình 3.17?

Bài 8, định vị tình huống ứng dụng. Chọn năm tình huống ứng dụng tại nhà máy nhóm đã khảo sát.

- Định vị từng tình huống lên khung hai chiều ở Hình 3.18, nêu rõ tọa độ và lập luận.
- Xác định vùng nào của khung đang bị bỏ trống tại nhà máy này.
- Với vùng bỏ trống quan trọng nhất, đề xuất một tình huống ứng dụng cụ thể kèm chỉ số vận hành mục tiêu và điều kiện tiên quyết.
- Chỉ ra một tình huống mà nhà máy đang tự đánh giá ở mức phân tích cao hơn thực tế và giải thích căn cứ của nhận định đó.

Bài 9, truy xuất nguồn gốc và tuân thủ. Một doanh nghiệp dệt may xuất khẩu sang Liên minh châu Âu có 40 nhà cung cấp vải cấp một và không nắm được thông tin nhà cung cấp sợi cấp hai.

- Đi qua cây quyết định ở Hình 3.20 và đánh giá xem doanh nghiệp có nên đầu tư giải pháp sổ cái phân tán hay không. Chỉ rõ kết luận dừng ở điều kiện nào.
- Lập danh sách dữ liệu tối thiểu cần thu thập để chuẩn bị cho hệ chiếu sản phẩm số, phân theo ba nhóm: dữ liệu nội bộ đã có, dữ liệu nội bộ chưa có, và dữ liệu phải lấy từ nhà cung cấp.
- Phân tích rủi ro hội tụ ẩn trong trường hợp này và đề xuất cách phát hiện.
- Đề xuất lộ trình 24 tháng gồm ba giai đoạn, mỗi giai đoạn nêu mục tiêu, sản phẩm bàn giao và điều kiện tiên quyết. Đối chiếu lộ trình với ba lớp năng lực ở Hình 3.23.

Bài 10, kiểm thử ứng suất chuỗi cung ứng, làm theo nhóm. Với nhà máy đã khảo sát, hãy áp dụng quy trình bốn bước ở Hình 3.21 để thực hiện các nội dung sau. Thứ nhất, lập bản đồ năm nhà cung cấp quan trọng nhất và xác định vật tư nào chỉ có một nguồn cung. Thứ hai, xây dựng ba kịch bản gián đoạn có xác suất đáng kể. Thứ ba, với mỗi kịch bản, ước tính thời gian còn cầm cự và thời gian phục hồi, rồi định vị lên ma trận ở Hình 3.22. Thứ tư, đề xuất một biện pháp cho mỗi

kịch bản kèm so sánh chi phí biện pháp với tổn thất kỳ vọng tránh được. Trình bày trong không quá 6 trang, nêu rõ nguồn dữ liệu và các giả định đã sử dụng.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Budde, L., Hänggi, R., Friedli, T., & Rüedy, A. (2023). *Smart Factory Navigator: Identifying and implementing the most beneficial use cases for your company. 44 use cases that will drive your operational performance*. Springer Cham.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information. *Management Science*, 46(3), tr. 436 đến 443.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), tr. 1 đến 14.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Operational Research Quarterly*, 23(3), tr. 289 đến 303.
- Deshpande, A., Sarkar, B., Dave, D., & Dave, R. (2024). *Advanced manufacturing and supply chain with IoT: Revolutionizing industries through smart technologies and connectivity*. BPB Publications.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics* (3rd ed.). Waveland Press.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3rd ed.). OTexts.
- Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), tr. 679 đến 688.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), tr. 775 đến 788.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science*, 43(4), tr. 546 đến 558.
- Little, J. D. C. (1961). A proof for the queuing formula. *Operations Research*, 9(3), tr. 383 đến 387.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), tr. 319 đến 329.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). *Inventory and production management in supply chains* (4th ed.). CRC Press.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2021). *Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies and case studies* (4th ed.). McGraw Hill.

Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2019). *Operations management* (9th ed.). Pearson.

Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science*, 35(3), tr. 321 đến 339.

Liên minh châu Âu. (2023). *Quy định (EU) 2023/956 về thiết lập Cơ chế Điều chỉnh Biên giới Carbon*, cùng các văn bản sửa đổi liên quan.

Liên minh châu Âu. (2024). *Quy định (EU) 2024/1781 về thiết lập khuôn khổ yêu cầu thiết kế sinh thái cho sản phẩm bền vững*.

