Khái niệm và phương pháp quản lý thích nghi các hệ thống quản lý

Concepts and methods of adaptive management systems

Nguyễn Thị Hồng*, Nguyễn Khánh Lân

Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh
*Tác giả liên hệ: hong@ut.edu.vn

Ngày nhận bài:22/4/2024 ; Ngày chấp nhận đăng: 15/5/2024

Tóm tắt:

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu vấn đề quản lý các hệ thống quản lý rất được chú ý. Mô hình hoá toán học tiến trình của các hệ thống này thường bao gồm việc xem xét về sự thích nghi như là một phần cấu thành của quá trình xây dựng mô hình tổng thể. Điều này được phản ánh trong việc xây dựng các tiêu chí cho hoạt động của các hệ thống, và được qui ước rất rõ ràng tương tự như trong các mô hình chơi game, mô hình tiến trình đa ngành. Bài báo đề cập việc xem xét, tổng hợp và phân tích các phương pháp hiện hành để mô hình hoá tiến trình quản lý và phát triển định tính khái niệm mới nhằm khắc phục những thiếu sót của các phương pháp mô hình hoá hiện nay có tính đến các tiêu chuẩn hiện đại.

Từ khóa: Hệ thống quản lý; Sự thích nghi; Mô hình hoá toán học; Mô hình hoá tiến trình quản lý.

Abstract:

Recently, much attention has been paid to research on management systems. Modeling the mathematical learning process of these systems often includes the consideration of adaptation as a configuration component of the overall modeling process. This is reflected in the development of standards for system operation and is specified in terms of compatibility, such as in-game models and multidisciplinary process models. This article is devoted to review, synthesize, and analyze the current methods to promote the management process and develop new features and concepts for fixing the shortcomings of current modeling methods that take into account modern standards.

Keywords: Management systems; Adaptation; Mathematical modeling; Management process.

1. Giới thiệu

Trong các công trình hiện nay, về thích ứng, có thể tìm thấy mô tả các khái niệm quản lý thích ứng. Tức là, các phương pháp tiếp cận để phát triển một chiến lược cho phép hệ thống với tổn thất tối thiểu để chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác trong trường hợp các điều kiện hoạt động thay đổi [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7].

Ý tưởng quản lý thích ứng được ứng dụng rộng rãi trong những hoạt động thực tế của các tổ chức, tuy nhiên, hướng mới của thuyết các hệ thống hoạt động, liên quan đến việc xây dựng cơ chế hoạt động thích nghi của các hệ thống quản lý hướng tới tương lai, nhưng được phát triển muộn hơn [8].

Trong các cơ chế thích nghi, thông tin về trạng thái của các thành phần cơ chế nhận được trong quá trình quản lý thực tế, được tổ chức sử dụng để điều chỉnh các hệ thống con. Trong đó, bao gồm các thông số thể thức lập kế hoạch, điều tiết và khuyến khích để đạt được một trạng thái tối ưu của hệ thống đang hoạt động. Các cơ chế thích nghi, theo thời gian, có khả năng cải thiện hoạt động. Cần thiết phải sử dụng những cơ chế này, thế nhưng, nó xuất hiện trong điều kiện không ổn định.

Cơ chế thích nghi hoạt động chính xác - là một cơ chế đảm bảo sự đồng đẳng của tình trạng và kế hoạch của các phần tử trong bất kỳ yếu tố tiềm năng của phần tử tích cực. Nghĩa là, thích ứng được xem như là một sự bổ sung bên ngoài cho hệ thống.

Thích ứng với biến quản lý được coi là một phản ứng tự phát tự nhiên đối với những tác động gây bất ổn. Và những bất ổn tồn tại trong hệ thống quản lý suốt quá trình hoạt động. Như vậy, thích ứng là một quá trình thiết lập sự phù hợp giữa các điều kiện hoạt động bên ngoài (thị trường, chính trị, pháp lý) và bên trong (quản lý) với các chỉ số hoạt động của hệ thống quản lý. Giả định rằng, hệ thống là thích nghi, nếu giá trị của sự thay đổi chỉ số hoạt động hiệu quả của hệ thống do việc thích ứng (thay đổi tình trạng và cơ cấu) lớn hơn sự thay đổi chỉ số hiệu quả bằng cách thay đổi điều kiện hoạt động.

Cần phân biệt giữa thích ứng về số lượng và chất lượng (thích ứng định tính và thích ứng định lượng). Thích ứng định lượng diễn ra khi các tác nhân quản lý phản ứng với những tác động gây bất ổn của môi trường bên ngoài bằng việc thay đổi khối lượng đầu ra (sản lượng sản phẩm). Đây là mức đơn giản nhất của các hiện tượng thích ứng. Tuy nhiên, kéo dài hoạt động của hệ thống trong tình trạng bất ổn có thể dẫn đến sự xuất hiện quá trình thích ứng định tính phức tạp hơn. Sự xuất hiện như vậy có thể bao gồm các tiến bộ khoa học và công nghệ; nền quản lý đánh bóng, nếu xem nó như là một phản ứng cụ thể đặc thù đối với thay đổi trong lĩnh vực pháp lý; một số hình thức tổ chức thị trường (độc quyền và đặc quyền),...

Đối với trường hợp lạm phát, tất cả các quy định cơ bản của thuyết quản lý bị thay đổi trạng thái đáng kể và cơ chế thích ứng thị trường tự nhiên, vấn đề này đang được xem xét trong phần này, sự vi phạm. Bức tranh thích nghi thực sự của các hệ thống này phụ thuộc rất nhiều vào môi trường chính trị và pháp lý, trong đó, hệ thống quản lý cụ thể đang hoạt động.

2. Kỳ vọng thích ứng ở mô hình tiến trình (động lực) các hệ thống quản lý

Được biết đến nhiều nhất là hình minh họa các giả định cơ bản về hành vi thích nghi của các chủ thể quản lý thông qua mô hình cân bằng thị trường hình mạng nhện, mục đích sử dụng mô hình này là thực hiện quá trình "dò dẫm" giá cân bằng [9]. Mô hình này có nguồn gốc từ một mô hình tĩnh của cung và cầu. Giả sử lượng cung S phản ứng với sự thay đổi giá cả p khi trễ một giai đoạn, trong đó, lượng cầu D được xác định bởi giá cả và cả hai phụ thuộc này là tuyến tính:

$$D_t = {}^{a+b} p_t \tag{1}$$

$$S_t = a_t + a_t p_{t-1} \tag{2}$$

Vấn đề đặt ra là tại sao lượng cung được thực hiện theo cách này? Thứ nhất, mô hình liên quan đến sản phẩm không được quản lý ngay lập tức - đòi hỏi một thời gian nhất định (trùng với giá trị thời gian rời rạc).

Theo các nhà quản lý, giới hạn của giải pháp là giá thành được xác lập ở đầu kỳ không thay đổi trong suốt thời gian và được gọi là cơ sở để lựa chọn khối lượng quản lý trong thời kỳ tới. Giả định thiết yếu của mô hình là việc "làm sạch" thị trường. Trong từng thời kỳ, thị trường đặt ra mức giá, tại đó, lượng cầu thu nhận một cách chính xác toàn bộ khối lượng cung cấp. Nghĩa là nhận lượng hàng chưa bán được từ các nhà cung cấp và người tiêu dùng không hài lòng với lượng cầu. Khi đó:

$$D_t = S_t \tag{3}$$

$$^{b} p_t - b_1 p_{t-1} = a_1^{-a} \tag{4}$$

Nghiệm chung của phương trình thuần nhất tương ứng là $A\left({}^{b_1}\!/_{b}\right)^t$, còn nghiệm riêng:

$$p_e = \frac{\left(a_1^{-a}\right)}{{}^{-b}b_1} \tag{5}$$

Giả sử, p_0 đã biết, khi đó, $A = p_0 - p_e$. Nghiệm chung trong trường hợp này là:

$$p_t = \left(p_0 - p_e\right)\left(\frac{b_1}{b}\right)^t + p_e \qquad (6)$$

Trong trường hợp này, nghiệm riêng được minh họa bởi mức giá cân bằng tĩnh. Từ phương trình sau cùng thấy rằng, nếu giá trị ban đầu của mức giá p_e được thiết lập, thì $p_t = p_e$, nghĩa là giá cố định ở mức p_e (như vậy, không phát sinh bất kỳ rối loạn ngoại sinh). Điều này, có nghĩa là, tồn tại cân bằng tĩnh. Một phương pháp khác để kiểm tra điều khẳng định này, đó là phân tích hành vi của giá phù hợp với phương trình cuối.

Thông thường, đồ thị lượng cầu có góc nghiêng âm $\left(b \geq 0\right)$, lượng cung có góc dương. Như vậy, $b_1 /^{b\pi 0}$ và giá sản sinh ra chuyển động dao động xung quanh giá trị cân bằng. Những dao động tuần hoàn có thể được thực hiện với chu kỳ ổn định, tăng lên hoặc giảm đi phụ thuộc vào hệ thức $\left|b_1\right| \Leftrightarrow \left|b\right|$ (ký hiệu $\Leftrightarrow$: nhỏ hơn, bằng hoặc lớn hơn), tức là, phụ thuộc vào góc nghiêng của đường cong lớn hơn: Đường cong lượng cầu hay đường cong lượng cung.

Như đã thấy, từ phương trình này, điều kiện ổn định, theo đó, giá cả được qui tụ (bỏ qua tình trạng qui tụ) với giá trị cân bằng, trong bất kỳ trường hợp $\left|b_1 /^b\right| \pi 1$, nghĩa là $\left|b_1\right|^{\pi|b|}$.

Trong mô hình mạng nhện, điểm cân bằng là điểm ổn định, nếu độ dốc của đường cầu lớn hơn độ dốc của đường cung. Mô hình này chỉ mô tả sự ổn định của mô hình mạng nhện cổ điển, và không đảm bảo rằng một mô hình có chứa một số điều kiện bổ sung sẽ có cùng điều kiện ổn định. Những lập luận dựa trên giả định về sự bất biến của giá cả thị trường được sử dụng cho việc lập kế hoạch doanh thu, trong thực tế, thường không thể dung hòa. Phương pháp cải thiện mô hình mạng nhện là sử dụng các kỳ vọng thích nghi [1], [10], [11]. Những kế hoạch, được thông qua ở mỗi giai đoạn, không chỉ phụ thuộc vào giá cả hiện tại, còn phụ thuộc vào kỳ vọng giá cả trong tương lai. Những kỳ vọng này, theo quy luật, thường là rõ ràng và vững chắc. Hầu như ở mỗi cá nhân đều có quan điểm xác định về việc giá cả hàng hóa trong những khoảng thời gian nhất định. Tất nhiên, giả định này là vô cùng khó khăn. Trong thực tế, nó không thích hợp vì hai lý do:

Thứ nhất, sự kỳ vọng của người quản lý, về bản chất thường không phải là sự kỳ vọng liên quan đến điều kiện thị trường (ví dụ, những thay đổi trong lượng cầu). Điều này, có thể là đúng đối với điều kiện độc quyền, bởi vì giả định về sự tồn tại của những kỳ vọng về giá cả chính xác chỉ là biểu hiện một phần của các giả định về cạnh tranh bình đẳng trong suốt quá trình nghiên cứu.

Thứ hai, quan trọng hơn, người quản lý hầu như không thể hình thành kỳ vọng chính xác. Họ không cho rằng giá có thể bán một sản phẩm nhất định, trong tương lai sẽ cao hơn. Họ tin rằng, giá được xác lập (hoặc một vài mức giá) không có khả năng tăng lên hoặc giảm đi quá xa so với mức giá xác suất đã xác định. Ở đây, đã xuất hiện những khó khăn, đòi hỏi sự chú ý rất nghiêm túc.

Khi thảo luận về vấn đề cái gì làm cơ sở để xác định kế hoạch cuối cùng, cần phải hình dung là một cá nhân lựa chọn giữa các hướng hành vi khác nhau, sẽ dẫn đến một kết quả nhất định với xác suất không giống nhau. Ngay cả khi một trong những mức giá kỳ vọng nhất trong giai đoạn tương lai bất kỳ sẽ giữ nguyên không thay đổi, cá nhân đó đã sẵn sàng thông qua kế hoạch, theo đó, ở giai đoạn này, phải thực hiện được việc mua hoặc bán, thì mức giá đó vẫn có thể bị biến động. Ví dụ, một cá nhân mất niềm tin là giá xác lập ở mức kỳ vọng, nếu sự phân tán các giá trị mức giá có thể tăng lên. Nói chung, có thể giả định rằng, gia tăng sự phân tán này sẽ làm giảm sự sẵn lòng của một cá nhân để xây dựng kế hoạch, qua đó, phải thực hiện được việc bán hoặc mua hàng vào một khoảng thời gian nhất định. Nếu cần thiết, khi thảo luận mọi vấn đề liên quan đến yếu tố quyết định kế hoạch cho phép sự bất ổn định của các kỳ vọng, cần giả định rằng giá trị mức giá tin cậy nhất có thể là mức giá không đại diện cho mức giá dự kiến, và tổng các mức giá tin cậy hơn ± điều chỉnh đối với tính bất ổn định của các kỳ vọng (hoặc rủi ro):

$$p_t^e - p_{t-1}^e = \beta\left(p_{t-1} - p_{t-1}^e\right) \tag{7}$$

Trong đó: β - Hệ số dương nhỏ hơn đơn vị.

Giả định rằng, người quản lý mong đợi một mức giá chính xác, nghĩa là, họ đã hình thành những kỳ vọng giá chính xác. Và để giải thích những kỳ vọng xác định này như là các giá trị đặc biệt, cần phản ánh các điều kiện không chắc chắn của những kỳ vọng thực tế. Phương trình sai phân được viết như sau:

$$p_t^e - (1-\beta)\, p_{t-1}^e = \beta p_{t-1} \tag{8}$$

Lưu ý rằng, nghiệm chung của phương trình thuần nhất tương ứng là:

$$p_t^e = A(1-\beta)^t \tag{9}$$

Nghiệm riêng tương ứng:

$$p_t^e = \beta\sum_{i=0}^{\infty}(1-\beta)^i p_{t-1-i} \tag{10}$$

Nghiệm chung của phương trình thứ nhất:

$$p_t^e = A(1-\beta)^t + \beta\sum_{i=0}^{\infty}(1-\beta)^i p_{t-1-i} \tag{11}$$

Trong đó, $A(1-\beta)^t$ có thể bỏ qua đối với phần lớn t. Điều này có nghĩa rằng, giá kỳ vọng là một giá trung bình với trọng lượng giảm theo thời gian của tất cả các giá quan sát. Do đó:

$$\begin{gathered} S_t = a_1 + b_1 p_t^e \\ S_{t-1} = a_1 + b_1 p_{t-1}^e \end{gathered} \tag{12}$$

Mà,

$$\begin{gathered} p_t^e = {(S_t - a_1)}\big/{b_1} \\ p_{t-1}^e = {(S_{t-1} - a_1)}\big/{b_1} \end{gathered} \tag{13}$$

Với,

$$\frac{(S_t - a_1)}{b_1} = (1-\beta)(S_{t-1} - a_1) \tag{14}$$

Từ đó,

$$S_t = (1-\beta)S_{t-1} + a_1^\beta + b_1^\beta p_{t-1} \tag{15}$$

Vì, $D_t = S_t$ cho tất cả các t theo điều kiện, và $D_t = {}^{a+b}p_t$ có thể thay thế ${}^{a+b}p_t$ & ${}^{a+b}p_{t-1}$, tương ứng cho S_t & S_{t-1}, khi đó có:

$$p_t - \left[\left(\frac{b_1}{(b-1)}\right)\beta + 1\right]p_{t-1} = \frac{(a_1 - a)\beta}{b} \tag{16}$$

Nghiệm riêng của phương trình này là p_e - mức giá cân bằng. Nghiệm chung của phương trình thuần nhất tương ứng:

$$p_t = A\left[\left(\frac{b_1}{b} - 1\right)\beta + 1\right] \tag{17}$$

Và, do đó, nghiệm chung là:

$$p_t = A\left[\left(\frac{b_1}{b} - 1\right)\beta + 1\right] + p_e \tag{18}$$

Trong đó, $A = p_0 - p_e$ – sai lệch ban đầu. Điều kiện ổn định:

$$\left|\left(\frac{b_1}{b} - 1\right)\beta + 1\right| \pi 1 \text{là} -1 \pi \left(\frac{b_1}{b-1}\right)\beta + 1 \pi 1 \tag{19}$$

$$-2\ \pi \left(\frac{b_1}{b-1}\right)\beta\, \pi\, 0 \tag{20}$$

Với, $1 - 2/\beta\pi b_1/^{b.\pi.1}$. Nếu tính đến điều kiện ổn định ban đầu của Bài toánvề của cân bằng thị trường$\left|b_1/^b\right|\pi 1$:

$$-1\pi\, b_1/^b\ \pi 1 \tag{21}$$

Bởi vì, $0\pi\beta\pi 1$ và có $2/\beta\phi 2$. Như vậy,

$$1 - 2/\beta\pi - 1 \tag{22}$$

Do đó, bất đẳng thức (21) ít nghiêm ngặt hơn so với bất đẳng thức (22). Như vậy, việc sử dụng các kỳ vọng thích nghi, làm cho các mô hình ổn định hơn. Áp dụng các kỳ vọng thích ứng là một trong những phương pháp cổ điển làm ổn định quỹ đạo của một hệ thống động lực.

Như vậy, ứng dụng những kỳ vọng thích nghi vào mô hình thị trường kiểu mạng là một sự cải tiến tương đối hiệu quả, bởi vì, không phải lúc nào trong tình trạng hệ thống cũng luôn hiển thị đầy đủ quá trình xây dựng mức giá cân bằng. Phương pháp nâng cao mức thích hợp của mô hình này thành công nhất cho đến nay là việc ứng dụng các thuật toán di truyền.

3. Phân tích cân bằng và mô hình tiến trình hệ thống quản lý

Phần trên đã xem xét mô hình thích ứng đơn giản nhất của các nhà quản lý. Tuy nhiên, tại thời điểm này, có khá lớn các mô hình thích ứng với độ phức tạp cao. Đó là các mô hình động lực liên ngành, cũng như các mô hình game, mô hình động lực cân bằng [8], [11], [10].

Nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu phân tích các cấp độ chính của các mô hình này. Mô hình động lực quản lý (mô hình tiến trình quản lý) và mô hình cân bằng mô tả hành vi của hệ thống quản lý theo thời gian. Đối tượng nghiên cứu chính trong các mô hình này là quỹ đạo, tức là, chuỗi các yếu tố của không gian pha, trong đó, mô tả phương pháp (có thể) phát triển nền quản lý. Từ tất cả các quĩ đạo này, tách ra thành quĩ đạo "mong muốn", nghĩa là quĩ đạo tối ưu theo nghĩa của một số tiêu chí.

Với sự giúp đỡ của các mô hình cân bằng quản lý, tiến hành nghiên cứu các quỹ đạo được tạo ra bởi một cơ chế quản lý. Mục đích ban đầu của việc xây dựng các mô hình này là để xác định tốc độ tăng trưởng tối đa có thể của hệ thống trong điều kiện có những hạn chế mang tính chất tự nhiên.

Mô hình cân bằng quản lý khác với mô hình quản lý tối ưu ở một điểm duy nhất, đó là thay vì một tiêu chí duy nhất để có một tập hợp các bộ phận, mỗi bộ phận có tiêu chí riêng. Khái niệm cân bằng quản lý trùng hợp với giải pháp trò chơi có nhiều người tham gia [12], [13].

Đối tượng nghiên cứu chính trong lý thuyết của mô hình động lực quản lý là quĩ đạo, đó là những phương pháp có thể để phát triển hệ thống. Trong thuyết quản lý lý tưởng (tối ưu) tiêu chí tối ưu hoá toàn cầu được giả định là cho trước, trong tập hợp các quĩ đạo cho phép tiêu chí này được tách ra thành tập hợp con các quỹ đạo cực trị theo nghĩa của tiêu chí này. Thông thường, được nghiên cứu với hai loại chính của quỹ đạo cực trị: Hiệu quả (tối ưu) và quĩ đạo U-tối ưu.

Quỹ đạo $\left(\overline{\chi_t}, \overline{\gamma_t}\right)_{t=0}^{\infty}$ có hiệu quả, nếu không có quỹ đạo cho phép khác $\left(\overline{\chi_t}, \overline{\gamma_t}\right)_{t=0}^{\infty}$, xuất phát từ trạng thái ban đầu, và như vậy:

$$\left(\chi_t, \gamma_t\right) > \left(\overline{\chi_t}, \overline{\gamma_t}\right), \left(\lambda > 1\right) \tag{23}$$

Ít nhất trong một thời gian *t*. Khái niệm về quỹ đạo U-tối ưu là sự biến dạng của khái niệm về hiệu quả. Quỹ đạo $\left(\overline{\chi_t}, \overline{\gamma_t}\right)_{t=0}^{\infty}$ U- tối ưu, nếu cho bất kỳ quỹ đạo nào đi từ trạng thái ban đầu:

$$\lim_{t\to\infty}\left(\overline{\gamma_t} - \gamma_t\right) > 0 \tag{24}$$

$$\gamma_t = \sum u\left(c_\tau\right)\lambda_\tau, \quad \lambda \geq 0 \tag{25}$$

Trong đó, χ_t là số lượng sản phẩm (vốn); $u\left(c_\tau\right)$ là hàm số đặc trưng cho tiện ích từ việc tiêu thụ sản phẩm với số lượng *c*; λ_τ là tỷ lệ chiết khấu tính hữu ích theo thời gian.

Mô hình cân bằng khác với mô hình quản lý tối ưu. Trạng thái cân bằng và quỹ đạo cân bằng phụ thuộc vào việc hệ thống quản lý được chia thành các bộ phận, và giữa các bộ phận có những tương tác. Các nhà quản lý tìm cách tối đa hóa lợi nhuận, người tiêu dùng muốn tối đa hoá tiện ích là hàm tiện ích cho sẵn.

Ký hiệu $p_\tau = \left(\pi_\tau, \varpi_\tau\right)$là vector giá tùy chọn tại thời gian t, trong đó, π_τ là giá của một đơn vị sản phẩm; ϖ_τ là giá trị sức lao động.

Quỹ đạo $\left(\overline{\chi_t}, \overline{c_t}\right)_{t=0}^{\infty}$ được gọi là cân bằng nếu có một chuỗi giá cả $\overline{p} = \left(p_t\right)_{t=0}^{\infty}$, và thoả mãn các điều kiện sau đây:

(i) $f\left(x_{t-1}\right)\overline{\pi_\tau} - \varpi_\tau = \max\left(\lambda y - \overline{\pi_t} - \lambda\varpi_t\right)$

Trong đó: max lấy theo tất cả $\left(y,\lambda\right)$, phải thoả mãn các giới hạn: $0 \le y \le f\left(x_{t-1}\right)$, $0 \le \lambda \le 1$.

(ii) $\varpi_t = \max\limits_{0\le\lambda\le1} \lambda\overline{\varpi_t}$

(iii) $\overline{x_t} = \max\limits_{x\overline{\pi_t}} x$, với:

$$D_t^\tau = \left(f\left(\overline{x}_{t-1}\right)\overline{\pi}_t - \overline{\varpi}_t\right)\Theta_t^\tau + \overline{\varpi}_t\Theta_t^{\mathrm{H}} \qquad (26)$$

(iv) $u\left(\overline{c}_t\right) = \max\limits_{c\overline{\pi}_t \le D_t^{\mathrm{H}}} u\left(c\right)$, với:

$$D_t^N = \overline{\varpi}_t\left(1-\Theta_t^\tau\right) + \left(f\left(\overline{x}_{t-1}\right)\overline{\pi_t} - \overline{\varpi_t}\right)\left(1-\Theta_t^N\right)$$

Điều kiện (i) và (ii) cho thấy rằng, cả nhà quản lý và người tiêu dùng đều có lợi nhuận tối đa trong giá cân bằng. Tiếp theo, nhóm tác giả phân tích các mô hình quản lý tối ưu và mô hình cân bằng hiện có.

3.1 Mô hình của nền quản lý tối ưu

• Mô hình Neumann-Gale

Một trong những mô hình công nghệ chủ yếu của tiến trình (động lực) quản lý là mô hình của Neumann-Gale, $Z\left(ZCR_t^n XR_t^n\right)$ [11]. Ký hiệu α là sự biểu thị quản lý của mô hình này.

Cho trước tình trạng cân bằng mô hình Z, số dương α, quá trình $\left(\overline{x},\overline{y}\right)\in Z$ và phiếm hàm $\overline{p} \in \left(R_t^n\right)^*$, sao cho $\alpha\overline{x} \le y$.

$$\overline{p}(y) \le \alpha\overline{p}(x)\forall(x,y)\in Z \qquad (27)$$

$$\overline{p}(y) > 0 \qquad (28)$$

Trong đó, $\sigma = (\alpha(x,y),\overline{p})$ là tình trạng cân bằng; α là tốc độ tăng trưởng; $\left(x,y\right)$ là bộ sản phẩm trong các giai đoạn cận thời gian; $\overline{p}(x),\overline{p}(y)$ là giá trị của bộ sản phẩm theo giá $\overline{p}$.

Tốc độ tăng trưởng tại thời điểm t trên quỹ đạo $\alpha(t) = \min\dfrac{x_{t+1}^i}{x_t^i}, \alpha(Z) = \max\inf\alpha(t)$.

Tốc độ tăng trưởng Neumann, trên quan điểm quản lý, là đáng kể, tối đa để mô hình có thể duy trì vô thời hạn. Cần lưu ý rằng, đối với điều kiện của một nhà quản lý riêng biệt, khi đạt được tốc độ tăng trưởng quản lý tối đa, đó không phải là mục tiêu cá nhân và động cơ hành vi của nhà quản lý. Mô hình này chỉ xem xét, nghiên cứu những khả năng giả định tăng trưởng quản lý, còn lĩnh vực ứng dụng thì thu hẹp đáng kể. Mô hình Leontief là một trường hợp đặc biệt của mô hình Neumann-Gale.

Nếu $(\overline{x},\overline{y},\alpha,\overline{p})$ là trạng thái cân bằng của mô hình Neumann-Gale bình thường, thì quỹ đạo $(\alpha^t,\overline{x})_{t=0}^{\infty}$ là một đường trục chính. Các bài toán khẳng định rằng, toàn bộ quỹ đạo tối ưu, bất kể tình trạng ban đầu, đều có xu hướng tiến đến đường trục chính.

Những tồn tại đã được đề cập trong trường hợp trước đây, cũng có trong phiên bản biến thể của mô hình. Cả nhà quản lý và người tiêu dùng đều không nhận thức được sự tồn tại của tiêu chí này. Việc thực hiện mô hình chỉ có thể tiến hành trong trường hợp phải áp đặt một động cơ hành vi duy nhất cho các chủ thể hoạt động quản lý.

• Mô hình cân bằng

Xem xét các quy định chủ yếu của mô hình cân bằng quản lý cơ bản – mô hình Arrow-Debreu [12], [13]. Khi mô tả một số tình huống quản lý, giả định về sự tồn tại của một tiêu chí tối ưu hóa toàn cầu, đã được thông qua trong mô hình nền quản lý lý tưởng, là phi thực tế. Do đó, thuyết phép đặt lý thuyết – game xuất hiện một cách tự nhiên. Trên quan điểm mô hình cân bằng quản lý, xem xét tổng quát dạng n-người chơi ở dạng bình thường.

Trong cuộc chơi (game) có n tham gia. Mỗi người chơi i có một tập hợp $\tilde{X}_i$. Trong tập hợp $\tilde{X} = \prod_{i=1}^{n}\tilde{x}_i$ cho trước các hàm phần thưởng thắng cuộc $u_i\,(i=\overline{1...n})$. Ngoài ra, cho trước n phép biểu diễn điểm - tập hợp $X_i : \tilde{X} \to \prod(\tilde{X}_i)(i=\overline{1...n})$.

Phần tử $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$ của tập hợp $\tilde{X}_i$ được gọi là trạng thái của trò chơi (game), nếu $X_i \in X_i(x)(i = \overline{1...n})$. Trong khi đó, hình chiếu thứ i X_i của vector X được gọi là chiến lược của người chơi i, tương ứng với trạng thái X, còn tập hợp $X_i(x)$ là tập hợp tất cả các chiến lược của người chơi tương ứng với trạng thái đã đề cập. Như vậy, theo định nghĩa, game n người trong dạng bình thường là một đối tượng:

$$G = \{(\tilde{X}_i)_{i=1}^n, (u_i)_{i=1}^n, (X_i)_{i=1}^n\} \quad (29)$$

Trạng thái cân bằng theo ý nghĩa của game Nash G là một vector $\tilde{x}(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, ..., \tilde{x}_n)$ với các thuộc tính sau đây:

$$\overline{x}_i \in x_i, (\overline{x}_1, \overline{x}_2, ..., \overline{x}_n)(i = \overline{1..n}) \quad (30)$$

$$u_i(\overline{x}_1, ..., \overline{x}_{i-1}, ..., \overline{x}_i, ..., \overline{x}_n) = \max u_i(x_1, ..., x_n) \quad (31)$$

Hiện có nhiều bài toán chứng minh sự tồn tại cân bằng trong game G. Tuy nhiên, giả định về tiêu chí tối ưu hóa toàn cầu, cứ cho rằng các điều kiện cân bằng, trong đó, đạt được lợi ích tối đa cho tất cả các nhà quản lý và người tiêu dùng. Điều này là phi thực tế, bởi vì, đối với một tác nhân quản lý riêng rẽ, hoạt động bên ngoài trạng thái này tỏ ra được ưa chuộng hơn. Ngoài ra, không có sự đảm bảo cho tất cả người tham gia có thể chọn một chiến lược hoạt động đúng đắn. Giả định về tính thống nhất và tính nhận thức hoạt động của các tác nhân quản lý làm giảm đáng kể mức độ phù hợp của mô hình.

Thông thường, khái niệm về cân bằng quản lý gắn liền với sự hiện diện của những lợi ích trái ngược, do đó, mô hình cân bằng đôi khi được gọi là mô hình của một nền quản lý cạnh tranh. Giải thích quản lý của mô hình Arrow-Debreu là xem xét một hệ thống quản lý kín (không có liên hệ với thế giới bên ngoài).

Trong hệ thống có một số loại sản phẩm. Giả định rằng nền quản lý bao gồm $(n+m+1)$ thành phần. Thành phần thứ nhất m là các nhà quản lý, $x \in X_i(i = \overline{1..m})$ là các phương thức quản lý.

Thành phần N tiếp theo là người tiêu dùng và được mô tả bởi hàm tiện ích $(u_1, \dots, u_n)$. Số $u_i(y)$ cho thấy giá trị tiện ích từ tiêu thụ của người tiêu dùng j đối với mặt y. Thành phần cuối cùng được gọi là cơ quan định giá. Quan hệ tài chính giữa người quản lý và người tiêu dùng được xác định bởi ma trận $\Theta = \|\Theta_{ji}\|, \Theta_{ji} \ge 0, \sum \Theta_{ji} = 1$. Phần tử Θ_{ji} là phần lợi nhuận của nhà quản lý i, khi họ san sẻ cho người tiêu dùng j.

Trạng thái cân bằng của mô hình Arrow-Debreu là trạng thái $(\overline{x}_1, \dots, \overline{x}_m, \dots, \overline{y}_1, \dots, \overline{y}_m, \overline{p})$ thoả mãn các giới hạn:

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{m} \overline{x}_i \ge \sum_{j=1}^{n} \overline{y}_j; \max_{x_i \in X_i} \overline{p}(x_i) = \overline{p}(\overline{x}_i)(i = \overline{1..m}) \\ &\max_{x_i \in X_i} u_j(y_j) = u_j(\overline{y}_j)(j = \overline{1..n}) \end{aligned} \quad (32)$$

Lượng tối đa được thực hiện trên tất cả các y_j, thoả mãn bất đẳng thức:

$$\overline{p}(y_j) \le \sum \Theta_{ij} \overline{p}(x_i) \quad (33)$$

Hệ thức của mô hình chỉ ra rằng trong trạng thái cân bằng, nhà quản lý nhận được lợi nhuận tối đa trong các mức giá cân bằng. Tuy nhiên, đối với một tác nhân quản lý riêng rẽ, hoạt động bên ngoài trạng thái này tỏ ra được ưa chuộng hơn. Như đã nhắc đến ở trên, không có bất kỳ sự đảm bảo cho tất cả những người tham gia sẽ chọn được một chiến lược hoạt động đúng đắn. Điều này, làm giảm đáng kể mức độ phù hợp của mô hình. Cấp tiếp theo của mô hình, được phân tích trong nghiên cứu này là các mô hình động lực liên ngành, trong đó, nghiên cứu các tính chất cân bằng của thị trường, đặc biệt, các vấn đề làm thay đổi cân bằng. Còn tùy thuộc vào những thay đổi trong nhu cầu của người tiêu dùng và các vấn đề về tính bền vững của sự cân bằng, cũng như mô hình quản lý, bao gồm sự quản lý như là một bộ phận thiết yếu của mô hình. Trong các mô hình này, trạng thái tăng trưởng cân bằng được xác định, đặc trưng bởi một tập hợp các thông số quản lý và đặc điểm bằng khối lượng áp dụng các yếu tố quản lý, giá trị tăng trưởng của mô hình và giá trị của tỷ lệ lãi suất.

Mô hình được ứng dụng rộng rãi để đo sự phát triển quản lý, các chu kỳ quản lý, các giá trị cung và cầu, độ mềm dẻo của cầu, chi phí quản lý và tỷ lệ tích lũy, mối liên kết giữa các ngành quản lý. Trong số các mô hình phân tích của mối liên kết liên ngành có một phương pháp cổ điển được gọi là phương pháp "đầu vào - đầu ra", hoặc cân bằng liên ngành, đây là một điều kiện tiên quyết để phát triển các mô hình công nghệ quan trọng như: Mô hình Gale, mô hình von Neumann, cũng như các mô hình phân tích động lực quản lý.

Quản lý được chia thành n lĩnh vực (ngành), mỗi ngành quản lý một sản phẩm và tiêu thụ sản phẩm của các ngành khác (kể cả của chính mình). Giả định rằng mô hình chứa sản phẩm chỉ sử dụng một lần. Biểu thị x_i là tổng sản lượng của ngành i, còn x_{ij} là số lượng sản phẩm của ngành i được ngành j tiêu thụ. Số sản lượng thuần của mỗi ngành, nghĩa là có số dư thừa x_i so với $\sum x_{ij}$ đưa ra để tiêu thụ bên ngoài và thoả mãn nhu cầu cuối cùng (bên ngoài). Sự cân bằng đầy đủ các đầu vào và đầu ra (chi phí và sản lượng) của toàn bộ nền quản lý có thể được thể hiện bởi một hệ n phương trình:

$$x_i = \sum_{i=1}^{n} x_{ij} + c_i \qquad (34)$$

Trong đó, c_i là lượng cầu cuối đối với sản phẩm i. Trong trường hợp, nếu ngành này chỉ có một phương thức quản lý, có thể viết như sau:

$$x_{ij} = a_{ij} x_j \qquad (35)$$

Với, a_{ij} là hệ số đầu vào liên tục của sản phẩm i trên một đơn vị đầu ra của ngành j. Hệ phương trình trên áp dụng với dạng:

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + c_j \qquad (36)$$

Giả sử, p_i biểu thị cho giá sản phẩm của ngành i,w là tiền lương và q_i là lợi nhuận trên mỗi đơn vị sản lượng trong ngành i. Tỷ lệ chi phí lao động được ký hiệu là $a_{n+1,i}$. D_p khi chi phí quản lý của một đơn vị sản phẩm ngành i là bằng nhau, do đó có:

$$\sum a_{ij} p_j + a_{n+1,i} w \qquad (37)$$

Nếu đạt được sự cân bằng cạnh tranh dài hạn, lợi nhuận trong tất cả các ngành sẽ biến mất, còn hệ thống trước được quy về dạng:

$$p_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} p_j + a_{n+1,j} w \qquad (38)$$

Nghiên cứu đã xem xét nhiều vấn đề liên quan đến các quá trình thích ứng phổ biến:

(i) Lượng cầu quá lớn về hàng hoá dẫn đến tăng giá, lượng cung quá lớn dẫn đến giảm giá;

(ii) Ở mỗi ngành đều có thu nhập dương (hoặc âm) dẫn đến sự gia tăng (hoặc giảm) khối lượng quản lý.

Cần lưu ý rằng, trong điều kiện khủng hoảng quản lý, các cơ chế điều tiết thị trường nói trên bị thay đổi nhiều do sự xuất hiện động cơ hành vi tiêu cực. Do đó, các mô hình cổ điển, được xây dựng dựa trên mô tả các quá trình thích ứng tương tự, không phải luôn luôn là thích hợp. Việc mô tả chính thức các cơ chế này cần xem xét và cải tiến.

Phương pháp cổ điển cũng bao gồm việc nghiên cứu tính ổn định của hệ thống, trong đó, mỗi sản phẩm có khả năng thay thế bất cứ sản phẩm khác. Các kết quả được thể hiện trong các công trình của Hicks, Errou và Hurwicz, Blockk và Hurwicz, Khan, McKenzie, Uzawa,... [9], [12], [13], [14]. Tất cả các nghiên cứu theo phương pháp của những tác giả này có thể được chia thành hai loại. Phương pháp thứ nhất là xây dựng một mô hình động lực (mô hình tiến trình) , mô hình này đáp ứng được một số giả định về hành vi quản lý vi mô (ví dụ: các doanh nghiệp phấn đấu thu được lợi nhuận tối đa), và đi sâu nghiên cứu các tính chất ổn định của mô hình này. Cần lưu ý rằng, những mong muốn tối đa hóa thu nhập người lao động, mặc dù là một tiêu chí rõ ràng, tuy nhiên, không có nghĩa là các quyết định quản lý chỉ được thực hiện theo tiêu chí này. Có nhiều trường hợp dẫn đến việc buộc phải ra các quyết định khác. Điều này có thể là do sự nhạy cảm khác nhau của các cơ sở đào tạo đối với rủi ro, do nhiều động lực cá nhân của hành vi, hoặc do sự thay đổi không thể đoán trước trong điều kiện thị trường,...

Trong phương pháp thứ hai giả định về các thuộc tính của hàm tổng dư cầu phải xác định xem liệu có đạt được trạng thái cân bằng. Trong lý thuyết về sự ổn định vấn đề bền vững cân bằng quản lý toàn cầu chưa được nghiên cứu đầy đủ. Lưu ý, trong nhiều mô hình phức tạp, có tính đến việc phân phối lại tài sản, vấn đề về ổn định gần như hoàn toàn không được nghiên cứu. Trong nghiên cứu các vấn đề bền vững toàn cầu cần phải nghiên cứu sự thay đổi của giá cân bằng để đáp ứng cho những thay đổi trong các hàm lượng cầu $c(p,\bar{v},1)$ và hàm lượng cung $r(p,\bar{v},1)$ cũng như những thay đổi trong các hệ số chi phí vật liệu A và hệ số của các yếu tố chi phí B. Giả định những thay đổi:

$$\begin{aligned} &c(p,v,1) \to c(p,v,1)+ \\ &+\delta c(p,v,1)\, A \to A+\delta A \end{aligned} \tag{39}$$

$$\begin{aligned} &r(p,v,1) \to r(p,v,1)+ \\ &+\delta r(p,v,1)\, B \to B+\delta B \end{aligned} \tag{40}$$

Được thực hiện để hệ thống mới có điểm cân bằng, cho phép thay đổi:

$$x_0 \to x_1,\, p_0 \to p_1, v_0 \to v_1 \tag{41}$$

Tương ứng trong các khối lượng sản lượng và giá cả. Điểm (p_0, v_0, x_0) là nghiệm của các phương trình:

$$x = Ax + c(p,v) \tag{42}$$

$$Bx = r(p,v) \tag{43}$$

$$p' = p'A + v'B \tag{44}$$

Xem xét một trường hợp đặc biệt là chỉ thay đổi một hàm cầu $\delta c_i \geq 0$ hoặc một hàm cung $\delta r_i \geq 0$. Hệ này là hệ tĩnh, không tính đến tiến trình thay đổi. Phương pháp này cũng như các phương pháp trước đây đều dựa trên sự mô tả về các cơ chế phản ứng thị trường đã biết trong nền quản lý chuyển đổi và đã bị biến đổi đáng kể, như đã đề cập ở trên.

Mô hình phân tích tiến trình quản lý mô tả nhiều phương án phát triển quản lý [11], [15]. Mô hình một sản phẩm Solow mô tả các tính năng chính thức cơ bản của tiến trình quản lý [16]. Mô hình Solow, trong đó có tỷ lệ tích lũy, đã được Shell nghiên cứu, tác giả chỉ ra rằng quỹ đạo phát triển quản lý tối ưu có “đường trục”. Các mô hình, có tính đến việc công nghệ quản lý thay đổi theo thời gian, mô tả tiến bộ kỹ thuật. Tất cả các mô hình này đều quan tâm về mặt lý thuyết và cho phép xây dựng các mô hình phân tích tiến trình tỷ lệ liên ngành, trong số đó, mô hình quan trọng nhất là mô hình động lực cân bằng liên ngành.

Mô hình Leontief thường được chuyển thành mô hình tiến trình bằng cách ứng dụng trong mô hình này các đại lượng lag quản lý và tiêu dùng. Nhóm tác giả phân tích một mô hình tiến trình điển hình đa ngành với một gia tốc.

Giả sử a_{ij} là chi phí hiện tại của sản phẩm i để quản lý sản phẩm j (các hệ số chi phí hiện hành) và b_{ij} là số lượng sản phẩm i cần được đầu tư vào ngành j để tăng sản lượng của ngành này lên đơn vị (tỷ lệ đầu tư). Khi đó, các phương trình cân bằng cơ bản có thể được viết như sau:

$$\begin{aligned} x_i(t) &= \sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i(t) + \\ &+\sum_{i=1}^{n} b_{ij} \left[x_j(t+1) - x_j(t) \right] + c_i \end{aligned} \tag{45}$$

Trong đó, c_i là nhu cầu cuối cùng đối với sản phẩm i.

$$p_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} p_j + r \sum_{j=1}^{n} b_{ij} p_i + a_{n+1,i}\, p_{n+1} \tag{46}$$

Những phương trình này chứa $n+1$ nghiệm chưa biết, do đó, có cùng một mức độ tự do.

Hệ thống xác định khối lượng sản lượng được gọi là mô hình tiến trình theo nghĩa là ở một mức độ sản lượng và nhu cầu cuối cùng cho trước đối với sản phẩm trong thời gian t. Mô hình này xác định mức sản lượng trong khoảng thời gian $t+1$. Tuy nhiên, quá trình phát triển là không lặp lại và sự thay đổi không đáng kể đối với các yếu tố không có trong mô hình, có thể dẫn đến sự thay đổi trong kết quả hoạt động của hệ thống. Vì vậy, giả định về phản ứng đơn trị của hệ thống đối với sự thay đổi trong nhu cầu cuối cùng làm mô hình đơn giản hơn. Mô hình này thiếu ý tưởng phương thức trực quan của hệ thống để phản ứng lại với những thay đổi của môi trường.

Các hệ số a_{ij} và b_{ij} không chỉ trực tiếp còn gián tiếp bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi mức tiền lương thông qua các thay đổi về giá. Do tốc độ tăng trưởng cân bằng được xác định bởi các đại lượng a_{ij} và b_{ij}, nên tốc độ này cũng được xác định bởi lượng cung lao động và tiến bộ công nghệ. Ở chế độ tự do cạnh tranh trong quản lý, các trường đại học không nhận được bất kỳ lợi ích hay thiệt hại. Nói cách khác, việc có lợi nhuận dương thu hút nhiều trường đại học mới vào ngành quản lý, và các trường đại học mới này làm cho giá cả tăng cao và làm giảm học phí cho suốt quá trình cho đến khi lợi nhuận bằng không (0). Có các điều kiện cân bằng sau đây:

$$p_i = \sum_{i=1}^{m} a_{ij} p_j + \sum_{i=1}^{m} b_{ij} p_j + a_{n+1,i} p_{n+1} \qquad (47)$$

$$p_k = \sum_{k=m+1}^{n} a_{jk} p_j + \sum_{k=m+1}^{n} b_{jk} p_j + a_{n+1,k} p_{n+1} \qquad (48)$$

Tuy nhiên, như trong các trường hợp trước đây, những điều kiện này không phải luôn luôn là mục đích và có thể không xác định được toàn bộ hành vi quản lý. Phân tích các phương pháp tiếp cận để mô hình hóa nền quản lý, trong đó, các "trường đại học" vay vốn bên ngoài để kết hợp dịch vụ vốn với lao động. Có thể phân biệt hai loại cạnh tranh: Cạnh tranh mãnh liệt và cạnh tranh yếu. Nếu chi phối bởi sự cạnh tranh yếu, các doanh nghiệp chuyên quản lý hàng hoá cạnh tranh đang chuyển hướng từ mức lợi nhuận biên thấp sang hướng mức lợi nhuận cao. Do cạnh tranh, các mức lợi nhuận biên khác nhau được cân bằng thành một mức lợi nhuận duy nhất. Tuy nhiên, nếu chi phối bởi sự cạnh tranh mãnh liệt, thì hiện hữu của mức lợi nhuận dương sẽ dẫn đến việc xuất hiện nhiều trường đại học mới, họ làm tăng giá đối với các yếu tố đầu vào và làm giảm giá các sản phẩm cho đến khi luân chuyển lợi nhuận về số không. Đối với lợi nhuận âm thì có quá trình ngược lại.

Hệ phương trình xác định vector giá cân bằng lâu dài có một mức độ tự do. Để giá cân bằng lâu dài không thay đổi, cần phải cố định mức tiền lương thực tế *w*, hoặc mức tiền lương qui định p_{n+1}. Nếu thay đổi lượng cầu cuối cùng đối với các sản phẩm vi phạm điều kiện này, thì dẫn đến thay đổi về giá , kéo theo là thay đổi hệ số chi phí hiện tại tối ưu $a_{i,j}$ và các hệ số chi phí vốn b_{kj}. Lưu ý rằng, trong phương pháp này giả định về tính đơn trị tuyệt đối trong phản ứng với những thay đổi điều kiện hoạt động. Điều này không quan sát thấy trong thực tế. Có thể khẳng định rằng, để đáp lại việc tăng giá hàng hoá được quản lý bởi một trường đại học riêng biệt, thì đường cộng chi phí biên cần phải hướng lên trên và sang phải, lên đến một mức nhất định. Nhưng trường đại học này tăng sản lượng lên đến một mức độ cụ thể, thì không thể thảo luận chính xác. Vì vậy, các giả định này làm giảm mức độ phù hợp của mô hình.

Ngay cả khi chấp nhận giả thiết của Ricardo và Mark là hệ số không nhạy cảm với những thay đổi trong lượng hữu hạn do một đội quân lao động "dự trữ", thì các chỉ số này không phải là hằng số theo nghĩa tuyệt đối, và có thể bị những thay đổi khác, chẳng hạn như mức sống của nhân dân. Lưu ý, trong hệ thống tiến trình Leontief với các hàm số quản lý tân cổ điển được xem là một hệ thống quản lý khép kín, trong đó, tổng lượng cầu không thể vượt quá tổng thu nhập của người lao động và được xác định bằng tổng số việc làm và giá cân bằng dài hạn. Trong dạng ma trận này, điều này có thể được viết như sau:

$$X_i = \left[A^* + D^* L^*\right] X_t + B^*[X_{t+1} - X_t] \quad (49)$$

Với, A^* là ma trận hệ số của hiện tại, B^* là ma trận hệ số chi phí vốn, L^* là vector các hệ số chi phí lao động, ngoài ra, tất cả các đại lượng này đều dành cho giá cân bằng dài hạn. Đây là phiên bản của hệ thống tiến trình Leontief xác định khối lượng vốn cũng như không vốn.

Tỷ lệ lãi suất ở trạng thái cân bằng lâu dài là một hàm suy giảm mức lương thực tế, hàm này dịch chuyển lên trên, nếu trong ngành đang trải qua tiến bộ kỹ thuật. Cải tiến kỹ thuật dẫn đến tốc độ tăng trưởng sản lượng cao hơn, không ảnh hưởng đến mức tiền lương thực tế. Để nâng mức lương thực tế lên trên mức tối thiểu cần phải tăng tiến độ tăng trưởng cân bằng ngang với sự tăng trưởng dân số. Giai đoạn phân tích tiếp theo là hệ thống tiến trình Leontief dạng với một tập hợp các phương pháp công nghệ [11], [16]. Mô hình này giúp giải quyết vấn đề khi một hệ thống trong đó mỗi ngành có một số hữu hạn các phương pháp công nghệ rời rạc thay thế hàm quản lý tân cổ điển. Sự phân tích các thay đổi cơ cấu do cải tiến công nghệ kỹ thuật là giải pháp động lực và khác với phương pháp tĩnh để thay đổi cấu trúc.

Sự cân bằng không ổn định chỉ khi tăng hoặc giảm giá trị các luồng vốn có ảnh hưởng mạnh mẽ đến việc xác định giá (sử dụng yêu cầu Solow để trạng thái cân bằng, không hướng đầu tư nào tỏ ra có lợi thế hơn các hướng khác). Tập hợp $P(\varepsilon)$ giá cân bằng lâu dài là ổn định trên toàn cầu, nếu các thiệt hại (hoặc sở hữu) vốn do thay đổi giá được cho là nhỏ không đáng kể.

$C(t)$ là hàm lượng cầu cuối cùng được cho trước. Giả sử rằng nhu cầu cuối cùng tỉ lệ với tổng số việc làm trong thời gian t, hệ thống tiến trình "đầu vào - đầu ra" có thể được viết theo hình thức sau đây:

$$X(t) = AX(t) + B\left\{X(t+1) - X(t)\right\} + C(t) \quad (50)$$

Trong đó, A là ma trận hệ số chi phí vận hành công nghệ; B là ma trận hệ số của chi phí vốn, $C(t)$ là vector nhu cầu tiêu dùng.

Nếu xu hướng tiêu thụ dài hạn nhỏ hơn một đơn vị, thì tỷ lệ tăng mức tăng trưởng cân bằng η_1 lớn hơn mức lãi suất vay vốn r, nếu bằng một đơn vị thì $\eta_1 = r_1^s$. Trạng thái tăng trưởng cân bằng được gọi là ổn định khi đối với một quỹ đạo bất kỳ, bắt đầu từ khối lượng sản phẩm tùy chọn ban đầu, có tốc độ tăng trưởng của mỗi sản phẩm là đường tiệm cận gần với tốc độ trăng trưởng cân bằng. Sự ổn định được gọi là thường xuyên nếu mức độ của đường quỹ đạo tăng trưởng cân bằng bắt đầu từ một trạng thái ban đầu, cao hơn mức của quỹ đạo bắt đầu từ một trạng thái ban đầu nhỏ hơn, tức là, nếu có bất đẳng thức $X(0) \le X^*(0)$ thu hút $g_1 \le g_1^x$.

Như vậy, tổng quan về các phương pháp tiếp cận chính để mô hình hóa các quá trình quản lý đã chỉ ra rằng, tính toán sự thích ứng là một yếu tố trong hành vi quản lý xảy ra ở nhiều trường hợp. Tuy nhiên, việc này không phải đều đáp ứng được nhu cầu thực tế, do đó, cần phải hoàn thiện và cải tiến việc tính toán thích ứng này.

Cần lưu ý rằng, vấn đề tổng hợp hệ thống quản lý là rất phức tạp. Thường việc cải tiến hệ thống được thực hiện như là một sự biến thể của nó, và trong trường hợp này thuật ngữ được chấp nhận là "tổng hợp những cải tiến tối ưu". Do đó, các mô hình thích hợp để tổng hợp chủ yếu ở góc độ lý thuyết và phương pháp nghiên cứu, chưa phải là góc độ thực tế.

4. Khái niệm về quản lý thích ứng trong hệ thống tổ chức - quản lý

Công nghệ điều khiển thích nghi trong các hệ thống quản lý là một thể lệ qui trình lặp bốn chu tuyến để xử lý và thông qua quyết định thích ứng trong quá trình phát triển quản lý.

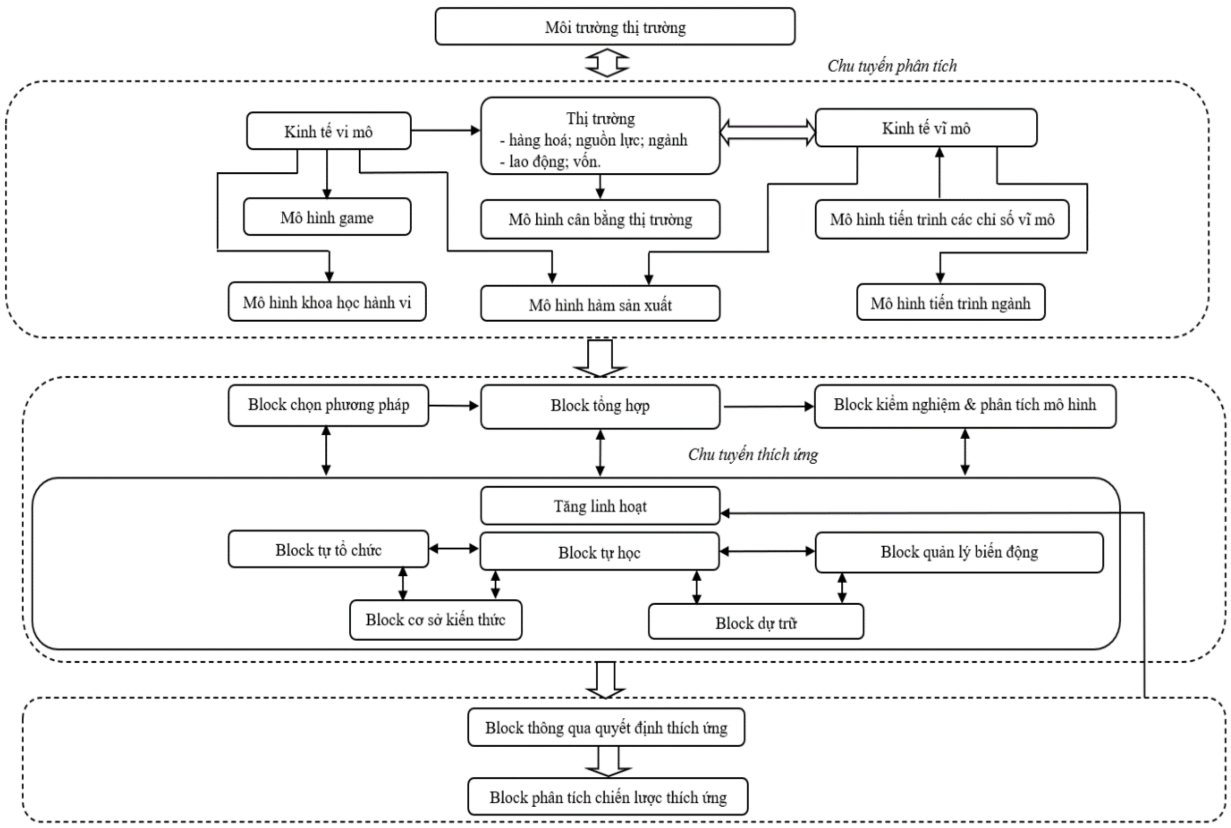
Mục đích của việc nghiên cứu này là nhằm phát triển một tổ hợp các cơ chế thích nghi để nâng cao hiệu quả quản lý phát triển các hệ thống quản lý.

Để đạt được mục tiêu này cần phải tổng hợp các mô hình thích ứng cấu trúc của các hệ thống quản lý, nghiên cứu sự ảnh hưởng của thích nghi đối với quá trình ổn định trên các thị trường khác nhau, xác định và đánh giá định lượng vai trò của sự thích nghi trong quá trình tiến hoá quản lý (Hình 1). Trong chu tuyến phân tích thực hiện việc nghiên cứu phân tích các phương pháp tiếp cận hiện có để mô hình hóa những quá trình quản lý nhằm lựa chọn một tập hợp phương pháp mô phỏng. Tùy thuộc vào mức độ chi tiết, môi trường thị trường được đại diện bởi ba cấp của các hệ thống quản lý: Vi mô, vĩ mô và thị trường.

Hệ thống quản lý vi mô là một hệ thống tương đối tự trị, được đặc trưng bởi mức độ phụ thuộc cao vào môi trường quản lý và có ảnh hưởng không đáng kể tới sự hình thành của môi trường quản lý.

Hệ thống quản lý vĩ mô cho phép mô tả một số lượng nhỏ các thông số và được đặc trưng bởi sự ổn định tương đối, do đó, tạo thành môi trường quản lý đúng nghĩa và có một mức độ ảnh hưởng lẫn nhau rất cao.

Các mô hình toán học đã xem xét ở phần trên có thể được chia thành các nhóm sau: Mô hình khoa học hành vi, mô hình tiến trình các chỉ số quản lý vĩ mô, mô hình hàm quản lý, mô hình tiến trình ngành, mô hình trò chơi và mô hình cân bằng thị trường.



Hình 1. Sơ đồ khái niệm công nghệ quản lý thích ứng trong các hệ thống quản lý.

Mô hình khoa học hành vi có thể được coi là các cơ cấu được chính thức hóa cơ chế có mục tiêu chủ quan, trong đó mô tả hành vi của các thành phần tham gia hoạt động quản lý.

Mô hình khoa học hành vi được biết đến là mô hình được cải tiến trên cơ sở mô hình cân bằng thị trường kiểu mạng nhện, nhờ việc áp dụng các kỳ vọng thích nghi. Sự phân tích cho thấy rằng, cơ chế mục tiêu nói trên không thể luôn luôn đảm bảo một giải pháp bền vững [9], [12]. Nhược điểm chính của phương pháp này là sự thiếu chia sẻ thông tin giữa các tác nhân quản lý và quá trình học tập, trong khuôn khổ phương pháp này không có khả năng để phản ánh sự đa dạng về khái niệm của các tác nhân đối với mức giá kỳ vọng.

Mô hình động lực (mô hình tiến trình) chỉ số vĩ mô nghiên cứu hành vi của các hệ thống, phụ thuộc vào sự biến đổi của các tham số. Tuy nhiên, mô hình này không tính đến các động cơ của đối tượng vi hệ, trong đó tổng hợp của hệ thống quản lý vĩ mô.

Mô hình hàm quản lý tạo nên khả năng ước tính giá trị đầu ra của các tham số đầu vào. Tuy nhiên, mô hình này cũng có những nhược điểm tương tự như mô hình tiến trình chỉ số vĩ mô, tức là chưa đủ mức độ chi tiết hoá.

Mô hình động lực ngành (mô hình tiến trình ngành) được sử dụng để tối ưu hóa các quá trình tương tác giữa các ngành quản lý.

Hầu hết các mô hình này liên quan đến việc sử dụng của cả hai cơ chế thích ứng: Cơ chế thích ứng rõ rệt và không rõ rệt để nâng cao tính hiệu quả, ổn định và tính kiểm soát của các quá trình phát triển quản lý. Xác định tính năng và qui luật phổ biến của các quá trình thích ứng thông thường, chúng được đặc trưng bởi sự hiện diện của các mối liên hệ phản hồi tích cực (dương) và tiêu cực (âm):

(i) Mối liên hệ phản hồi tiêu cực: Tăng lượng cầu đối với sản phẩm dẫn đến tăng giá của sản phẩm và ngược lại;

(ii) Mối liên hệ phản hồi tích cực: Tăng lợi nhuận trong các ngành dẫn đến một làn sóng các nhà quản lý tham gia vào các ngành này và tăng nguồn cung cấp, và ngược lại.

Các cơ chế liên hệ phản hồi này không đủ tính linh hoạt và đa năng, đồng thời, không dự báo trước được khả năng có thể xảy ra những biến đổi sâu sắc về cơ cấu trong các cơ chế này. Kết quả là, các mô hình dựa trên ứng dụng các phương pháp cổ điển tỏ ra không thích hợp trong nền quản lý hiện đại.

Ngoài ra, các mô hình như vậy thường có tiêu chí tối ưu hóa toàn cầu. Cần lưu ý rằng, giả định này không phải luôn phù hợp với thực tế. Điều này được lý giải do: Thứ nhất là người quản lý và người tiêu dùng đều không biết về sự tồn tại của tiêu chí này; thứ hai, có thể nói là tiêu chí toàn cầu mâu thuẫn với những khái niệm về chiến lược hành vi cần thiết.

Các mô hình cân bằng và mô hình trò chơi được xem là phương pháp phức tạp hơn để phản ánh thực tế quản lý, nền quản lý trong các mô hình này như là một tập hợp các hệ thống con. Và các hệ thống con tồn tại các tiêu chí riêng. Đối tượng nghiên cứu trong các mô hình này là việc phân tích các điều kiện tăng trưởng đều cân bằng thống nhất, khi người quản lý và người tiêu dùng đều có được lợi nhuận tối đa ở mức cân bằng. Giả định này cũng như tiêu chí tối ưu hóa toàn cầu, trong điều kiện hiện đại có thể sẽ không đứng vững. Cần lưu ý rằng, hoạt động bên ngoài trạng thái cân bằng có thể mang lại hiệu quả quản lý lớn hơn cho một nhà quản lý riêng biệt so với hoạt động trong trạng thái cân bằng. Điều kiện tăng trưởng cân bằng, trong đó cả người quản lý và người tiêu dùng đều có được lợi nhuận tối đa, không phải là mục tiêu và động cơ hành vi thực sự của một thực thể quản lý riêng biệt. Và kết quả là, các mô hình, mà chúng dựa trên những giả định này, chỉ nghiên cứu các khả năng giả định về sự tăng trưởng quản lý. Ngoài ra, phép đặt bài toán này giả định như một sự am hiểu tuyệt đối, nhận thức và gắn kết của các tác nhân quản lý, việc này làm giảm đáng kể mức thích hợp của các mô hình, hoàn toàn loại bỏ yếu tố tiêu cực ra khỏi động cơ hành vi thích nghi của người tiêu dùng và người quản lý. Các mô hình này chưa phản ánh hết tính đa dạng của các khái niệm và động cơ của hành vi quản lý.

CSác động gây bất ổn có thể dẫn đến sự phá vỡ và làm thay đổi hướng của các xu hướng chính, thế nhưng, không phải tất cả các mô hình đều được đưa vào các tình huống.

Ngoài ra, bảng hình thái (hệ biến hoá) mô hình hoá cổ điển không có bất kỳ ý tưởng về sự tìm kiếm độc lập các giải pháp tiến hoá tối ưu. Thích ứng trở thành một phần của quá trình quản lý và trở thành một tập hợp các hành vi thích ứng riêng rẽ.

Như vậy, tổng quan về những phương pháp chính để mô hình hóa các quá trình quản lý đã cho thấy sự thích ứng trong dạng rõ ràng và chưa rõ ràng được tính đến trong hầu hết các mô hình. Tuy nhiên, trong điều kiện của một nền quản lý chuyển đổi, có một số khía cạnh của lý thuyết mô hình hoá toán học cần phải xem xét và cải tiến hoàn thiện hơn.

Kết quả phân tích được trực tiếp áp dụng vào chu tuyến mô hình hoá quản lý - toán học. Vai trò lớn trong việc xây dựng toán học của vấn đề là sự lựa chọn công cụ toán học để thực hiện các mô hình trong khuôn khổ phương pháp được lựa chọn nhằm mô hình hóa các quá trình quản lý. Phương pháp toán học ưa thích được sử dụng trong luận án này là các thuật toán di truyền. Việc ứng dụng chúng đòi hỏi một phép đặt bài toán toán học đặc thù và phương pháp cụ thể để xây dựng cấu trúc dữ liệu. Những thuật toán này có thể thực hiện được ý tưởng thích nghi, cũng như các thuộc tính cố hữu của các hệ thống quản lý. Các thuật toán tiến hoá không những chỉ để phản ánh sự đa dạng của động cơ và nhận thức của các tác nhân liên quan đến chiến lược hành vi, còn có lợi thế đáng kể so với phương pháp tối ưu hóa khác. Thứ nhất, các thuật toán này có các giải thích tốt nhất cho quá trình quản lý; thứ hai, mô phỏng các quá trình trao đổi thông tin và học tập trong các hệ thống quản lý; thứ ba là phản ánh các quá trình tiến hóa của hệ thống tự tổ chức; và thứ tư, phù hợp với kết quả nghiên cứu, các thuật toán này cung cấp các dữ liệu thực nghiệm ở mức độ gần đúng cao hơn so với các phương pháp thay thế.

Ngoài ra, trong điều kiện khủng hoảng, những điểm qui định cơ bản của lý thuyết quản lý bị biến thể và cơ chế thích ứng thị trường tự nhiên bị vi phạm nghiêm trọng. Các thuật toán di truyền mô tả rất rõ ràng quá trình thích nghi, ngay cả trong trường hợp biến thể khủng hoảng.

Thành phần tiếp theo của chu tuyến mô hình hoá là block tổng hợp các mô hình quản lý - toán học. Xây dựng các kết luận chính hình thành cơ sở của quá trình xây dựng mô hình thích ứng với biến trong các hệ thống quản lý.

Môi trường bên ngoài không phải là đồng nhất đối với hệ thống. Điều kiện cần thiết để đảm bảo sự tồn tại của hệ thống là phân tích toàn diện của mối tương tác hệ thống với môi trường. Sự phản ánh mối tương tác này là hiệu quả của các yếu tố gây bất ổn. Tình trạng bất ổn phải chịu có thể là các tác động đầu vào lên đối tượng của nghiên cứu, cũng như sự phản ứng của đối tượng.

Các hệ thống quản lý ở các dạng bất kỳ, để phát triển cần phải có những xáo trộn, miễn là chúng từ trạng thái cân bằng. Những xáo trộn này được gọi là sự xuất hiện của qui luật đa dạng cần thiết. Như vậy, xét về một mặt cụ thể thì sự gây bất ổn định cũng hữu ích vì nó kích thích sự tiến bộ.

Hệ thống quản lý không có các yếu tố gây mất ổn định có nghĩa là “cam chịu” suy thoái. Tuy nhiên, hệ thống quản lý cũng có thể dẫn đến việc làm trầm trọng thêm tình hình khủng hoảng nếu nó có sự ảnh hưởng mạnh đến mục tiêu hoạt động toàn cầu của các hệ thống.

Quá trình ra quyết định về tương tác giữa hệ thống và môi trường bên ngoài là quan trọng và phức tạp nhất. Quản lý những yếu tố gây mất ổn định không chỉ giúp ổn định hệ thống, còn sử dụng hiệu quả hơn các tiềm lực nội tại của hệ thống. Như vậy, môi trường không ổn định của các hệ thống quản lý là một nguồn phát triển chủ yếu của các hệ thống quản lý này. Thích ứng là một phản ứng tự nhiên, tự phát của các hệ thống quản lý đối với các tác động gây bất ổn. Đặc tính này, hoặc ít, hoặc nhiều đều có trong tất cả các hệ thống. Thích ứng được xem như là mục tiêu và là một cơ chế thực hiện của hệ thống.

Do đó, quy định tiếp theo được sử dụng trong quá trình mô hình hoá, là sự khẳng định về tính chất nội tại của việc điều chỉnh quản lý (thích ứng quản lý). Có sự khác biệt giữa thích ứng tham số và thích ứng cấu trúc. Hệ thống thích nghi với điều kiện hoạt động biến đổi trong trường hợp thứ nhất bằng cách điều chỉnh các thông số, còn trong trường hợp thứ hai bằng cách thay đổi cấu trúc bên trong của hệ thống.

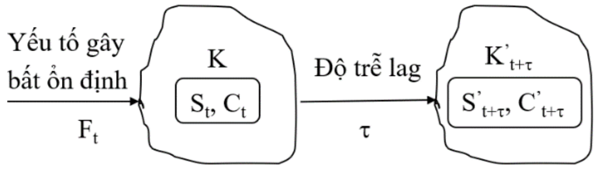
Như được thể hiện bởi các tổng quan lịch sử về chính sách quản lý của những nước phát triển, chấp nhận sự điều tiết thực tế của nhà nước đang dần chuyển dịch sang việc xây dựng cấu trúc tối ưu của nền quản lý và loại bỏ sự khác biệt. Vì vậy, phát sinh phép đặt bài toán sau để mô hình hóa các quá trình thích ứng trong các hệ thống quản lý.

Sử dụng các ký hiệu: t là yếu tố thời gian $t \in T$; U_t là hàm số đặc trưng cho hiệu quả hoạt động của hệ thống (có thể là một hàm số phúc lợi xã hội); C_t là hàm trạng thái của hệ thống; S_t là hàm cấu trúc của hệ thống; K_t là điều kiện, trong đó hệ thống hoạt động tại thời điểm t; τ là độ trễ (lag), thời gian chuyển đổi toàn phần từ trạng thái này sang trạng thái khác; F_t là yếu tố gây mất ổn định tại thời điểm t; X_t là tập hợp phép giải pháp các bài toán.

Giả sử rằng, hệ thống đặc trưng là trạng thái C_t và cơ cấu S_t hoạt động trong điều kiện xác định K_t. Xét tình trạng C_t và cấu trúc S_t là không thay đổi khi điều kiện hoạt động K_t không đổi.

Hệ thống có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố gây bất ổn, và chúng làm thay đổi các điều kiện hoạt động của hệ thống, với một số hệ số trễ lag, hệ thống chuyển sang trạng thái mới $C_t^{'}$ với một cấu trúc mới $S_t^{'}$ (Hình 2).

Như vậy, bài toán xác định cơ cấu động lực của hệ thống quản lý dưới ảnh hưởng của các yếu tố gây bất ổn cụ thể được đặt ra. Thông tin này có thể được sử dụng để nghiên cứu, xây dựng chiến lược điều tiết nhà nước hoặc điều tiết ngành. Có thể thấy rằng, vấn đề xoá bỏ sự mất cân bằng cấu trúc phát triển quản lý trở thành một vấn đề điều tiết ưu tiên.



Hình. 2. Tiến trình (động lực) của hệ thống.

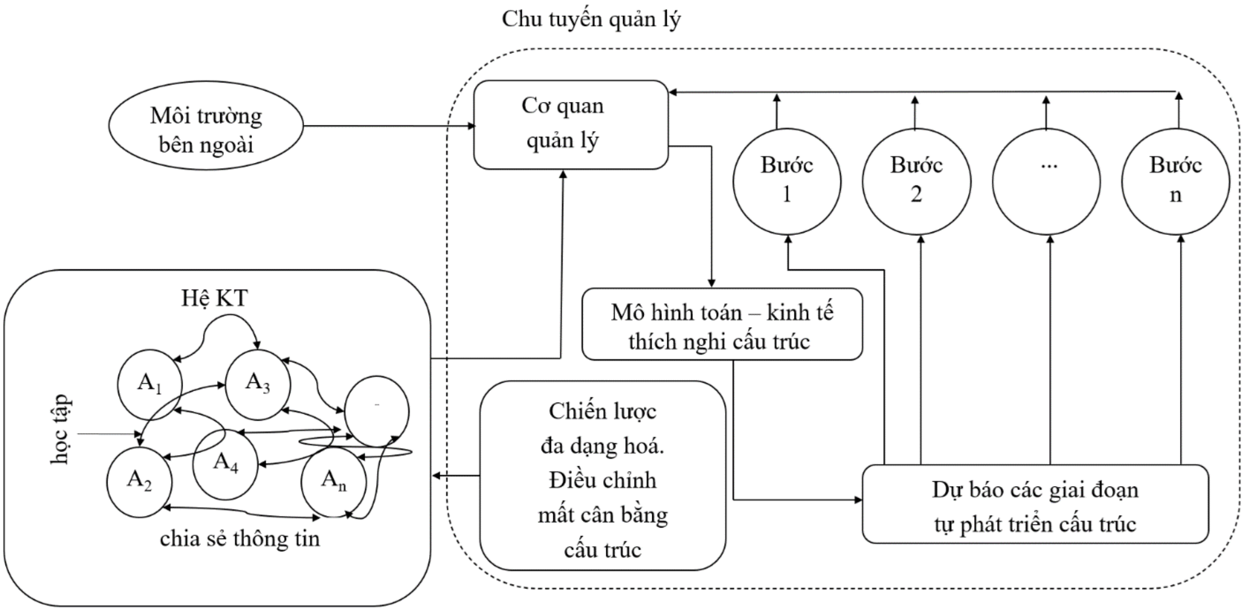
Tất cả các điều trên, đều tính đến đặc thù của phương pháp được lựa chọn trong nghiên cứu này là tổng hợp mô hình thích nghi cơ cấu của các hệ thống quản lý. Ngoài ra, chu tuyến mô hình hoá bao gồm các thủ tục phân tích và kiểm tra mô hình. Ở giai đoạn này, tiến hành so sánh các dữ liệu thử nghiệm với dữ liệu thu được khi thực hiện mô hình. Tính toán hệ số xấp xỉ (gần đúng) và rút ra kết luận về các mô hình đề xuất trong nghiên cứu phản ánh chính xác các quá trình thực tế. Bước tiếp theo là đánh giá hiệu quả quản lý thích ứng trong các hệ thống quản lý, sau đó, đưa ra kết luận về tính hợp lý của việc ứng dụng bảng hình thái (hệ biến hoá) quản lý được đề xuất trong nghiên cứu. Kết quả thực hiện mô hình được sử dụng trong chu tuyến quản lý, chu tuyến này bao gồm các block phân tích chiến lược thích nghi và thông qua quyết định. Sơ đồ tổ chức quản lý được trình bày trên Hình 3.

Giả định rằng hệ thống quản lý, trong đó có các quá trình trao đổi thông tin và học tập, do ảnh hưởng của các yếu tố gây mất ổn định đã tự tìm ra tình trạng tối ưu. Mô hình quản lý - toán học cho khả năng theo dõi các giai đoạn tiến hóa tự phát triển cơ cấu và sử dụng thông tin này trong quá trình quản lý để loại bỏ những mất cân đối về cơ cấu và xây dựng phát triển các chiến lược đa dạng hoá đúng đắn.

Quản lý thích nghi nhằm mục đích để tăng tốc các quá trình tự phát triển, vì thời gian ổn định tự nhiên của các quá trình này có thể là không rõ. Trong block phân tích tiến hành xem xét những phương án chiến lược đa dạng hoá được coi là có khả năng nhất. Ưu tiên cho chiến lược biểu thị giá trị hàm thích hợp được đánh giá cao nhất.

Thông tin này được đưa vào mạch đệm linh hoạt của chu tuyến thích ứng, mạch đệm được đưa vào mạch chu tuyến mô hình hoá dưới dạng bộ phận thành phần.

Mạch chu tuyến thích ứng bao gồm các block thành phần tự tổ chức liên quan đến nhau, block cơ sở kiến thức, block dự trữ và block quản lý những thay đổi. Trong block cơ sở kiến thức tiến hành hợp thể tổng hợp kinh nghiệm quản lý trong điều kiện bất ổn. Đó có thể là những thông tin về biến động của cung và cầu đối với chính bản thân sản phẩm ngành của doanh nghiệp, cũng như đối với nguồn nguyên liệu ngành này tiêu thụ. Đó cũng có thể là thông tin về thất bại trong việc cung cấp các nguồn lực, hay cả về những thay đổi trong môi trường chính trị và pháp lý của hệ thống quản lý. Hậu quả là, có thể dẫn đến những thay đổi trong hiệu quả hoạt động của hệ thống quản lý...



Hình 3. Sơ đồ tổ chức quản lý hệ thống quản lý có tính đến quá trình thích ứng.

Quá trình lặp lại của quản lý thích ứng được thực hiện tiếp theo trong các block tự học tập và tự tổ chức. Ý tưởng của các quá trình này được thực hiện trong chính phương pháp mô hình hoá, cụ thể là bằng phương tiện của các thuật toán di truyền. Việc chọn giải pháp tốt nhất để kết hợp với sự trao đổi cấu trúc ngẫu nhiên cho phép mô phỏng các quá trình cạnh tranh thành công trong các hệ thống quản lý và các quá trình tự tổ chức.

Thông tin từ block tự học và block cơ sở kiến thức là nền tảng của quá trình hình thành dự trữ, trong đó, căn cứ vào các thông tin về những thay đổi có thể xảy ra trong cấu trúc, quản lý và công nghệ. Từ đó, sẽ xây dựng nên những dự trữ về nguồn lực và vốn. Những dự trữ này rất cần thiết để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tự tổ chức hệ thống và đảm bảo một hệ thống ứng phó hiệu quả trong trường hợp thay đổi các điều kiện hoạt động của hệ thống.

Trong block quản lý (kiểm soát) những thay đổi tiến hành so sánh các điều kiện thực tế để thực hiện các chiến lược thích ứng cùng với những vấn đề đã được đưa vào xem xét khi ra quyết định. Trong block này cũng thực hiện việc điều chỉnh các chiến lược.

Ngoài ra, tại mỗi bước lặp sẽ tiến hành kiểm tra sự phù hợp của các thành phần cấu trúc mạch chu tuyến thích ứng với mức độ của các bài toán đang được giải quyết. Trong trường hợp khả năng của chúng không đáp ứng yêu cầu thực tế, sẽ xem xét và sửa đổi.

Như vậy, khái niệm về quản lý thích ứng trong các hệ thống quản lý thực hiện ý tưởng về bản chất kép của thích ứng. Một mặt, hệ thống tự thích ứng thông qua quá trình trao đổi thông tin và học tập, mặt khác, thích nghi được đặt trong các quá trình quản lý. Trước hết là để đẩy nhanh quá trình tiến hóa tự nhiên, thứ hai là thông qua các biện pháp đã xem xét trong block dự trữ, tiến hành xây dựng các điều kiện thuận lợi cho việc tự tổ chức của hệ thống, và đảm bảo sự phản ứng hiệu quả của hệ thống trong trường hợp thay đổi điều kiện thực hiện chiến lược.

5 Phương pháp xây dựng các phương án quản lý thích ứng đối với hệ thống quản lý

5.1. Mô hình xây dựng phương án quản lý thích ứng đối với hệ thống quản lý

Khi tổng hợp quản lý tối ưu các quá trình hoạt động, một trong những vấn đề quan trọng nhất, từ một quan điểm thực tế, là bài toán lựa chọn phương án quản lý tối ưu. Dưới dạng những phương án quản lý có thể xuất hiện hàng dãy dài các hoạt động có mục đích, phương thức hoạt động của cơ sở,... trong thực tế, thường phổ biến trong dạng một tập hợp hữu hạn nhất định. Vấn đề này liên quan chặt chẽ với bài toán tối ưu hoá các thông số của hệ thống và ứng dụng của lập trình rời rạc trong quản lý các hệ thống động lực.

Giả định là, trong các thời điểm thời gian rời rạc t_i $(i=0,...,k)$ sẽ chọn được một trong N các phương án có thể $u(1),...,u(N)$ quản lý hoạt động của một hệ thống động lực với vector trạng thái $x(t_i)$ $(i=0,...,k)$ (vector $x(\cdot)$ của thứ nguyên n , vector $u(\cdot)$ của thứ nguyên mxN $m\geq 1$). Sự tiến hoá của vector trạng thái được xác định bởi F toán chuyển tiếp: Sự tiến hóa của các vector trạng thái $x(\cdot)$ được xác định bởi toán tử chuyển tiếp Φ :

$$x(t_{i+1})=\Phi\left[x(t_i),\mathrm{u}(t_i),\xi(t_i)\right] \qquad (51)$$

Trong đó, $\xi(t_i)-l$ là vector một chiều của tiếng ồn tác động lên hệ thống; $u(t_i)$ là phương án quản lý hệ thống động lực được lựa chọn ở thời gian t_i.

Trên quỹ đạo của hệ phương trình (51) cho trước một hàm (thường là hàm vô hướng) về lượng thiệt hại $L\left[x(t_i),\mathrm{u}(l_{t_i})\, i=0,...,k)\right]$. Bài toán lựa chọn phương án quản lý là xác định các phương án quản lý $u(l_{t_i})(i=0,...,k)$, phải đảm bảo được nghiệm của bài toán tối ưu hóa:

$$M\left\{L\left[x(t_i),\mathrm{u}(l_{t_i}),\xi(t_i)\ i=0,...,k\right]\right\}\to\max$$

Trong tập hợp các giá trị hợp lệ:

$$\left\{x(t_i),\mathrm{u}(l_{t_i}),\ i=0,...,k\right\}\in D \qquad (52)$$

Phép đặt bài toán này là tương đối tổng quát và bao gồm các trường hợp khác nhau đặc biệt của bài toán lựa chọn phương án quản lý tối ưu. Xem xét các mô hình toán học về lựa chọn các phương án thích nghi quản lý hệ thống động lực (hệ thống tiến trình). Giả định rằng, hệ thống động lực được mô tả bởi vector n chiều $(n>0)\,x(t,p)$, trong đó, p là vector m chiều $(m>0)$ của các tham số mô tả cấu trúc, thành phần và phương án hoạt động của hệ thống. Quá trình hoạt động xảy ra trong khoảng thời gian $\left[t_0,t_k\right]$(có thể vô hạn); $-\infty<t_0<t_k\leq+\infty$. Trên quỹ đạo của hệ thống động lực $x(t,p)$ $(t_0\leq t\leq t_k)$ cho sẵn tiêu chí hiệu quả của hệ $K(p)$ (dạng vector nói chung) của thứ nguyên l $(l>0)$. Họ $x(t,p)$ là một quá trình ngẫu nhiên đa chiều cho trước trên miền không gian xác suất (Ω,F,P) với một tập hợp đầy đủ các sự kiện $\{\varpi\in\Omega\}$ (ϖ - sự kiện cơ bản), F - σ là đại số và P là phương pháp xác suất (xác suất) được xác định trong các tập hợp từ F .

Đại lượng đại số bun thuộc các tập hợp con của tập hợp Ω được gọi là cấp A của các tập hợp con của tập hợp Ω chứa các tập hợp rỗng và đầy đủ, khép kín tương đối với các phép toán bổ sung, kết hợp và giao cắt đếm được. Cặp (Ω,A) được gọi là miền không gian đo được. Cần lưu ý rằng, nếu đạt được tính khép kín tương đối với sự bổ sung đếm được, thì yêu cầu về tính khép kín tương đối với thời gian đếm là không cần thiết. Để cấp A của các tập hợp con thuộc tập hợp Ω là một đại lượng đại số σ, và đủ để chứa các tập hợp rỗng, đầy đủ và là khép kín tương đối với các phép toán bổ sung và kết hợp. Quá trình ngẫu nhiên $x(t,p)$ được xác định trên đoạn $[t_0,t_k]$ và dãy tăng lên của các đại lượng đại số.

$\sigma\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}(A_{t_1}\subset A_{t_2}\ t_1<t_2\ t_1,t_2\in[t_0,t_k])$ được gọi là thích ứng; nếu ở mỗi $t\in[t_0,t_k]$ thì quá trình $x(t,p)$ là A_t đo lường được. Trong trường hợp này, các sự kiện của A là sự kiện xảy ra trước so với thời gian t.

Giả định $\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}$ là họ tăng lên của các đại lượng đại số con σ thuộc đại số σA. Phép biểu diễn τ của tập hợp con không (0) Ω_t thuộc tập hợp Ω trong khoảng $[t_0,t_t]$, nếu thoả mãn điều kiện $\tau\le t\in A_t$ với $t\in[t_0,t_k]$ là thời gian dừng. Đại số σ của các tập hợp con A_τ của tập hợp Ω_τ trùng với từng thời gian dừng, chúng thoả mãn điều kiện $A\bigcap\{\tau\le t\}\in A_t$ ở tất cả $t\in[t_0,t_k]$.

Sự kiện A_τ là trước đó so với τ. Trong trường hợp quá trình $x(t,p)$ rời rạc theo thời gian chỉ chấp nhận tập hợp đếm được hoặc tập hợp các giá trị hữu hạn, τ là thời điểm dừng tương đối của họ $\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}$ chỉ khi $\{\tau=t\}\in A_t$ ở tất cả các thời gian t là các giá trị τ. Nếu τ là một thời gian dừng tương đối so với họ $\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}$, thì thời gian dừng là phép biểu diễn đo được bất kỳ $\xi(\tau):[t_0,t_k]\to[t_0,t_k]$ thoả mãn điều kiện $\xi(t)\ge t$ đối với tất cả $t\in[t_0,t_k]$.

Áp dụng hệ thức thứ tự vào tập hợp các thời điểm thời gian có thể khi chúng được xác định tương đối so với họ tăng lên cố định của đại lượng đại số $\sigma\{A_t\}$, nói cụ thể hơn là $\tau_1\le\tau_2$ (τ_1 xảy ra trước τ_2), nếu $\Omega_{\tau_2}\subset\Omega_{\tau_1}, \tau_1(\omega)\ge\tau_2(\omega)$ với $\omega\in\Omega_{\tau_2}$. Nhờ hệ thức thứ tự thời gian này có thể xác định giới hạn trên và giới hạn dưới của hai thời gian dừng tùy ý τ_1 và τ_2.

$$\overline{\tau}=\tau_1\vee\tau_2=\max[\tau_1(\omega),\tau_2(\omega)];$$

$$\overline{\overline{\tau}}=\tau_1\wedge\tau_2=\begin{cases}\tau_1(\omega),\ \omega\in\Omega_{\tau_1}\bigcap\Omega^c_{\tau_2}={\Omega_{\tau_1}}/{\Omega_{\tau_2}}\\ \min[\tau_1(\omega),\tau_2(\omega)],\ \omega\in\Omega_{\tau_1}\bigcap\Omega_{\tau_2}\\ \tau_2(\omega),\ \omega\in\Omega^c_{\tau_1}\bigcap\Omega_{\tau_2}={\Omega_{\tau_2}}/{\Omega_{\tau_1}}\end{cases}$$

Bên cạnh đó, miền xác định $\overline{\tau}$ là $\Omega_{\overline{\tau}}=\Omega_{\tau_1}\bigcap\Omega_{\tau_2}$. Như vậy, hàm $\overline{\overline{\tau}}$ được xác định là hàm của tập hợp $\Omega_{\tau_1}\bigcup\Omega_{\tau_2}$. Nếu (Ω,A,P) là không gian xác suất, τ là thời gian dừng xác định Ω_τ tương đối so với họ tăng lên $\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}$, và $x(t,p)$ $(t\in[t_0,t_k])$ là quá trình ngẫu nhiên (đa biến) thích nghi với $\{A_t, t\in[t_0,t_k]\}$, thì phép biểu diễn $x(\tau(\omega),p)$ của tập hợp Ω_τ vào tập hợp R^n được gọi là A_τ đo được, và thời gian dừng τ chấp nhận tập hợp các giá trị đếm khác nhau.

Do đó, có thể mô tả đầy đủ và hiệu quả hành vi hoạt động đa giai đoạn của các hệ thống động lực cho phép xây dựng một phương pháp luận các thời điểm thời gian Markov trong lý thuyết về các quá trình ngẫu nhiên. Xem xét bài toán hoạt động đa giai đoạn của hệ thống động lực $x(t,p)$ với sự trợ giúp của chuỗi thời gian Markov (thời gian dừng) $\tau_1,...,\tau_N$, trong đó, N là số giai đoạn hoạt động riêng biệt của hệ thống. Các giai đoạn được xác định bằng việc thực hiện hàng loạt các hoạt động mục tiêu khác nhau với kết quả là điều kiện hoạt động của hệ thống bị thay đổi. Việc này xảy ra hầu hết là do hệ thống hoạt động trong các miền $B_1,B_1,...,B_N$ không gian pha khác nhau. Thời điểm thời gian Markov ngẫu nhiên $\tau_1,...,\tau_N$ được xác định bởi các thời điểm thời gian rơi lần thứ nhất vào các tập hợp $B_1,B_1,...,B_N$ tương ứng. Các tập hợp $B_i(i=1,...,N)$ từng cặp một không cắt với $\mathrm{B_i}\bigcap\mathrm{B_k}=0(j,k=1,...,N)$. Giả sử, ban đầu họ các tập hợp $B_1, B_1, ..., B_N$ thoả mãn đặc tính không quay lại theo thời gian hoạt động.

$$\mathrm{P}\left\{\mathrm{x}(t_1,\mathrm{p}) \in \mathrm{B_i} \left| \mathrm{x}(t_2,\mathrm{p}) \in \mathrm{B_k} \right.\right\} > 0, l <$$
$$< k(l,k=1,...,N); t_1, t_2 \left[t_0, t_k\right], t_1 < t_2$$

Ở đây, $P\{.\}$ là xác suất cho trước trong không gian pha của các quỹ đạo thuộc hệ thống động lực. Điều kiện được hình thành có nghĩa là tổng thể các tập hợp $B_1, B_1, ..., B_N$ xác định hoạt động "tiến lên" của hệ thống. Trong trường hợp này, sự trở lại với giai đoạn trước đó là không thể, chỉ có thể chuyển sang các giai đoạn hoạt động có các chỉ số không lân cận (khác biệt là lớn hơn một đơn vị):

$$\begin{gathered}\mathrm{P}\left\{\mathrm{x}(t_1,\mathrm{p}) \in \mathrm{B_1} \left| \mathrm{x}(t_2,\mathrm{p}) \in \mathrm{B_k} \right.\right\} > 0, \\ \left|l-k\right| > 1, l \geq k; t_1, t_2 \in \left[t_0, t_k\right], t_1 < t_2\end{gathered} \qquad (53)$$

Hệ thức này nghĩa là có một số lựa chọn thay thế trong quá trình hoạt động của hệ thống, khả năng có thể không thực hiện được một số giai đoạn hoạt động, là nghiệm riêng của bài toán mục tiêu... Trong tập hợp các quỹ đạo $\overline{\mathrm{X}}$ có thể có của hệ thống $x(t,\mathrm{p})$ được tiến hành xem xét các sự kiện $A_i = \bigcup_t \left\{x(t,p) \in B_{ik}\right\}$. Sau đó, trong tập hợp A_i xác định hàm:

$$\begin{aligned}&\tau_i = \tau_i(\omega) = \\ &= \inf\left\{t : t \in \left[t_0, t_k\right] \cap \mathrm{x}(t,\mathrm{p}) \in \mathrm{B}_i\right\} (i=1,...,N)\end{aligned}$$

Như vậy, τ_i là thời gian đầu tiên, đối với nó $\mathrm{x}(t,\mathrm{p}) \in \mathrm{B_i}$, nghĩa là thời điểm thời gian đầu tiên rơi vào B_i (thời gian bắt đầu hoạt động của hệ thống trong miền B_i). Tiến hành xác định chuỗi thời gian Markov $\tau_1, ..., \tau_N$ bắt đầu thực hiện giai đoạn hoạt động thứ $i\left(i=1,...,N\right)$ của hệ thống. Nếu ký hiệu τ_1 là thời gian đơn định bắt đầu hoạt động của hệ thống $\tau = t_0$, còn τ_{N+1} là thời gian đơn định hữu hạn $(\tau_{N+1} = t_k)$, thì độ dài hoạt động được cho sẵn nhờ hệ thức $\Delta\tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i \left(i=1,...,N\right)$, hệ thức này xác định thời gian nằm trong miền phù hợp B_i của hệ thống.

Xét một trường hợp tổng quát, khi hệ thống có thể hồi trở về từ trạng thái B_i sang trạng thái (miền) B_k của không gian $\overline{X}$, trong đó, $k < 1\left(k,1=1,...,N\right)$. Để thực hiện được điều này cần mở rộng tập hợp các quỹ đạo (thực hiện) của hệ thống động lực trong dạng $\overline{\overline{\mathrm{X}}} = \left[t_0, t_k\right] \oplus \overline{\mathrm{X}}$ t, trong đó, $\oplus$ là biểu tượng của tích Descartes hai tập hợp. Trong trường hợp này, điều kiện (53) được thực hiện do tính không giao nhau của các tập hợp $\left[\overline{t}, \overline{\overline{t}}\right] \otimes \mathrm{B_i}\ (i=1,...,N)$, với $\left[\overline{t}, \overline{\overline{t}}\right]$ là khoảng thời gian hoạt động của hệ thống: $\left[t, \overline{t}\right] \subseteq \left[t_0, t_k\right]$.

Ở mỗi giai đoạn hoạt động $B_1, B_2, ..., B_N\left(N>0\right)$, bộ tiêu chí cho sẵn $K_i(p)\ (i=1,...,N)$ biểu thị các mục tiêu hoạt động của một trong số M module $(M>0)$ tham gia vào hệ thống. Giả định là các tiêu chí $K_i(p) = \left\{K_{i_1}(p), ..., K_{i_m}(p)\right\}$ xác định mục tiêu hoạt động ở giai đoạn i. Trong bài toán quản lý thực tế số lượng các mục tiêu hoạt động cho mỗi module là hữu hạn. Ví dụ cho giai đoạn i:

Cho module thứ nhất: $\left\{1, ..., m_1\right\}$,

Cho module thứ hai: $\left\{m_1+1, ..., m_2\right\}$,

...

Cho module M : $\left\{m_{M-1}, ..., m_M\right\}$,

Trong đó, $m_1, m_2, ..., m_M > 0$. Trong trường hợp này, tiêu chí $K_{ij}(p)$ xác định chất lượng (ví dụ, xác suất) thực hiện bởi module $j\ (j=1,...,M)$ trong giai đoạn $i\ (i=1,...,N)$ của mục tiêu hoạt động được chọn từ tập $\left\{m_{j-1}+1, ..., m_j\right\}$.

Như vậy, có tính đến sự tồn tại của một tiêu chuẩn hiệu quả chung $\overline{K_i}(p)$, nó phản ánh chất lượng thực hiện nhiệm vụ có mục đích bởi toàn bộ tổ hợp các module ở giai đoạn i, mục tiêu hoạt động khách quan của một module riêng rẽ có thể được lựa chọn (tối ưu), còn tất cả các lựa chọn thay thế được đưa vào tập hợp các thông số $\{\mathrm{p} \in \mathrm{P}\}$. Cấu trúc tập hợp các thông số có dạng thứ tự sau đây:

$$\mathrm{p} \in \mathrm{P} \Rightarrow \mathrm{p} = \left(\overline{\mathrm{p}}, \overline{\overline{\mathrm{p}}}\right)$$

Trong đó, $\overline{\mathrm{p}}$ là thành phần thứ nhất của tham số, p xác định sự lựa chọn mục tiêu hoạt động cho module j $(j = 1,...,M)$:

$$\begin{aligned}
&\mathrm{p} = \left\{ j, \mathrm{K_j} \right\},\ j = 1,...,\mathrm{M} \\
&\mathrm{K_j} \in \left\{ m_{j-1} + 1,...,m_j \right\},\ j = 2,...,\mathrm{M} \\
&\mathrm{K_j} \in \left\{ 1,...,m_j \right\},\ j = 1
\end{aligned}$$

Để kết hợp hai thành phần này thành một với chỉ số $j = 1,...,M$ thuận tiện cho việc đặt $m_0 = 1$

Giá trị có thể của thành phần $\overline{\overline{p}}$ thuộc vector $\mathrm{p} = \overline{\overline{(\overline{\mathrm{p}}, \mathrm{p})}}$, xác định việc lựa chọn thay thế các thông số thực hiện tập hợp mục tiêu hoạt động của các module riêng rẽ. Nếu thành phần thứ nhất (mục tiêu hoạt động) được chọn, thì mục tiêu thứ hai là biến chỉ. Giả sử, vector p có m chiều thuộc về không gian Heuristic R^m. Trường hợp quan trọng nhất (đầu tiên là phần đặt vào) có tính đến việc thực hiện các thuật toán điều khiển trên máy tính, khi $\overline{\overline{\mathrm{p}}}$ là một tập rời rạc.

Trong phép giải bài toán lựa chọn những phương án quản lý cho các hệ thống phức tạp cần phải xem xét các đặc điểm sau:

- Độ phức tạp của cơ cấu và phương thức hoạt động;
- Độ phức tạp và sự thay đổi mục tiêu trong quá trình hoạt động;
- Tính chất đa yếu tố không thể đoán trước trong điều kiện hoạt động.

Tất cả những điều này dẫn đến sự cần thiết liên quan đến hệ thống quản lý thích nghi. Ứng dụng này liên quan đến sự phát triển các phương tiện kỹ thuật tính toán, công nghệ máy tính hiện đại, cho phép quản lý để thực hiện trong thời gian thực. Trong các hệ thống quản lý hiện đại, đang nỗ lực tìm cách kết hợp hợp lý các nguyên tắc điều khiển (quản lý) chương trình (độc lập) và kiểm soát thông tin phản hồi. Sự thích ứng được hiểu là khả năng của hệ thống linh hoạt phản ứng trước những yếu tố liên quan đến quá trình hoạt động thực sự. Sự giải thích như vậy, đòi hỏi phải xây dựng một nguyên tắc tổng quát về quản lý thích ứng, đó là nguyên tắc thích ứng theo đánh giá dự báo hiệu quả, làm nền tảng cho phương pháp lựa chọn các phương án quản lý. Bản chất của nguyên tắc này là sử dụng mô hình μ dự báo đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống:

$$\mu = \bigcup_{i=1}^{N} \mu_i \tag{54}$$

Trong đó, μ_i là mô hình riêng biệt (giai đoạn) về hiệu quả hoạt động trong giai đoạn i riêng của hệ thống ứng dụng có mục tiêu. Trên các quỹ đạo khác nhau của mô hình μ giả định là phiếm hàm tiêu chí hiệu quả F được cho sẵn (ví dụ như xác suất thực hiện bài toán mục tiêu). Yêu cầu chủ yếu đối với cấu trúc mô hình là khả năng tính toán cho từng thời gian t kỳ vọng toán học của tiêu chuẩn về hiệu quả kết thúc quá trình hoạt động $\overline{F_t}$ ở điều kiện thực hiện đã có sẵn vào thời điểm thời gian của quá trình $x\left[\tau, t_0 \le \tau \le t\right]$:

$$\begin{aligned}
&F_{\mathrm{t}}\left[x\left(\tau, t_0 \le \tau \le t\right)\right] = \\
&= M\left\{F\left[x\left(\tau_1, t \le \tau_1 \le t_k\right)\right] \middle| x\left(\tau_2, t_0 \le \tau_2 \le t\right)\right\}
\end{aligned} \tag{55}$$

Trong đó, $x(t)$ là vector trạng thái của hệ thống.

Như đã thấy từ phương trình (55), để tiến hành các thủ tục tối ưu hóa trong quá trình hoạt động thực tế của hệ thống, đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp thực hiện dưới hình thức phần mềm trên máy tính và làm việc hiệu quả trong điều kiện hạn chế về thời gian chặt chẽ, phân bổ cho phép giải bài toán mục tiêu. Như vậy, để quản lý thích ứng một cách linh hoạt (với thích ứng theo trình tự các bước thực hiện mục tiêu hoạt động hoặc với yếu tố hoạt động không thể đoán trước) đòi hỏi phải tiến hành nghiên cứu xây dựng các phương pháp hiệu quả và các thuật toán:

- Đồng nhất hoá các ẩn số với việc xác định đồng thời khối lượng thông tin thống kê cần thiết, đảm bảo cho độ chính xác của ước định các tham số;
- Lựa chọn phương án yêu cầu (tối ưu) tiếp tục quá trình hoạt động, thích nghi với cấu trúc tiêu chí tối ưu hóa và điều kiện thiếu hụt thời gian ra quyết định.

Tổ hợp các mô hình μ, μ_i $(i=1,...,N)$ có thể được hình thành bởi các nguyên tắc khác nhau như phân tích và mô phỏng mô hình hoá.

5.2 Tối ưu hóa tham số rời rạc quản lý các mô hình mô phỏng hệ thống động lực

Tính chất rời của việc quản lý hoạt động các hệ thống quản lý hiện đại được qui ước bởi cấu trúc phân cấp. Sự hình thành quản lý trong dạng lựa chọn các phương án thay thế từ một số lượng hữu hạn các qui luật quản lý, dẫn đến xây dựng bài toán tối ưu hoá.

Giả sử rằng, nhờ thực hiện riêng biệt thí nghiệm mô phỏng chu kỳ phiếm hàm của hệ thống động lực, có thể tính được hàm vô hướng (tiêu chuẩn) $f(x)$, tùy thuộc vào tham số x có m chiều, tham số này thuộc tập hợp rời rạc $x \in \mathrm{R}^{\mathrm{m}}$ (R^m-m- chiều không gian Heuristic). Theo một số thí nghiệm được xác định bằng phương pháp mô hình hóa các quá trình ngẫu nhiên, thì phụ thuộc của $f(x)$ có tính chất xác suất, không đơn trị. Tất cả điều này dẫn đến sự cần thiết phải xây dựng bài toán tối ưu hóa mô hình mô phỏng trong khuôn khổ lý thuyết lập trình ngẫu nhiên.

Dưới dạng tiêu chuẩn thường được lựa chọn là hàm kỳ vọng toán học của một biến ngẫu nhiên $f(x): F(x) = Mf(x)$. Trong trường hợp này, $f(x)(x \in X)$ là tập hợp các biến ngẫu nhiên được cho trước trên một không gian xác suất (Ω, A, P), trong đó, Ω là sự kiện xác thực tin cậy; A là đại lượng đại số Bun của các tập hợp đo được Ω (sự kiện); P là độ đo xác suất đối với (Ω, A). Dựa trên quan sát sự thực hiện riêng biệt của $f(x)$ đòi hỏi phải tìm điểm cực của phiếm hàm $F(x)$.

Giả sử, tập hợp các thông số tối ưu là rời rạc và hữu hạn. Không giới hạn tính tổng quát có thể giả thiết rằng x có dạng tích Descartes $\{n_1,...,N_1\}^T \oplus ... \oplus \{n_m,...,N_m\}^T$, trong đó, $n_i, N_i \geq 0$ là giới hạn trên và dưới số nguyên của sự thay đổi tham số i $(i=1,...,\mathrm{m})$; m là số lượng các tham số được tối ưu hoá. Trên X giả định là phiếm hàm chất lượng tất định (tiêu chí) và tập hợp $D(D \subseteq X)$ được cho trước. Tính được tiêu chí $F(x)$, còn thuộc tính vào tập hợp được xác định trong quá trình thí nghiệm mô phỏng. Nhiệm vụ đặt ra là phải tìm:

$$Arg \min_{x \in D} F(x) \tag{56}$$

Như vậy, bài toán gốc đã được chính thức hóa về thuật ngữ lập trình số nguyên. Tập hợp các giá trị chấp nhận được của đối số D được cho trước, thường là bằng phương tiện của tập hợp các giới hạn thuộc dạng:

$$F_1(x) \leq 0, ..., F_l(x) \leq 0, l \geq 0, x \in X \tag{57}$$

Phép giải của bài toán tối ưu hóa các tham số rời rạc của mô hình mô phỏng gặp một số yếu tố phức tạp sau:

(i) Dung lượng lớn (số phần tử) của tập hợp X, không cho phép thực hiện thủ tục lựa chọn lại tập hợp một cách đầy đủ, đặc biệt là tính khối lượng hạn chế của việc mô hình hoá mô phỏng.

(ii) Trình tự xác định để xem xét các biến khi tính toán các tiêu chí và giới hạn, do dữ liệu gốc cho một số các hệ thống phụ trong số hệ thống con để đồng bộ toàn bộ hệ thống được tối ưu hóa lại là các đặc tính đầu ra của nhiều hệ thống phụ khác.

(iii) Tính không thường xuyên của bài toán, trong bối cảnh này, có nghĩa là các phiếm hàm tiêu chuẩn và giới hạn không có tính cấu trúc biểu thị (dạng tuyến tính, dạng lồi,...).

(iv) Thông tin tiên nghiệm không đáng kể về cấu trúc phiếm hàm tiêu chuẩn và hạn chế.

Những yếu tố này gây khó khăn cho việc sử dụng các phương pháp lập trình số nguyên truyền thống. Các phương pháp định hướng phép giải bài toán có phiếm hàm thuộc về cấp cho trước chặt chẽ (phiếm hàm tuyến tính, phiếm hàm lồi,...). Mặt khác, trong hầu hết các phép giải bài toán thực tế để tổng hợp các hệ thống thì yêu cầu để đạt được cực trị chính xác của hàm mục tiêu không khả thi và dư thừa. Do quá trình hoạt động thực tế của hệ thống là kèm theo một số lượng lớn các yếu tố phi chính thức không được xét đến trong mô hình hoá, cho nên, trong những nghiên cứu thực tế thường có xu hướng thay cho một nghiệm chính xác tối ưu là một bộ các nghiệm siêu tối ưu, trong đó, một người (hoặc nhóm người) chịu trách nhiệm và nghiệm lựa chọn cuối cùng dựa vào trực giác, kinh nghiệm của những nghiên cứu tương tự... Như vậy, dưới giác độ thực tế cần phải có những kết quả ổn định (cho dù là gần đúng) của việc tối ưu hóa xấp xỉ trong một phạm vi rộng lớn của một loạt các bài toán.

Giải một bài toán chung khi có sự hiện diện của các yếu tố liệt kê từ (i) đến (iv) ở trên cho phép sử dụng thuật toán tối ưu hóa các mô hình tối ưu rời rạc (AODIM). Dẫn một số thông tin liên quan đến một cấu trúc liên kết thích hợp trên không gian X, có thể áp dụng ma trận H vào X:

$$H(x,y)=\sum_{i=1}^{m}|x_i-y_i|,\quad x=\{x_i\}^{\tau},\ y=\{y_i\}^{\tau},\ i=1,...,m \qquad (58)$$

Ký hiệu miền điểm y của bán kính M tương ứng với ma trận H là $U_H(y,M)$, có được:

$$U_H(y,M)=\{z:H(y,z)\le M\} \qquad (59)$$

Nhận thấy các đặc tính rõ ràng của các miền U_H:

$$\begin{aligned}U_H(y,M)&=\bigcup_{j=1}^{M}\{z:H(y,z)=j\}\\ U_H(y,M)&=U_H(y,M-1)\bigcup\{z:H(y,z)=M\}\end{aligned} \qquad (60)$$

Phép giải bài toán tìm kiếm trong quá trình hoạt động của AODIM dựa trên các thủ tục cho sản phẩm hiệu quả của tất cả các điểm thuộc miền $U_H(y,M)$ thông qua phép giải nhiều lần phương trình Diophantine thuộc dạng:

$$x_1+,...,+x_m=j,\ j=1,...,M \qquad (61)$$

Mỗi nghiệm trong không gian R^m quay xung quanh điểm y. Giả sử miền $U_H(y,M)$ chứa $K(m,M)$ các phần tử đáp ứng được hệ thức tái phát (55). Thay thế bài toán tối ưu hóa ban đầu bằng một bài toán khác, trong đó nhiệm vụ tìm tối thiểu (minimum) của các phiếm hàm F được thực hiện trên D, xác định bởi hệ đẳng thức:

$$\begin{aligned}&F_1(y)+G_1(y)=0\\ &.\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\\ &F_l(y)+G_l(y)=0\end{aligned} \qquad (62)$$

Trong đó, $G_1(y),...,G_l(y)$ là không âm. Bởi một mặt, trên tập hợp D các hàm số $G_i(y)=-F_i(y)$ là không âm, mặt khác, mỗi phần tử $y\in D^{'}$ (tức là đối với nó, tất cả $G_i\ge 0,\ (i=1,...,l)$ đều thuộc về D, cho nên $D=D^{'}$, và bài toán ban đầu tương đương với bài toán được xác định bởi các hệ thức. Ký hiệu $u(y)$ là đặc tính của sự không dung nạp của nghiệm y:

$$u(y)=\sum_{i=1}^{l}A_i\chi_iG_i(y) \qquad (63)$$

Trong đó, $\{A_i, i=1,...,l\}$ là bộ các trọng số âm; χ_i là toán tử Heaviside cho $G_i(y)$: $\chi_i=1$, nếu $G_i(y)<0$, và $\chi_i=0$, nếu $G_i\ge 0$.

Giả sử, cho một điểm tìm kiếm x_0 khởi đầu (gần đúng ban đầu). Không có giới hạn về tính tổng quát, có thể giả định rằng x_0 trùng với gốc các toạ độ. Tính tập hợp các giá trị:

$$S_{i,r}=\frac{1}{M_{i,r}}\sum_{j=1}^{M_{i,r}}F\left[x_{ij}-dF(x_0)\left(\frac{x_{ij}-x_0}{H(x_0,x_{ij})}\right)+x\right] \quad (64)$$

$i=1,...,2^m, d\geq 0,$

Trong đó, tổng số được tiến hành trên tất cả các phần tử của tập hợp $A_{i,r}$ nằm trong orthant R^m thứ i của miền $U_H(x_0,r)(r=1,...,R)$, trong đó, R được cho là tiên nghiệm. Số lượng các phần tử $M_{i,r}$ của tập hợp $A_{i,r}$ được tính theo công thức:

$$M_{i,r}=\sum_{j=0}^{r}\tilde{K}(m,j) \quad (65)$$

Giới hạn (57) được hạch toán như sau: Thay vì từng kỳ hạn, tương ứng với một giá trị không hợp lệ x, ví dụ, loại:

$$\begin{aligned}&\theta_1(x)=\max_{y\in x}\max\{F(y),-F(y)\},\\&\theta_2(x)=u(x),\\&\theta_3(x)=Q(\theta_i(x),F(x),u(x)),\end{aligned} \quad (66)$$

Trong đó, $Q(u,v,t)$ là hàm thực tăng đơn điệu ở tất cả các đối số. Tiếp theo chọn AODIM để tìm orthant có số thứ tự $N_n\left(N_n=1,...,2^m\right)$ theo sơ đồ sau đây:

(i) Nếu:

$$S_{N,r}=\min_{i\in A}S_{i,r}<F(x_0)\,(A=\{1,...,2^m\}),$$
$$N_n=N$$

(ii) Nếu orthant đánh số $N_1,...,N_S$, đáp ứng các điều kiện của mục (i), thì các điều kiện thực hiện cho orthant bất kỳ, nhưng lớn nhất, nếu có nhiều hơn một, $r=(R-1),...,1$ và $A=\{N_1,...,N_S\}$;

(iii) Nếu các điều kiện của các mục (i) và (ii) không có khả năng để dành ưu tiên cho bất kỳ số $N_1,...,N_S$, thì chọn số bất kỳ trong số đó (ví dụ, với số nhỏ nhất);

(iv) Nếu $\min_{i\in A}S_{i,r}\geq F(x_0)$ khi $r>r_0\ (1\leq r_0\leq\tilde{R})$ thì các điều kiện của mục (i) được kiểm tra với một giá trị r (nhưng tối đa) từ tập $\{r_0-1,...,1\}$;

(v) Nếu các điều kiện từ mục (i) đến (iv) không cho phép chọn N_n, thì N_n là số orthant với chọn nghiệm x_{nl} tốt nhất, ngoài ra, $F(x_{nl})<F(x_0)$(nếu như có một số orthant như thế thì chọn bất kỳ trong số các orthant).

Nếu các điều kiện của các mục từ (i) đến (v) không đảm bảo việc lựa chọn hướng cần thiết, thì nghiệm x_0 được coi là nghiệm tối ưu, trong trường hợp nếu không tìm được, tiến hành tìm tiếp tục bằng cách chọn lại tất cả các điểm số nguyên thuộc orthant có số N_n và nằm bên trong trụ bán kính R_s (R_s cho trước tiên nghiệm) với trục đối xứng đi qua điểm x_0 và x_{nl}. Việc tìm kiếm được chấm dứt khi xảy ra tình huống không thể cải thiện tốt hơn các giá trị F, sau đó, thủ tục lựa chọn phù hợp với các điều kiện từ (i) đến (v) được lặp lại. Trung tâm trong sơ đồ thuật toán là việc tìm kiếm bộ phận miền $U_n(x_0,r)$, trong đó đạt giá trị trung bình tối thiểu của gradient tổng quát của phiếm hàm F. Điều này, cho phép dự đoán xu hướng trong hành vi của phiếm hàm F, và tiến theo hướng giảm các giá trị F bằng cách sử dụng thủ tục tìm kiếm tuyến tính (tương tự với thuật toán của phương pháp các miền dẫn hướng). Như vậy, phép chọn lặp các phần tử trực tiếp trên miền $U_n(x_0,r)$ của điểm x_0 chỉ được sử dụng như một công cụ hỗ trợ để chọn hướng có triển vọng cần tìm kiếm tiếp theo. Trong trường hợp không thể chọn một hướng trong AODIM thì tiến hành quá trình cải thiện nghiệm nhờ sơ đồ chọn lặp tương tự như thuật toán của phương pháp vector suy thoái.

6. Kết quả

Tiến hành phân tích khả năng làm việc của AODIM cho các hệ thống tất định. Tập hợp D là tập hợp số nguyên và lồi, nếu đối với $x,y\in D$

bất kỳ, toàn bộ điểm z là số nguyên như $z = \alpha x + \beta y(\alpha, \beta > \alpha + \beta = 1)$ thì cũng thuộc D. Xem xét bài toán sau:

Bài toán 1. Cho D là một tập hợp con số nguyên lồi của không gian R^m, F - phiếm hàm lồi được cho trước trên D và đáp ứng các điều kiện sau đây:

(1) $|F(x) \le c < \infty\,(F);|$

(2) Có R_0 như sau:

$$\min_{x,y\in U_N(z,R_0)\cap D} |F(x) - F(y)| \ge d > 0$$

Với $z \in D, x \ne y$. Khi đó AODIM, với bán kính tìm kiếm tối đa $\overline{R} \le R_0$ bằng điểm ban đầu x_0 sao cho $\min_{y\in D} \le R$ (tức là lùi một quãng với D không quá xa so với R), sử dụng như một hàm phạt $\theta_1(x) = u(x)$, được quy về phép giải bài toán (56), (57).

Chứng minh. Đối với một điểm số nguyên ban đầu $x_0 \in X$, xem tập hợp S_{x_0} là một bộ các giá trị hợp lệ của đối số, giá trị F trong đó không lớn hơn $F(x_0): S_{x_0} = \{y : F(y) \le F(x_0)\}$. Để $S(x_0) = \{y_1, ..., y_n, ...\}$. Từ đây có thể chỉ ra rằng tập hợp S_{x_0} là tập hợp số nguyên lồi. Để y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, sao cho:

$$y_{ij} \in D\,(j = 1, 2, 3)$$

Và $y_{i2} = \alpha y_{i1} + \beta y_{i3}\,(\alpha, \beta > 0, \alpha + \beta = 1)$. Khi đó trên cơ sở định nghĩa hàm lồi, có được:

$$\begin{aligned} &F(y_{i2}) = F(\alpha y_{i1} + \alpha y_{i3}) \le \\ &\le \alpha F(y_{i1}) + \beta F(y_{i3}) \le F_0 \end{aligned}$$

Từ đây thấy rằng, $U_N(x_0, R)$ nhất thiết giao cắt với S_{x_0}. Do đó, AODIM cải thiện giá trị $F(x_0)$ (nếu giá trị này không phải là tối ưu) bằng cách sử dụng một trong các điều kiện từ (i) đến (v) nói trên (ít nhất là điều kiện (v)), có tính đến điều kiện (i) và (ii) của định lý, và như vậy đã chứng minh được Bài toán1.

Lưu ý rằng, khi chứng minh Bài toán 1 thì không sử dụng các giả định về tính hữu hạn của tập hợp X. Để nghiên cứu hiệu quả hoạt động của AODIM trong điều kiện cấu trúc bất thường của tiêu chuẩn F, cần trình bày F bằng mô hình lập trình ngẫu nhiên. Giả sử rằng thực hiện được tiêu chí ngẫu nhiên $f(x) = F(x) + \xi(x)$, trong đó $F(x)$ là thành phần lồi, số nguyên tất định cần được tối giảm hoá; $\xi(x)$ là biến ngẫu nhiên được xác định trên không gian đo được (Ω, A, P).

Bài toán 2. Giả định rằng các biến ngẫu nhiên $\xi(x)(x \in X)$ là độc lập và không tập trung, có moment hữu hạn bậc hai $m_2(X)$. Giả sử AODIM để tiến hành việc tìm kiếm tối thiểu (minimun) của $F(x)$, có nghiệm lựa chọn tìm kiếm tiếp theo tiềm năng dưới số N_n phù hợp với mục 1 của thuật toán được sử dụng với bán kính tìm kiếm $r\ (r > 0)$. Khi đó AODIM, triển khai sự giảm thiểu thực hiện $f(x)$, lựa chọn để tìm kiếm tiếp theo orthant với số thứ tự N_n có xác suất P_1 thoả mãn bất đẳng thức sau:

$$P_1 \ge 1 - \delta \tag{67}$$

Ở đây, $\delta = \tilde{m}_2 / (\varepsilon^2 M_{N_n,r}); m_2 = \max_{x\in X} m_2(x); \varepsilon$ mức sai lệch yêu cầu của giá trị trung bình $f(x)$ trên tập hợp $A_{i,r}$ so với mức kỳ vọng toán học.

Chứng minh: Giả sử $x_{N_n,j}\ (j = 1, ..., M_{N_n,r})$ là các điểm thuộc orthant với số thứ tự N_n và cách x_0 không xa hơn khoảng cách $H(x_0, x_{N_n,j}) = r$. Sử dụng bất đẳng thức Chebyshev, có được ước lượng xác suất sai lệch:

$$P\{\left|\sum_{j=1}^{M_{N_n,r}} \frac{(F(x_{N_n,j}) - f(x_{N_n,j}))}{M_{N_n,r}}\right| > \varepsilon\}$$

$$= P\left\{\left|\sum_{j=1}^{M_{N_n}} \frac{\xi(x_{N_n,j})}{M_{N_n,j}}\right| > \varepsilon\right\} \le \frac{\sum_{j=1}^{M_{N_n}} m_2(x_{N_n,j})}{\varepsilon^2 M^2_{N_n,r}} \le \frac{\tilde{m}_2}{\varepsilon^2 M_{N_n,r}}$$

Từ đây sự lựa chọn để đánh giá P_1 quá rõ ràng. Hệ thức (67) cho một phổ ước tính tổng hợp không phụ thuộc vào sự phân bố cụ thể tiếng ồn $\xi(x)$ để đánh giá tính xác suất của một lựa chọn đúng đắn bởi thuật toán hướng tìm kiếm tiếp theo. Trong ví dụ cụ thể, hệ thức này có thể đánh giá thấp về khả năng xác suất này, khi nó được giải chính xác trong bài toán với một mô hình tiếng ốn cụ thể (ví dụ như tiếng ồn Gaussian thường xảy ra trong thực tế).

Khi áp dụng AODIM xác suất P_1 có thể được nâng cao đáng kể bằng cách loại bỏ ra khỏi tổng số một vài số hạng được gọi là phát thải lớn của trường ngẫu nhiên $f(x)$, tức là một vài số hạng tối đa và tối thiểu. Trong trường hợp này hiệu quả AODIM có thể được cải thiện đáng kể ngay trong giai đoạn xác định hướng tìm kiếm triển vọng. Ngoài ra, việc kết hợp phương pháp này với các phương pháp tìm kiếm ngẫu nhiên đang được sử dụng rộng rãi để xác định vị trí vùng cực tuyệt đối (cực trị) tỏ ra rất hợp lý.

Mô tả một biến thể AODIM, trong đó có đầy đủ thông tin về các tính chất tô pô của phiếm hàm được tối ưu hoá $f(x)$ trong quá trình xác định hướng triển vọng để tìm nghiệm tối ưu hóa

Ý tưởng về cải thiện quá trình hội tụ là việc sử dụng các yếu tố hiện tại của miền $U_N(x_0, R)$ thuộc điểm tìm kiếm ban đầu x_0. Để làm việc này, cần thử dùng phép nội suy các điểm tựa của bề mặt $F(\cdot)$ trên miền liên tục x_0 được giới hạn bởi một mức độ bề mặt $P_N(x_0, R)(R > 0)$. Nhờ phụ thuộc nội suy, có thể tính được gradient xấp xỉ của $F(\cdot)$ trên miền x_0 và quyết định về hướng tìm kiếm triển vọng. Trong toàn bộ thủ tục tìm kiếm, cũng như AODIM, bao gồm các giai đoạn lựa chọn hướng triển vọng và tìm kiếm tuyến tính dọc theo hướng lựa chọn, việc tuần tự quét các điểm trong hành lang xung quanh theo hướng đã chọn được tiến hành. Do đó, ý tưởng cơ bản là việc cố gắng sử dụng những phương pháp tốt nhất hiện nay đó là các phương pháp nội suy hàm nhiều biến số để tính $F'(x_0)$ – hàm của miền liên tục x_0. Bài toán này là một bài toán cổ điển, và đã có phần lớn các công trình nghiên cứu dành cho việc giải bài toán này [17].

Ví dụ, khi các miền xấp xỉ D đóng kín trong R^m, và biết rằng hàm $F(\cdot)$ là hàm liên tục $(F \in C(D))$, cho bất kỳ $\varepsilon > 0$ đều có đa thức $P(x)$ các biến $x^T = (x_1, ..., x_m)$. Do vậy, $|P(\cdot) - F(\cdot)|_\infty \le \varepsilon$ trong ma trận được xác định bởi hệ thức $|f - g|_\infty = \sup_{x \in R^m} |f(x) - g(x)|$. Đa thức $P(x)$ nói trên là hình thức đại số:

$$P(x) = \sum_{\tilde{0} \le \tilde{k} \le \tilde{n}-1} a_{\tilde{k}} \tilde{x}^{\tilde{k}} \tag{68}$$

Trong đó, $\tilde{x}^k = x_1^k, ..., x_m^{k_m}, \tilde{k}, \tilde{n}$ là đa chỉ số; $\tilde{k} = (k_1, ..., k_m); \tilde{n} = (n_1, ..., n_m)$. Tương ứng là $\tilde{n} - 1 = (n_1 - 1, ..., n_m - 1)$ còn bất đẳng thức $\tilde{0} \le \tilde{k} \le \tilde{n} - 1$ được hiểu là thành phần: $0 \le k_i \le n_i - 1$, trong đó $i = 1, ..., m$. Rất dễ dàng nhận thấy rằng đa thức $P(x)$ có chứa $N[P(x)] = n_1 \times ... \times n_m$ các hệ số.

Kết quả này là một bài toán nổi tiếng trong phân tích cổ điển của Weierstrass. Một kết quả tương tự đối với hình xuyến m-chiều $s \times ... \times s$. Khi tính xấp xỉ bởi các đa thức lượng giác từ m biến số: $\bar{P}(x) = \sum_{|k_i| \le n_i - 1, 1 \le i \le m} C_{\tilde{k}} \exp\{j\tilde{k}\tilde{x}\}$, trong đó, $\tilde{k}\tilde{x} = k_1 x_1 + ... + k_m x_m \, u \, C_{-\tilde{k}} = C_{\tilde{k}}$. Lưu ý rằng, đa thức $P(x)$ có $[P(x)] = (2n_1 - 1) \times ... \times (2n_m - 1)$ hệ số. Xét miền nội suy $D \supseteq R^m (x_0 \in D)$ của phiếm hàm $F(\cdot)$ cho sẵn bởi N điểm $x^{(1)}, ..., x^{(N)} (x^{(i)} = x_1^{(i)}, ..., x_m^{(i)}), i - 1, ..., N)$ - các nút nội suy. Có tìm thấy đa thức $P(x) = \sum a_k x^k \; (|k| = k_1 + ... + k_m)$, trùng với $c \; |k| \le m$ trong các nút nội suy cho trước:

$$P(x^{(i)}) = F(x^{(i)}), i = 1, ..., N$$

Để làm điều này, cần xây dựng một hệ phương trình tuyến tính (đối với các hệ số a_k chưa biết) hệ phương trình:

$$F(x^{(i)}) = \sum_k a_k \left[x^{(i)} \right]^k, i = 1, ..., N$$

Để giải được hệ phương trình phải nhận thấy ma trận các hệ số đã biết được gọi là trơn, tức là $\det A = \det \left\{ \left[\left(x^{(i)} \right)^k \right]_{i,k} \right\} \neq 0$. Do yếu tố quyết định này trở thành không (0) trong đa tạp của thứ nguyên $N_m - 1$, để sự lựa chọn các nút nội suy có thể có theo nguyên tắc. Sở hữu hệ đa thức cơ bản $P_1(x), ..., P_N(x)$ từ hệ trong đó các hệ số a_k có thể có được bởi điều kiện $F\left(x^{(i)}\right) = \delta_{ji}$,với δ_{st} là ký hiệu Croneker: $\delta_{st} = 1$ nếu $s = t$ và $\delta_{st} = 0$ nếu $s \neq t$. Trong trường hợp này, dạng rõ ràng của đa thức $P_j(x)$ như sau: $P_j(x) = \sum_k a_k^{(j)} \bar{x}^{\bar{k}}$, và chính bản thân đa thức nội suy có thể được viết dưới dạng là $P(\bar{x}) = \sum_{i=1}^{N} F(\bar{x}^{(i)}) P_i(\bar{x})$. Độ chính xác của phép gần đúng trong trường hợp đa chiều được xác định như sau: $|F(\cdot) - P(\cdot)| \leq (1 + \Lambda_N) E(F)$, trong đó, $E(F) = \inf_{p \in L} \|F - P\|_\infty$; L là tập hợp các đa thức luỹ thừa nội suy; $L \subset C[D], C[D]$ là tập hợp các đa thức liên tục trên D hàm số; Λ_N là hằng số (hằng số Lebesgue): $\Lambda_N = \max_{x \in D} \sum_{i=1}^{N} |P_i(x)|$. Trong trường hợp này, khi tập hợp D, trong đó tiến hành phép xấp xỉ của phiếm hàm $F(\cdot)$ là khoảng đa chiều.

$$D\left\{ x \in R^m : a_i \leq x_i \leq b_i \right\}$$

Trong đó, $x_0 \in D$. Thông thường tập hợp D là một khối đa chiều có điểm trung tâm x_0 :

$$D = \left\{ x \in R^m : -c \leq x_i - x_{0i} \leq +c \right\}, \quad 1 \leq i \leq m \tag{69}$$

Ở đây c là số tự nhiên. Nếu $x_i^{(1)}, ..., x_i^{(n_i)}$ $(i = 1, ..., m)$ là tọa độ của các nút nội suy, thì trong D nút nội suy có $N = n_1 \times ... \times n_m$ (nếu D là khối lập phương, thì $n_1 = ... = n_m = n$ và $N = n^m$). Trên cơ sở tập hợp các nút nội suy dạng đa thức được xác định:

$$x^p = (x_1^{(p_1)}, ..., x_m^{(p_m)}),\ p = (p_1, ..., p_m),$$
$$p_i = 1, ..., n_i,\ i = 1, ..., m$$

Hệ thức có thể xác định đa thức cơ bản liên quan đến nút $x^{(p)}$, như sau:

$$P_p(x) = \prod_{i=1}^{m} \prod_{k=1 k \neq p_i}^{n_i} \frac{x_i - x_i^{(k)}}{x_i^{(p_i)} - x_i^{(k)}},$$
$$P(x) = \sum_p F(x^{(p)}) P_p(x)$$

Đa thức nội suy có hằng số Lebesgue $\Lambda_N = \prod_{i=1}^{m} \ln n_i$ (nếu tập hợp D là khối lập phương đối xứng, thì $(\ln n)^m$). Nhờ đa thức nội suy $P(x)$, tính được vector gradient:

$$\nabla P(x) = \left(\frac{\partial p(x)}{\partial x_1}, ..., \frac{\partial p(x)}{\partial x_m} \right)^T$$

Trên cơ sở đó, tính hướng đi triển vọng tại điểm $x_0 : \nabla F(x)|_{x=x_0} \approx \nabla P(x)|_{x=x_0}$. Phép xấp xỉ bằng cách sử dụng các công thức trên là rất hiệu quả và đảm bảo việc dựng phép nội suy mặt phẳng.

Nội suy đa thức - đoạn có thể được thực hiện bằng cách sử dụng hàm Splines. Hàm Splines cho phép thực hiện nội suy phẳng bằng các đa thức bậc luỹ thừa cho trước và nhận sự đánh giá định tính đầy đủ $\nabla F(\cdot)$ về một số lượng nhỏ các điểm trên bề mặt $F(\cdot)$. Khi sử dụng hệ thống các điểm để xác định (ước tính) vector – gradient $\nabla F(x)|_{x=x_0}$ yêu cầu phải theo một quy trình lựa chọn lại đầy đủ các điểm số nguyên trong một hình hộp đa chiều:

$$\Pi = \{x \in R^m : x^T = (x_1, ..., x_m),$$
$$a_i \le x_i \le b_i, i = 1, ..., m,$$

Trong đó, (a_i, b_i) $(i = 1, ..., m)$ là các điểm ranh giới số nguyên của hình hộp (thuật toán hiệu quả, cũng như chương trình thực hiện thuật toán, dựa trên thủ tục chọn lựa Lexicographic trong các giới hạn quy định, được đưa ra trong [18]).

Phân tích này cho phép đánh giá khả năng dựng phép xấp xỉ gradient $\nabla F(\cdot)$, cũng như thuật toán để tính toán sự đánh giá này. Căn cứ vào sơ đồ chính thức hoá trên đây về tối ưu hoá các thông số rời rạc trên cơ sở $\nabla F(\cdot)$ (hoặc đánh giá của nó) hình thành nên một chuỗi các điểm $x_1, x_2, ..., (i = \nabla ...,$ chuỗi này có được nhờ thủ tục tìm kiếm tuyến tính $x_{i+1} = x_i + \nabla$ $(i = 0, 1, ...)$, trong đó $\nabla = t[-\nabla F(x_0)]$, và phép cộng được thực hiện đến lượng tăng phiếm hàm $F(\cdot)$, tức là đến khi chưa bắt đầu thực hiện bất đẳng thức $F(x_i) \le F(x_{i+1})$, với $t[-\nabla F(x_0)]$ là phiếm hàm (toán tử), đảm bảo tính nguyên của các nghiệm sinh và sự liên hệ tối đa với hướng được xác định bởi antigradients -$\nabla F(x_0)$. Việc tính toán đến sự cần thiết để có được các nghiệm khả thi chỉ có thể đạt được bằng cách áp dụng các hàm phạt, chi tiết được đề cập trong phương án AODIM.

Ý tưởng dựng toán tử $t(\cdot)$ là việc chọn kỹ một số điểm từ điểm bắt đầu tìm hình nón tròn có trục đối xứng, hình nón này được xác định bởi vector hướng gradient (chính xác hơn là bằng sự đánh giá của nó) $F(x_0)$. Bề mặt ranh giới của hình nón được xác định từ điều kiện vượt mức khối lượng các điểm số nguyên được xem xét hoặc không có khả năng cải tiến các giá trị phiếm hàm $F(\cdot)$ trong giới hạn của hình nón này phù hợp với hướng $\nabla F(x_0)$.

Việc chỉ định toán tử $t(\cdot)$ trong thế hệ của các điểm số nguyên thuộc một thể tích không gian, bao gồm hướng đã chọn (ví dụ được xác định bởi việc ước tính gradient $\nabla F(x_0)$). Trong cách trình bày này, sử dụng số khái niệm về phân tích lồi.

Tập hợp K, thuộc không gian Heuristic R^m m chiều $(m \ge 1)$ – là một hình nón lồi có đỉnh là không (0) $\overline{0}$ $(\overline{0}^T = (0, ...,))$ nếu tập hợp này thoả mãn các điều kiện sau:

(i) Tập hợp K là tập hợp lồi;

(ii) Nếu $x \in K$, thì ở K bất kỳ tham số vô hướng, $s > 0$ và $sx \in K$.

Mặt cắt số nguyên của hình nón là giao cắt của mặt nón với mặt phẳng, giao cắt này xác định giá trị số nguyên của $x^{(k)} = 1$ (tạo độ k của không gian R^m). Tất cả các điểm thuộc về phía bên trong của nón, phải nằm ở một trong các số nguyên. Điều này, cho phép tạo ra các điểm số nguyên của nón khi di chuyển theo các mặt cắt được hình thành.

Khi đánh giá hiệu quả của thuật toán đề xuất dựa trên sự tính toán phiếm hàm gần đúng của bề mặt $F(\cdot)$ và phép xấp xỉ tương ứng của gradient $\nabla F(x_0)$ với việc tìm kiếm tiếp theo cải tiến $F(x)$ tại các điểm số nguyên của hình nón $K(x_0)$ có đỉnh tại x_0. Tiến hành đề xuất một phương pháp tiếp cận kết hợp với việc sử dụng bài toán xấp xỉ lập trình liên tục để phân tích tốc độ hội tụ $F(x) \to \min\limits_{x \in R^m}$ (bài toán được gọi là bài toán đi kèm). Trong trường hợp này tạo thành chuỗi các điểm y_i $(i \ge 0)$ đáp ứng các hệ thức:

$$y_{i+1} = y_i + \alpha_i h_i \tag{70}$$

$$-\langle \nabla F(y_i), h \rangle \ge \gamma \| \nabla F(y_i \| \| h_i \| \tag{71}$$

Trong đó, $i \geq 0; h_i = -\nabla F(y_i); \gamma > 0$, còn $\alpha_i - \lambda$ dương nhỏ nhất, đối với nó:

$$F(y_i + \alpha_i h_i) = \min_{\alpha \geq 0} F(y_i + \alpha h_i) \qquad (72)$$

Giả thiết 1. Hàm $F(\cdot)$ như một hàm đối số liên tục $x \in R^m$ được lấy vi phân hai lần liên tục trên miền điểm tối ưu x^{opt}, thực hiện tối thiểu khu vực, là hàm rất lồi, nghĩa là đối với bất kỳ $y, z \in R^m : y \neq z$ và bất kỳ $\alpha \in (0,1)$:

$$F(\alpha z + (1-\alpha)y) < \alpha F(z) + (1-\alpha)F(y)$$

Trong giả thiết này đối với tất cả $x \in R^m$, đối với chúng $\left\| x - x^{opt} \right\| < \varepsilon \, (\varepsilon > 0)$ có tồn tại $m, M : 0 < m < M$:

$$m\|y\|^2 \leq \left\langle y, \partial^2 \frac{F(x)}{\partial x^2} y \right\rangle \leq M\|y\|^2 \qquad (73)$$

Ở đây $\langle \cdot, \cdot \rangle$ là biểu tượng của tích vô hướng của các phần tử không gian R^m. Yêu cầu thực hiện hệ thức (59) trên một khu vực khá lớn có chứa điểm của tối ưu x^{opt}. Khi sử dụng các thuật toán để giảm thiểu $F(\cdot)$ có ước tính [17]:

$$\left\| y_i - x^{opt} \right\| \leq \frac{2}{m}\left[F(y_1) - F(x^{opt}) \right] \qquad (74)$$

Hoặc:

$$\left\| y_i - x^{opt} \right\| \leq \frac{2}{m}\left[F(x_0) - F(x^{opt}) \right]\beta^i \qquad (75)$$

Trong đó, hệ số $\beta(\beta > 0)$ được tính theo công thức $\beta = 1 - (\gamma^m / M)^2; \gamma \in (0,1)$ là chỉ số tăng lên của tích vô hướng. Từ các hệ thức (60) và (61):

$$F(y_i) - F(x^{opt}) \leq \left[F(x_0) - F(x^{opt}) \right]\beta^i$$

$$\left\| y_i - x^{opt} \right\| \leq \sqrt{\frac{2\left[F(x_0) - F(x^{opt}) \right]}{m}} \left(\sqrt{\beta} \right)^i \qquad (76)$$

Trong đó, $i \geq 0$. Khi có sự hiện diện của các giới hạn cơ bản, đòi hỏi cần phải tìm ra nghiệm tối ưu trong tập hợp D bằng cách áp dụng các hàm phạt đặc biệt, bài toán ban đầu được quy về bài toán tối ưu hóa không bị giới hạn trên toàn bộ tập hợp con của các số nguyên (mạng) của không gian R^m. Trong trường hợp này, hướng tới bài toán đi kèm về qui hoạch liên tục cho phép có được sự đánh giá hiệu quả tính hội tụ của thủ tục tìm kiếm AODIM. Hệ thức (76) cho phép ước tính khoảng cách từ nghiệm y_i, được hình thành trên phép lặp i của việc tìm kiếm liên tục và từ x^{opt} - nghiệm tối ưu của bài toán liên tục.

Giả thiết 2. Nghiệm của bài toán rời rạc y^{opt} trên miền $U_N(x^{opt}, r)$, bao gồm nghiệm tối ưu x^{opt} của bài toán liên tục có bán kính r $(r > 0)$ cho trước. Điều này có nghĩa là, về bản chất, là có khả năng sử dụng nghiệm gần đúng, đủ gần (ở một khoảng cách không quá bán kính r) so với nghiệm tối ưu. Trong trường hợp này, bằng cách sử dụng bất đẳng thức tam giác, ước tính khoảng cách giữa nghiệm tối ưu của bài toán rời rạc y^{opt} và phép lặp i AODIM x_i được thực hiện (theo ma trận Heuristic, nhưng có thể thu được kết quả tương tự đối với bất cứ ma trận cho trước trên không gian R^m) bằng một giá trị:

$$\begin{aligned} &\left\| y^{opt} - x_i \right\| \leq \left\| x^{opt} - y^{opt} \right\| + \\ &+ \left\| y_i - x^{opt} \right\| + \left\| y_1 - x_i \right\| \leq + \\ &+ \frac{2}{m}\left[F(x_0) - F(x^{opt}) \right]\beta^i + \left\| y_i - x_i \right\| \end{aligned} \qquad (77)$$

Ước tính sự khác biệt giữa các nghiệm liên tục (thuộc bài toán đi kèm) và nghiệm rời rạc $\delta_i = \left\| y_i - x_i \right\|$ trên phép lặp thứ i. Xét một vật thể được hình thành bởi hình nón và bề mặt hình cầu ranh giới $G(y_i)$, đi qua điểm y_i. Vật thể tương ứng với nghiệm của bài toán liên tục kèm theo ở phép lặp thứ i, tức là bằng bán kính $R = \left\| y_i - x_i - 1 \right\|$.

Áp dụng tập hợp A_i với các đặc tính xác định:

$$\mathrm{A}_i \in G(y_i),\ z \in \mathrm{A}_i \rightarrow F(z) \leq F(x_{i-1})$$

Nếu $F(\cdot)$ là một hàm lồi, thì tập hợp A_i cũng lồi trong $G(y_i)$, tức là được xem như là một tập hợp con của không gian $G(y_i)$.

Ký hiệu B_i là phần tiết diện lớn nhất của hình nón (với đường kính tối đa, hoặc tương đương với hệ số S lớn nhất, tham gia xác định hình nón), trong đó có các điểm số nguyên z, thoả mãn điều kiện $F(z) < F(x_{i-1})$. Tập hợp B_i (là hình chiếu của tập hợp A_i có tâm chiếu x_i) với các tính chất mong muốn tồn tại, ít nhất là cho các tập hợp A_i, mà chúng chứa phần tử hình cầu bán kính đủ lớn d, hình chiếu của nó trên mặt số nguyên của hình nón có chứa các điểm số nguyên (theo tiêu chuẩn tồn tại các điểm số nguyên trong các tập hợp lồi trong không gian Heuristic.

Như vậy, ước tính cần thiết $\delta_i = \|y_i - x_i\|$ được xác định bởi khoảng cách tối đa từ điểm y_i đến phần tử số nguyên xa nhất của tiết diện B_i, và lần lượt có thể ước tính khoảng cách từ y_i (tâm đối xứng $G(y_i)$) đến ranh giới $B_i : \delta_i^2 = r_i^2 + (\Delta h_i)^2$ trong đó r_i - là bán kính tối đa của tiết diện hình elip $B_i, \Delta h_i$ – là khoảng cách từ y_i tới B_i (Δh_i được xác định từ điều kiện tỷ lệ khối lượng B_i và A_i bằng của các đỉnh cuối của hình nón).

Phân tích này có thể được xây dựng thành Bài toándưới đây.

Bài toán 3. Hãy giả định $F(\cdot)$– là một hàm lồi trên không gian R^m, và thoả mãn các giả định (1), (2). Khi đó có ước tính tiếp theo về khoảng cách giữa nghiệm x_i được tạo ra bởi AODIM ở phép lặp I từ nghiệm y^{opt} tối ưu: $\|y^{opt} - x_i\| \le r_1 + r_2 + r_3$ trong đó: r_1 - là bán kính tối thiểu của miền $U_N(x^{opt}, r_1)$ của nghiệm tối ưu của bài toán liên tục đi kèm:

$$r_2^2 = (2/m)\left[F(x_0) - F(x^{opt})\right]\beta^i ; r_3 = \left(r_i^2 + \Delta h_i\right)^{1/2}$$

Ước tính này cho phép đánh giá số lượng lặp thuật toán yêu cầu , và sau đó là số lượng đo yêu cầu đối với các giá trị của phiếm hàm $F(\cdot)$ để đạt được độ chính xác cần có của phép tính tối ưu rời rạc $F(\cdot)$. Lưu ý rằng, các giá trị $F(x^{opt})$ xuất hiện trong ước tính, có thể được tính bằng cách sử dụng thuật toán ước lượng thống kê các giá trị tiêu chí cực trị.

7. Kết luận

Bài báo đã trình bày tổng quan về các khái niệm và phương pháp quản lý thích nghi trong các hệ thống quản lý. Qua đó, nhóm tác giả rút ra các kết luận như sau:

- Thích ứng là một phản ứng tự nhiên và tự phát của các hệ thống quản lý đối với các tác động gây bất ổn. Trong bài báo, thích ứng được xem như mục tiêu và cơ chế thực hiện của hệ thống.

- Các mô hình toán học hiện có về quản lý như mô hình khoa học hành vi, mô hình tiến trình chỉ số vĩ mô, mô hình hàm quản lý, mô hình tiến trình ngành, mô hình trò chơi và mô hình cân bằng thị trường đều có những hạn chế nhất định khi áp dụng trong điều kiện môi trường bất ổn và có nhiều thay đổi.

- Các phương pháp chính để mô hình hóa các quá trình quản lý đã chỉ ra rằng tính toán sự thích ứng là một yếu tố thuộc hành vi quản lý xảy ra trong nhiều trường hợp, tuy nhiên, việc này không phải luôn đáp ứng thực tế, do đó cần hoàn thiện và cải tiến tính toán thích ứng.

- Tổng quan lịch sử về chính sách quản lý của các nước phát triển cho thấy việc chấp nhận sự điều tiết của nhà nước đang dần chuyển sang việc xây dựng cấu trúc tối ưu của nền quản lý và loại bỏ sự khác biệt. Điều này dẫn đến việc mô hình hóa các quá trình thích ứng trong các hệ thống quản lý.

- Mục đích của nghiên cứu là phát triển tổ hợp các cơ chế thích nghi để nâng cao hiệu quả quản lý phát triển các hệ thống quản lý. Để đạt được mục tiêu này cần tổng hợp các mô hình thích ứng cấu trúc, nghiên cứu sự ảnh hưởng của thích nghi với quá trình ổn định trên thị trường, xác định và đánh giá định lượng vai trò của thích nghi trong quá trình tiến hóa quản lý.

- Bài báo trình bày các phương pháp xây dựng phương án quản lý thích ứng và phương pháp tối ưu hóa tham số rời rạc để quản lý các mô hình mô phỏng hệ thống động lực, trong đó đề xuất sử dụng thuật toán tối ưu hóa mô hình rời rạc (AODIM).

- Phân tích khả năng làm việc của AODIM cho các hệ thống tất định và nghiên cứu hiệu quả hoạt động của nó trong điều kiện cấu trúc bất thường của tiêu chuẩn.

Với nghiên cứu này, nhóm tác giả đã tổng hợp và phân tích các vấn đề lý thuyết và thực tiễn liên quan đến quản lý thích nghi trong các hệ thống quản lý. Đồng thời, đề xuất phương pháp luận và công cụ để phát triển các mô hình quản lý thích nghi cấu trúc nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của hệ thống trong môi trường nhiều bất ổn và thay đổi.

Tài liệu tham khảo

[1] I. H. Ansoff, *Strategic management*. Kyiv, Ukraine: Center for Humanitarian Technology, 2017.

[2] D. I. Cleland and W. R. King, *Systems analysis and project management*. NY, USA: McGraw-Hill, 2019.

[3] A. G. Aleksandrov, *Optimal and Adaptive Systems*. Moscow, Russia: Vysshaya Shkola, 2019.

[4] J. S. Kelly, *Social choice theory: An Introduction*. Berlin, Germany: Spinger, 2018.

[5] T. L. Saaty, “A scaling method for priorities in hierarchial structures,” *J. Math. Psychol.*, vol. 15, no. 3, pp234-281, Jun. 1977, doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.

[6] Б. В Бондарев, Введение в финансовую математику. Донецк, Украина: ДонГУ, 2009.

[7] А. В. Лузан, Ю. Г. Лысенко, С.Ф. Теленик, С.Л. Цокол. *АБДАН: Информационная система и технология проектирования АСОД*. 2015.

[8] У. Бреддик, *Менеджмент в организации*. 2017.

[9] B. S. Razumikhin, *Physical Models and Equilibrium Methods in Programming and Economics*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 1984.

[10] I. A. Blank, *Investment management*, London, UK: United London Trade Limited, 1995.

[11] В. И. Денисов, С. И. Левицкий, В. В. Федченко, *Новые информационные технологии в процессе контроля реализации проекта - Модели управления в рыночной экономике*. Донецк, Украина: ДонГУ, 2009.

[12] V. L. Makarov, A. M. Rubinov, *Mathematical theory of economic dynamics and equilibria*. NY, USA: Springer, 2022.

[13] V. I. Opoitsev, *Equilibrium and stability in models of collective behavior*. Moscow, Russia: Nauka, 2022.

[14] А. Вильсон, *Энтропийные методы моделирования сложных систем*. Москва, Россия: Наука, 2022.

[15] Э. Г. Абрамович, “Определение функции тяготения и проверка гравитационной модели трудового расселения на материале натурных обследований городов,” В книге *В помощь проектировщику – градостроителю*. Киев, Россия: Будивельник, 2011.

[16] В. Д. Грибов, В. П. Грузинов, *Экономика предприятия*. Москва, Россия: МИК, 2021.

[17] A. W. Blackman Jr., “The market dynamics of technological substitution,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 6, pp. 41-63, 1974, doi: 10.1016/0040-1625(74)90005-5.

[18] E. Mansfield, *Industrial research and Technological Innovation*. NY, USA: W. W. Norton & Company, 1968.