



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0027884

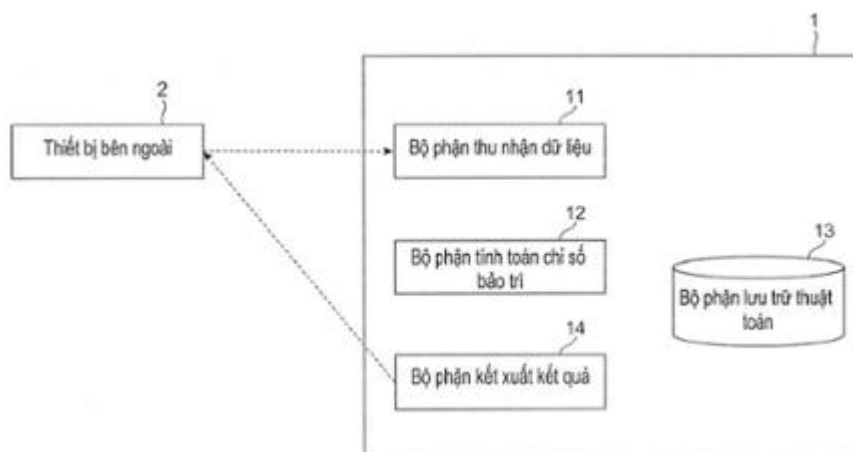
(51)⁷

G06Q 50/08; G06Q 50/30; G06Q 50/10; (13) B
G06F 17/18

- (21) 1-2016-05060 (22) 16/12/2015
(86) PCT/JP2015/085253 16/12/2015 (87) WO 2016/104293 30/06/2016
(30) 2014-262996 25/12/2014 JP
(45) 25/04/2021 397 (43) 25/09/2017 354A
(73) 1. SANNO INSTITUTE OF MANAGEMENT (JP)
6-39-15, Todoroki, Setagaya-ku, Tokyo 1588630, Japan
2. TOKYO METRO CO., LTD. (JP)
3-19-6, Higashi-ueno, Taito-ku, Tokyo 1108614, Japan
(72) FUKUNAKA Kosuke (JP); KAWAKAMI Koichi (JP); KONISHI Shinji (JP);
MIURA Takanori (JP); MURAKAMI Tetsuya (JP); MOROHASHI Yuji (JP);
ENOKIDANI Yuki (JP); SHINOZAKI Masumi (JP).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) THIẾT BỊ TÍNH TOÁN CHỈ SỐ BẢO TRÌ VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CHỈ SỐ BẢO TRÌ

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị tính toán chỉ số bảo trì bao gồm: phương tiện thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các kết quả kiểm tra thu được bằng cách đánh giá sự hiện diện của sự bất thường của kết cấu xây dựng dân dụng đối với các hạng mục kiểm tra; phương tiện tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng, bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên là theo sự phân bố gamma; và phương tiện đầu ra để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán bởi phương tiện tính toán chỉ số bảo trì.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị tính toán chỉ số bảo trì và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì trong kết cấu xây dựng dân dụng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong kết cấu xây dựng dân dụng như đường hầm ngầm của đường sắt nội thành, việc bảo trì được thực hiện dựa trên kết quả kiểm tra được thực hiện định kỳ. Kết quả kiểm tra được quản lý nhờ sử dụng hệ thống cơ sở dữ liệu hoặc loại tương tự (ví dụ, xem tài liệu sáng chế 1). Khi lập kế hoạch bảo trì, nói chung, các sự bất thường riêng được đánh giá bằng cách thực hiện việc so sánh với các kết quả kiểm tra trước đó, việc so sánh các kết quả kiểm tra các hạng mục, hoặc loại tương tự và kế hoạch bảo trì như sửa chữa được thực hiện.

Danh sách trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố Đơn sáng chế Nhật Bản số 2002-288180

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, các hạng mục kiểm tra đối với kết cấu xây dựng dân dụng chung bao gồm các hạng mục kiểm tra mà việc đánh giá của chúng có thể thay đổi tùy thuộc vào người kiểm tra, như kiểm tra trực quan. Kết quả kiểm tra có thể bao gồm các kết quả dựa trên các điều kiện kiểm tra khác nhau như các thời điểm kiểm tra khác nhau. Do đó, có khả năng là nó sẽ không được đánh giá một cách chính xác liệu kết cấu xây dựng dân dụng thực sự có vấn đề hay không bằng cách so sánh một cách đơn giản các kết quả kiểm tra. Trong giải pháp liên quan, các sự bất thường được đánh giá riêng và sau đó nó được xác định liệu có áp dụng các biện pháp khác nhau như sửa chữa hay không. Do đó, có khả năng cải thiện việc đánh giá xét đến tính bền chắc của chính kết cấu xây dựng dân dụng.

Sáng chế được tạo ra khi xét đến các trường hợp trên đây và mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị tính toán chỉ số bảo trì và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì mà có thể được sử dụng làm chỉ số đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng trên cơ sở các kết quả kiểm tra.

Giải quyết vấn đề

Để đạt được mục đích trên đây, theo một khía cạnh của sáng chế, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì được đề xuất bao gồm: phương tiện thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các kết quả kiểm tra thu được bằng cách đánh giá sự hiện diện của sự bất thường của kết cấu xây dựng dân dụng đối với các hạng mục kiểm tra; phương tiện tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng, bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục (item response theory) vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên là theo sự phân bố gamma; và phương tiện đầu ra để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán bởi phương tiện tính toán chỉ số bảo trì.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp tính toán chỉ số bảo trì được đề xuất bao gồm: bước thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các kết quả kiểm tra thu được bằng cách đánh giá sự hiện diện của sự bất thường của kết cấu xây dựng dân dụng đối với các hạng mục kiểm tra; bước tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng, bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên là theo sự phân bố gamma; và bước kết xuất để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán ở bước tính toán chỉ số bảo trì.

Theo thiết bị tính toán chỉ số bảo trì và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì, bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả

kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng là theo sự phân bố gamma, có thể tách thông tin bắt nguồn từ “tình huống kiểm tra” và thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng” mà có trong dữ liệu kết quả kiểm tra và tính toán chỉ số bảo trì bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì. Do đó, có thể tính toán chỉ số bảo trì thích hợp hơn dưới dạng chỉ số đối với bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng.

Ở đây, mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục có thể là mẫu trả lời hạng mục kiểm tra mà là mẫu để tính toán chỉ số bảo trì với kết quả kiểm tra dưới dạng có hoặc không có sự bất thường.

Khi mẫu trả lời hạng mục kiểm tra được sử dụng, chỉ số bảo trì được tính toán với kết quả kiểm tra dưới dạng có hoặc không có sự bất thường. Do đó, có thể tính toán chỉ số bảo trì mà là thích hợp hơn dưới dạng chỉ số đối với bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng với việc tính toán đơn giản hơn.

Mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục có thể là mẫu trả lời kiểm tra phân hạng mà là mẫu để tính toán chỉ số bảo trì cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng hạng bất kỳ trong số ba hoặc nhiều hơn ba hạng mà được cấp phát tùy thuộc vào mức độ bất thường.

Khi mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được sử dụng, chỉ số bảo trì được tính toán cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng hạng bất kỳ trong số ba hoặc nhiều hơn ba hạng được cấp phát tùy thuộc vào mức độ bất thường. Do đó, có thể xem xét mức ưu tiên bảo trì chi tiết hơn.

Các hạng mà kết quả kiểm tra thuộc về trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng có thể là bốn hoặc nhỏ hơn.

Bằng cách thiết lập các hạng mà kết quả kiểm tra thuộc về ở bốn hoặc nhỏ hơn, có thể tính toán chỉ số bảo trì chính xác hơn chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với kết cấu xây dựng dân dụng mà không cần áp dụng quá tải để tính toán chỉ số bảo trì.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra thiết bị tính toán chỉ số bảo trì và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì mà có thể được sử dụng dưới dạng chỉ số đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ khối chức năng của thiết bị tính toán chỉ số bảo trì theo một phương án của sáng chế.

Fig.2 là lưu đồ minh họa phương pháp tính toán chỉ số bảo trì được thực hiện bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì.

Fig.3 là đồ thị minh họa một ví dụ về hàm trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.4 là hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.5 là hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.6(A) và Fig.6(B) là các hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.7 là hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.8 là hình vẽ minh họa một số chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.9 là biểu đồ về các chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.10 là đồ thị phân phối của các chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.11 là hình vẽ minh họa độ phân biệt a và độ khó b mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Fig.12(A) là đồ thị minh họa hàm trả lời hạng mục kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra đối với các hạng mục kiểm

tra của bề mặt bên trái, và Fig.12(B) là đồ thị minh họa hàm trả lời hạng mục kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra đối với các hạng mục kiểm tra của bề mặt bên phải.

Fig.13(A) là đồ thị minh họa hàm trả lời hạng mục kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra đối với các hạng mục kiểm tra của bề mặt đỉnh, và Fig.13(B) là đồ thị minh họa hàm trả lời hạng mục kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra đối với các hạng mục kiểm tra khác.

Fig.14 là đồ thị minh họa một ví dụ về hàm trả lời loại kiểm tra.

Fig.15 là hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.16(A) và Fig.16(B) là các hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.17 là hình vẽ minh họa phương pháp biến đổi dữ liệu kết quả kiểm tra khi áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.18 là hình vẽ minh họa một số chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.19 là biểu đồ về các chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.20 là đồ thị phân phối của các chỉ số ưu tiên mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng.

Fig.21(A) là đồ thị minh họa hàm trả lời loại kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng đối với sự rạn nứt của bề mặt bên trái, và Fig.21(B) là đồ thị minh họa hàm trả lời loại kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng đối với sự rò nước của bề mặt bên trái.

Fig.22(A) là đồ thị minh họa hàm trả lời loại kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng đối với sự trôi và sự tách lớp của

bề mặt bên trái, và Fig.22(B) là đồ thị minh họa hàm trả lời loại kiểm tra mà được thu nhận bằng cách áp dụng mẫu trả lời kiểm tra phân hạng đối với sự xuống cấp thép của bề mặt bên trái.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Khi mô tả các hình vẽ, các bộ phận giống nhau sẽ được tham chiếu bằng các ký hiệu chỉ dẫn giống nhau và phần mô tả của chúng sẽ không được lặp lại.

Fig.1 là sơ đồ khối chức năng của thiết bị tính toán chỉ số bảo trì theo một phương án của sáng chế. Thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 theo phương án này là thiết bị để tính toán chỉ số bảo trì mà có thể được sử dụng làm chỉ số trong việc lập kế hoạch bảo trì như sửa chữa hoặc tuần tra khi bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng.

“Chỉ số bảo trì” mà được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 đóng vai trò là chỉ số để lập kế hoạch bảo trì đối với kết cấu xây dựng dân dụng đối với mỗi phần định trước trên cơ sở các kết quả kiểm tra khi việc kiểm tra được thực hiện trên các hạng mục kiểm tra đối với sự bất thường trong kết cấu xây dựng dân dụng. Các hạng mục kiểm tra là các loại bất thường được liên kết với việc đánh giá về việc kiểm tra để đánh giá các loại bất thường khác nhau. Khi đánh giá dựa trên cùng một quan điểm được thực hiện trong cùng một phần nhưng các vị trí đích đo là khác nhau, thì các vị trí đích đo có thể được xử lý riêng dưới dạng các hạng mục kiểm tra. Mức ưu tiên bảo trì trong kết cấu xây dựng dân dụng là mức ưu tiên mà tại đó các biện pháp khác nhau (như quan sát diễn tiến, sửa chữa hoặc gia cố, và giới hạn sử dụng) để bảo trì được áp dụng trong phạm vi mà có thể được hiểu từ các kết quả kiểm tra của kết cấu xây dựng dân dụng. Nói cách khác, mức ưu tiên bảo trì có thể được coi là chỉ số chỉ báo mức độ bất định (rủi ro) mà kết cấu xây dựng dân dụng sẽ ở trạng thái cần biện pháp nhất định.

Mặc dù điều này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây, kết quả kiểm tra để bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng bao gồm các thành phần trong đó kết quả kiểm tra

thay đổi tùy thuộc vào tình huống kiểm tra (như người kiểm tra hoặc ngày và giờ kiểm tra). Do đó, điều khó khăn là xác định một cách trực tiếp mức ưu tiên bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng từ các kết quả kiểm tra. “Chỉ số bảo trì” mà được xử lý bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 theo phương án này là chỉ số chỉ báo mức ưu tiên bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng sẽ được kiểm tra mà không quan tâm đến tình huống kiểm tra và được tính toán trên cơ sở các kết quả kiểm tra.

“Sự bất thường” là trạng thái trong đó tính năng giảm sút từ trạng thái bền chắc mà kết cấu xây dựng dân dụng vốn có. Ở đây, kết cấu xây dựng dân dụng là “kết cấu không phải là tòa nhà”, như đường hầm, cầu, hoặc đập. Trong các kết cấu này, việc kiểm tra liên quan đến sự hiện diện của sự bất thường được thực hiện định kỳ hoặc không định kỳ để phát hiện sự bất thường như hư hại hoặc biến chất. Chỉ số bảo trì mà được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 được sử dụng để đánh giá mức ưu tiên bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng từ các kết quả kiểm tra được thực hiện lặp lại theo cách này.

Trong các phương án sau đây, ví dụ trong đó kết cấu xây dựng dân dụng là đường hầm ngầm của đường sắt nội thành sẽ được mô tả. Sự bất thường trong đường hầm ngầm là trạng thái trong đó tính năng giảm sút từ trạng thái bền chắc mà đường hầm ngầm vốn có. Các ví dụ về việc kiểm tra được liên kết với sự hiện diện của sự bất thường trong đường hầm ngầm của đường sắt nội thành bao gồm việc kiểm tra chung thông thường mà là việc kiểm tra định kỳ để kiểm tra các sự bất thường trong kết cấu đường hầm ngầm và diễn tiến của chúng, và kiểm tra chung đặc biệt, mà được thực hiện trên cơ sở “Tiêu chuẩn bảo trì về các kết cấu đường sắt hoặc loại tương tự”. Việc kiểm tra được liên kết với sự hiện diện của sự bất thường không bị giới hạn ở các việc kiểm tra trên đây. Nói chung, sự bất thường của đường hầm ngầm là hiện tượng có thể được quan sát trực quan như sự rạn nứt hoặc sự rò nước và xảy ra trên bề mặt của lớp ốp (phần thân). Do đó, việc kiểm tra được liên kết với sự hiện diện của sự bất thường bao gồm kiểm tra trực quan. Việc kiểm tra được liên kết với sự hiện diện của sự bất thường cũng bao gồm

thử nghiệm bằng súng búa nảy (hammering test) để kiểm tra trạng thái lớp ốp (phần thân) như sự trôi và sự tách lớp mà không thể quan sát trực quan được.

Khi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 được ứng dụng vào kết quả kiểm tra của loại kết cấu xây dựng dân dụng khác, cấu hình dữ liệu của các hạng mục kiểm tra hoặc các kết quả kiểm tra được thay đổi tùy thuộc vào kết cấu xây dựng dân dụng mục tiêu và các quy trình cụ thể được thay đổi một cách thích hợp tùy thuộc vào cấu hình dữ liệu của các kết quả kiểm tra.

Thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 theo phương án này là thiết bị thu nhận nhóm dữ liệu (dưới đây được gọi là “dữ liệu kết quả kiểm tra”) bao gồm các kết quả kiểm tra đối với các hạng mục kiểm tra ở mỗi vị trí của đường hầm ngầm và tính toán chỉ số bảo trì được liên kết với đường hầm ngầm từ dữ liệu kết quả kiểm tra đối với mỗi phân định trước.

Như được minh họa trên Fig.1, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 có chức năng thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra từ thiết bị bên ngoài 2 như đầu cuối di động hoặc thiết bị máy chủ và truyền chỉ số bảo trì mà được tính toán từ các kết quả kiểm tra đến thiết bị bên ngoài 2. Các ví dụ về thiết bị bên ngoài 2 bao gồm thiết bị đầu cuối được mang theo bởi người thực hiện việc kiểm tra được liên kết với sự bất thường của đường hầm ngầm và máy chủ quản lý thông tin được liên kết với đường sắt bao gồm đường hầm ngầm. Thiết bị mà truyền dữ liệu kết quả kiểm tra đến thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 và thiết bị mà chỉ số bảo trì được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 được truyền đến không nhất thiết phải giống nhau mà có thể khác nhau.

Thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 được cấu thành bởi máy tính bao gồm phần cứng như bộ xử lý trung tâm (CPU), bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (random access memory - RAM) và bộ nhớ chỉ đọc (read only memory - ROM) mà là các thiết bị nhớ chính, môđun truyền thông để thực hiện việc truyền thông, và thiết bị nhớ phụ như đĩa cứng. Các chức năng của các bộ phận này được thực hiện bằng cách làm cho các thành phần như vậy hoạt động.

Các chức năng của các bộ phận của thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 sẽ được mô tả dưới đây. Như được minh họa trên Fig.1, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 bao gồm bộ phận thu nhận dữ liệu 11 (phương tiện thu nhận dữ liệu), bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 (phương tiện tính toán), bộ phận lưu trữ thuật toán 13, và bộ phận kết xuất kết quả 14 (phương tiện đầu ra).

Bộ phận thu nhận dữ liệu 11 đóng vai trò là phương tiện thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra từ thiết bị bên ngoài 2. Dữ liệu kết quả kiểm tra được thu nhận bởi bộ phận thu nhận dữ liệu 11 được gửi đến bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 và quy trình được liên kết với việc tính toán chỉ số bảo trì được thực hiện trong đó.

Bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 đóng vai trò là phương tiện tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì từ dữ liệu kết quả kiểm tra. Bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 tính toán chỉ số bảo trì bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào các kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số sẽ được tính toán là theo sự phân bố gamma. Hai loại mẫu, “mẫu trả lời hạng mục kiểm tra” và “mẫu trả lời kiểm tra phân hạng”, có thể được áp dụng dưới dạng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục. Để áp dụng các mẫu này, các quy trình như biến đổi số cũng có thể được thực hiện trên dữ liệu kết quả kiểm tra. Việc giải thích về hai mẫu này và phương pháp để tính toán chỉ số bảo trì khi các mẫu này được áp dụng sẽ được mô tả sau đây.

Bộ phận lưu trữ thuật toán 13 đóng vai trò là phương tiện lưu trữ để lưu trữ các mẫu và các thuật toán được sử dụng để tính toán chỉ số bảo trì. Các mẫu và các thuật toán được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ thuật toán 13 được gửi đến bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 và được thực hiện ở đó trên cơ sở chỉ dẫn từ bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12.

Bộ phận kết xuất kết quả 14 đóng vai trò là phương tiện đầu ra để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán bởi bộ phận tính toán chỉ số bảo trì 12 đến thiết bị bên ngoài 2.

Phương pháp tính toán chỉ số bảo trì được thực hiện bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 sẽ được mô tả dưới đây dựa vào lưu đồ được minh họa trên Fig.2.

Trước tiên, bộ phận thu nhận dữ liệu 11 thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra từ thiết bị bên ngoài 2 (S01: bước thu nhận dữ liệu). Sau đó, chỉ số bảo trì được tính toán từ dữ liệu kết quả kiểm tra (S02: bước tính toán chỉ số bảo trì). Ở đây, chỉ số bảo trì được tính toán bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số bảo trì là theo sự phân bố gamma nhờ sử dụng các thuật toán được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ thuật toán 13. Khi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 lưu trữ các mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục, chỉ số bảo trì có thể được tính toán bằng cách áp dụng mẫu mà được chỉ định bởi người sử dụng và được sử dụng để tính toán chỉ số bảo trì. Trong trường hợp này, chỉ số bảo trì được tính toán bằng cách lựa chọn và thực hiện thuật toán được sử dụng để tính toán chỉ số bảo trì trong số các thuật toán tương ứng với các mẫu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ thuật toán 13.

Cuối cùng, bộ phận kết xuất kết quả 14 kết xuất kết quả tính toán đến thiết bị bên ngoài 2 (S03: bước kết xuất). Do đó kết thúc lưu trình được liên kết với phương pháp tính toán chỉ số bảo trì.

Phương pháp cụ thể để tính toán chỉ số bảo trì trong thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 sẽ được mô tả dưới đây. Như được mô tả trên đây, khi tính toán chỉ số bảo trì, chỉ số bảo trì được tính toán bằng cách áp dụng “mẫu trả lời hạng mục kiểm tra” mà là mẫu chỉ báo khả năng các kết quả kiểm tra được quan sát để có sự bất thường hoặc “mẫu trả lời kiểm tra phân hạng” mà là mẫu chỉ báo hạng nào trong số ba hoặc nhiều hơn ba hạng mà kết quả kiểm tra thuộc về dưới dạng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục đối với dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số bảo trì là theo sự phân bố gamma. Phương pháp tính toán chỉ số bảo trì sử dụng hai loại mẫu nêu trên sẽ được mô tả dưới đây.

(1) Mẫu trả lời hạng mục kiểm tra

Như được mô tả trên đây, dữ liệu kết quả kiểm tra phản ánh cơ bản trạng

thái hiện thời của đường hầm ngầm dưới dạng mục tiêu kiểm tra và kết quả kiểm tra tốt hơn là bao gồm thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng”, tức là, thông tin chỉ báo liệu kết cấu xây dựng dân dụng có thực sự đáp ứng tính năng cần cho kết cấu. Khi kết quả kiểm tra bao gồm chỉ thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng”, kết quả kiểm tra ở nơi có nhu cầu đối với biện pháp xử lý cao là kết quả có mức độ bất thường cao. Do đó, kết quả kiểm tra chỉ báo một cách trực tiếp mức ưu tiên bảo trì của đường hầm ngầm.

Tuy nhiên, dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các thành phần mà kết quả kiểm tra thay đổi tùy thuộc vào tình huống kiểm tra (như người kiểm tra hoặc ngày và giờ kiểm tra). Ví dụ, việc kiểm tra đường hầm ngầm bao gồm việc kiểm tra mà được xác định bởi người kiểm tra trên cơ sở tiêu chuẩn xác định định trước như kiểm tra trực quan chẳng hạn. Ở đây, trường hợp trong đó, khi việc kiểm tra được thực hiện ở trạng thái trong đó các tiêu chuẩn xác định của các người kiểm tra vào các thời điểm khác nhau là khác nhau một chút, kết quả kiểm tra thay đổi tùy thuộc vào các người kiểm tra cũng được xem xét. Theo cách này, dữ liệu kết quả kiểm tra là dữ liệu bao gồm thông tin chỉ báo “tình huống kiểm tra” và thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng”. Điều này có nghĩa là, dữ liệu kết quả kiểm tra có “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng” và “tính phụ thuộc tình huống” tùy thuộc vào tình huống kiểm tra. Mặt khác, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 tính toán chỉ số có khả năng tách “tính phụ thuộc tình huống” khỏi dữ liệu kết quả kiểm tra dưới dạng chỉ số bảo trì. “Chỉ số chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước” được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1, nhưng “chỉ số chỉ báo các đặc tính của các hạng mục kiểm tra” mà tác động đến việc tính toán chỉ số chỉ báo mức ưu tiên bảo trì cũng được tính toán. “Chỉ số chỉ báo các đặc tính của các hạng mục kiểm tra” là chỉ số thay đổi tùy thuộc vào tình huống kiểm tra (như người kiểm tra, ngày và giờ, và loại).

Ở đây, giả sử rằng chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì trong phần

định trước của đường hàm ngầm mà là mục tiêu kiểm tra được xác định là θ . Chỉ số ưu tiên θ chỉ báo mức ưu tiên bảo trì của đường hàm ngầm, mà là kết cấu xây dựng dân dụng, và xác suất của sự bất thường được quan sát (xác suất quan sát) tăng lên khi chỉ số ưu tiên θ tăng lên và xác suất của sự bất thường được quan sát giảm đi khi chỉ số ưu tiên θ giảm đi.

Trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, chỉ số ưu tiên θ chỉ báo khả năng là nơi cần biện pháp như sửa chữa sẽ có trong phân định trước và không xem xét mức độ bất thường. Do đó, dữ liệu kết quả kiểm tra đối với mỗi phân được biến đổi thành giá trị nhị phân là 0 (không cần biện pháp xử lý) hoặc 1 (cần biện pháp xử lý) và sau đó việc đánh giá được thực hiện trên đó.

Khi hạng mục kiểm tra được xác định là j , mối quan hệ giữa chỉ số ưu tiên θ và xác suất quan sát sự bất thường $P_j(\theta)$ đáp ứng hàm logit hai thông số được biểu diễn bằng phương trình (1).

$$P_j(\theta) = \frac{1}{1 + \exp[-a_j(\theta - b_j)]} \quad \dots(1)$$

Ở đây, a_j là thông số độ phân biệt hạng mục và b_j là thông số độ khó hạng mục.

Fig.3 minh họa mối quan hệ giữa θ và $P_j(\theta)$ mà được biểu diễn bằng phương trình (1) khi thông số độ phân biệt hạng mục a_j thay đổi. Trên Fig.3, trường hợp $a_j=0,3$ và $b_j=8$ và trường hợp $a_j=1,5$ và $b_j=8$ được minh họa. Thông số độ phân biệt hạng mục a_j là thông số chỉ báo cách mà xác suất quan sát sự bất thường thay đổi đối với sự thay đổi về mức ưu tiên bảo trì. Như được minh họa trên Fig.3, P_j thay đổi nhiều ở lân cận của $\theta=6$ đến 8 trong trường hợp $a_j=1,5$, nhưng sự thay đổi của P_j ở lân cận của $\theta=6$ đến 8 là không khác nhiều so với sự thay đổi về chỉ số ưu tiên θ khác trong trường hợp $a_j=0,3$. Điều này có nghĩa là, hạng mục kiểm tra với a_j nhỏ là hạng mục kiểm tra mà sự thay đổi của nó về chỉ số ưu tiên θ rất khó được phản ánh về sự thay đổi của P_j , còn hạng mục kiểm tra với a_j lớn là hạng mục kiểm tra có giá trị ngưỡng biểu kiến phản ánh nhạy sự thay đổi về chỉ số ưu tiên θ .

Thông số độ khó hạng mục b_j là số chỉ báo vị trí mà tại đó P_j thay đổi nhiều trong đồ thị được minh họa trên Fig.3. Chỉ số ưu tiên θ có giá trị bằng hoặc lớn hơn 0 như được minh họa trên Fig.3 và chỉ báo rằng vị trí mà tại đó P_j thay đổi nhiều được dịch chuyển về phía bên phải trên hình vẽ khi b_j là lớn và P_j không thay đổi, tức là, khó có thể quan sát sự bất thường, khi chỉ số ưu tiên θ không tăng nhiều. Mặt khác, vị trí mà tại đó P_j thay đổi nhiều được dịch chuyển về phía bên trái trên hình vẽ khi b_j là nhỏ và P_j thay đổi từ hạng mà ở đó chỉ số ưu tiên θ là nhỏ, tức là, dễ dàng quan sát sự bất thường.

Theo cách này, phương trình (1) biểu diễn cách mà xác suất quan sát sự bất thường $P_j(\theta)$ thay đổi để tương ứng với chỉ số ưu tiên θ . Khi giả sử rằng θ trong mẫu được biểu diễn bằng phương trình (1) là theo sự phân bố gamma, mẫu được xác định là “mẫu trả lời hạng mục kiểm tra (IIRM)” mà là mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục. Hàm trong đó thông số độ phân biệt hạng mục a_j và thông số độ khó hạng mục b_j trong phương trình (1) được định rõ được xác định là “hàm trả lời hạng mục kiểm tra (IIRF)”.

Hàm trả lời hạng mục kiểm tra là hàm số để tính toán xác suất của sự bất thường được quan sát (sự bất thường được xác định là có xuất hiện) khi việc kiểm tra dựa trên hạng mục định trước được thực hiện trong phần trong đó chỉ số ưu tiên θ có giá trị cụ thể. Hàm trả lời hạng mục kiểm tra bao gồm ba thông số là chỉ số ưu tiên θ , thông số độ phân biệt hạng mục a_j , và thông số độ khó hạng mục b_j . Do chỉ số ưu tiên θ được ước lượng đối với mỗi phần, chỉ số ưu tiên đối với mỗi phần có thể được xác định là θ_i (trong đó $i=1, 2, \dots, I$ và I là số lượng phần của đường hàm ngầm). Ngoài ra, j có trong thông số độ phân biệt hạng mục a_j và thông số độ khó hạng mục b_j có thể được xác định với $j=1, 2, \dots, J$ (trong đó J là số lượng hạng mục kiểm tra của đường hàm ngầm).

Giả sử rằng các thông số đáp ứng các điều kiện của phương trình (2) khi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 tính toán chỉ số ưu tiên θ_i , thông số độ phân biệt hạng mục a_j , và thông số độ khó hạng mục b_j trên cơ sở dữ liệu kết quả kiểm tra.

$$\begin{aligned}
 \theta_i &\sim \text{Gamma}(\text{hình dạng}, \text{tỷ lệ}) \\
 a_j &\sim \text{LN}(\mu, \sigma^2) \\
 b_j &\sim \text{Gamma}(\text{hình dạng}, \text{tỷ lệ})
 \end{aligned}
 \dots(2)$$

Phương trình (2) dựa trên giả định rằng sự phân bố xác suất mà được đáp ứng bởi từng thông số, và thể hiện rằng chỉ số ưu tiên θ_i và thông số độ khó hạng mục b_j đáp ứng sự phân bố gamma mà được xác định bởi thông số hình dạng, hình dạng, và thông số tỷ lệ, tỷ lệ. Phương trình này thể hiện rằng thông số độ phân biệt hạng mục a_j đáp ứng sự phân bố lôgarit chuẩn tắc mà được xác định bởi trung bình μ và phương sai σ^2 . Các sự phân bố này được lựa chọn trên cơ sở các dấu hiệu của các thông số. Điều này có nghĩa là, giả sử rằng chỉ số ưu tiên θ_i và thông số độ khó hạng mục b_j có sự phân bố giống như sự phân bố gamma chẳng hạn, khi tuổi thọ tối đa của linh kiện điện tử theo kỹ thuật nghiên cứu độ tin cậy được thiết lập là biến số ngẫu nhiên. Mặt khác, giả sử rằng thông số độ phân biệt hạng mục a_j là theo sự phân bố lôgarit chuẩn tắc mà được giới hạn có giá trị bằng hoặc lớn hơn 0. Điều có thể giả định là thông số độ phân biệt hạng mục a_j là theo sự phân bố chuẩn tắc chặn thay cho sự phân bố lôgarit chuẩn tắc.

Mẫu trả lời hạng mục kiểm tra có thể được mô tả bởi phương trình (1) và phương trình (2). Theo phân tích thực tế, điều cần thiết là tính toán chỉ số ưu tiên θ_i , thông số độ phân biệt hạng mục a_j , và thông số độ khó hạng mục b_j khi giả sử rằng dữ liệu kiểm tra của mỗi hạng mục kiểm tra có thể được làm thích ứng với mẫu trả lời hạng mục kiểm tra. Phương pháp chuỗi Markov Monte Carlo (Markov chain Monte Carlo - MCMC) là phương pháp đã biết được sử dụng để ước lượng các thông số. Phương pháp chuỗi Markov Monte Carlo là phương pháp mô phỏng số sự phân bố xác suất hậu nghiệm của thông số để tìm kiếm sự phân bố của hàm ước lượng của nó. Phương pháp hợp lý cực đại hoặc phương pháp tương tự thường được sử dụng đối với mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục, nhưng do các thông số (chỉ số ưu tiên θ_i và thông số độ khó hạng mục b_j) theo sự phân bố gamma có trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, phương pháp MCMC được sử dụng thay cho

phương pháp hợp lý cực đại đối với mẫu trả lời hạng mục kiểm tra.

Dữ liệu phân tích mà mẫu trả lời hạng mục kiểm tra được áp dụng sẽ được mô tả dưới đây. Như được mô tả trên đây, trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, việc ước lượng được thực hiện sau khi dữ liệu kết quả kiểm tra được biến đổi thành các giá trị nhị phân là 0 (không cần biện pháp xử lý) và 1 (cần biện pháp xử lý). Do đó, trước tiên, dữ liệu kết quả kiểm tra được biến đổi thành các giá trị nhị phân.

Fig.4 minh họa một ví dụ về dữ liệu kết quả kiểm tra mà được thu nhận bởi bộ phận thu nhận dữ liệu 11. Fig.4 minh họa một ví dụ về các kết quả kiểm tra khi lớp ốp (phần thân) của đường hầm ngầm là bê tông. Trong dữ liệu kết quả kiểm tra, khoảng cách tương ứng với thông tin vị trí trong đường hầm ngầm và các hạng mục kiểm tra (rạn nứt bên trái phía dưới, rạn nứt bên trái, ... trên Fig.4) theo khoảng cách là tương quan. Trong dữ liệu kết quả kiểm tra được minh họa trên Fig.4, khi sự thay đổi trạng thái nào đó (trạng thái bất thường) về sự rạn nứt được quan sát nhờ kiểm tra trực quan, loại bất kỳ trong số “AA, A1, A2, B, C, và S” được cấp phát tùy thuộc vào trạng thái được quan sát (AA không có trong Fig.4).

Trong dữ liệu kết quả kiểm tra được minh họa trên Fig.4, AA, A1, và A2 biểu thị rằng có sự bất thường hoặc loại tương tự đe dọa an ninh vận hành, sự an toàn của hành khách, quần chúng, và loại tương tự, và sự bảo đảm hoạt động bình thường của tàu hoặc có khả năng đó, và AA, A1, và A2 được cấp phát tùy thuộc vào tính nghiêm trọng của nó. B biểu thị rằng có khả năng là trạng thái này sẽ chuyển sang trạng thái của AA, A1, hoặc A2. C biểu thị rằng có sự bất thường không đáng kể hoặc loại tương tự. S biểu thị rằng kết cấu là chắc chắn (kết cấu được xác định là chắc chắn nhờ biện pháp xử lý (như sửa chữa)). Phần trống biểu thị rằng không có sự thay đổi trạng thái được quan sát.

Sau đó, như được minh họa trên Fig.5, kết quả được coi là “sự bất thường (cần biện pháp xử lý)” trong số các kết quả kiểm tra được biến đổi thành “1” và kết quả được coi là “không có sự bất thường (không cần biện pháp xử lý)” được biến đổi thành “0”. Trong dữ liệu kết quả kiểm tra theo phương án này, phần trong đó

AA, A1, A1, hoặc B được mô tả được biến đổi thành “1” và phần trong đó S hoặc C được mô tả hoặc phần trống được biến đổi thành “0.” Sau đó, các kết quả kiểm tra được phân chia thành các phần định trước (là 5m theo phương án này) và các số được mô tả trong các phần này được tập hợp lại đối với mỗi hạng mục kiểm tra. Các kết quả được minh họa trên Fig.6(A). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.6(A), các kết quả kiểm tra trong đó vị trí quan sát sự bất thường ở bên trái phía dưới, bên trái, hoặc bên trái phía trên được tập trung về bên trái. Tương tự, các kết quả kiểm tra được phân chia thành ba nơi là bên trái, bên trên, và bên phải đối với mỗi sự bất thường và được tập hợp lại (tổng của chúng được tính toán)

Các kết quả biến đổi các số trong các phần này trong đó một số bằng hoặc lớn hơn một số khác được thể hiện trong bảng được minh họa trên Fig.6(A) lại thành “1” được minh họa trong bảng trên Fig.6(B). Khi một hoặc nhiều kết quả là “sự bất thường (cần biện pháp xử lý)” trong hạng mục kiểm tra định trước trong phần định trước được yêu cầu bởi việc biến đổi được minh họa trên Fig.6(B), dữ liệu kết quả kiểm tra trong đó “1” được thể hiện trong phần tương ứng được thu nhận.

Dữ liệu được minh họa trên Fig.7 được thu nhận bằng cách thực hiện cùng các quy trình trên các hạng mục kiểm tra khác. Dữ liệu này là dữ liệu phân tích mà mẫu trả lời hạng mục kiểm tra được áp dụng.

Khi phân tích nhờ sử dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, các ma trận có thể được sử dụng để tính toán chỉ số ưu tiên θ_i , thông số độ phân biệt hạng mục a_j , và thông số độ khó hạng mục b_j . Đặc biệt là, dữ liệu phân tích được minh họa trên Fig.7 có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận X có I hàng (số phần) $\times$ J cột (số hạng mục kiểm tra). Vector chỉ số ưu tiên θ có thể được biểu diễn bởi $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_I)$. Tương tự, vector độ phân biệt hạng mục a có thể được biểu diễn bởi $(a_1, a_2, \dots, a_J)$, và vector độ khó hạng mục b có thể được biểu diễn bởi $(b_1, b_2, \dots, b_J)$.

Trong kết quả kiểm tra của việc kiểm tra j trong phần i , khi xác suất của sự bất thường được quan sát được xác định là $P_{ij}(\theta_i)$, xác suất quan sát sự bất thường

$P_{ij}(\theta_i)$ có thể được tính toán bằng phương trình (3) từ phần mô tả trên đây. Lúc này, trong kết quả kiểm tra của hạng mục kiểm tra j trong phần i , khi xác suất không có sự bất thường được quan sát được xác định là $Q_{ij}(\theta_i)$, $Q_{ij}(\theta_i)$ được tính toán bằng phương trình (4).

$$P_{ij}(\theta_i) = \frac{1}{1 + \exp[-a_j(\theta_i - b_j)]} \quad \dots(3)$$

$$Q_{ij}(\theta_i) = 1 - P_{ij}(\theta_i) \quad \dots(4)$$

Lúc này, xác suất p mà ma trận X tương ứng với dữ liệu phân tích được thu nhận tương ứng với tích số của các xác suất mà các kết quả của các hạng mục kiểm tra trong các phần được thu nhận và có thể thu được như trong phương trình (5).

$$p(X|\theta) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J P_{ij}^{x_{ij}} Q_{ij}^{1-x_{ij}} \quad \dots(5)$$

$p(X|\theta)$ biểu thị xác suất (sự phân bố) mà kết quả X được thu nhận khi chỉ số ưu tiên θ là giá trị định trước. Tuy nhiên, chỉ số ưu tiên θ không được biết thực tế, và chỉ số ưu tiên θ khi kết quả X là giá trị định trước được dự định là được tính toán dưới dạng chỉ số bảo trì và tương ứng với xác suất (sự phân bố) $p(\theta|X)$. Điều này có nghĩa là, điều cần thiết là tính toán sự phân bố xác suất hậu nghiệm $p(\theta|X)$ (sự phân bố hậu nghiệm).

Khi định lý Bayes được sử dụng, thì cả hai đều đáp ứng mối quan hệ của phương trình (6). Do $p(X)$ có trong phương trình (6) là hằng số, nên phương trình (6) có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình (7).

$$p(\theta|X) = \frac{p(X|\theta)p(\theta)}{p(X)} \quad \dots(6)$$

$$p(\theta|X) \propto p(X|\theta)p(\theta) \quad \dots(7)$$

Phương trình (7) biểu thị rằng sự phân bố hậu nghiệm $p(\theta|X)$ là tích số của xác suất (sự phân bố) $p(X|\theta)$ mà là hợp lý và sự phân bố xác suất trước $p(\theta)$. Do đó, bằng cách giả định sự phân bố, tức là, sự phân bố gamma, mà θ sẽ đáp ứng dưới dạng sự phân bố xác suất trước, có thể tính toán sự phân bố xác suất hậu nghiệm

$p(\theta|X)$.

Do thông số mà được ước lượng trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra theo phương án này không bị giới hạn ở θ mà còn bao gồm hai vector là vector độ phân biệt hạng mục $a = (a_1, a_2, \dots, a_J)$ và vector độ khó hạng mục $b = (b_1, b_2, \dots, b_J)$, sự phân bố xác suất hậu nghiệm được mô tả bởi các phương trình từ (8) đến (10).

$$p(\theta|a, b, X) \propto p(X|\theta, a, b)p(\theta) \quad \dots(8)$$

$$p(a|\theta, b, X) \propto p(X|\theta, a, b)p(a) \quad \dots(9)$$

$$p(b|\theta, a, X) \propto p(X|\theta, a, b)p(b) \quad \dots(10)$$

Ở đây, giả sử rằng các sự phân bố ưu tiên $p(\theta)$ và $p(b)$ là các sự phân bố gamma. Cũng giả sử rằng $p(a)$ là sự phân bố lôgarit chuẩn tắc.

Bằng cách áp dụng MCMC mà là phương pháp đã biết đối với các phương trình từ (8) đến (10), có thể tính toán các thông số. Sự kết hợp của các thuật toán đã biết như thuật toán lấy mẫu Gibbs và thuật toán Metropolis-Hastings (MH) mà là các thuật toán đại diện trong MCMC được sử dụng để tính toán các thông số. Các thuật toán của MCMC mà được sử dụng để tính toán các thông số có thể được chọn một cách thích hợp khi cần. Việc ước lượng sử dụng MCMC liên quan đến việc tính toán các thông số có thể được thực hiện nhờ sử dụng phần mềm phân tích thống kê đã biết mà có thể thực hiện MCMC trong thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1.

Đối với chỉ số ưu tiên θ , $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_I)$ được tính toán để tương ứng với mỗi phần nhờ sử dụng phương pháp nêu trên. Đối với thông số độ phân biệt hạng mục a , $(a_1, a_2, \dots, a_J)$ được tính toán để tương ứng với mỗi hạng mục kiểm tra. Đối với thông số độ khó hạng mục b , $(b_1, b_2, \dots, b_J)$ được tính toán để tương ứng với mỗi hạng mục kiểm tra.

Một ví dụ về kết quả tính toán được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.13. Các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.13 minh họa các kết quả thu được bằng cách phân tích các kết quả kiểm tra của một đường hầm ngầm đối với các hạng mục kiểm tra trong một năm nhất định, tức là, các kết quả tính toán của các chỉ số bảo

tri. Các kết quả kiểm tra sẽ được phân tích là các kết quả khi số lượng phần (I) vào khoảng 3000 và số lượng hạng mục kiểm tra (J) trong mỗi phần là 15. Trong số lượng hạng mục kiểm tra, các hạng mục có các chi tiết kiểm tra giống nhau nhưng có các vị trí kiểm tra khác nhau (bên trái, bên trên, bên phải) được đếm dưới dạng các hạng mục độc lập. Fig.8 minh họa một phần của các kết quả được tính toán bằng cách ước lượng chỉ số ưu tiên θ trong phần định trước (khoảng cách: từng 5 m) thu được bằng cách thực hiện việc phân tích nhờ sử dụng phương pháp nêu trên. Fig.9 là biểu đồ minh họa các kết quả được tính toán bằng cách ước lượng chỉ số ưu tiên θ trong toàn bộ các phần. Fig.10 là đồ thị thu được bằng cách vẽ đồ thị các chỉ số ưu tiên θ để tương ứng với khoảng cách, trong đó trục ngang thể hiện khoảng cách (đơn vị: m) và trục thẳng đứng biểu thị chỉ số ưu tiên θ . Việc thống kê các chỉ số ưu tiên θ được mô tả trong bảng 1.

Bảng 1

tối thiểu	trung vị	trung bình	tối đa	độ lệch chuẩn
1,13	1,28	1,98	9,23	1,29

Fig.11 là bảng minh họa các kết quả tính toán của thông số độ phân biệt hạng mục a và thông số độ khó hạng mục b đối với mỗi hạng mục kiểm tra. Các việc ước lượng và các sai số chuẩn được tính toán đối với thông số độ phân biệt hạng mục a và thông số độ khó hạng mục b. Fig.12 và Fig.13 là các đồ thị minh họa hàm trả lời hạng mục kiểm tra đối với mỗi vị trí kiểm tra. Fig.12(A) minh họa các hàm trả lời hạng mục kiểm tra đối với sự rạn nứt, sự rò nước, sự trôi và sự tách lớp, và sự xuống cấp thép của bề mặt bên trái. Fig.12(B) minh họa các hàm trả lời hạng mục kiểm tra đối với sự rạn nứt, sự rò nước, sự trôi và sự tách lớp, và sự xuống cấp thép của bề mặt bên phải. Fig.13(A) minh họa các hàm trả lời hạng mục kiểm tra đối với sự rạn nứt, sự rò nước, sự trôi và sự tách lớp, và sự xuống cấp thép của bề mặt đỉnh. Fig.13(B) minh họa các hàm trả lời hạng mục kiểm tra đối với mỗi nổi lạnh (CJ), biến chất ban đầu, và các sự bất thường khác. So sánh Fig.12(A) và Fig.12(B) và Fig.13(A) và Fig.13(B) chẳng hạn ví dụ, xu hướng mấp mô mà sự xuống cấp thép có độ khó nhỏ hơn so với các hạng mục kiểm tra khác (sự bất

thường có khả năng được quan sát từ bước trong đó chỉ số ưu tiên θ là nhỏ, hoặc loại tương tự nhưng nó có thể được xác nhận là hàm trả lời hạng mục kiểm tra thay đổi tùy thuộc vào vị trí đo ngay cả trong cùng một lần kiểm tra. Do đó, điều được xem xét là các kết quả kiểm tra có thể được so sánh với độ chính xác cao hơn bằng cách đánh giá tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng nhờ sử dụng chỉ số bảo trì được mô tả trong phương án này thay vì đánh giá tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng một cách trực tiếp từ các kết quả kiểm tra.

(2) Mẫu trả lời kiểm tra phân hạng

Trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, do chỉ số ưu tiên θ thể hiện khả năng là nơi đòi hỏi biện pháp xử lý sẽ có trong phần định trước và mức độ bất thường hoặc loại tương tự không được xem xét, dữ liệu kết quả kiểm tra đối với mỗi phần được biến đổi thành các giá trị nhị phân là 0 (không cần biện pháp xử lý) và 1 (cần biện pháp xử lý) và sau đó được đánh giá. Tuy nhiên, nơi mà nhiều sự bất thường được quan sát hoặc nơi mà mức độ bất thường là nghiêm trọng được xem xét có mức ưu tiên bảo trì cao hơn so với nơi mà sự bất thường không được quan sát thường xuyên. Do đó, trong “mẫu trả lời kiểm tra phân hạng”, ba giá trị được cấp phát cho dữ liệu kết quả kiểm tra đối với mỗi phần, tức là, một hạng (loại) là 1, 2, và 3 được cấp phát dưới dạng việc cấp phát bao gồm các trọng số liên quan đến các sự bất thường. Do đó, dữ liệu kết quả kiểm tra được biến đổi thành một trong số 1, 2, và 3 và sau đó được đánh giá.

Trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng, chỉ số ưu tiên θ được xác định là giống như trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, nhưng xác suất quan sát sự bất thường được xác định là $P_{jc}(\theta)$ không giống như mẫu trả lời hạng mục kiểm tra. Trong trường hợp này, j là giá trị chỉ báo hạng mục kiểm tra và c biểu thị số loại (số bất kỳ trong số 1, 2, và 3 là giá trị làm ví dụ). Khi việc thiết lập này được sử dụng, xác suất quan sát sự bất thường $P_{jc}(\theta)$ có thể được xác định, ví dụ, như sau.

$P_{11}(\theta)$: xác suất mà sự rạn nứt (bên trái) sẽ được đánh giá là 1

$P_{12}(\theta)$: xác suất mà sự rạn nứt (bên trái) sẽ được đánh giá là 2

$P_{13}(\theta)$: xác suất mà sự rạn nứt (bên trái) sẽ được đánh giá là 3

$P_{21}(\theta)$: xác suất mà sự rạn nứt (trên đỉnh) sẽ được đánh giá là 1

Ở đây, trên cơ sở lý thuyết trả lời hạng mục, giả sử rằng xác suất $P_{jc}^*(\theta_i)$ mà kết quả hạng mục kiểm tra được xác định là bằng hoặc lớn hơn loại c khi chỉ số ưu tiên trong phần i là θ_i đáp ứng hàm logit (11), tương tự như mẫu trả lời hạng mục kiểm tra. Hàm đáp ứng đối với mỗi loại (sự tương ứng giữa các loại) có thể được tính toán nhờ sử dụng phương trình (12). Tương tự như mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, chỉ số ưu tiên θ_i được tính toán đối với mỗi phần. Thông số độ phân biệt hạng mục a_j được tính toán đối với mỗi hạng mục kiểm tra và thông số độ khó hạng mục b_{jc} cũng được tính toán đối với mỗi hạng mục kiểm tra.

$$P_{jc}^*(\theta_i) = \frac{1}{1 + \exp[-a_j(\theta_i - b_{jc})]} \quad \dots(11)$$

$$\begin{aligned} P_{j1} &= P_{j0}^* - P_{j1}^* = 1 - P_{j1}^* \\ P_{j2} &= P_{j1}^* - P_{j2}^* \\ P_{j3} &= P_{j2}^* \end{aligned} \quad \dots(12)$$

Giả sử rằng chỉ số ưu tiên θ , thông số độ phân biệt hạng mục a_j , và thông số độ khó hạng mục b_j (b_{jc}) đáp ứng các sự phân bố xác suất sau đây, tương tự như mẫu trả lời hạng mục kiểm tra. Có thể giả định rằng thông số độ phân biệt hạng mục a_i là theo sự phân bố chuẩn tắc chặn thay cho sự phân bố chuẩn tắc lôgarit.

$$\begin{aligned} \theta_i &\sim \text{Gamma}(\text{hình dạng}, \text{tỷ lệ}) \\ a_j &\sim \text{LN}(\mu, \sigma^2) \\ b_j &\sim \text{Gamma}(\text{hình dạng}, \text{tỷ lệ}) \end{aligned} \quad \dots(13)$$

Trong trường hợp dữ liệu ba giá trị, cách xác suất quan sát sự bất thường $P_{jc}(\theta)$ thay đổi tùy thuộc vào chỉ số ưu tiên θ được biểu diễn bằng các phương trình từ (11) đến (13). Các mẫu được biểu diễn bằng các phương trình từ (11) đến (13) được gọi là “mẫu trả lời kiểm tra phân hạng (GIRM)” mà là mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục. Hàm trong đó thông số độ phân biệt hạng mục a_j và thông số độ

khó hạng mục b_j (b_{jc}) trong phương trình (11) được định rõ được xác định là “hàm trả lời loại kiểm tra (ICRF)”.

Một ví dụ về hàm trả lời loại kiểm tra đối với dữ liệu ba giá trị được minh họa trên Fig.14. Ở đây, sự bất thường làm hư hại nhiều hơn với việc tăng về loại c. Trong hàm trả lời loại kiểm tra ba giá trị, đường cong của $c=1$, đường cong của $c=3$, và đường cong của $c=2$ được tạo ra. Trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng, các đường cong của các hàm được minh họa trên Fig.14 có thể được vẽ đối với mỗi hạng mục kiểm tra bằng cách ước lượng các thông số nhờ sử dụng MCMC.

Cụ thể là, dữ liệu phân tích mà mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được áp dụng sẽ được mô tả dưới đây. Như được mô tả trên đây, trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng, dữ liệu kết quả kiểm tra được biến đổi thành các giá trị tương ứng với ba loại (1, 2, và 3: 3 được xác định là dữ liệu kết quả kiểm tra có mức ưu tiên cao hơn đối với biện pháp xử lý) tùy thuộc vào mức độ và sau đó được ước lượng. Do đó, đầu tiên, dữ liệu kết quả kiểm tra được biến đổi thành dữ liệu ba giá trị. Theo phương án này, ví dụ xử lý sử dụng dữ liệu giống như được minh họa trên Fig.4, mà giống như trong mẫu trả lời hạng mục kiểm tra sẽ được mô tả.

Trước tiên, như được minh họa trên Fig.15, mỗi kết quả kiểm tra được biến đổi thành số bất kỳ trong số các số từ 1 đến 3. Cụ thể là, “AA, A1, và A2” được biến đổi thành “3”. “B và S” được biến đổi thành “2”. “C” được biến đổi thành “1”. Phần trống được biến đổi thành “0” (trạng thái trong đó phần trống không được biến đổi thành “0” được minh họa trên Fig.15).

Sau đó, toàn bộ phạm vi được chia các thành phần định trước (mỗi 5m theo phương án này) và các số được thể hiện trong các trường được tập hợp lại đối với mỗi hạng mục kiểm tra. Các kết quả được minh họa trên Fig.16(A). Ở đây, trong ví dụ được minh họa trên Fig.16(A), các vị trí quan sát sự bất thường ở phía dưới bên trái, bên trái, và phía trên bên trái được tập trung về phía bên trái. Tương tự, các sự bất thường được tập hợp lại ở ba nơi là bên trái, bên trên, và bên phải.

Sau đó, trong bảng được minh họa trên Fig.16(A), điểm số 0 được biến đổi

thành “1,” các điểm số từ 1 đến 3 được biến đổi thành “2,” và các điểm số từ 4 trở lên được biến đổi thành “3.” Các kết quả biến đổi lại được minh họa trong bảng trên Fig.16(B). Bằng cách thực hiện việc biến đổi như được minh họa trên Fig.16(B), dữ liệu kết quả kiểm tra trong đó “3” được nhập vào hạng mục kiểm tra và phần trong đó nhiều sự bất thường được quan sát và “1” được nhập vào hạng mục kiểm tra và phần trong đó sự bất thường không được quan sát được thu.

Bằng cách thực hiện việc xử lý tương tự trên các hạng mục kiểm tra khác, dữ liệu được minh họa trên Fig.17 được thu. Dữ liệu này là dữ liệu phân tích mà mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được áp dụng.

Tương tự như mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, MCMC được áp dụng vào dữ liệu phân tích mà được chuẩn bị như được mô tả trên đây để tính toán các thông số. Sự kết hợp của các thuật toán đã biết như thuật toán lấy mẫu Gibbs và thuật toán Metropolis-Hastings (MH) mà là các thuật toán đại diện trong MCMC được sử dụng để tính toán các thông số.

Đối với chỉ số ưu tiên θ , chỉ số ưu tiên θ được tính toán đối với mỗi phần nhờ sử dụng phương pháp nêu trên. Đối với thông số độ phân biệt hạng mục a , ($a_1, a_2, \dots, a_j$) được tính toán đối với mỗi hạng mục kiểm tra. Đối với thông số độ khó hạng mục b , ($b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}, \dots, b_{J1}, b_{J2}$) được tính toán để tương ứng với biên loại đối với mỗi hạng mục kiểm tra

Các ví dụ về kết quả tính toán được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.18 đến Fig.22. Các hình vẽ từ Fig.18 đến Fig.22 minh họa dữ liệu kết quả kiểm tra giống với việc tính toán chỉ số bảo trì nhờ sử dụng mẫu trả lời hạng mục kiểm tra, tức là, các kết quả thu được bằng cách phân tích các kết quả kiểm tra của một đường hầm ngầm đối với các hạng mục kiểm tra trong một năm nhất định. Các kết quả kiểm tra được phân tích là các kết quả khi số lượng phần (I) vào khoảng 3000 và số lượng hạng mục kiểm tra (J) trong mỗi phần là 15. Trong số lượng hạng mục kiểm tra, các hạng mục có các chi tiết kiểm tra giống nhau nhưng có các vị trí kiểm tra khác nhau (bên trái, bên trên, bên phải) được đếm như là các hạng mục độc lập.

Fig.18 minh họa một phần của các kết quả mà được tính toán bằng cách ước lượng chỉ số ưu tiên θ trong phần định trước (khoảng cách: mỗi 5m) thu được bằng cách thực hiện việc phân tích nhờ sử dụng phương pháp nêu trên. Fig.19 là biểu đồ minh họa các kết quả mà được tính toán bằng cách ước lượng chỉ số ưu tiên θ trong toàn bộ các phần. Fig.20 là đồ thị thu được bằng cách vẽ đồ thị các chỉ số ưu tiên θ để tương ứng với khoảng cách, trong đó trục ngang biểu thị khoảng cách (đơn vị: m) và trục thẳng đứng biểu thị chỉ số ưu tiên θ . Việc thống kê các chỉ số ưu tiên θ được mô tả trong bảng 2.

Bảng 2

tối thiểu	trung vị	trung bình	tối đa	độ lệch chuẩn
0,88	1,39	1,97	8,88	1,38

Fig.21 và Fig.22 là các đồ thị minh họa hàm trả lời loại kiểm tra đối với mỗi hạng mục kiểm tra. Fig.21(A) minh họa các hàm trả lời loại kiểm tra đối với sự rạn nứt của bề mặt bên trái. Fig.21(B) minh họa hàm trả lời loại kiểm tra đối với sự rò nước của bề mặt bên trái. Fig.22(A) minh họa các hàm trả lời loại kiểm tra đối với sự trôi và sự tách lớp của bề mặt bên trái. Fig.22(B) minh họa các hàm trả lời loại kiểm tra đối với sự xuống cấp thép của bề mặt bên trái. Theo cách này, hàm trả lời loại kiểm tra thay đổi tùy thuộc vào hạng mục kiểm tra. Mặc dù không được minh họa trên các hình vẽ, nhưng hàm trả lời loại kiểm tra trong cùng một lần kiểm tra có thể thay đổi tùy thuộc vào vị trí đo. Do đó, điều được xem xét là các kết quả kiểm tra có thể được so sánh với độ chính xác cao hơn bằng cách đánh giá tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng nhờ sử dụng chỉ số bảo trì được mô tả trong phương án này thay vì đánh giá tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng một cách trực tiếp từ các kết quả kiểm tra của các hạng mục kiểm tra.

Trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng theo phương án này, một hạng (loại c) là 1, 2, và 3 được cấp phát dưới dạng việc cấp phát bao gồm các trọng số liên quan đến các sự bất thường, nhưng số lượng các hạng (các loại) không bị giới hạn cụ thể. Do các thông số tăng cùng với việc tăng về hạng như được mô tả trên đây, tải xử lý liên quan đến việc tính toán số nhờ sử dụng MCMC tăng lên cùng với việc

tăng số lượng hạng. Do đó, khi mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được áp dụng, số lượng hạng được ưu tiên thiết lập ở 4 hoặc nhỏ hơn.

Như được mô tả trên đây, theo thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì theo phương án này, mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục được áp dụng vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên θ chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng là theo sự phân bố gamma. Do đó, do thông tin chỉ báo “tình huống kiểm tra” và thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng” mà có trong dữ liệu kết quả kiểm tra có thể được tách rời, có thể tính toán chỉ số bảo trì mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì và mà liên quan đến việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng nhờ sử dụng thông tin bắt nguồn từ “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng”. Do đó, theo thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì theo phương án này, có thể tính toán chỉ số bảo trì mà là thích hợp hơn dưới dạng chỉ số liên quan đến việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng. Chỉ số bảo trì được tính toán từ mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng. Do đó, so với trường hợp trong đó nguyên nhân của sự bất thường được quan sát được dự báo và khi kế hoạch bảo trì được lập, thì có thể lập kế hoạch bảo trì liên quan mỗi phần xét đến tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng.

Do chỉ số bảo trì bao gồm chỉ số ưu tiên được mô tả trong phương án này có thể được sử dụng chung cho các kiểu kết cấu xây dựng dân dụng giống nhau bao gồm các hạng mục kiểm tra giống nhau, nên có thể đánh giá các kết quả kiểm tra với độ chính xác cao hơn nhờ sử dụng chỉ số bảo trì. Điều này có nghĩa là, chỉ số bảo trì được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì theo phương án này được sử dụng một cách thích hợp để so sánh các kết quả kiểm tra của các kiểu kết cấu xây dựng dân dụng giống nhau (các đường hầm ngầm khác trong đường sắt nội thành). Cụ thể là, chỉ số ưu tiên θ trong chỉ số bảo trì là chỉ số thu được bằng cách trích xuất chỉ các thành phần phụ thuộc

vào “tính bền chắc của kết cấu xây dựng dân dụng” từ các kết quả kiểm tra của các hạng mục kiểm tra có khả năng là việc xác định sẽ thay đổi tùy thuộc vào tình huống kiểm tra và vì vậy là chỉ số cho phép việc tính toán thuần túy của mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần của kết cấu xây dựng dân dụng. Do đó, chỉ số ưu tiên có thể được sử dụng một cách thích hợp để đánh giá các kết quả kiểm tra. Do chỉ số ưu tiên θ là giá trị mà từ đó “tính phụ thuộc tình huống” phụ thuộc vào tình huống kiểm tra được loại bỏ, nên có thể thực hiện việc so sánh hàng năm hoặc việc so sánh theo lộ trình của các chỉ số ưu tiên θ được ước lượng.

Khi mẫu trả lời hạng mục kiểm tra được sử dụng làm mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục, chỉ số bảo trì được tính toán cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng có hoặc không có sự bất thường. Do đó, có thể tính toán chỉ số bảo trì mà chỉ báo một cách thích hợp hơn mức ưu tiên bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng cùng với việc tính toán đơn giản hơn.

Khi mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được sử dụng làm mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục, chỉ số bảo trì được tính toán cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng hạng bất kỳ trong số ba hoặc nhiều hơn ba hạng được cấp phát tùy thuộc vào mức bất thường. Do đó, có thể tính toán chỉ số bảo trì xét đến các trọng số dựa trên số lượng sự bất thường được quan sát, các mức độ của chúng, hoặc loại tương tự.

Khi mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được áp dụng, bằng cách thiết lập các hạng mà kết quả kiểm tra thuộc về bốn hoặc nhỏ hơn bốn, thì có thể tính toán chỉ số bảo trì một cách chính xác hơn chỉ báo mức ưu tiên bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng mà không cần áp dụng quá tải vào tính toán chỉ số bảo trì.

Mặc dù thiết bị tính toán chỉ số bảo trì và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì theo các phương án của sáng chế đã được mô tả, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án nêu trên và có thể được cải biến theo các dạng khác nhau mà không lệch khỏi bản chất của sáng chế.

Ví dụ, các hạng mục kiểm tra mà chỉ số bảo trì sẽ được tính toán bởi thiết

bị tính toán chỉ số bảo trì 1 không bị giới hạn ở những phần được mô tả trong các phương án nêu trên. Trong các phương án nêu trên, các chỉ số bảo trì liên quan đến các kết quả kiểm tra của đường hầm ngầm, nhưng khi các chỉ số bảo trì của kết cấu xây dựng dân dụng khác được tính toán, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 và phương pháp tính toán chỉ số bảo trì có thể được áp dụng vào các hạng mục kiểm tra dựa trên kết cấu xây dựng dân dụng.

Phương pháp tạo dữ liệu phân tích có thể được cải biến một cách thích hợp tùy thuộc vào các đặc điểm kỹ thuật và các khuôn dữ liệu của các kết quả kiểm tra của các hạng mục kiểm tra. Ví dụ, trong khi tạo dữ liệu phân tích, quy trình tập hợp khi xem xét từng phần của nơi trong đó sự bất thường được quan sát được thực hiện, nhưng cách tạo ra dữ liệu phân tích có thể được cải biến một cách thích hợp. Phương pháp phân loại các loại khi mẫu trả lời kiểm tra phân hạng được sử dụng hoặc loại tương tự có thể được cải biến một cách thích hợp.

Theo các phương án nêu trên, các chỉ số bảo trì mà được tính toán bởi thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 bao gồm chỉ số ưu tiên θ , thông số độ phân biệt hạng mục a, và thông số độ khó hạng mục b, nhưng thông số khác với thông số độ phân biệt hạng mục a và thông số độ khó hạng mục b có thể được sử dụng làm các thông số mà được sử dụng khi mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục được áp dụng. Các thông số mà được sử dụng cho mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục không bị giới hạn ở các thông số được mô tả trong các phương án nêu trên.

Theo phương án nêu trên, thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 được chứa bởi một thiết bị, nhưng thiết bị tính toán chỉ số bảo trì 1 có thể được chứa bởi nhiều thiết bị.

Các ký hiệu chỉ dẫn

1... thiết bị tính toán chỉ số bảo trì, 11... bộ phận thu nhận dữ liệu, 12... bộ phận tính toán chỉ số bảo trì, 13... bộ phận lưu trữ thuật toán, 14... bộ phận kết xuất kết quả

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị tính toán chỉ số bảo trì bao gồm:

phương tiện thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các kết quả kiểm tra thu được bằng cách đánh giá sự hiện diện của sự bất thường của kết cấu xây dựng dân dụng đối với các hạng mục kiểm tra;

phương tiện tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng, bằng cách áp dụng mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên là theo sự phân bố gamma; và

phương tiện đầu ra để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán bởi phương tiện tính toán chỉ số bảo trì.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục là mẫu trả lời hạng mục kiểm tra mà là mẫu để tính toán chỉ số bảo trì cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng có hoặc không có sự bất thường.

3. Thiết bị theo điểm 1, trong đó mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục là mẫu trả lời kiểm tra phân hạng mà là mẫu để tính toán chỉ số bảo trì cùng với kết quả kiểm tra dưới dạng hạng bất kỳ trong số ba hoặc nhiều hơn ba hạng mà được cấp phát tùy thuộc vào mức độ bất thường.

4. Thiết bị theo điểm 3, trong đó các hạng mà kết quả kiểm tra thuộc về trong mẫu trả lời kiểm tra phân hạng là bốn hoặc ít hơn.

5. Phương pháp tính toán chỉ số bảo trì bao gồm:

bước thu nhận dữ liệu để thu nhận dữ liệu kết quả kiểm tra bao gồm các kết quả kiểm tra thu được bằng cách đánh giá sự hiện diện của sự bất thường của kết cấu xây dựng dân dụng đối với các hạng mục kiểm tra;

bước tính toán chỉ số bảo trì để tính toán chỉ số bảo trì đối với việc bảo trì kết cấu xây dựng dân dụng mà bao gồm chỉ số ưu tiên chỉ báo mức ưu tiên bảo trì đối với mỗi phần định trước của kết cấu xây dựng dân dụng, bằng cách áp dụng

mẫu dựa trên lý thuyết trả lời hạng mục vào dữ liệu kết quả kiểm tra khi giả sử rằng chỉ số ưu tiên là theo sự phân bố gamma; và

bước kết xuất để kết xuất chỉ số bảo trì được tính toán ở bước tính toán chỉ số bảo trì.

Fig.1

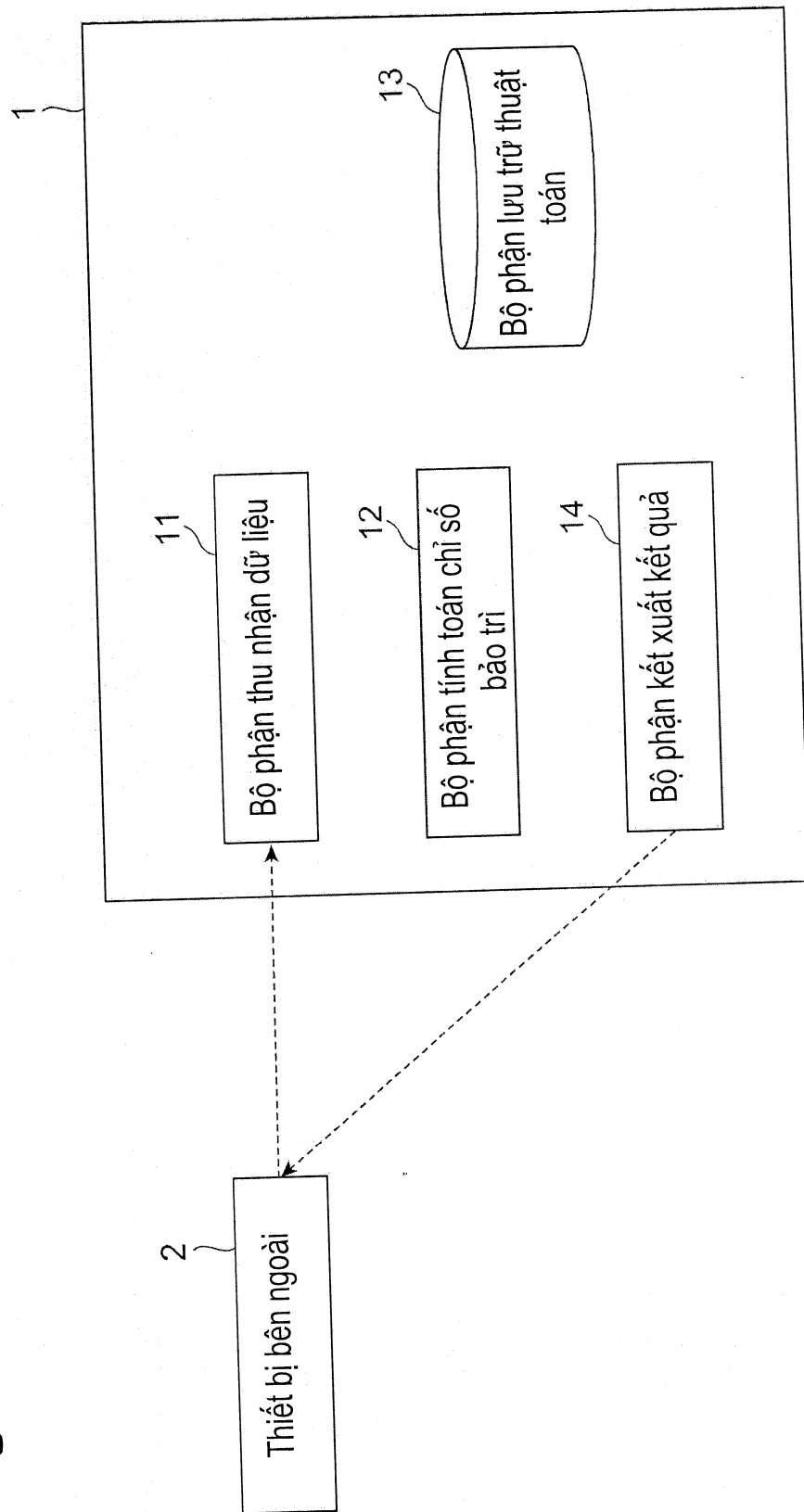


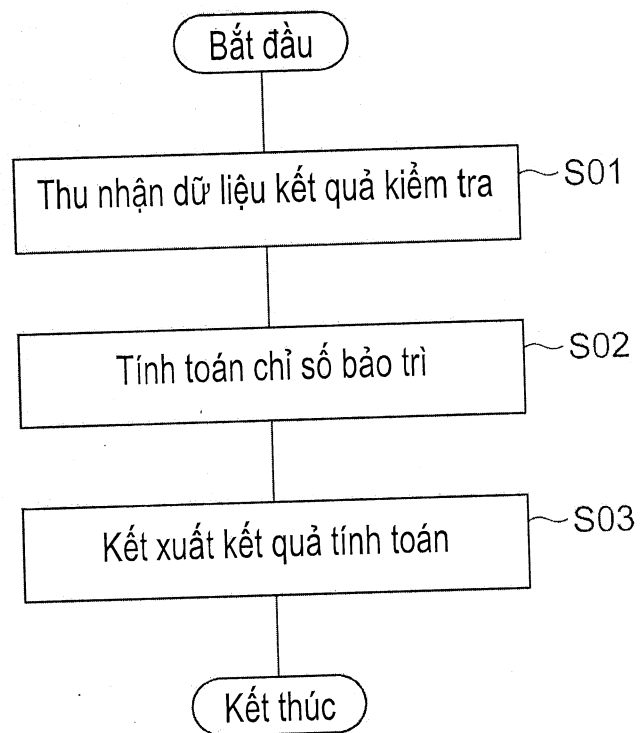
Fig.2

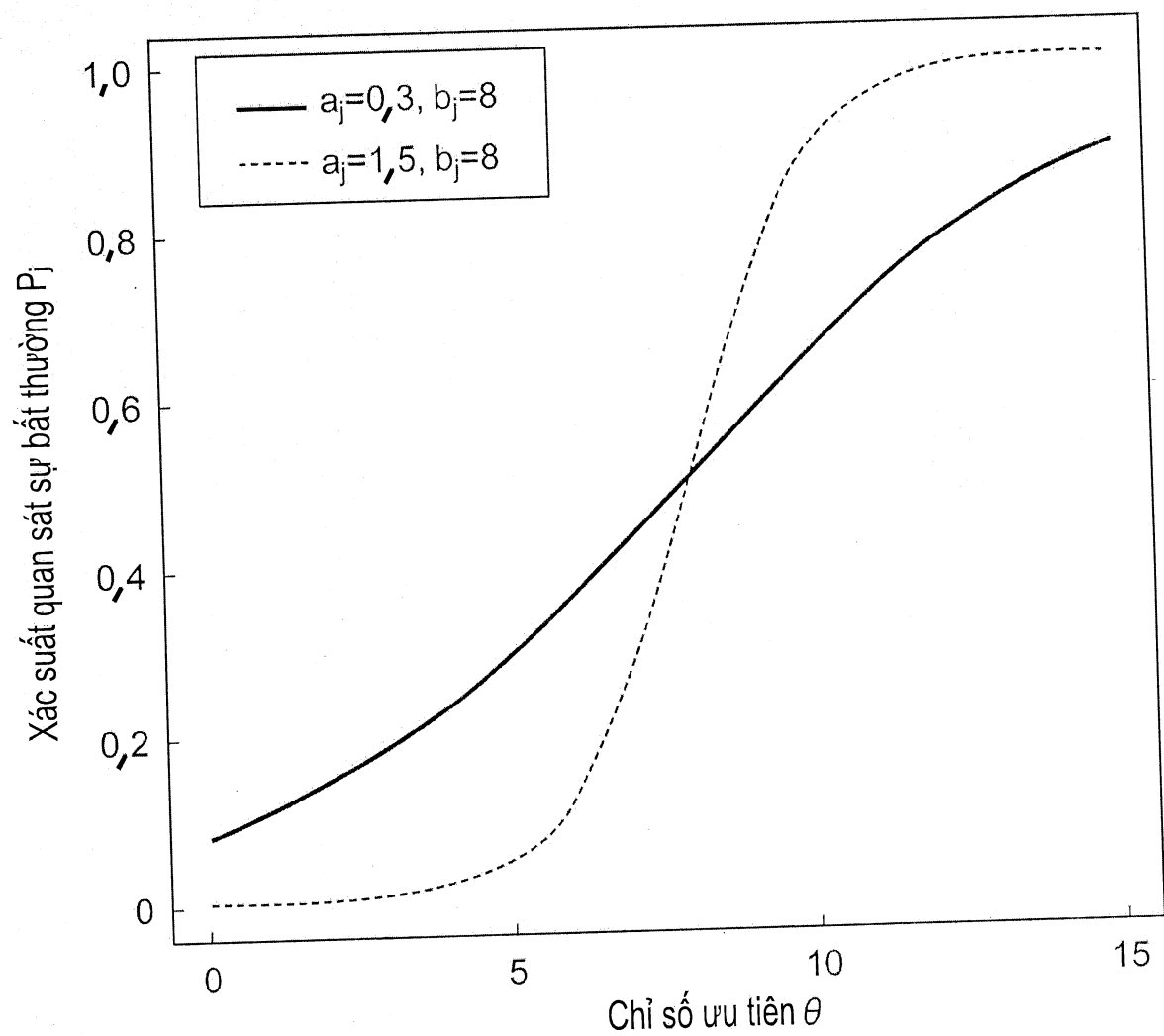
Fig.3

Fig.4

Khoảng cách	Rạn nứt ở phía dưới bên trái	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên bên trái	Rạn nứt ở bên trái phía trên	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải phía trên	Rạn nứt ở phía trên bên phải	Rạn nứt ở bên phải	Rạn nứt ở phía dưới bên phải	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
0k8m										...
0k11m	S		C	C	A1		C		C	...
0k12m	C	A2		C						...
0k13m			B	C						...
0k16m										...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...

Fig.5

Khoảng cách	Rạn nứt ở phía dưới bên trái	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên bên trái	Rạn nứt ở bên trái phía trên	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải phía trên	Rạn nứt ở phía trên bên phải	Rạn nứt ở bên phải	Rạn nứt ở phía dưới bên phải	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
0k8m										...
0k11m	1		0	0	1		0		0	...
0k12m	0	1		0						...
0k13m			1	0						...
0k16m										...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...

Fig.6

(A)

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	...
⋮	⋮	⋮	⋮	...
0k10m				...
0k15m	3	1	0	...
0k20m				...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(B)

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	...
⋮	⋮	⋮	⋮	...
0k10m				...
0k15m	1	1	0	...
0k20m				...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Fig.7

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	Rò nước ở bên trái	Tách lớp ở phía trên	Rò nước ở bên phải	Tách lớp ở bên trái	Tách lớp ở phía trên	Tách lớp ở bên phải	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
0k05m	1	0	1	0	0	1	0	0	1	...
0k10m	1	1	0	1	0	1	1	0	0	...
0k15m	1	1	0	1	0	1	0	0	0	...
0k20m	0	1	0	0	1	1	0	1	0	...
0k25m	1	1	0	0	0	1	0	1	1	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...

Fig.8

Khoảng cách	Ước lượng
5	1,242008963
10	1,279548364
15	1,233096281
20	1,283051183
25	1,260983428
30	1,6171499
35	1,254666625
40	2,26036392
45	1,968947368
50	1,220716833
55	1,262885832
60	3,745276121
65	1,283439708
70	3,666360848
75	1,286347503

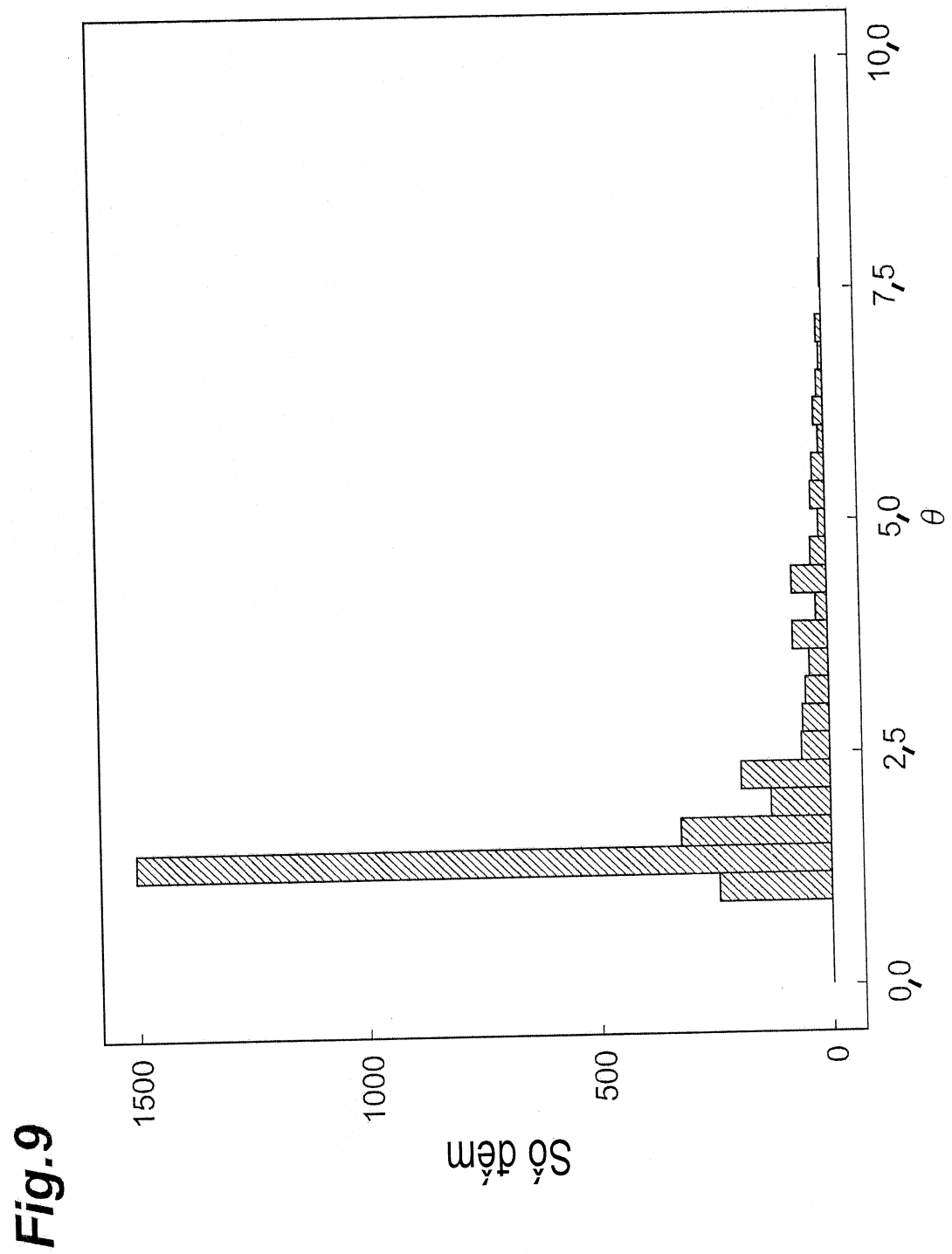


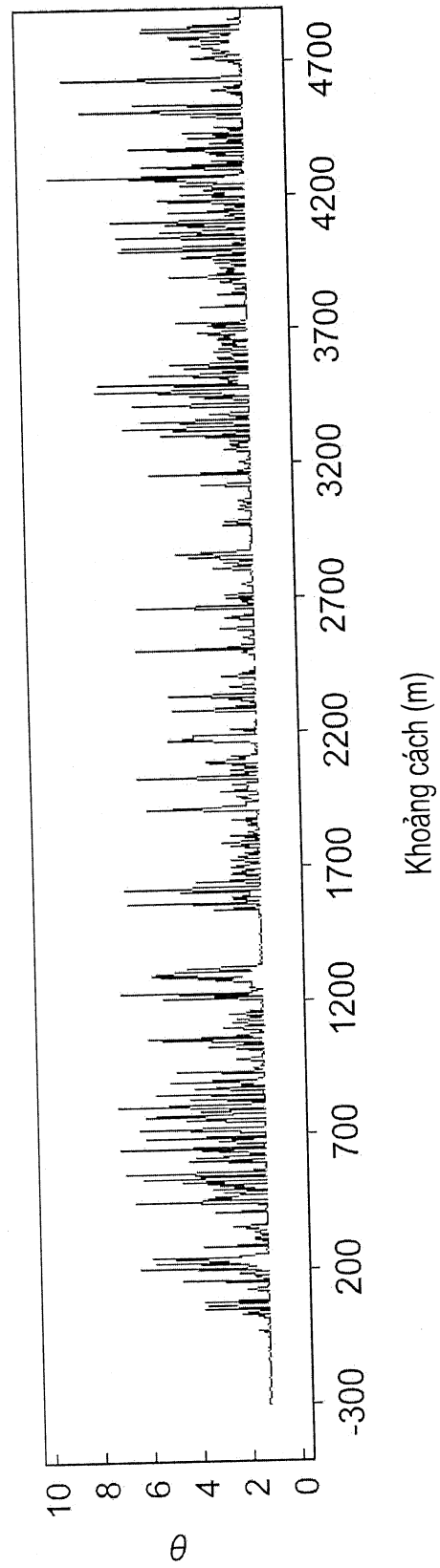
Fig.10

Fig.11

Các hạng mục	Độ phân biệt a		Độ khó b	
	Ước lượng	Sai số tiêu chuẩn	Ước lượng	Sai số tiêu chuẩn
Rạn nứt ở bên trái	0,4116	0,0014	13,5770	0,0354
Rạn nứt ở phía trên	0,2663	0,0007	14,4811	0,0324
Rạn nứt ở bên phải	0,6089	0,0014	10,0523	0,0129
Rò nước ở bên trái	0,2897	0,0010	16,4743	0,0478
Rò nước ở phía trên	0,3133	0,0009	14,3398	0,0339
Rò nước ở bên phải	0,3236	0,0010	13,8776	0,0326
Trôi/tách lớp ở bên trái	0,6085	0,0013	7,7055	0,0087
Trôi/tách lớp ở phía trên	0,2911	0,0010	13,2625	0,0360
Trôi/tách lớp ở bên phải	0,7398	0,0016	6,6651	0,0067
Biến chất thép ở bên trái	0,4632	0,0008	6,7656	0,0076
Biến chất thép ở phía trên	0,2887	0,0007	8,3274	0,0154
Biến chất thép ở bên phải	0,5956	0,0011	6,1753	0,0063
C-J	0,5512	0,0020	12,9897	0,0364
Sự bất thường ban đầu	0,3555	0,0018	19,5512	0,0826
Các loại khác	0,4716	0,0014	12,3248	0,0250

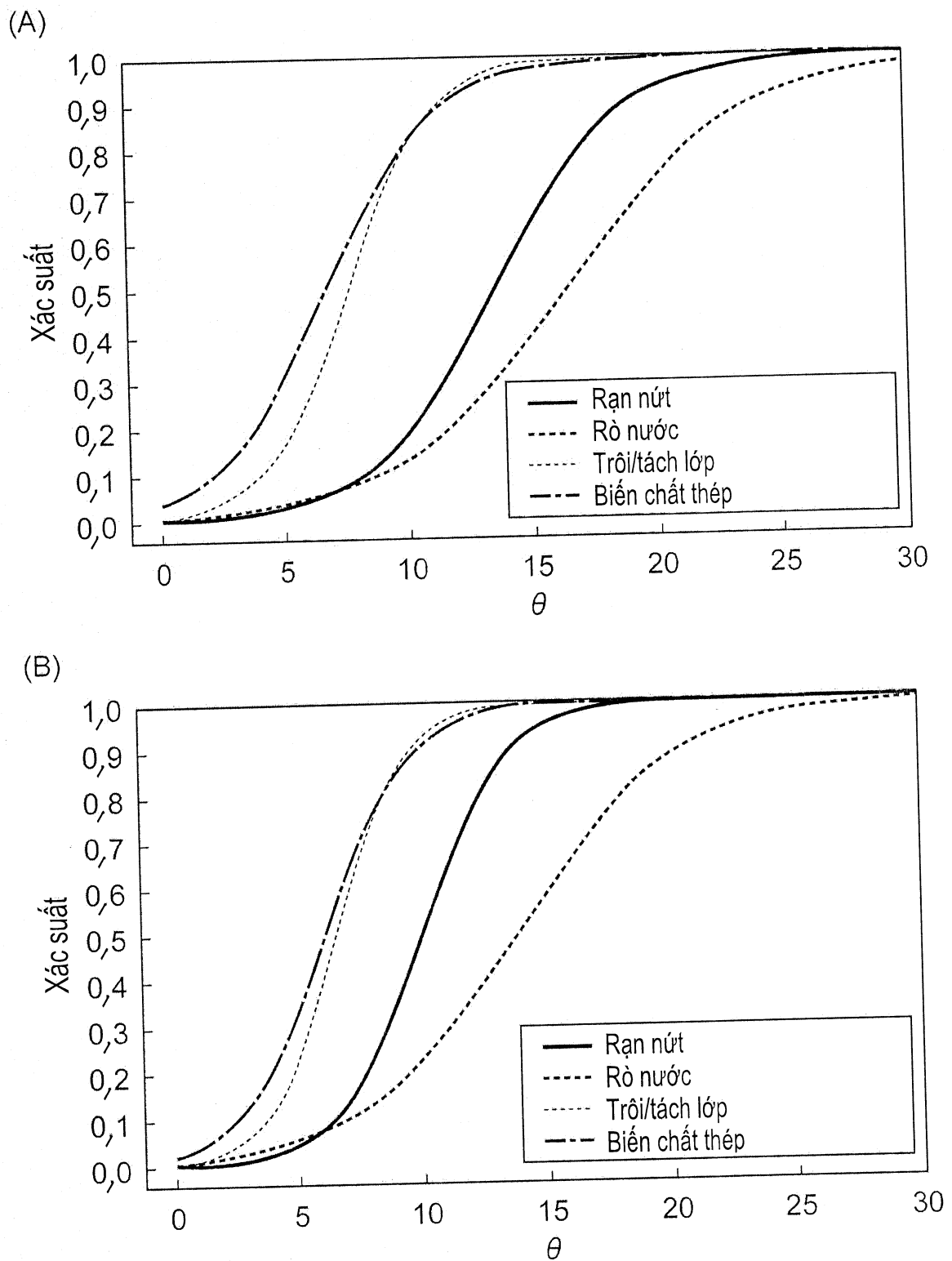
Fig.12

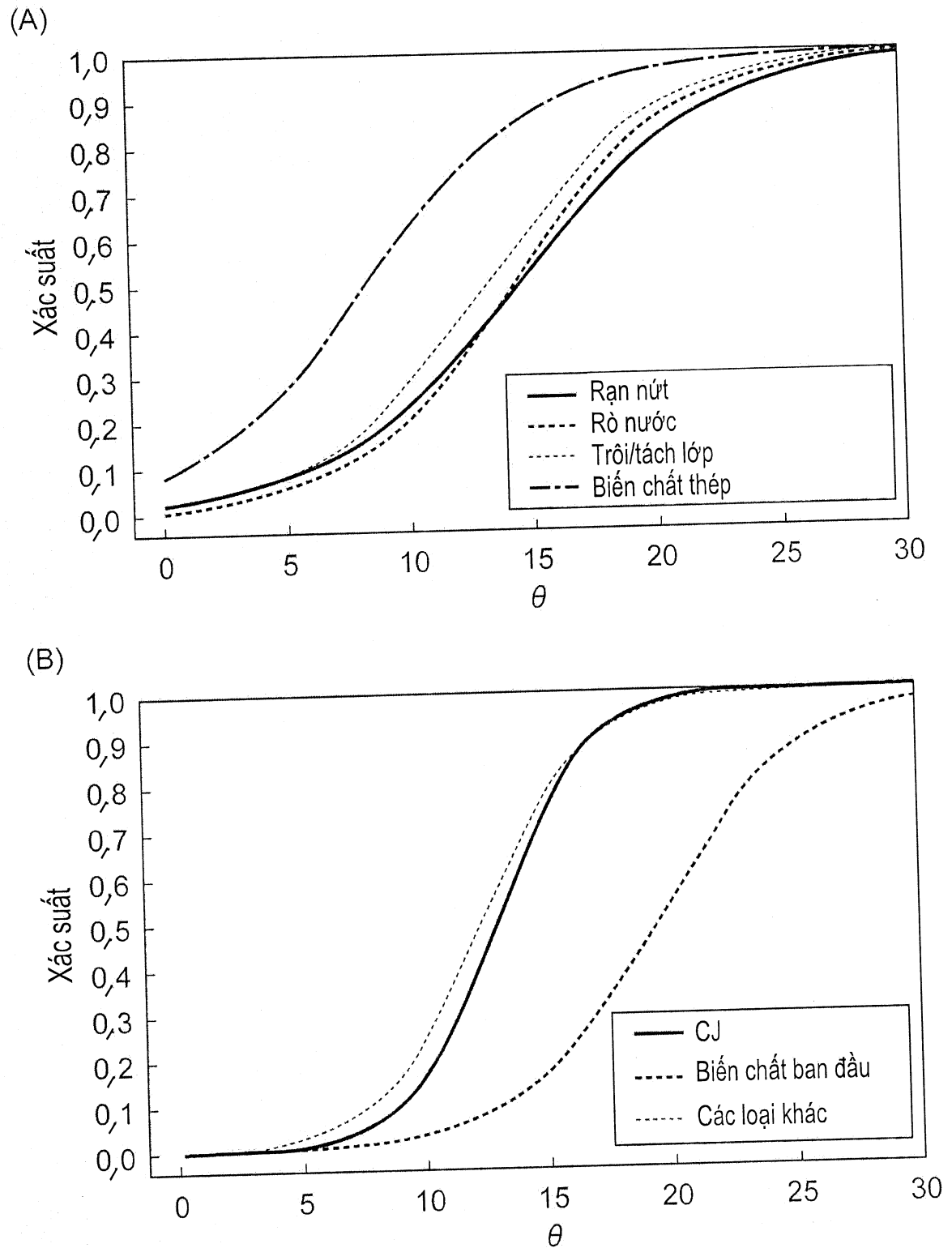
Fig.13

Fig.14

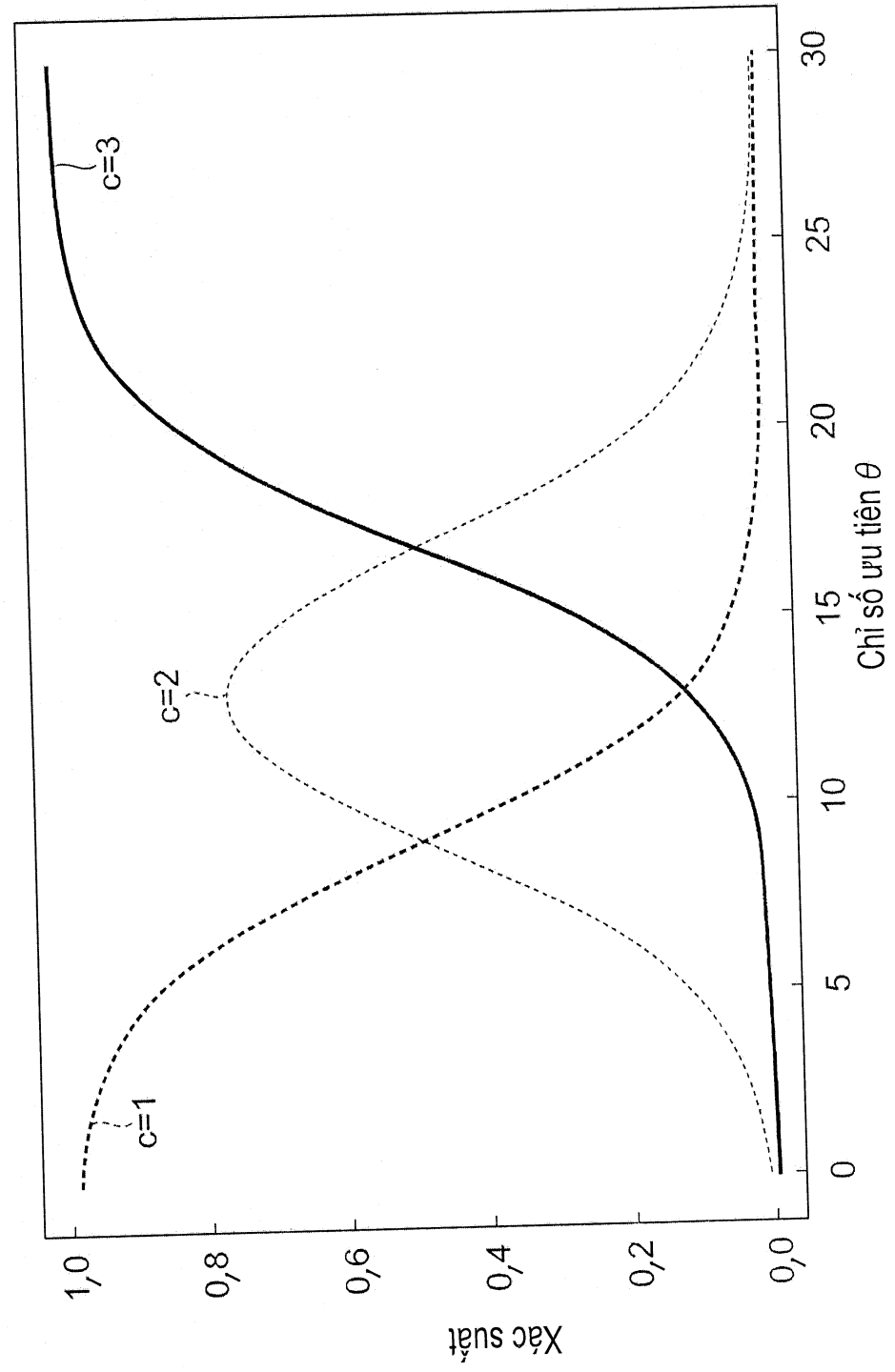


Fig.15

Khoảng cách	Rạn nứt ở phía dưới bên trái	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên bên trái	Rạn nứt ở bên trái phía trên	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải phía trên	Rạn nứt ở phía trên bên phải	Rạn nứt ở bên phải	Rạn nứt ở phía dưới bên phải	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
0k8m										...
0k11m	2		1	1	3		1		1	...
0k12m	1	3		1						...
0k13m			2	1						...
0k16m										...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...

Fig.16

(A)

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	...
⋮	⋮	⋮	⋮	...
0k10m	0	0	0	...
0k15m	9	6	2	...
0k20m	0	0	0	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(B)

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	...
⋮	⋮	⋮	⋮	...
0k10m	1	1	1	...
0k15m	3	3	2	...
0k20m	1	1	1	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Fig.17

Khoảng cách	Rạn nứt ở bên trái	Rạn nứt ở phía trên	Rạn nứt ở bên phải	Rò nước ở bên trái	Rò nước ở phía trên	Rò nước ở bên phải	Tách lớp ở bên trái	Tách lớp ở phía trên	Tách lớp ở bên phải	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	...
0k05m	1	2	1	3	2	1	3	2	1	...
0k10m	1	1	2	1	2	1	1	3	2	...
0k15m	3	2	1	1	1	1	3	2	3	...
0k20m	2	1	1	3	1	1	2	1	3	...
0k25m	1	1	2	3	3	1	1	1	1	...
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Fig.18

Khoảng cách	Ước lượng
5	0,9920
10	1,0174
15	0,9419
20	1,9864
25	0,9619
30	1,6574
35	0,9895
40	2,0721
45	1,1047
50	1,0059
55	1,8836
60	1,8257
65	0,9748
70	1,3257
75	1,3314

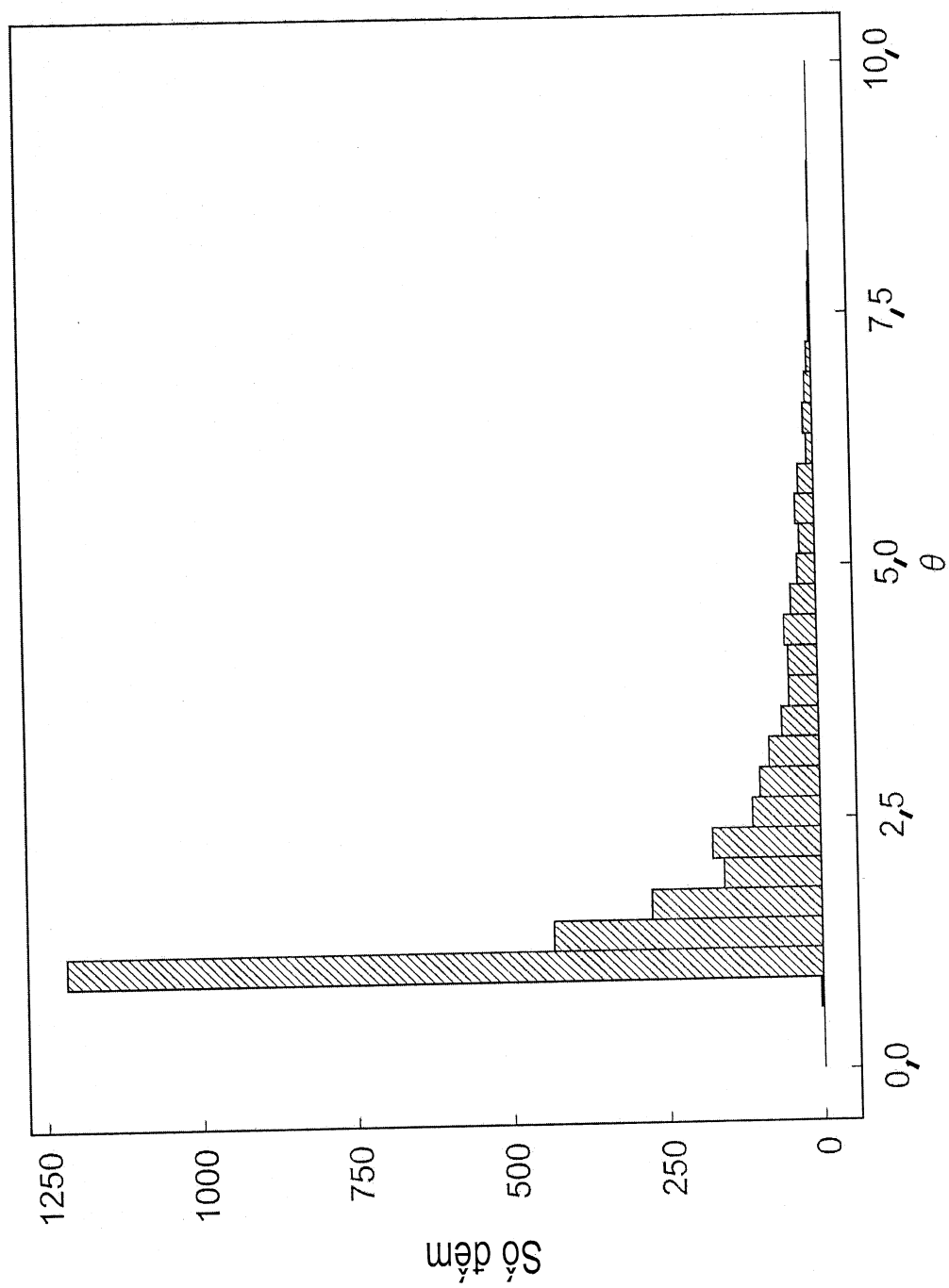
Fig.19

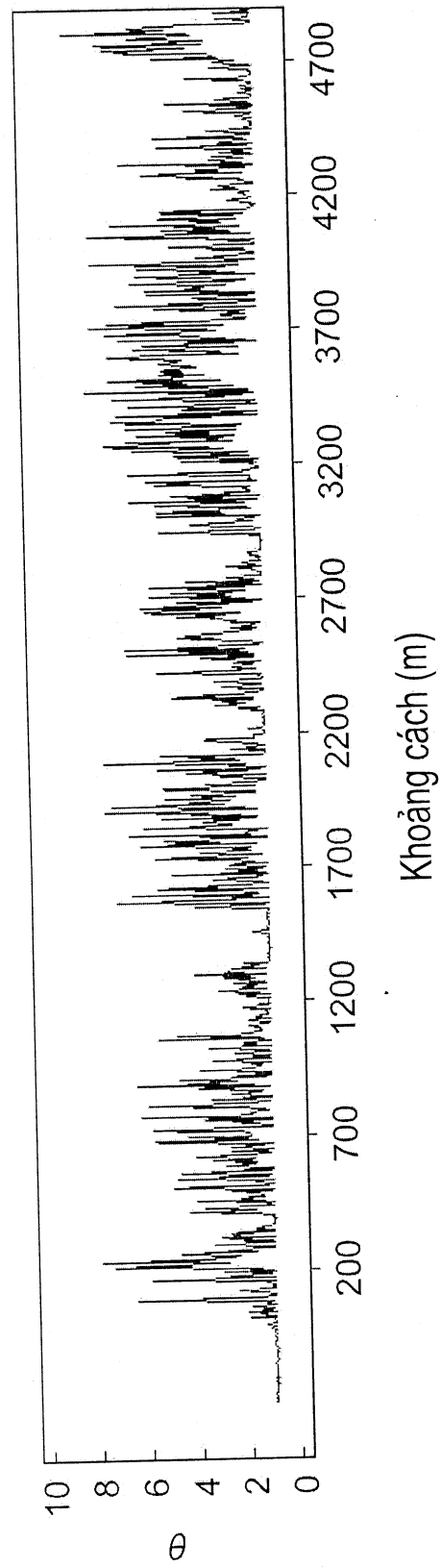
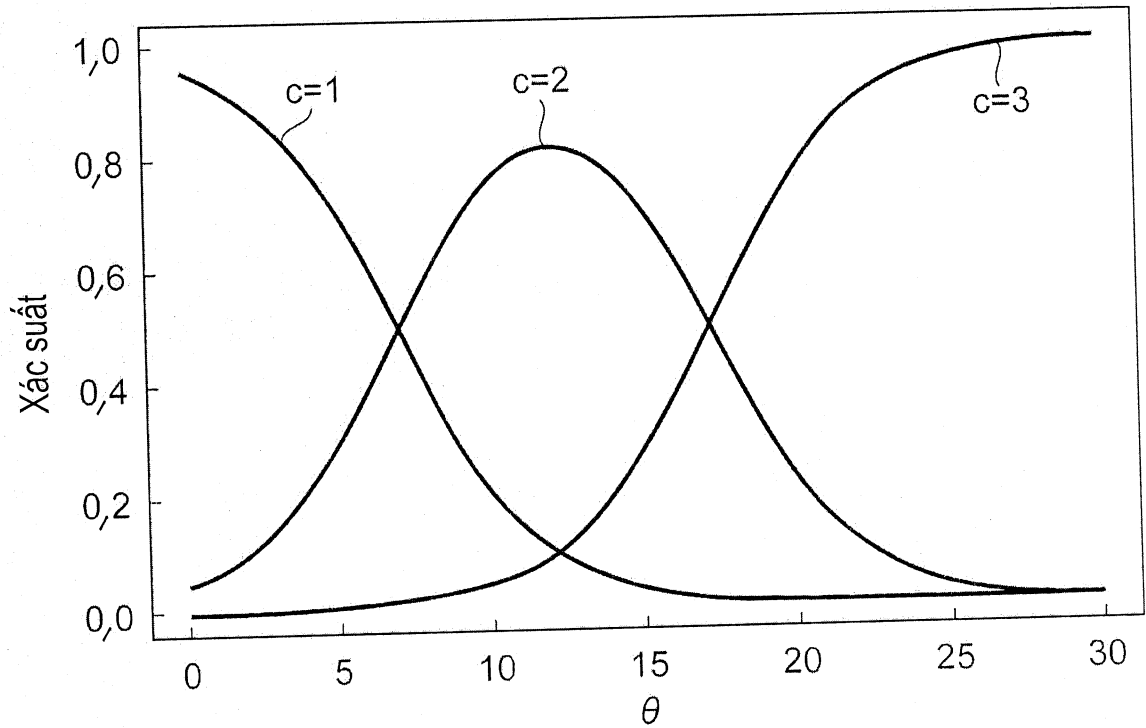
Fig.20

Fig.21

(A)



(B)

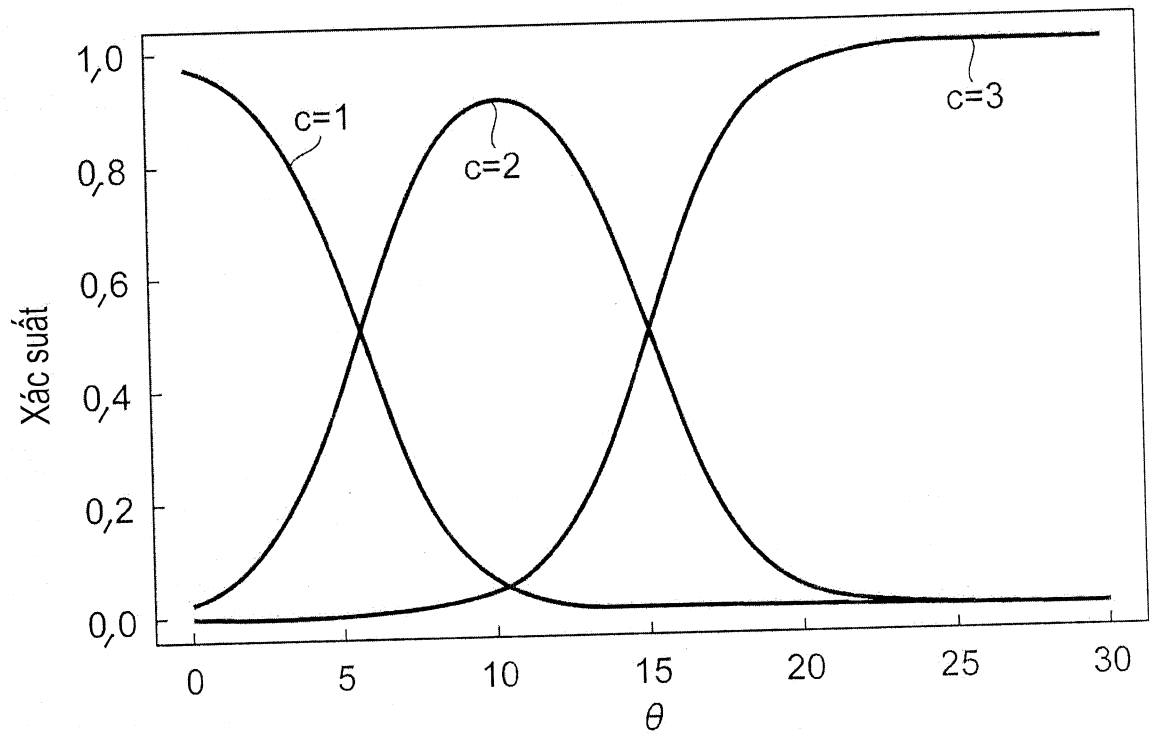
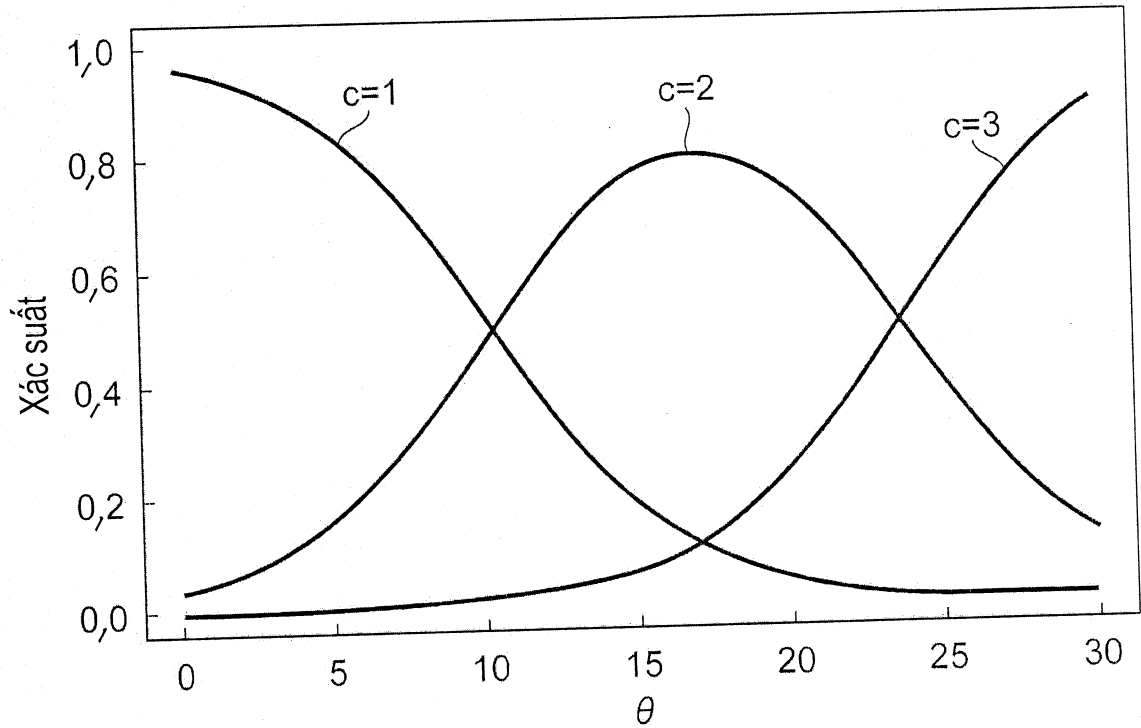


Fig.22

(A)



(B)

