THẠC BÌNH CƯỜNG
NGUYỄN ĐỨC MẬN

# KIỂM THỬ VÀ ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG PHẦN MỀM

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

THẠC BÌNH CƯỜNG
NGUYỄN ĐỨC MẬN

# KIỂM THỬ VÀ ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG PHẦN MỀM

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

*Mã số: 320- 2011/CXB/12- 56/BKHN*

**Biên mục trên xuất bản phẩm của Thư viện Quốc gia Việt Nam**

Thạc Bình Cường

Kiểm thử và đảm bảo chất lượng phần mềm / Thạc Bình Cường. - H. : Bách khoa Hà Nội, 2011. - 230tr. : hình vẽ, bảng ; 24cm

Thư mục: tr. 229

1. Phần mềm máy tính 2. Thử nghiệm 3. Kiểm tra 4. Chất lượng 5. Giáo trình

005 - dc14

BKB0037p-CIP

# MỞ ĐẦU

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin nói chung và công nghệ phần mềm nói riêng, việc phát triển phần mềm ngày càng được hỗ trợ bởi nhiều công cụ tiên tiến, nhờ vậy giúp cho việc xây dựng phần mềm nhanh hơn và hiệu quả hơn. Tuy nhiên, vì độ phức tạp của phần mềm cùng với những giới hạn về thời gian và chi phí, cho dù các hoạt động đảm bảo chất lượng phần mềm nói chung và kiểm thử nói riêng ngày càng được quan tâm đúng mức, chặt chẽ và khoa học thì vẫn không đảm bảo được rằng các sản phẩm phần mềm đang được ứng dụng là không có lỗi. Lỗi vẫn luôn tiềm ẩn trong mọi sản phẩm phần mềm và có thể gây những thiệt hại khôn lường.

Kiểm thử và đảm bảo chất lượng phần mềm là một quá trình liên tục, xuyên suốt các giai đoạn phát triển phần mềm nhằm đảm bảo phần mềm được tạo ra thoả mãn các yêu cầu thiết kế và các yêu cầu đó đáp ứng được nhu cầu của người sử dụng. Các kỹ thuật kiểm thử, phương pháp kiểm thử và đảm bảo chất lượng phần mềm, đã và đang được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng một cách hiệu quả, trở thành qui trình bắt buộc trong các dự án Phát triển phần mềm trên thế giới. Kiểm thử phần mềm là một hoạt động rất tốn kém về thời gian cũng như tiền bạc và khó phát hiện được hết lỗi. Vì vậy, việc kiểm thử phần mềm đòi hỏi phải có chiến lược phù hợp, kế hoạch hợp lý và việc thực hiện phải được quản lí một cách chặt chẽ, nghiêm túc, hiệu quả.

Ở Việt Nam, trong thời gian qua việc kiểm thử phần mềm bị xem nhẹ, chưa được đầu tư và quan tâm đúng mức. Đây cũng là hạn chế của các sản phẩm nội địa về mặt chất lượng sản phẩm, vì với công cụ lập trình hiện đại, người ta cảm tính cho rằng không kiểm thử cũng không sao, nên chưa có nhiều sự quan tâm, nghiên cứu. Những năm gần đây, một số tổ chức nghiên cứu và phát triển phần mềm đã bắt đầu có nhiều quan tâm hơn đến vấn đề kiểm thử phần mềm, đảm bảo chất lượng và qui trình phần mềm. Tuy nhiên, vấn đề kiểm thử phần mềm hầu như vẫn chưa được đầu tư và quan tâm đúng mức.

Chúng ta đang trong quá trình xây dựng một ngành công nghiệp phần mềm còn tầm cỡ nên không thể xem nhẹ việc kiểm thử phần mềm vì khả năng thất bại sẽ rất cao.

Hơn nữa, hầu hết các công ty phần mềm lớn có uy tín đều đặt ra yêu cầu nghiêm ngặt là nếu một phần mềm không có tài liệu kiểm thử đi kèm sẽ không được chấp nhận.

Trước thực tế trên, là những người làm công tác đào tạo tại các trường Đại học-Cao đẳng, với mong muốn cung cấp cho sinh viên ngành công nghệ phần mềm những người sẽ là nguồn nhân lực chủ yếu trong tương lai của các doanh nghiệp phần mềm những khái niệm, kiến thức và kỹ năng cơ bản ban đầu về kiểm thử phần mềm, về qui trình quản lý chất lượng, đảm bảo chất lượng phần mềm, chúng tôi biên soạn giáo trình *Kiểm thử và đảm bảo chất lượng phần mềm (Software Testing and Quality Assurrance)* này.

Giáo trình giới thiệu những kiến thức và kỹ năng về việc kiểm thử phần mềm, các công đoạn kiểm thử, các loại kiểm thử, công cụ kiểm thử, xây dựng tài liệu kiểm thử, dữ liệu kiểm thử .... Ngoài ra, giáo trình còn đề cập đến cách xây qui trình đảm bảo chất lượng phần mềm, giới thiệu tổng quan về hệ thống quản lý chất lượng, nguyên tắc, kỹ thuật ... để đảm bảo rằng dự án phần mềm sẽ chuyển giao cho khách hàng đúng thời hạn, đúng yêu cầu.

Đây là giáo trình sơ khởi, được biên soạn và tổng hợp, đúc kết dựa trên nhiều nguồn tài liệu khác nhau, do đó còn nhiều vấn đề chưa đi sâu phân tích và thực hiện, còn mang tính lý thuyết nhiều. Các tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để lần tái bản sau được hoàn thiện hơn, nhằm đáp ứng tốt hơn yêu cầu của độc giả, sinh viên và những cán bộ đang công tác tại các phòng phát triển và đảm bảo chất lượng phần mềm.

Mọi ý kiến xin gửi về: Thạc Bình Cường, Bộ môn Công nghệ phần mềm, Viện Công nghệ Thông tin và Truyền thông (SOICT), Tầng 5 – Nhà B1 – Đại học Bách khoa Hà Nội, số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Email: cuongtb@soict.hut.edu.vn

Xin chân thành cảm ơn!

*Nhóm tác giả*

# MỤC LỤC

# Chương 1

# CÁC KHÁI NIỆM

*Mục tiêu*

*Chương này cung cấp cho người đọc:*

*– Nắm được các khái niệm liên quan đến kiểm thử phần mềm,*

*– Biết qui trình kiểm thử và các giai đoạn kiểm thử,*

*– Phân biệt được các kỹ thuật kiểm thử được ứng dụng.*

## 1.1. Các định nghĩa

"Lỗi phần mềm là chuyện hiển nhiên của cuộc sống. Chúng ta dù cố gắng đến mức nào thì thực tế là ngay cả những lập trình viên xuất sắc nhất cũng không thể lúc nào cũng viết được những đoạn mã không có lỗi. Tính trung bình, ngay cả một lập trình viên loại tốt thì cũng có từ 1 đến 3 lỗi trên 100 dòng lệnh. Người ta ước lượng rằng việc kiểm tra để tìm ra các lỗi này chiếm phần nửa khối lượng công việc phải làm để có được một phần mềm hoạt động được". *(Software Testing Techniques, Second Edition, by Boris Beizer, Van Nostrand Reinhold, 1990, ISBN 1850328803).*

Trên đây là một nhận định về công việc kiểm thử (testing) chương trình.

Thật vậy, càng ngày các chương trình (phần mềm) càng trở nên phức tạp và đồ sộ. Việc tạo ra một sản phẩm có thể bán được trên thị trường đòi hỏi sự nỗ lực của hàng chục, hàng trăm, thậm chí hàng ngàn nhân viên. Số lượng dòng mã lên đến hàng triệu. Và để tạo ra một sản phẩm thì không phải chỉ do một tổ chức đứng ra làm từ đầu đến cuối, mà đòi hỏi sự liên kết, tích hợp của rất nhiều sản phẩm, thư viện lập trình, ... của nhiều tổ chức khác nhau. Từ đó đòi hỏi việc kiểm nghiệm phần mềm càng ngày càng trở nên rất quan trọng và cực kỳ phức tạp.

Song song với sự phát triển các công nghệ lập trình và các ngôn ngữ lập trình, dẫn đến các công nghệ và kỹ thuật kiểm thử phần mềm ngày càng phát triển và mang tính khoa học. Giáo trình được viết với mục đích tập hợp, nghiên cứu, phân tích các kỹ thuật, các công nghệ kiểm thử phần mềm đang được sử dụng và phát triển hiện nay.

### 1.1.1. Định nghĩa

Việc kiểm thử là quá trình thực thi một chương trình với mục đích là tìm ra lỗi. (Glen Myers)

Giải thích theo mục đích:

Việc thử nghiệm hiển nhiên là nói đến các lỗi (error), sai sót (fault), hỏng hóc (failure) hoặc các hậu quả (incident). Một phép thử là một cách chạy phần mềm theo các trường hợp thử nghiệm với mục tiêu là:

– Tìm ra sai sót.

– Giải thích sự hoạt động chính xác.

### 1.1.2. Các thuật ngữ

– Lỗi (Error):

Là các lỗi lầm do con người gây ra.

– Sai sót (Fault):

Sai sót gây ra lỗi. Có thể phân loại như sau:

+ Sai sót do đưa ra dư thừa: chúng ta đưa một vài thứ không chính xác so với mô tả yêu cầu phần mềm.

+ Sai sót do bỏ sót: người thiết kế có thể gây ra sai sót do bỏ sót, kết quả là thiếu một số phần đáng ra phải có trong mô tả yêu cầu phần mềm.

– Hỏng hóc (Failure):

Xảy ra khi sai sót được thực thi. (Khi thực thi chương trình tại các nơi bị sai thì sẽ xảy ra trạng thái hỏng hóc).

– Kết quả không mong đợi, hậu quả (Incident):

Là những kết quả do sai sót gây ra. Hậu quả là các triệu chứng liên kết với một hỏng hóc và báo hiệu cho người dùng biết sự xuất hiện của hỏng hóc.

– Trường hợp thử (Test case):

Trường hợp thử được liên kết tương ứng với hoạt động của chương trình. Một trường hợp thử bao gồm một tập các giá trị đầu vào và một danh sách các kết quả đầu ra mong muốn.

– Thẩm tra (Verification):

Thẩm tra là tiến trình nhằm xác định đầu ra của một công đoạn trong việc phát triển phần mềm phù hợp với công đoạn trước đó. Thẩm tra là quá trình xem xét chúng ta đang xây dựng đúng sản phẩm phần mềm mà được đặc tả hay không?

– Xác nhận (Validation).

Xác nhận là tiến trình nhằm chỉ ra toàn bộ hệ thống đã phát triển xong phù hợp với tài liệu mô tả yêu cầu. Xác nhận là quá trình kiểm chứng chúng ta xây dựng sản phẩm đúng đắn mà phù hợp với yêu cầu của người sử dụng.

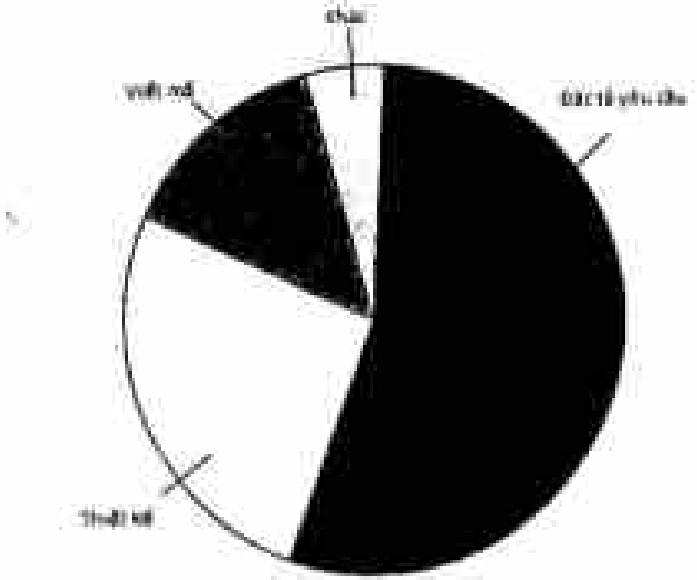
So sánh giữa Thẩm tra và Xác nhận:

– Thẩm tra: quan tâm đến việc ngăn chặn lỗi giữa các công đoạn.

– Xác nhận: quan tâm đến sản phẩm cuối cùng không còn lỗi.

### 1.1.3. Tại sao lại xuất hiện lỗi

Nhiều trường hợp kiểm thử được thực thi trong các dự án từ rất nhỏ đến cực lớn và cho các kết quả giống nhau. Một trong số các nguyên nhân gây ra lỗi là ở khâu đặc tả.



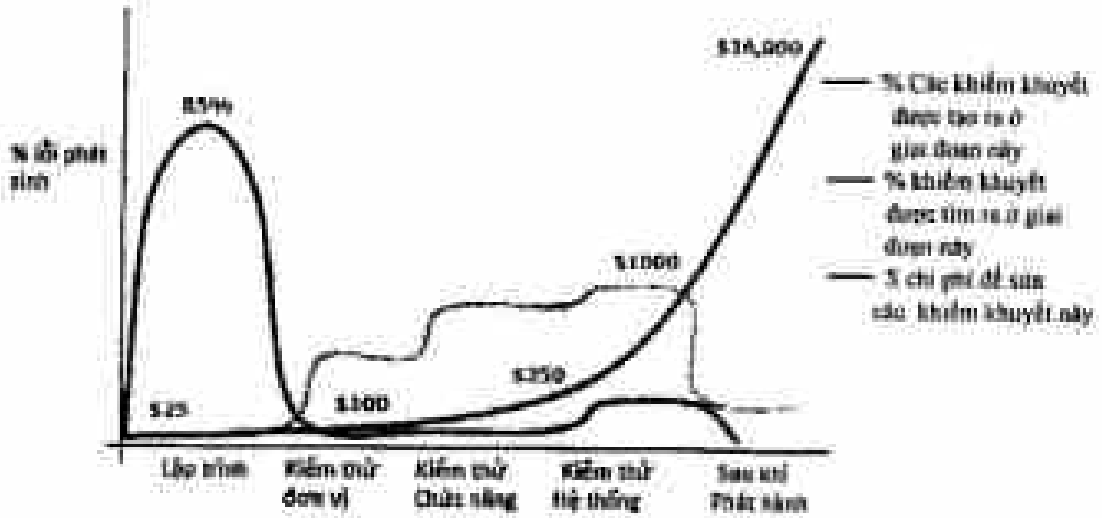

*Hình 1.1. Lỗi được gây ra bởi nhiều nguyên nhân, nhưng phân tích trong một vài dự án thì nguyên nhân chính gây ra lỗi tập trung ở khâu đặc tả*

Có một vài nguyên nhân từ khâu đặc tả là lỗi lớn trong quá trình sản xuất phần mềm. Trong một số trường hợp đơn giản không có tài liệu về đặc tả. Những nguyên nhân khác có thể là đặc tả chưa hoàn toàn đầy đủ, liên tục thay đổi hoặc liên lạc nối kết trong toàn đội phát triển không tốt. Việc lập kế hoạch cho việc phát triển phần mềm là cực kỳ quan trọng, nếu khâu này không được làm tốt thì chắc chắn có nhiều lỗi xảy ra.

Một nguyên nhân lớn thứ hai có thể gây ra lỗi là khâu thiết kế. Đó là khâu mà các lập trình viên bố trí kế hoạch phần mềm của họ. Có thể so sánh khâu này giống như trong thiết kế một tòa nhà vậy. Lỗi xảy ra trong giai đoạn này giống như trong khâu đặc tả. Nó được thiết kế vội vàng, thay đổi công nghệ hay do tương tác bởi nhiều hệ thống.

Lỗi viết mã thì đã quen thuộc với những người lập trình. Nguyên nhân của những lỗi này thường cũng xuất phát từ độ phức tạp của chương trình, hay những tài liệu nghèo nàn (đặc biệt trong những đoạn mã lệnh được nâng cấp hoặc sửa lại), do áp lực về thời gian. Điều quan trọng là cần chú ý rằng những lỗi trong lập trình có thể do lỗi đặc tả và thiết kế gây nên.

### 1.1.4. Chi phí cho việc sửa lỗi




*Hình 1.2. Biểu đồ chi phí sửa lỗi [3]*

Phần mềm được thiết lập theo qui trình phát triển phần mềm. Từ lúc bắt đầu dự án, qua các khâu lập kế hoạch, lập trình, kiểm thử và sử dụng trong cộng đồng, thì sẽ phát hiện được một vài lỗi tiềm năng. Hình trên cho thấy chi phí sửa các lỗi này tăng theo thời gian.

Chi phí sửa lỗi tăng gấp 10 lần theo thời gian. Một lỗi nào đó được tìm thấy và sửa trong giai đoạn đầu khi mà tài liệu đặc tả đang được viết thì chi phí không là bao nhiêu, chỉ có thể là 1 USD cho lỗi này. Tuy nhiên cũng lỗi thế này nếu không được phát hiện cho đến giai đoạn viết mã và kiểm thử thì chi phí để sửa lỗi có thể lên từ 10 USD đến 100 USD. Và nếu lỗi này không được phát hiện đến khi khách hàng hoặc người sử dụng phát hiện ra thì chi phí có thể lên đến hàng ngàn, thậm chí hàng tỷ đô.

## 1.2. Tổng quan về kiểm thử phần mềm

### 1.2.1. Khái niệm và tầm quan trọng của kiểm thử phần mềm

Trong quá khứ, khi phần mềm còn nhỏ với vài trăm dòng mã thì kiểm thử là việc tương đối dễ dàng. Những người phát triển phần mềm thường cho rằng thuật toán

đúng và phân tích kết cấu chương trình để chắc chắn nó được biên dịch đúng. Nếu có lỗi thì họ sẽ sửa chúng và biên dịch lại nên kiểm thử không thành vấn đề. Tuy nhiên, khi kích cỡ phần mềm trở nên lớn hơn, họ bắt đầu thấy rằng không thể kiểm soát hết lỗi và mất nhiều thời gian, công sức cho việc sửa lỗi trước khi chuyển sản phẩm cho khách hàng. Và để tìm ra tất cả các lỗi trong ngay cả chương trình nhỏ, chúng ta sẽ phải cho chạy kiểm thử vét cạn mà có thể tốn kém và yêu cầu nhiều nỗ lực.

Một trong các nguyên nhân làm cho chương trình kiểm thử tệ là hầu hết những người phát triển phần mềm (người lập trình) bắt đầu bằng các nhận thức sai lầm như sau:

– Kiểm thử phần mềm là một qui trình chứng minh chương trình không có lỗi. Nhiều nhà quản lý dự án cho rằng trường hợp kiểm thử mà không tìm ra bất cứ lỗi nào thì kiểm thử đó là thành công, ngược lại trường hợp kiểm thử mà tìm ra một lỗi mới thì là kiểm thử thất bại. Đây là một ý kiến sai lầm. Việc xây dựng và thực thi kiểm thử tốt cho một mảng của phần mềm là thành công khi nó tìm ra nhiều lỗi và có thể sửa được những lỗi đó, thậm chí là chứng tỏ rằng không thể tìm ra thêm lỗi nào nữa. Những trường hợp kiểm thử không thành công là việc kiểm tra phần mềm không đúng đắn và trong nhiều trường hợp, kiểm thử không tìm ra một lỗi nào được xem là thất bại, khi mà khái niệm rằng một chương trình kiểm thử không có lỗi cơ bản là không đáng tin cậy [2].

– Mục đích của kiểm thử là chỉ ra rằng chương trình đã thực hiện đúng các chức năng đã đưa ra. Có nhiều phần mềm hoạt động đúng chức năng của nó nhưng vẫn chứa lỗi. Những lỗi làm chương trình không hoạt động được là những lỗi quá rõ ràng. Tuy nhiên, lỗi vẫn xảy ra khi chương trình hoạt động tốt các chức năng.

– Kiểm thử là qui trình thực hiện để chứng tỏ chương trình đã làm được những chức năng cần có.

Khi chúng ta thực hiện kiểm thử một chương trình, muốn đưa vào đó một vài dữ liệu thì việc thêm dữ liệu thông qua việc thực hiện kiểm thử nhằm đưa ra độ tin cậy và chất lượng phần mềm. Việc tăng độ tin cậy của chương trình nghĩa là phải tìm ra lỗi và sửa các lỗi đó. Vì thế, chúng ta không nên thực hiện kiểm thử chỉ để nói rằng chương trình đã hoạt động được, mà nên giả định rằng chương trình có chứa nhiều lỗi (một giả định hợp lý cho mọi chương trình) và sau đó hãy kiểm nghiệm chương trình để tìm ra càng nhiều lỗi càng tốt.

Vậy, mục tiêu của kiểm thử phần mềm là tìm ra càng nhiều lỗi càng tốt trong điều kiện về thời gian đã định với nguồn lực sẵn có.

Mục tiêu của người kiểm thử là tìm ra lỗi càng sớm càng tốt và đảm bảo rằng các lỗi này được khắc phục.

Vậy tại sao chúng ta phải thực hiện kiểm thử?

Có hai lý do chính để xem xét về chất lượng và phát hiện lỗi. Cần phải thực hiện kiểm thử phần mềm vì lỗi có thể xảy ra ở bất cứ giai đoạn nào trong quá trình phát triển phần mềm. Người ta sản xuất các hệ thống phần mềm để gia tăng tiện nghi trong cuộc sống nhưng thực tế không như kỳ vọng, phần mềm hoạt động không đúng yêu cầu gây ra nhiều vấn đề bất cập về thời gian, tiền bạc và công sức.

Vì vậy, phải thực hiện kiểm thử để:

– Tìm ra lỗi càng sớm càng tốt để có thể sửa các lỗi đó trước khi giao sản phẩm cho khách hàng;

– Giảm thiểu rủi ro trong suốt quá trình thực hiện và phân phối đối với chất lượng phần mềm;

– Đảm bảo phần mềm làm ra đáp ứng được yêu cầu của khách hàng, người sử dụng và các chuẩn công nghiệp;

– Tạo sự tin tưởng về chất lượng phần mềm;

– Rút ra bài học từ các dự án cũ, hiểu gốc rễ nguyên nhân các khiếm khuyết. Từ đó cải tiến quá trình với dự án mới, tránh tái diễn sai sót cũ.

Do vậy, trong tiến trình phát triển phần mềm, giai đoạn kiểm thử đóng vai trò quan trọng. Phần mềm càng lớn và càng phức tạp, thủ tục kiểm thử càng đòi hỏi tốn nhiều thời gian và công sức. Và để tạo ra một sản phẩm thì không phải chỉ do một tổ chức đứng ra làm từ đầu đến cuối, mà đòi hỏi sự liên kết, tích hợp của rất nhiều sản phẩm, thư viện lập trình, ... của nhiều tổ chức khác nhau... Từ đó đòi hỏi việc kiểm nghiệm phần mềm càng ngày càng trở nên quan trọng và rất phức tạp.

### 1.2.2. Người kiểm thử làm những công việc gì?

Kiểm tra chất lượng phần mềm đáp ứng các yêu cầu đặt ra của khách hàng là khâu rất quan trọng trong bất kỳ qui trình sản xuất nào. Sản phẩm hoàn thiện, chất lượng cao sẽ tạo thêm niềm tin và uy tín của công ty đối tác. Chính vì vậy, kiểm thử viên là vị trí không thể thiếu và công việc này quyết định khá nhiều vào thành công chung của dự án.

Nhiệm vụ chính của người kiểm thử là phải kiểm tra hoạt động của chương trình phần mềm theo yêu cầu của khách hàng đặt ra, tìm lỗi, chuyển sang nhóm lập trình sửa chữa, đồng thời phải dự đoán được lỗi này bắt nguồn từ đâu và đảm bảo rằng lỗi có thể sửa chữa được.

Để làm được việc này, người kiểm thử phải tìm hiểu yêu cầu của khách hàng thật kỹ thông qua các tài liệu đặc tả, thiết kế, từ đó lên kế hoạch kiểm thử, thiết kế các trường hợp kiểm thử tức là viết các các trường hợp kiểm thử, chuẩn bị môi trường kiểm thử tốt.

Ngoài ra, người kiểm thử còn phải viết các tài liệu báo cáo về lỗi, hướng dẫn sử dụng (user guide) và các chú ý về sản phẩm khi phát hành phần mềm (release note)....

### 1.2.3. Những tố chất tạo nên một kiểm thử viên tốt

Ngày nay hầu hết các công ty lớn đều xem kiểm thử phần mềm như là kỹ thuật chuyên nghiệp. Họ nhận ra rằng cần phải đào tạo các kỹ sư kiểm thử phần mềm trong các dự án và cho phép áp dụng vào trong qui trình phát triển để tạo ra một phần mềm có chất lượng cao. Tuy nhiên, vẫn còn một vài công ty nhỏ đã không đánh giá cao nhiệm vụ khó khăn của kiểm thử và giá trị năng lực của kiểm thử.

Dưới đây là những đặc điểm mà một người kiểm thử cần phải có[1]:

– Tính tỉ mỉ: Người kiểm thử phần mềm không ngại tìm tòi những tình huống chưa xác định rõ ràng, lấy một gói phần mềm và cài đặt lên PCs để quan sát xem những gì diễn ra trên đó;

– Tính nhạy bén: Có khả năng tìm ra được nguyên nhân tại sao chương trình không thực hiện được, tìm ra giải đáp cho những vấn đề khó hiểu xảy ra;

– Tính nghiêm khắc: Không ngừng tìm lỗi, phải xem xét lỗi đó đã mất chưa và có khó tái tạo lại không hơn là bỏ qua lỗi, trông chờ vào may mắn. Phải tìm và thử mọi cách để phát hiện được càng nhiều lỗi càng tốt;

– Tính mềm dẻo, cẩu toàn: Cố gắng thực hiện tìm lỗi để làm cho phần mềm hoàn toàn sạch lỗi, nhưng đến một lúc nào đó không thể đạt được như thế thì người kiểm thử nên chấp nhận đúng khi có thể;

– Phán đoán tốt: Người kiểm thử cần có những quyết định đúng đắn về những gì mình sẽ kiểm tra, làm việc đó trong bao lâu và xem xét vấn đề đó có thực sự là lỗi hay không, đoán trước các lỗi có khả năng xảy ra;

– Cư xử khôn khéo: Người kiểm thử luôn mang lại những tin xấu không vui cho người lập trình. Khi họ phát hiện lỗi và chuyển sang cho lập trình viên thì thường nhận thấy sự khó chịu của người lập trình. Vì vậy, người kiểm thử cần phải biết cách cư xử và ngoại giao tốt để làm việc dễ dàng hơn.

Ngoài ra, người kiểm thử cần phải có tính kiên trì vì công việc kiểm thử thường là những việc, lặp lại nhiều lần nên dễ gây cảm giác chán nản, do vậy người kiểm thử phải kiên trì và cần tìm ra những phương pháp mới để ham thích với công việc hơn.

## 1.3. Quy trình phần mềm

Mục đích của phần này là giới thiệu các khái niệm của một quy trình phần mềm một tập hợp nhất quán các hoạt động cho việc sản xuất phần mềm. Khi đọc phần này, chúng ta sẽ hiểu:

– Khái niệm về quy trình phần mềm và các mô hình quy trình phần mềm.

– Ba đặc tính của các mô hình quy trình phần mềm và khi nào chúng được sử dụng.

– Nhìn chung, các hoạt động trong công nghệ phần mềm bao gồm xác định yêu cầu của phần mềm, phát triển phần mềm, kiểm tra và triển khai.

– RUP (Rational Unified Process) tích hợp các quy trình phần mềm thực tiễn tạo ra một mô hình quy trình chung, hiện đại.

Một quy trình phần mềm là tập hợp các hoạt động để tạo ra một sản phẩm phần mềm. Các hoạt động đó có thể bao gồm sự phát triển của phần mềm, bắt đầu từ một ngôn ngữ lập trình chuẩn như Java hoặc C. Tuy nhiên, phần mềm mới được phát triển bởi sự mở rộng và thay đổi các hệ thống hiện hành, bởi sự biến đổi và tích hợp phần mềm đóng ngay hoặc các thành phần hệ thống.

Một lý do cho việc hiệu quả các công cụ CASE bị giới hạn là bởi sự đa dạng và phức tạp của các quy trình phần mềm. Đó không phải là quy trình lý tưởng và nhiều tổ chức cải tiến cách tiếp cận của chính họ đối với sự phát triển phần mềm. Các quy trình phát triển để khai thác các tiềm năng của con người trong một tổ chức và các đặc trưng của các hệ thống đang được phát triển. Với một vài hệ thống, yêu cầu một quy trình phát triển rất có cấu trúc. Với các hệ thống kinh doanh, có nhu cầu thay đổi nhanh chóng, một quy trình mềm dẻo và nhanh nhạy thì phù hợp hơn [2].

Mặc dù có nhiều quy trình phần mềm, một số hoạt động cơ bản sau là giống nhau với tất cả các quy trình:

1. *Đặc tả phần mềm*: Chức năng của phần mềm và các yêu cầu với các hoạt động của nó phải được định rõ.

2. *Thiết kế và thực thi phần mềm*: Phần mềm đảm bảo các đặc tả phải được đáp ứng.

3. *Thẩm định phần mềm*: Phần mềm phải được thẩm định để bảo đảm rằng nó thực hiện những gì khách hàng muốn.

4. *Phát triển phần mềm*: Phần mềm phải phát triển để đáp ứng sự thay đổi yêu cầu của khách hàng.

Chúng ta đề cập các hoạt động đó bằng một đoạn ngắn trong chương này và đề cập đến chúng chi tiết hơn trong các phần sau của cuốn sách.

Mặc dù không có quy trình phần mềm lý tưởng, nhưng có cách để cải tiến quy trình phần mềm trong nhiều tổ chức. Các quy trình có thể bao gồm các kỹ thuật lỗi thời hoặc không đem lại lợi ích gì cho các quy trình phần mềm công nghệ. Quả thực, có rất nhiều các tổ chức vẫn không sử dụng các phương thức công nghệ trong quy trình phát triển phần mềm của họ.

Các quy trình phần mềm có thể được cải tiến bởi quá trình tiêu chuẩn hoá quy trình, nơi mà tính đa dạng trong các quy trình phần mềm giữa các tổ chức cần được giảm xuống. Điều đó để cải tiến sự truyền thông và giảm thời gian đào tạo, đồng thời làm tự động hoá quy trình, đem lại sự tiết kiệm về kinh tế nhiều hơn. Sự tiêu chuẩn hoá cũng là bước quan trọng đầu tiên trong việc giới thiệu các phương pháp kỹ thuật phần mềm mới và các phương thức, kỹ thuật phần mềm tốt.

### 1.3.1. Các mô hình quy trình phần mềm

Một mô hình quy trình phần mềm là sự miêu tả trừu tượng của một quy trình phần mềm. Mỗi mô hình quy trình mô tả một quy trình từ một cách nhìn đặc biệt, và theo đó chỉ cung cấp một phần thông tin về quy trình đó. Trong phần này, chúng ta giới thiệu một số mô hình quy trình rất phổ biến (được gọi là *các mẫu quy trình*). Chúng ta có thể nhìn thấy nền tảng của quy trình nhưng không thấy chi tiết của các hoạt động đặc biệt.

Các mô hình cơ bản đó không phải là sự mô tả cuối cùng của các quy trình phần mềm. Đúng hơn, chúng là sự trừu tượng hoá của quy trình có thể được sử dụng để giải thích các cách tiếp cận khác nhau đến sự phát triển phần mềm. Có thể nghĩ về chúng như là các nền móng của các quy trình có thể được mở rộng và đáp ứng để tạo ra nhiều quy trình kỹ thuật phần mềm đặc biệt hơn.

Các mô hình quy trình mà chúng ta trình bày ở đây là:

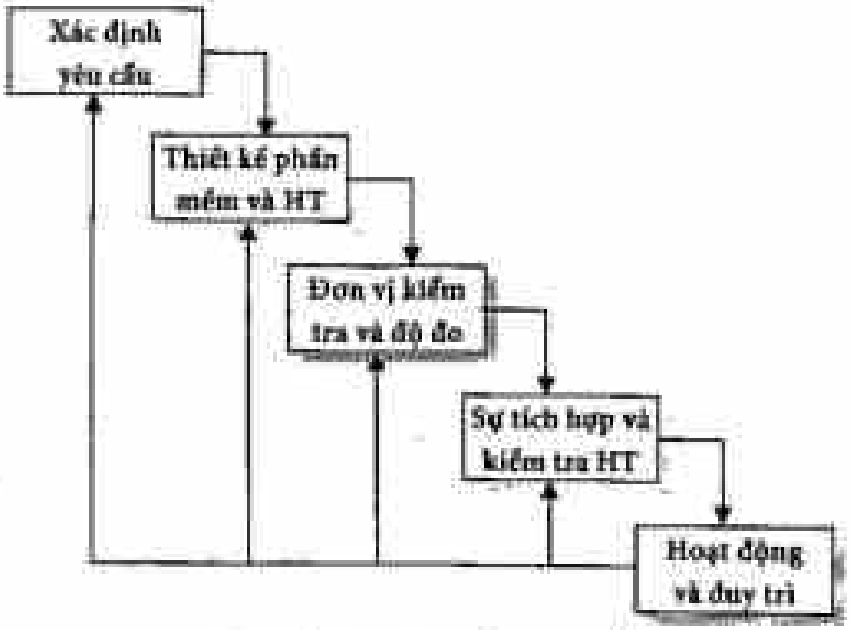
1. *Mô hình thác nước*: Cách này dẫn tới các quy trình cơ bản như: sự đặc tả, sự phát triển, sự thẩm định và sự cải tiến; sau đó biểu diễn chúng thành các pha quy trình riêng biệt như sự đặc tả yêu cầu, thiết kế phần mềm, thực hiện, kiểm thử và triển khai.

2. *Sự phát triển tiến hoá*: Cách tiếp cận này đưa thêm vào sự đặc tả, sự phát triển và thẩm định. Một hệ thống ban đầu được nhanh chóng phát triển từ những đặc tả trừu tượng.

3. *Kỹ nghệ phần mềm dựa trên các thành phần*: Cách tiếp cận này dựa trên một số lượng lớn các thành phần tái sử dụng đang tồn tại. Quy trình phát triển hệ thống tập trung vào việc kết hợp các thành phần vào trong một hệ thống hơn là phát triển chúng từ đầu.

Ba mô hình quy trình cơ bản đã được mở rộng sử dụng trong kỹ thuật phần mềm hiện hành. Chúng không loại trừ lẫn nhau và thường được sử dụng đồng thời, nhất là sự phát triển các hệ thống lớn. Thật vậy, quy trình RUP là sự kết hợp các thành phần của tất cả các mô hình đó. Các hệ thống con bên trong một hệ thống lớn có thể được phát triển sử dụng các phương pháp khác nhau. Mặc dù điều đó là thuận lợi để bàn về các mô hình riêng biệt, chúng ta nên hiểu rằng, trong thực tế, chúng thường được kết hợp với nhau.

Tất cả các loại khác nhau của các quy trình cơ bản đã được dự tính trước và có thể được sử dụng trong một số tổ chức. Biến thể quan trọng nhất gần như chắc chắn đó là phát triển hệ thống hình thức, nơi một mô hình toán học hình thức của một hệ thống được tạo ra. Mô hình này sau đó được thay đổi thành các mã thực thi được, sử dụng các biến đổi toán học để bảo toàn tính chắc chắn của nó.




*Hình 1.3. Chu trình sống của phần mềm*

Dẫn chứng tốt nhất cho một quy trình phát triển chuẩn là quy trình CLEANROOM, nó được phát triển lần đầu tiên với IBM (Mills, 1987; Selby, 1987; Linger, 1994; Prowell, 1999). Trong quy trình Cleanroom, mỗi số gia phần mềm được mô tả một cách hình thức và sự mô tả đó được biến đổi vào trong một sự thực hiện. Phần mềm đúng đắn được chứng minh sử dụng một phương pháp hình thức. Đó không phải là kiểm tra các khiếm khuyết trong quy trình, sự kiểm tra hệ thống được tập trung trên việc đánh giá tính tin cậy của hệ thống.

Cả phương pháp Cleanroom và các phương pháp khác để phát triển dựa vào phương pháp B (Wordsworth, 1996) đều phù hợp với sự phát triển của các hệ thống có

các yêu cầu về sự an toàn nghiêm ngặt, tính tin cậy hoặc bảo mật. Phương pháp hình thức làm đơn giản hoá việc tạo ra một tình huống an toàn hoặc bảo mật, chứng minh với khách hàng là hệ thống không thường xuyên gặp các yêu cầu về sự an toàn và bảo mật[2].

Ngoài phạm vi chuyên môn đó, các quy trình dựa trên các biến đổi hình thức không được sử dụng rộng rãi. Chúng yêu cầu các ý kiến chuyên môn và sự thực, phần lớn các quy trình hệ thống đó không có một giá đáng kể hoặc các lợi thế chất lượng so với các phương pháp khác để phát triển hệ thống.

### 1.3.2. Mô hình thác nước

Mô hình công cộng đầu tiên của quy trình phát triển phần mềm được bắt nguồn từ các quy trình kỹ thuật hệ thống phổ biến hơn (Royce, 1970). Điều này được minh hoạ trên hình 1.3. Mô hình này được biết đến như là Mô hình thác nước hay chu trình sống của phần mềm. Giai đoạn chính của bản đồ mô hình dựa trên các hoạt động phát triển chủ yếu sau:

1. Định nghĩa và phân tích nhu cầu: Các mục tiêu và ... dịch vụ hệ thống được xác định bởi việc bàn bạc với những người sử dụng hệ thống. Họ sau đó xác định chi tiết và đáp ứng như một đặc tả hệ thống.

2. Thiết kế phần mềm và thiết kế hệ thống: Các phần của quy trình thiết kế hệ thống đòi hỏi yêu cầu tới hoặc phần cứng hoặc phần mềm. Nó xác định một kiến trúc máy tính toàn diện. Phần mềm thiết kế bao gồm nhận dạng và mô tả trừu tượng hoá hệ thống phần mềm chủ yếu và các mối quan hệ của chúng.

3. Sự thực hiện và kiểm thử từng đơn vị: Trong giai đoạn này, phần mềm thiết kế được nhìn nhận như một tập hợp các đơn vị chương trình. Đơn vị kiểm thử bao gồm sự xác minh mà mỗi đơn vị đáp ứng đặc tả của nó.

4. Sự tích hợp và kiểm thử hệ thống: Các đơn vị chương trình riêng lẻ hoặc các chương trình được tích hợp và kiểm thử như một hệ thống hoàn chỉnh để chắc chắn rằng các yêu cầu phần mềm đã được đáp ứng. Sau khi kiểm tra, hệ thống phần mềm được phân phối đến khách hàng.

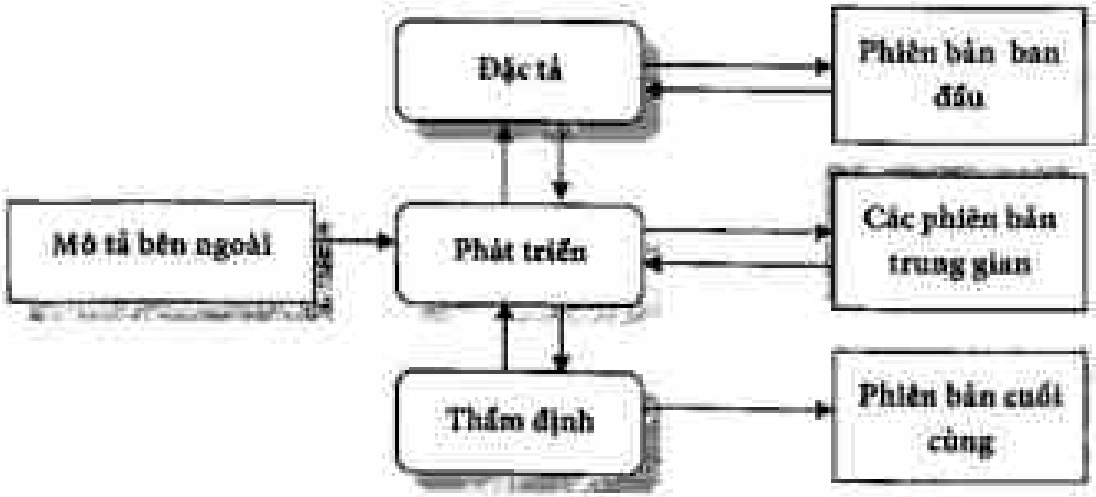
5. Quá trình hoạt động và bảo dưỡng: Thông thường (mặc dù không nhất thiết) đây là giai đoạn dài nhất. Hệ thống được cài đặt và đưa vào sử dụng. Sự bảo dưỡng bao gồm các lỗi không được nhận ra trong giai đoạn ban đầu của chu trình sống, cải tiến sự thực hiện các đơn vị hệ thống và nâng cao các dịch vụ hệ thống như khi các yêu cầu mới xuất hiện.

Nhìn chung, kết quả của mỗi giai đoạn là một hoặc nhiều tài liệu được thẩm định. Giai đoạn tiếp theo không nên bắt đầu cho đến khi giai đoạn trước kết thúc. Trong thực tế, các giai đoạn này chồng chéo lên nhau và cho thông tin tới các giai đoạn khác. Trong khi thiết kế, các vấn đề nảy sinh đối các yêu cầu được nhận dạng, trong khi mã hoá các vấn đề thiết kế được tìm thấy. Quy trình phần mềm không phải là một mô hình tuyến tính đơn nhưng bao gồm một trình tự của sự lặp lại các hoạt động phát triển.

Bởi giá thành của quá trình sản xuất và thẩm định các tài liệu lặp lại là đắt tiền và phải làm đi làm lại, do đó, sau một số ít lần lặp lại, nó "đóng băng" phần đã phát triển, như phần đặc tả chẳng hạn và tiếp tục với các giai đoạn phát triển sau. Các vấn đề được gỡ bỏ trong phiên bản cuối cùng, cũng có thể là được lờ đi hoặc được quy hoạch. Sự "đóng băng" sớm của các yêu cầu có nghĩa là hệ thống sẽ không làm những gì mà người sử dụng muốn. Điều đó có thể dẫn tới hệ thống có cấu trúc tồi khi các vấn đề được thiết kế bị phá vỡ.

Trong giai đoạn cuối của chu trình sống (quá trình hoạt động và bảo dưỡng), phần mềm được đưa vào sử dụng. Các lỗi và các thiếu sót trong các yêu cầu phần mềm ban đầu phải được nhận ra. Các lỗi thiết kế và chương trình xuất hiện do đó cần các chức năng mới xuất hiện. Những thay đổi (bảo dưỡng phần mềm) có thể bao gồm các giai đoạn quy trình tuần hoàn tiếp theo.

Ưu điểm của mô hình thác nước là những dẫn chứng bằng tài liệu đó được làm tại mỗi giai đoạn và nó phù hợp với các mô hình quy trình kỹ thuật khác. Việc thay đổi yêu cầu phải được thực hiện tại một giai đoạn đầu của quy trình, đây là giai đoạn khó khăn để phản ứng lại những thay đổi trong yêu cầu của khách hàng.




*Hình 1.4. Sự tiến triển [2]*

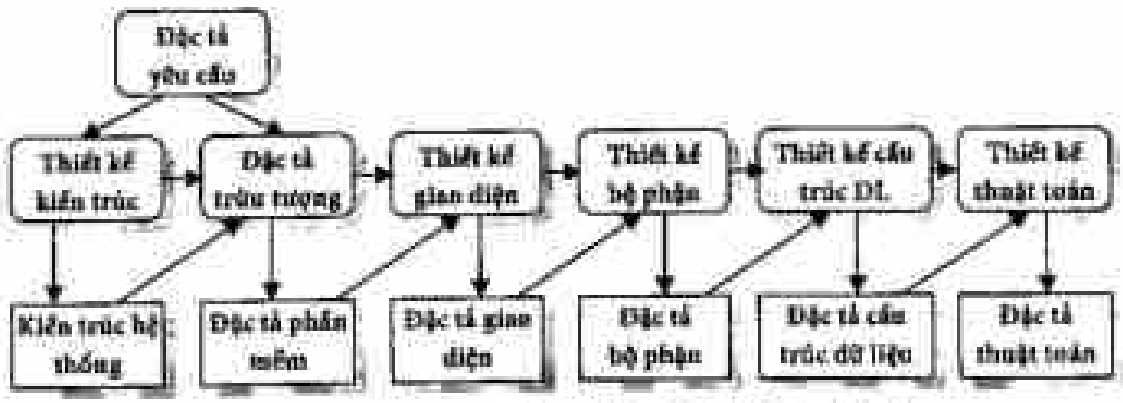
Do đó, mô hình thác nước chỉ nên được sử dụng khi các yêu cầu là dễ hiểu và không chắc chắn để thay đổi triệt để trong khi hệ thống được phát triển. Tuy nhiên, mô hình thác nước phản ánh các loại mô hình quy trình được sử dụng trong các công trình kỹ thuật khác. Bởi vậy, quy trình phần mềm dựa trên cách tiếp cận này vẫn được sử dụng cho phát triển phần mềm, đặc biệt khi công trình phần mềm là thành phần của một công trình kỹ thuật hệ thống rộng lớn.

### 1.3.3. Thiết kế phần mềm và đưa vào sử dụng

Khâu đưa vào sử dụng trong việc phát triển phần mềm là một quá trình chuyển đổi từ một đặc tả hệ thống sang một hệ thống có thể thực thi được. Quá trình này thường liên quan đến việc lập trình và thiết kế phần mềm. Tuy nhiên, nếu một cách tiếp cận tiến bộ được sử dụng, nó cũng có thể bao gồm một đặc tả phần mềm tinh xảo.

#### *1.3.3.1. Thiết kế phần mềm*

Thiết kế phần mềm là một sự mô tả cấu trúc phần mềm được đưa vào sử dụng, dữ liệu - một phần của hệ thống và đôi khi là giao diện giữa những bộ phận cấu thành hệ thống và những thuật toán được sử dụng. Không chỉ dừng lại ở việc hoàn tất bản thiết kế, những nhà thiết kế còn tiếp tục phát triển thiết kế của mình thông qua hàng loạt phiên bản. Quá trình thiết kế có liên quan đến việc bổ sung thêm những hình thức và chi tiết mới bởi những bản thiết kế được phát triển từ sự phản hồi liên tục trong quá trình sửa chữa những thiết kế cũ.




*Hình 1.5. Mô hình của một quy trình thiết kế phổ biến [2]*

Quá trình thiết kế cũng có thể liên quan đến việc phát triển một số mẫu hệ thống với sự trừu tượng ở các mức độ khác nhau. Những lỗi và những chi tiết bị bỏ sót trong những khâu trước sẽ được phát hiện ra khi thiết kế được chia nhỏ ra. Những sự phản hồi này làm cho những mẫu thiết kế trước trở nên hoàn thiện hơn. Hình 1.5 là

một ví dụ về quá trình thiết kế này, nó mô tả thiết kế ở những khâu khác nhau. Sơ đồ này cho thấy các khâu của quá trình thiết kế luôn kế tiếp nhau. Thực tế những hoạt động của quá trình thiết kế luôn xen kẽ nhau. Sự hoàn ngược từ khâu này sang khâu khác và thiết kế hoạt động là hoàn toàn không thể tránh khỏi trong mọi quy trình thiết kế.

Đặc điểm kỹ thuật của khâu tiếp theo là đầu ra của mỗi hoạt động thiết kế. Đặc điểm này có thể là một sự tách biệt ra, có thể là một chi tiết mang tính hình thức để làm sáng tỏ những yêu cầu, hoặc cũng là một đặc điểm kỹ thuật mà thông qua nó, một phần của hệ thống được hiện thực hoá. Những đặc điểm kỹ thuật này trở nên chi tiết hơn khi quá trình thiết kế đang diễn ra. Kết quả cuối cùng của quá trình này là những đặc điểm kỹ thuật chính xác, tỉ mỉ của những thuật toán và cấu trúc dữ liệu được đưa vào sử dụng.

Những hoạt động cụ thể của quá trình thiết kế bao gồm:

1. *Thiết kế kiến trúc*: Các hệ thống con tạo nên hệ thống và những mối quan hệ giữa chúng, được xác định và chứng minh.

2. *Đặc tả trừu tượng*: Với mỗi hệ thống con là một đặc tả trừu tượng các dịch vụ của nó và các ràng buộc dưới các hoạt động được tạo ra.

3. *Thiết kế giao diện*: Với mỗi hệ thống con, giao diện của nó có những hệ thống con khác được thiết kế và tài liệu hoá. Đặc tả giao diện không được lưỡng nghĩa, mơ hồ bởi nó phải đảm bảo rằng các hệ thống con phải được sử dụng ngay cả khi người dùng không biết về hoạt động của các hệ thống con này. Những phương pháp về đặc tả mang tính hình thức.

4. *Thiết kế thành phần*: Các dịch vụ của hệ thống phải được phân phối tới các thành phần và giao diện của chúng được thiết kế.

5. *Thiết kế cấu trúc dữ liệu*: Cấu trúc dữ liệu được sử dụng trong hệ thống được thiết kế chi tiết và cụ thể.

6. *Thiết kế thuật toán*: Những thuật toán được sử dụng để cung cấp các dịch vụ được thiết kế chi tiết và cụ thể.

Đây là một mô hình phổ biến của quá trình thiết kế, sự thực những quá trình quan trọng có thể chuyển thể để thích nghi theo những cách khác nhau. Một vài sự thích ứng có thể là:

1. Hai khâu cuối của quá trình thiết kế, thiết kế cấu trúc dữ liệu và thiết kế thuật toán, có thể bị trì hoãn tới khi hệ thống được thi hành.

2. Nếu một sự tiếp cận thiết kế để thăm dò được thực hiện, giao diện của hệ thống có thể được thiết kế sau khi cụ thể hoá cấu trúc dữ liệu.

3. Khâu đặc tả trừu tượng có thể được bỏ qua, mặc dù đây thường là khâu quan trọng nhất của việc thiết kế hệ thống.

Khi những công cụ linh hoạt được sử dụng, đầu ra của quá trình thiết kế sẽ không phải là những tài liệu đặc tả riêng rẽ mà sẽ được trình bày trong mã chương trình. Sau khi kiến trúc hệ thống được thiết kế, những khâu cuối cùng của thiết kế sẽ tăng lên. Mỗi sự tăng lên được trình bày trong mã chương trình hơn là trong một mô hình thiết kế.

Một cách tiếp cận khác trong việc thiết kế hệ thống là dùng phương pháp cấu trúc, với phương pháp này thì trong một số trường hợp có thể tự động tạo và trong một số trường hợp có thể tự động tạo mã từ những mô hình này. Phương pháp cấu trúc được phát minh vào những năm 1970 để ủng hộ thiết kế hướng vào chức năng (Constantine and Yourdon, 1979, Gane and Sarson, 1979). Nhiều phương pháp cạnh tranh ủng hộ thiết kế hướng vào đối tượng được đề xuất (Robinson, 1992; Booch, 1994) và chúng đã được hợp nhất vào những năm 1990 để cho ra đời Ngôn ngữ mô phỏng hợp nhất (Unified Modeling Language – UML) và quy trình thiết kế hợp nhất (Rumbaugh, 1991; Booch, 1999; Rumbaugh, 1999a; Rumbaugh, 1999b) [2].

Một phương pháp cấu trúc bao gồm một mẫu về quá trình thiết kế, hệ thống ký hiệu để trình bày thiết kế, định dạng chuẩn, những quy tắc và hướng dẫn thiết kế. Phương pháp này có thể đáp ứng cho một vài hoặc tất cả những mô hình hệ thống dưới đây:

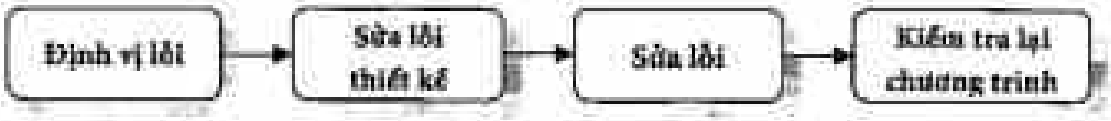
1. Một mô hình đối tượng cho biết những lớp đối tượng được sử dụng trong hệ thống và độ tin cậy của chúng.

2. Một mô hình dây cho biết bằng cách nào những đối tượng trong hệ thống tương tác được với nhau khi hệ thống đang hoạt động.

3. Một mô hình về trạng thái quá độ cho biết trạng thái của hệ thống và nguyên nhân tạo ra sự quá độ từ trạng thái này đến trạng thái khác.

4. Một mô hình cấu trúc nơi những bộ phận cấu thành hệ thống và sự liên kết, thống nhất giữa chúng được chứng minh, xác nhận.

5. Một mô hình luồng dữ liệu nơi mà hệ thống được mô hình hoá thông qua sự thay đổi dữ liệu trong quá trình hoạt động. Mẫu này thường không được sử dụng trong những phương pháp hướng đối tượng nhưng lại thường xuyên được sử dụng trong thiết kế thời gian thực và hệ thống kinh doanh.




*Hình 1.6. Quá trình chỉnh sửa lỗi*

Trong thực tế, phương pháp cấu trúc thật sự là những hệ thống ký hiệu chuẩn mực và những biểu hiện cho sự hoạt động có hiệu quả. Một thiết kế hợp lý có thể ra đời từ việc làm theo những phương pháp này và áp dụng mọi sự chỉ dẫn. Việc quyết định phân chia hệ thống và khẳng định rằng thiết kế đã nắm bắt được những đặc tả hệ thống một cách thích đáng luôn đòi hỏi người thiết kế phải có khả năng sáng tạo cao. Việc nghiên cứu những nhà thiết kế trên cơ sở quan sát thực nghiệm (Bansler and Bodker, 1993) đã chỉ ra rằng họ hiếm khi làm theo những phương pháp trên một cách đơn thuần. Họ chỉ chọn lọc những sự chỉ dẫn từ những tình huống cụ thể.

#### *1.3.3.2. Thực thi dựa trên các thiết kế*

Việc phát triển một chương trình để đưa một hệ thống vào sử dụng luôn theo sau quá trình thiết kế hệ thống. Mặc dù một vài chương trình, chẳng hạn như các hệ thống đề cao tính an toàn, thường được thiết kế chi tiết trước khi việc thực hiện bắt đầu, những khâu cuối của thiết kế và việc phát triển chương trình nói chung là thường được xen kẽ. Công cụ CASE có thể được sử dụng để tạo nên khung chương trình từ bản thiết kế. Nó bao gồm mã định dạng và thi hành giao diện, trong một số trường hợp người ta chỉ cần bổ sung một số chi tiết cho sự hoạt động của mỗi bộ phận cấu thành chương trình.

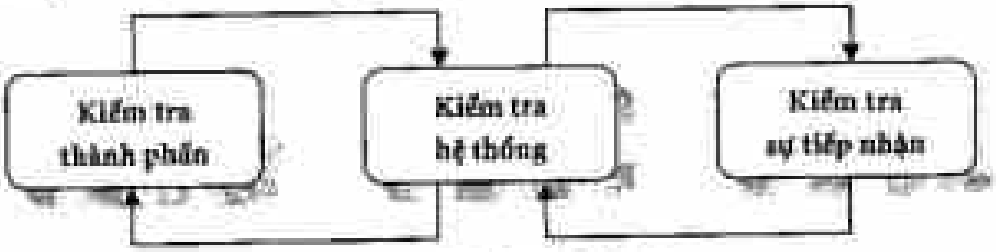
Việc lập trình là một hoạt động cá nhân và thường không có quá trình nào kèm theo. Một vài nhà lập trình thường bắt đầu với những bộ phận mà họ hiểu rõ, phát triển chúng rồi chuyển sang những bộ phận mà họ ít am hiểu hơn. Những người khác thì lại có cách tiếp cận ngược lại, họ để lại những phần quen thuộc bởi họ biết làm thế nào để phát triển chúng. Một vài nhà phát triển chương trình thích định dạng dữ liệu trước sau đó dùng chúng để phát triển chương trình; những người khác lại bỏ lại những dữ liệu không rõ ràng lâu nhất có thể.

Thông thường, những nhà lập trình kiểm tra mã mà họ vừa phát triển. Điều này thường để lộ ra những khuyết điểm phải bị loại bỏ khỏi chương trình. Nó được gọi là "sự gỡ rối". Kiểm tra khuyết điểm và loại bỏ chúng là hai quá trình khác nhau. Việc kiểm tra xác minh sự tồn tại của những thiếu sót. Việc loại bỏ lại liên quan đến việc định vị và sửa chữa những thiếu sót này.

Hình 1.6 minh họa quá trình sửa lỗi này. Lỗi trong mã cần được định vị và chương trình được thay đổi để đáp ứng những yêu cầu. Việc kiểm tra sau đó phải được

làm lại để chắc chắn rằng việc thay đổi là đúng đắn. Do đó quá trình loại bỏ là một phần của việc kiểm tra và phát triển phần mềm.

Khi loại bỏ sai sót sẽ tạo ra những giả thuyết về những hoạt động có thể theo dõi được của chương trình, sau đó kiểm tra những giả thuyết này với hy vọng tìm ra những sai sót làm cho đầu ra trở nên bất bình thường. Kiểm tra những giả thuyết này có thể kéo theo việc truy vết mã chương trình. Cũng ta có thể tạo ra những kịch bản kiểm thử theo từng tình huống để khoanh vùng vấn đề. Công cụ loại bỏ sai sót tương tác có thể chỉ ra những giá trị trung bình của những biến số của chương trình và những dấu vết của sự trình bày đã được thể hiện. Công cụ này có thể rất hữu ích cho quá trình loại bỏ sai sót.

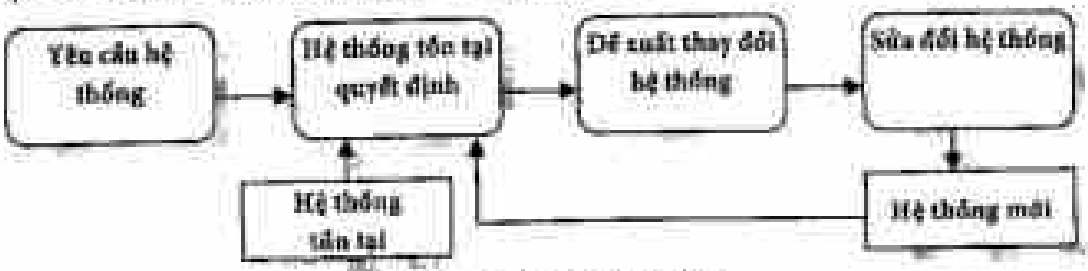



*Hình 1.7. Quá trình kiểm tra*

### 1.3.4. Sự phát triển phần mềm

Sự linh hoạt của hệ thống phần mềm là một trong những lý do quan trọng giải thích tại sao ngày càng có nhiều phần mềm được tích hợp vào trong những hệ thống lớn và phức tạp. Khi đã quyết định mua một phần cứng thì để thay đổi thiết kế của nó là rất tốn kém. Tuy nhiên, ta có thể thay đổi phần mềm bất cứ lúc nào, trong hay sau khi hệ thống được phát triển. Mặc dù vậy, những thay đổi lớn này vẫn rẻ hơn sự thay đổi tương ứng đối với hệ thống phần cứng.

Về mặt lịch sử, luôn luôn có sự tách rời giữa quá trình phát triển phần mềm và duy trì phần mềm. Người ta cho rằng việc phát triển phần mềm là một hoạt động sáng tạo nơi mà hệ thống phần mềm được phát triển từ một khái niệm ban đầu thành một hệ thống làm việc được. Họ nghĩ việc duy trì phần mềm thật buồn tẻ và nhàm chán. Mặc dù chi phí của việc duy trì thường gấp vài lần chi phí phát triển ban đầu, quá trình duy trì vẫn thường được coi là ít thử thách hơn việc phát triển phần mềm gốc.




*Hình 1.8. Phát triển hệ thống*

Sự khác biệt giữa phát triển và duy trì phần mềm đang trở nên ngày càng không thích hợp. Ngày nay, một vài hệ thống phần mềm là những hệ thống hoàn toàn mới, nó tạo ra thêm nhiều lý do để xem xét việc phát triển và duy trì phần mềm như một chuỗi liên tục. Việc cho rằng xây dựng phần mềm như một quá trình tuần tự, tự nhiên mà trong đó phần mềm liên tục được thay đổi để đáp ứng những yêu cầu thay đổi và nhu cầu của khách hàng đã trở nên thực tế hơn là khi có hai quá trình riêng lẻ.

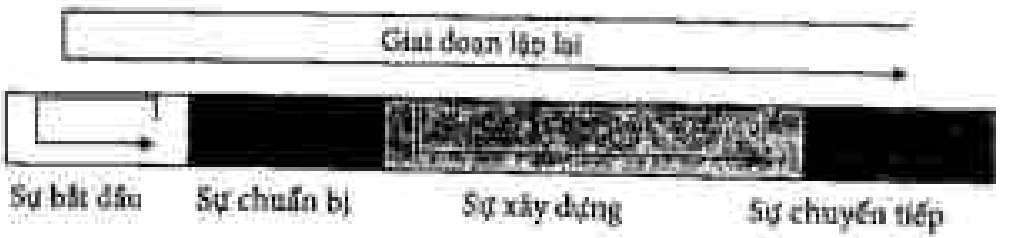
### 1.3.5. Quy trình phát triển hợp nhất

Quy trình hợp nhất (Rational Unified Process - RUP) là một ví dụ cho một quá trình được xuất phát từ UML và sự kết hợp Quy trình phát triển phần mềm hợp nhất (Rumbaugh, 1999b). Đây cũng là một ví dụ hoàn hảo cho một mô hình quy trình lai ghép. Nó tập hợp lại các yếu tố từ tất cả mô hình quy trình chung (Phần 4.1), xác nhận lặp lại (Phần 4.2) và minh chứng rằng thiết kế và những đặc tả đã hoạt động tốt (Phần 4.3).

RUP chỉ ra rằng những mô hình quy trình thông thường chỉ là sự nhìn nhận đơn lẻ về quy trình. Để đối chiếu, RUP thường được mô tả từ ba khía cạnh:

1. Khía cạnh động chỉ ra những pha đã qua thời gian của quy trình.
2. Khía cạnh tĩnh chỉ ra những hoạt động đã được thông qua của quy trình.
3. Khía cạnh thực tế đề xuất cách thực hiện tốt được sử dụng trong suốt quy trình.

Mọi sự mô tả về RUP đều cố gắng để gắn khía cạnh tĩnh và động vào trong một biểu đồ (Krutchen, 2000). Chúng ta nghĩ như vậy sẽ làm cho quá trình thêm khó hiểu, do đó chúng ta đã sử dụng những mô tả riêng biệt để mô tả hai khía cạnh này.




*Hình 1.9. Các giai đoạn trong quy trình hợp nhất*

RUP là một mô hình giai đoạn, có thể nhận biết được 4 giai đoạn riêng rẽ trong quy trình phần mềm. Tuy nhiên, không giống như mô hình thác nước nơi mà các pha được xem như các hoạt động quy trình, biểu diễn các giai đoạn trong RUP, đó là:

1. Sự bắt đầu (Inception);
2. Sự chuẩn bị tỉ mỉ (Elaboration);
3. Sự xây dựng (Construction);
4. Sự chuyển tiếp (Transition).

Quan điểm của RUP tập trung trên các hoạt động trong suốt quá trình phát triển các tiến trình. Chúng được gọi là các luồng làm việc trong các mô tả RUP. Có 6 tiến trình luồng làm việc trung tâm đã xác định trong tiến trình và 3 trung tâm hỗ trợ luồng làm việc. RUP được thiết kế trong các liên kết với UML - một mô hình ngôn ngữ hướng đối tượng – bởi vậy các mô tả RUP được hướng quanh liên kết với mô hình UML.

Ưu điểm trong việc mô tả động và các quan điểm tĩnh nằm trong các giai đoạn của tiến trình phát triển không liên kết với các luồng làm việc chỉ định. Trong phần chính, tất cả các luồng làm việc RUP có thể được hoạt động tại mọi giai đoạn của tiến trình. Tuy nhiên hầu hết sự cố gắng sẽ có thể trải qua trên luồng làm việc như là các mô hình kinh doanh và các yêu cầu trong các giai đoạn sớm của tiến trình cũng như trong việc thử nghiệm và triển khai trong các giai đoạn muộn hơn.

Khía cạnh thực hành trên RUP mô tả một công nghệ phần mềm tốt được yêu cầu cho việc sử dụng trong phát triển hệ thống. Sáu cơ sở thực tiễn nhất được giới thiệu là:

1. *Phát triển phần mềm một cách lặp lại*: Kế hoạch phát triển của hệ thống trên cơ sở quyền ưu tiên của các khách hàng và phát triển, phân phối quyền ưu tiên hệ thống cao nhất trong các tiến trình.

2. *Quản lí các yêu cầu*: Các bản tài liệu rõ ràng về các yêu cầu của khách hàng và theo dõi các thay đổi của chúng. Phân tích các ảnh hưởng của các thay đổi trước khi chấp nhận chúng.

3. *Sử dụng kiến trúc các thành phần cơ sở*: Cấu trúc của các kiến trúc hệ thống vào trong các thành phần như đã được thảo luận trong chương này.

4. *Mô hình phần mềm* : Sử dụng các mô hình đồ họa UML để miêu tả các quan điểm tĩnh và động của phần mềm.

5. *Kiểm tra chất lượng phần mềm*: Bảo đảm rằng các phần mềm đáp ứng các chuẩn chất lượng trong các tổ chức.

6. *Điều khiển các thay đổi tới phần mềm*: Quản lí các thay đổi tới phần mềm sử dụng một hệ thống quản lí thay đổi các thủ tục quản lí cấu hình và các công cụ.

RUP không phải là một tiến trình phù hợp cho mọi dạng của việc phát triển nhưng nó không miêu tả các phát sinh mới. Tất cả các sự đổi mới quan trọng là riêng biệt trong từng giai đoạn và luồng làm việc, quản lí các triển khai phần mềm trong môi trường người dùng là một phần của tiến trình. Các giai đoạn là động và có mục đích. Luồng làm việc là tĩnh và là các kĩ thuật hoạt động mà không được liên kết tới một giai đoạn đơn nhưng có thể được sử dụng thông qua việc phát triển để đạt được các mục tiêu của từng giai đoạn.

## 1.4. Những nguyên tắc cơ bản của kiểm thử phần mềm

Trước khi bắt đầu bất cứ hoạt động kiểm thử nào, một kỹ sư phần mềm cũng phải hiểu biết các nguyên tắc cơ bản sau trong kiểm thử:

– Mọi hoạt động kiểm thử đều phải tuân theo yêu cầu của khách hàng. Do mục đích của kiểm thử là tìm ra lỗi nên phần lớn các lỗi (từ quan điểm của khách hàng) sẽ làm cho chương trình không đáp ứng được yêu cầu của khách hàng.

– Kiểm thử phải được lập kế hoạch trước khi thật sự bắt đầu: Lập kế hoạch kiểm thử có thể bắt đầu ngay khi hoàn thành xong các mô hình yêu cầu. Xác định chi tiết các trường hợp thử có thể bắt đầu khi các mô hình thiết kế được hoàn thiện. Do đó mọi kiểm thử có thể được lập kế hoạch và thiết kế trước khi xây dựng mã chương trình.

– Kiểm thử ban đầu nhỏ, sau đó quá trình lớn dần. Kiểm thử đầu tiên được lập kế hoạch và thực hiện thường tập trung vào các module chương trình riêng lẻ. Trong tiến trình kiểm thử, kiểm thử chuyển sang chú trọng vào các nỗ lực tìm ra các lỗi trong các module tích hợp và cuối cùng là toàn bộ hệ thống.

– Không thể kiểm thử mọi khía cạnh: Có nhiều cách kiểm thử cho các chương trình, thậm chí cả với các chương trình có kích thước vừa phải. Vì lẽ đó, không thể thực hiện mọi cách trong kiểm thử.

Để có hiệu quả cao nhất, quá trình kiểm thử phải có sự tham gia của bên thứ 3. Kỹ sư phần mềm tạo ra hệ thống không phải là người tốt nhất để thực hiện mọi kiểm thử cho phần mềm.

## 1.5. Vòng đời của việc kiểm thử

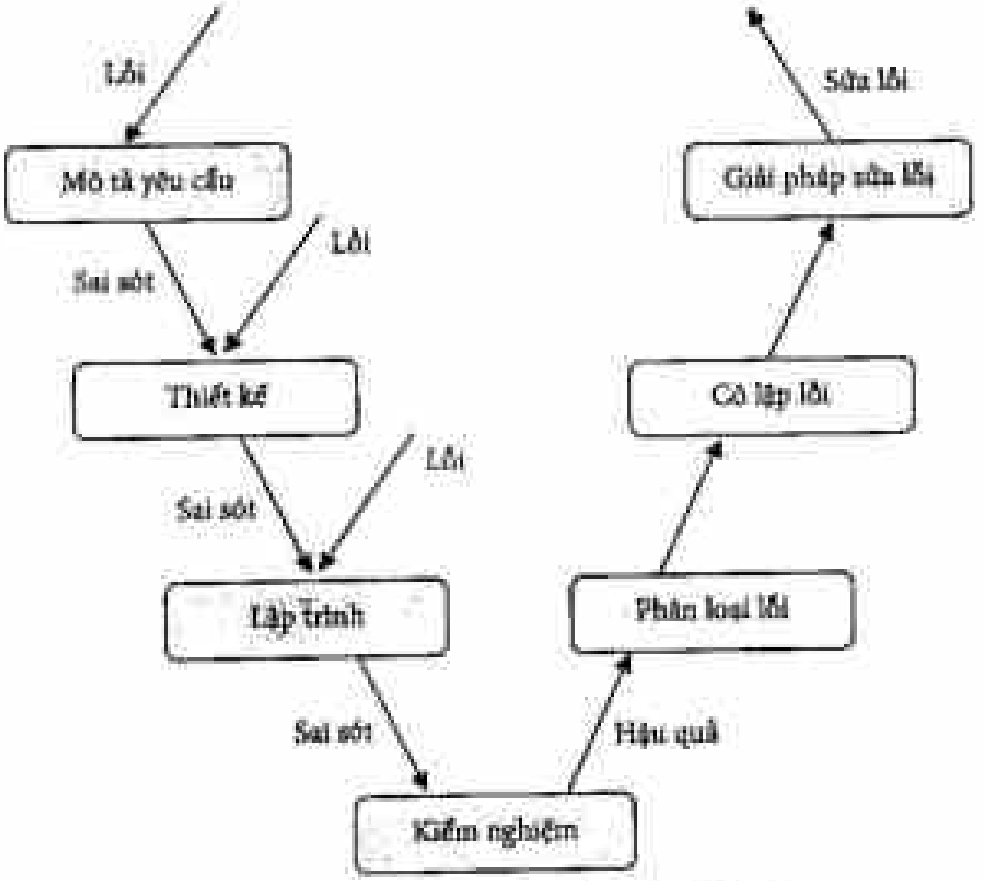
Bảng dưới đây mô tả các công đoạn phát triển một phần mềm và cách khắc phục lỗi.

Lỗi có thể xảy ra trong tất cả các công đoạn từ "Mô tả yêu cầu", "Thiết kế" đến "Lập trình".

Từ công đoạn này chuyển sang công đoạn khác thường nảy sinh các sai sót (do dư thừa hoặc thiếu theo mô tả yêu cầu).

Đến công đoạn kiểm thử chúng ta sẽ phát hiện ra các hậu quả (các kết quả không mong muốn).

Quá trình sửa lỗi bao gồm "phân loại lỗi", "cô lập lỗi" (tìm ra nguyên nhân và nơi gây lỗi), đề ra "giải pháp sửa lỗi" và cuối cùng là khắc phục lỗi.




*Hình 1.10. Vòng đời của việc kiểm thử phần mềm*

## 1.6. Phân loại kiểm thử

Có hai mức phân loại:

– Một là phân biệt theo mức độ chi tiết của các bộ phận hợp thành phần mềm:

+ Mức kiểm thử đơn vị (Unit);

+ Mức kiểm thử hệ thống (System);

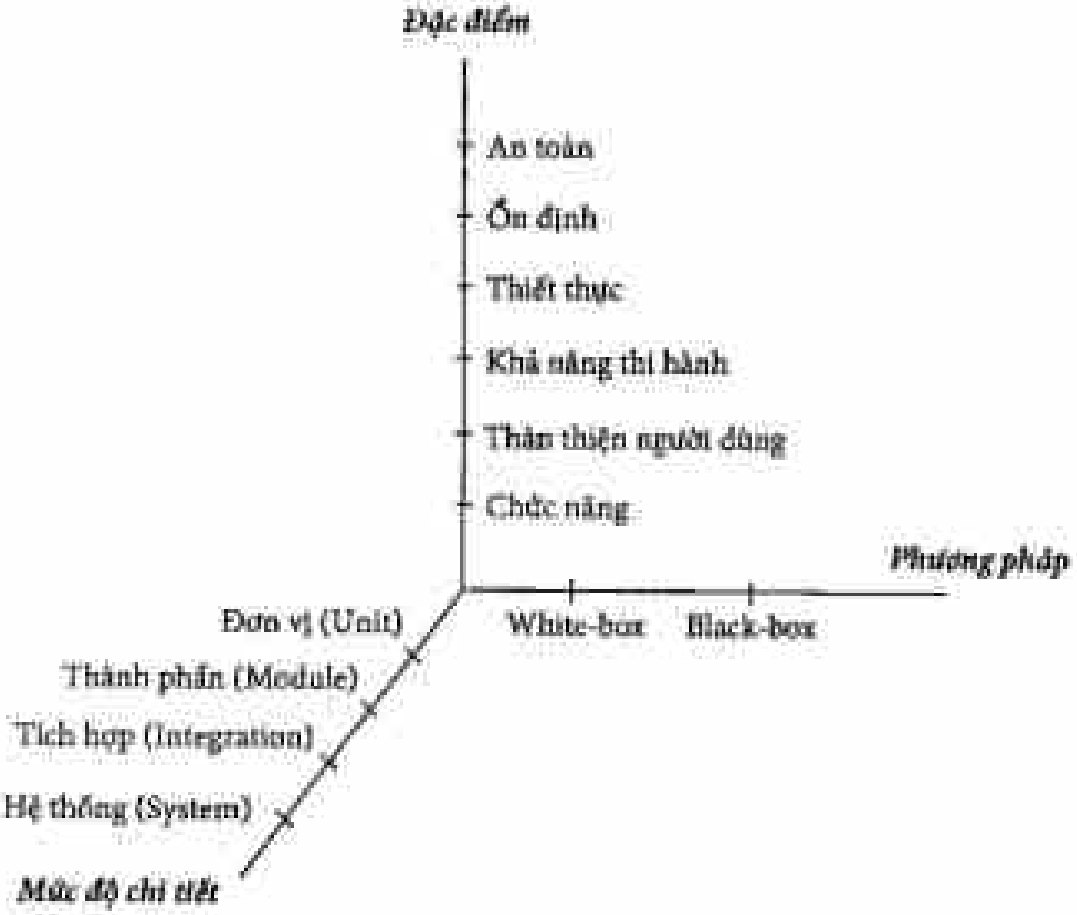
+ Mức kiểm thử tích hợp (Integration).

– Cách phân loại khác là dựa trên phương pháp thử nghiệm (thường dùng ở mức kiểm tra đơn vị):

+ Kiểm nghiệm hộp đen (Black box testing) dùng để kiểm tra chức năng;

+ Kiểm nghiệm hộp trắng (White box testing) dùng để kiểm tra cấu trúc.

+ Hình bên dưới biểu diễn sự tương quan của "các tiêu chí chất lượng phần mềm", "mức độ chi tiết đơn vị" và "phương pháp kiểm nghiệm".




*Hình 1.11. Mối quan hệ giữa các tiêu chí chất lượng và kiểm thử [1]*

## 1.7. Sự tương quan giữa các giai đoạn phát triển và kiểm thử

Mô hình chữ V giải thích sự tương quan giữa các công đoạn xây dựng phần mềm và các giai đoạn kiểm thử. Ở mỗi công đoạn xây dựng phần mềm sẽ tương ứng với một mức kiểm thử và cần có một hồ sơ kiểm thử tương ứng được thiết lập để phục vụ cho việc kiểm thử.

Ví dụ:

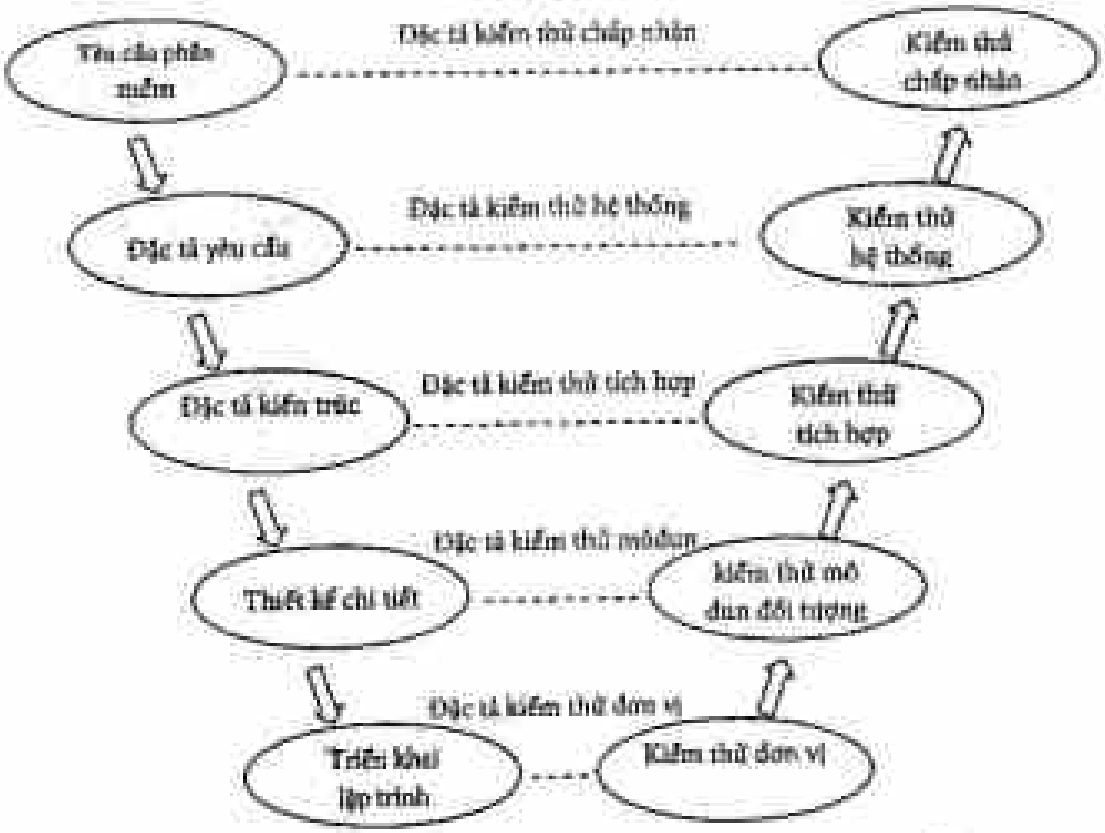
– **Công đoạn:** yêu cầu phần mềm (*requirements*); **Mức kiểm thử:** kiểm thử chấp nhận (*acceptance test*); **Hồ sơ:** hồ sơ kiểm thử chấp nhận (*acceptance test specification*).

– **Công đoạn:** mô tả chi tiết phần mềm (*specification*); **Mức kiểm thử:** kiểm thử hệ thống(*system test*); **hồ sơ:** hồ sơ kiểm thử hệ thống (*system test specification*).

– **Công đoạn:** hồ sơ kiến trúc (*architecture specification*). **Loại kiểm thử:** kiểm thử tích hợp (*integration test*); **Hồ sơ:** hồ sơ kiểm thử tích hợp (*integration test specification*).

– **Công đoạn**: thiết kế chi tiết (*detailed design*); **Loại kiểm thử**: kiểm thử khối (*module test*); **Hồ sơ**: hồ sơ kiểm thử khối (*module test specification*).

– **Công đoạn**: viết mã (*implementation code*); **Loại kiểm thử**: kiểm thử đơn vị (*unit test*); **Hồ sơ**: hồ sơ kiểm thử đơn vị (*unit test spec*).




***Hình 1.12. Mô tả sự tương quan giữa giai đoạn phát triển và các mức kiểm thử***

## 1.8. Sơ lược các kỹ thuật và công đoạn kiểm thử

Các kỹ thuật và công đoạn kiểm thử có thể chia như sau:

– Kiểm thử tầm hẹp: kiểm thử các bộ phận riêng rẽ:

+ Kiểm thử hộp trắng (White box testing);

+ Kiểm thử hộp đen (Black box testing).

– Kiểm thử tầm rộng:

+ Kiểm nghiệm bộ phận (Module testing): kiểm thử một bộ phận riêng rẽ;

+ Kiểm thử tích hợp (Integration testing): tích hợp các bộ phận và hệ thống con;

+ Kiểm thử hệ thống (System testing): kiểm thử toàn bộ hệ thống;

+ Kiểm thử chấp nhận (Acceptance testing): thực hiện bởi khách hàng.

### 1.8.1. Các loại kiểm thử tầm hẹp

Các loại kiểm thử này được thực hiện để kiểm thử đến các đơn vị hoặc các khối chức năng (module).

*a. Kiểm nghiệm hộp trắng*

Còn gọi là kiểm thử cấu trúc. Kiểm thử theo cách này là loại kiểm thử sử dụng các thông tin về cấu trúc bên trong của ứng dụng. Việc kiểm thử này dựa trên quá trình thực hiện xây dựng phần mềm (người lập trình thực hiện).

Tiêu chuẩn của kiểm thử hộp trắng phải đáp ứng các yêu cầu sau:

– *Bao phủ dòng lệnh*: mỗi dòng lệnh ít nhất phải được thực thi một lần.

– *Bao phủ nhánh*: mỗi nhánh trong sơ đồ điều khiển (control graph) phải được đi qua một lần.

– *Bao phủ đường*: tất cả các đường (path) từ điểm khởi tạo đến điểm cuối cùng trong sơ đồ dòng điều khiển phải được đi qua.

*b. Kiểm thử hộp đen*

Còn gọi là kiểm thử chức năng. Việc kiểm thử này được thực hiện mà không cần quan tâm đến các thiết kế và viết mã của chương trình. Kiểm thử theo cách này chỉ quan tâm đến chức năng đã đề ra của chương trình. Vì vậy kiểm thử loại này chỉ dựa vào bản mô tả chức năng của chương trình, xem chương trình có thực sự cung cấp đúng chức năng đã mô tả trong bản chức năng hay không mà thôi.

Kiểm thử hộp đen dựa vào các định nghĩa về chức năng của chương trình. Các trường hợp kiểm thử (test case) sẽ được tạo ra dựa nhiều vào bản mô tả chức năng chứ không phải dựa vào cấu trúc của chương trình.

*c. Vấn đề kiểm thử tại biên*

Kiểm thử biên (boundary) được đặt ra trong cả hai loại kiểm thử hộp đen và hộp trắng. Lý do là do lỗi thường xảy ra tại vùng này.

Ví dụ:

```
if x > y then S1 else S2
```

Với điều kiện bao phủ, chỉ cần hai trường hợp thử là $x > y$ và $x <= y$.

Với kiểm thử đường biên thì kiểm tra với các trường hợp thử là $x > y$, $x < y$, $x = y$

### 1.8.2. Các loại kiểm thử tầm rộng

Việc kiểm nghiệm này thực hiện trên tầm mức lớn hơn và các khía cạnh khác của phần mềm như kiểm nghiệm hệ thống, kiểm nghiệm sự chấp nhận (của người dùng)...

*a. Kiểm thử Mô-đun (Module testing)*

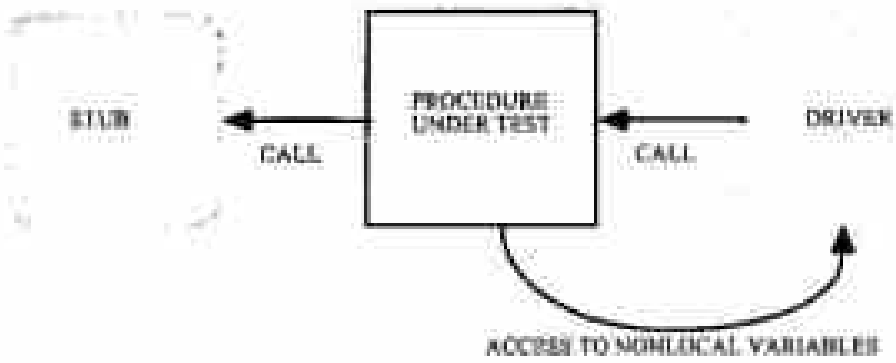
Mục đích: xác minh mô-đun đưa ra đã được xây dựng đúng hay chưa?

Vấn đề đặt ra: giả sử mô-đun I sử dụng các mô-đun H, K. Nhưng các mô-đun H và K chưa sẵn sàng. Vậy cách nào để kiểm tra mô-đun I một cách độc lập?

Giải pháp đề ra là giả lập môi trường của mô-đun H và K.

Thông thường một mô-đun có thể gọi một tác vụ (hay một tiến trình) không phải của nó, truy cập các cấu trúc dữ liệu không phải là cục bộ, hay được dùng bởi một mô-đun khác.

Hình sau mô tả mô-đun được đặt trong môi trường thử nghiệm.




***Hình 1.13. Một mô-đun được kiểm thử***

Ghi chú: Driver là mô-đun gọi thực thi làm cho mô-đun cần kiểm thử hoạt động, nó giả lập các mô-đun khác sẽ sử dụng mô-đun này. Các tập dữ liệu chia sẻ mà các mô-đun khác thiết lập trong thực tế cũng được thiết lập ở driver. Stub là mô-đun giả lập các module được mô-đun đang kiểm tra sử dụng.

*b. Kiểm thử tích hợp*

Là cách kiểm thử bằng cách tích hợp vào hệ thống từng mô-đun một và kiểm tra.

Ưu điểm:

– Dễ dàng tìm ra các lỗi vào ngay giai đoạn đầu;

– Dễ dàng khoanh vùng các lỗi (tích hợp n modules, sau đó n + 1 modules);

– Giảm việc sử dụng các stub và Driver.

Có thể thực hiện kiểm thử tích hợp theo cả hai cách bottom-up và top-down tùy thuộc vào mối quan hệ sử dụng lẫn nhau giữa các mô-đun.

*c. Kiểm thử hệ thống*

Bao gồm một loạt các kiểm thử nhằm xác minh toàn bộ các thành phần của hệ thống được tích hợp một cách đúng đắn.

Mục đích của kiểm thử hệ thống là để đảm bảo toàn bộ hệ thống hoạt động như ý mà khách hàng mong muốn.

Bao gồm các loại kiểm thử sau:

**– Kiểm thử chức năng (Function testing)**

Kiểm tra hệ thống sau khi tích hợp có hoạt động đúng chức năng với yêu cầu đặt ra trong bản mô tả yêu cầu hay không.

Ví dụ: với hệ thống xử lý văn bản thì kiểm tra các chức năng *tạo tài liệu, sửa tài liệu, xoá tài liệu*.... có hoạt động hay không.

**– Kiểm thử hiệu suất (Perfomance testing)**

Là kiểm thử các khả năng hoạt động hiệu quả của hệ thống về mặt năng suất và hiệu suất như số lượng người dùng truy cập lớn, dữ liệu lớn....

**– Kiểm thử mức độ đáp ứng (stress testing)**

Thực thi hệ thống với giả thiết là các tài nguyên hệ thống yêu cầu không đáp ứng được về chất lượng, ổn định và số lượng.

**– Kiểm thử cấu hình (configuration testing)**

Phân tích hệ thống với các thiết lập cấu hình khác nhau.

**– Kiểm thử ổn định (robustness testing)**

Kiểm nghiệm dưới các điều kiện không mong đợi, ví dụ như người dùng gõ lệnh sai, nguồn điện bị ngắt.

**– Kiểm thử hồi phục (recovery testing)**

Chỉ ra các kết quả trả về khi xảy ra lỗi, mất dữ liệu, thiết bị, dịch vụ.... hoặc xoá các dữ liệu hệ thống và xem khả năng phục hồi của nó.

**– Kiểm thử quá tải (overload testing)**

Đánh giá hệ thống khi nó vượt qua giới hạn cho phép. Ví dụ: một hệ thống giao tác (transaction) được yêu cầu thực thi 20 giao tác/giây. Khi đó sẽ kiểm tra nếu 30 giao tác/giây thì như thế nào?

**– Kiểm thử chất lượng (quality testing)**

Đánh giá sự tin tưởng, vấn đề duy tu, tính sẵn sàng của hệ thống. Bao gồm cả việc tính toán thời gian trung bình hệ thống sẽ bị hỏng và thời gian trung bình để khắc phục.

**– Kiểm thử cài đặt (Installation testing)**

Người dùng sử dụng các chức năng của hệ thống và ghi lại các lỗi tại vị trí sử dụng thật sự.

Ví dụ: Một hệ thống được thiết kế để làm việc trên tàu thủy phải đảm bảo không bị ảnh hưởng gì bởi điều kiện thời tiết khác nhau hoặc do sự di chuyển của tàu.

*d. Kiểm thử chấp nhận*

Nhằm đảm bảo việc người dùng có được hệ thống mà họ yêu cầu. Việc kiểm thử này hoàn thành bởi người dùng là phụ thuộc vào các hiểu biết của họ về các yêu cầu.

## Câu hỏi và bài tập

1. Tại sao phải kiểm thử phần mềm? Mục tiêu kiểm thử là gì? Nêu những quan niệm sai gì về kiểm thử phần mềm?

2. Ai là người phải tham gia kiểm thử phần mềm? Nêu vai trò và trách nhiệm của mỗi đối tượng?

3. Có thể kiểm thử hoàn toàn một sản phẩm phần mềm không? Giải thích tại sao?

4. Chất lượng của một sản phẩm được sản xuất là gì? Đối với phần mềm, định nghĩa đó có đúng không? Làm thế nào để áp dụng định nghĩa đó?

5. Cái gì được dùng làm cơ sở để kiểm định chất lượng phần mềm?

# Chương 2

# KIỂM CHỨNG VÀ XÁC NHẬN

***Mục tiêu***

*Chương này cung cấp cho người đọc:*

*– Xác định được kiểm chứng và xác nhận V & V lập kế hoạch thực hiện;*

*– Xác định được các loại kiểm thử tĩnh và động, các phân tích kiểm thử;*

*– Có thể phân tích tĩnh tự động trong quá trình kiểm thử;*

*– Nắm được khái niệm, cách thức phát triển phần mềm phòng sạch.*

## 2.1. Kiểm chứng và xác nhận

Kiểm thử phần mềm là khái niệm rộng hơn thường được nói tới như vấn đề kiểm chứng và xác nhận (V&V). Kiểm chứng nói tới một tập các hành động đảm bảo rằng phần mềm chỉ đặt đúng cho một chức năng đặc biệt. Xác nhận nói tới một tập các hoạt động khác đảm bảo rằng phần mềm đã được xây dựng lại theo yêu cầu của khách hàng. Bochm phát biểu điều này theo cách khác:

– Kiểm chứng: "Chúng ta có làm ra sản phẩm đúng không?"

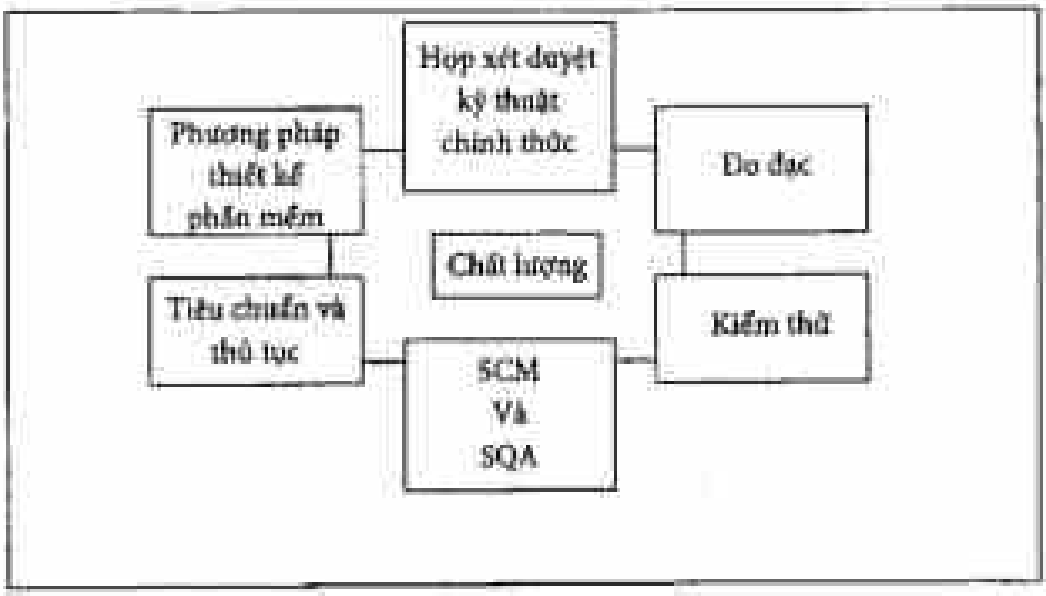
– Xác nhận: "Chúng ta có làm ra đúng sản phẩm không?"

Định nghĩa về V&V bao quát nhiều hoạt động ta đã tham khảo tới như việc đảm bảo chất lượng phần mềm (SQA).

Các phương pháp kỹ nghệ phần mềm cung cấp nền tảng để xây dựng nên chất lượng. Các phương pháp phân tích, thiết kế và thực hiện (mã hoá) làm nâng cao chất lượng bằng cách đưa ra những kỹ thuật thống nhất và kết quả dự kiến được. Các cuộc họp xét duyệt kỹ thuật chính thức giúp đảm bảo chất lượng của sản phẩm được tạo ra như hệ quả của từng bước kỹ nghệ phần mềm. Qua toàn bộ tiến trình này, việc đo đạc và kiểm soát được áp dụng cho mọi phần tử của cấu hình phần mềm.

Việc kiểm thử cung cấp một thành lũy cuối cùng để có thể thẩm định về chất lượng, lỗi có thể được phát hiện ra một cách thực tế hơn.

Tuy nhiên không nên coi kiểm thử như một tấm lưới an toàn. Như người ta vẫn nói, "Bạn không thể kiểm thử được chất lượng. Nếu nó không sẵn có trước khi bạn bắt đầu kiểm thử thì nó sẽ chẳng có khi bạn kết thúc kiểm thử." Chất lượng được tổ hợp vào trong phần mềm trong toàn bộ tiến trình kỹ nghệ phần mềm. Việc áp dụng đúng các phương pháp và công cụ, các cuộc họp xét duyệt kỹ thuật chính thức và việc quản lý vững chắc cùng cách đo đạc, tất cả dẫn tới chất lượng được xác nhận trong khi kiểm thử.




*Hình 2.1. Các yếu tố để đạt đến chất lượng phần mềm*

Miller kể lại việc kiểm thử phần mềm về đảm bảo chất lượng bằng cách nói rằng: "Động cơ nền tảng của việc kiểm thử chương trình là để xác nhận chất lượng phần mềm bằng những phương pháp có thể được áp dụng một cách kinh tế và hiệu quả cho cả các hệ thống quy mô lớn và nhỏ."[2]

Điều quan trọng là cần lưu ý rằng việc kiểm chứng và hợp lệ hoá bao gồm một phạm vi rộng các hoạt động đảm bảo chất lượng phần mềm có chứa cả họp xét duyệt chính thức, kiểm toán chất lượng và cấu hình, điều phối hiệu năng, mô phỏng, nghiên cứu khả thi, xét duyệt tài liệu, xét duyệt cơ sở dữ liệu, phân tích thuật toán, kiểm thử phát triển, kiểm thử chất lượng, kiểm thử cài đặt. Mặc dù việc kiểm thử đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong V&V, nhưng nhiều hoạt động khác cũng vẫn còn cần tới.

### 2.1.1. Tổ chức việc kiểm thử phần mềm

Với mọi dự án phần mềm, có một mâu thuẫn cố hữu về lợi ích xuất hiện ngay khi việc kiểm thử bắt đầu. Người đã xây phần mềm bây giờ được yêu cầu kiểm thử phần mềm. Điều này bản thân nó dường như vô hại; vì sau cùng, ai biết được chương

trình kỹ hơn là người làm ra nó? Nhưng không may, cũng những người phát triển này lại có mối quan tâm chứng minh rằng chương trình là không có lỗi, rằng nó làm việc đúng theo yêu cầu khách hàng, rằng nó sẽ được hoàn tất theo lịch biểu và trong phạm vi ngân sách. Một trong những mối quan tâm này lại làm giảm bớt việc tìm ra lỗi trong toàn bộ tiến trình kiểm thử.

Theo quan điểm tâm lý, việc phân tích và thiết kế phần mềm (cùng với mã hoá) là nhiệm vụ *xây dựng*. Người kỹ sư phần mềm tạo ra một chương trình máy tính, tài liệu về nó và các cấu trúc dữ liệu có liên quan. Giống như bất kỳ người xây dựng nào, người kỹ sư phần mềm tự hào về dinh thự đã được xây dựng và nhìn ngó vục vào bất kỳ ai định làm sập đổ nó. Khi việc kiểm thử bắt đầu, có một nỗ lực tinh vi, dứt khoát để "đập vỡ" cái mà người kỹ sư phần mềm đã xây dựng. Theo quan điểm của người xây dựng, việc kiểm thử có thể được coi như (về tâm lý) có *tính phá hoại*. Cho nên người xây dựng đề đặt để cập tới việc kiểm thử thiết kế và thực hiện sẽ chứng tỏ rằng chương trình làm việc, thay vì phát hiện lỗi. Điều không may lỗi sẽ hiện hữu và nếu người kỹ sư phần mềm không tìm ra chúng thì khách hàng sẽ tìm ra.

Thường có một số nhận thức sai có thể được suy diễn sai lạc từ thảo luận trên: (1) người phát triển phần mềm không nên tiến hành kiểm thử; (2) phần mềm nên được "tung qua tường" cho người lạ làm việc kiểm thử một cách tàn bạo; (3) người kiểm thử nên tham gia vào dự án chỉ khi bước kiểm thử sắp sửa bắt đầu. Các phát biểu này đều không đúng.

Người phát triển phần mềm bao giờ cũng có trách nhiệm với việc kiểm thử riêng các đơn vị (mô đun) chương trình, để đảm bảo rằng mỗi mô đun thực hiện đúng chức năng nó đã được thiết kế. Trong nhiều trường hợp, người phát triển cũng tiến hành cả kiểm thử tích hợp - bước kiểm thử dẫn đến việc xây dựng và kiểm thử toàn bộ cấu trúc chương trình. Chỉ sau khi kiến trúc phần mềm hoàn tất thì nhóm kiểm thử độc lập mới tham gia vào.

Vai trò của nhóm kiểm thử độc lập (ITG) là loại bỏ vấn đề cố hữu liên quan tới việc để người xây dựng kiểm thử những cái anh ta đã xây dựng ra. Việc kiểm thử độc lập loại bỏ xung khắc lợi ích nếu không có nhóm đó thì có thể hiện hữu. Cuối cùng nhân sự trong nhóm kiểm thử độc lập được trả tiền để tìm ra lỗi.

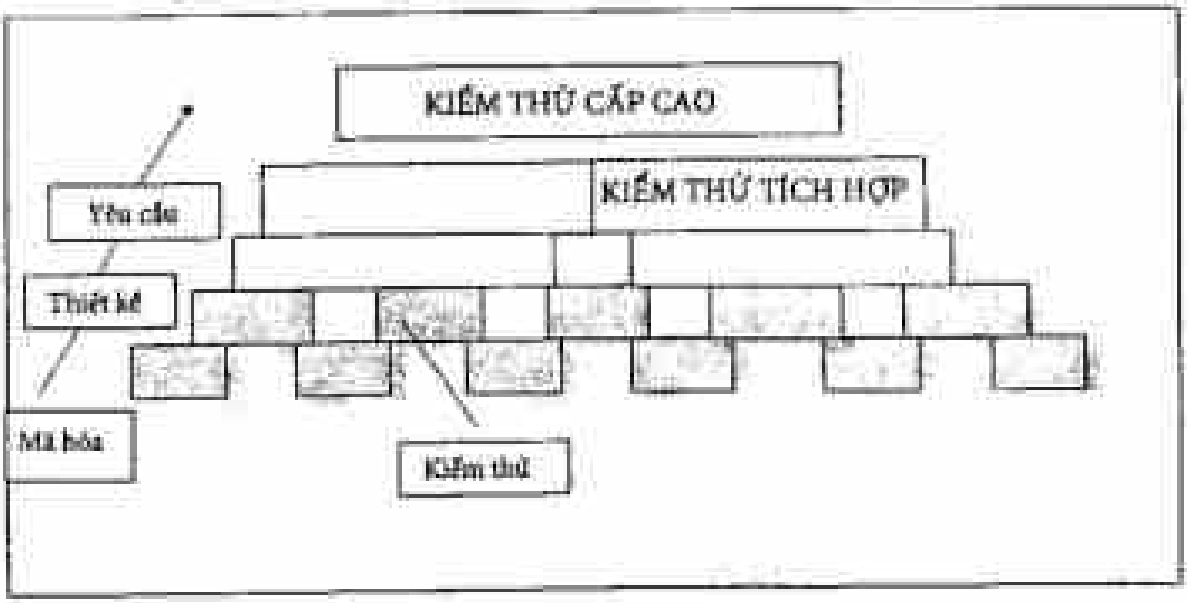
Tuy nhiên, người phát triển phần mềm không chuyển giao chương trình cho ITG rồi bỏ đi. Người phát triển và ITG làm việc chặt chẽ trong toàn bộ dự án phần mềm để đảm bảo rằng những kiểm thử kỹ lưỡng sẽ được tiến hành. Trong khi tiến hành kiểm thử, người phát triển phải có sẵn để sửa chữa lỗi đã phát hiện ra.

ITG là một phần của nhóm dự án phát triển phần mềm theo nghĩa là nó tham dự trong tiến trình đặc tả và vẫn còn tham dự (lập kế hoạch và xác định các thủ tục kiểm thử) trong toàn bộ dự án lớn. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp ITG báo cáo cho tổ chức đảm bảo chất lượng phần mềm, do đó đạt tới một mức độ độc lập có thể không có được nếu nó là một phần của tổ chức phát triển phần mềm.

### 2.1.2. Chiến lược kiểm thử phần mềm

Tiến trình kỹ nghệ phần mềm có thể được xét theo vòng xoắn ốc, Spiral model. Ban đầu, kỹ nghệ phần mềm xác định vai trò của phần mềm và đưa tới việc phân tích yêu cầu phần mềm, chỗ thiết lập nên lĩnh vực thông tin, chức năng, hành vi, hiệu năng, ràng buộc và tiêu chuẩn hợp lệ cho phần mềm. Đi vào trong vòng xoắn ốc, chúng ta tới thiết kế và cuối cùng tới mã hoá. Để xây dựng phần mềm máy tính, chúng ta đi dọc theo đường xoắn ốc, mỗi lần mức độ trừu tượng lại giảm dần.

Một chiến lược cho kiểm thử phần mềm cũng có thể xem xét bằng cách đi theo đường xoắn ốc ra ngoài. Việc kiểm thử đơn vị bắt đầu tại tâm xoáy của xoắn ốc và tập trung vào các đơn vị của phần mềm khi được cài đặt trong chương trình gốc. Việc kiểm thử tiến triển bằng cách đi ra theo đường xoắn ốc tới kiểm thử tích hợp, nơi tập trung vào thiết kế và việc xây dựng kiến trúc phần mềm. Đi thêm một vòng xoáy nữa trên đường xoắn ốc chúng ta gặp kiểm thử hợp lệ, nơi các yêu cầu được thiết lập như một phần của việc phân tích yêu cầu phần mềm, được hợp lệ hoá theo phần mềm đã được xây dựng. Cuối cùng chúng ta tới kiểm thử hệ thống, nơi phần mềm và các phần tử hệ thống khác được kiểm thử như một toàn bộ. Để kiểm thử phần mềm máy tính, chúng ta theo đường xoáy mở rộng dần phạm vi kiểm thử một lần.




*Hình 2.2. Các bước kiểm thử phần mềm [1]*

Xem xét tiến trình này theo quan điểm thủ tục vì việc kiểm thử bên trong ngữ cảnh kỹ nghệ phần mềm thực tại là một chuỗi gồm ba bước được thực hiện tuần tự nhau. Các bước này được vẽ trong hình 2.2. Ban đầu, việc kiểm thử tập trung vào từng mô đun riêng biệt, đảm bảo rằng nó vận hành đúng đắn như một đơn vị. Do đó mới có tên kiểm thử đơn vị. Kiểm thử đơn vị dùng rất nhiều các kỹ thuật kiểm thử hộp trắng, thử các đường đặc biệt trong cấu trúc điều khiển của một mô đun để đảm bảo bao quát đầy đủ và phát hiện ra lỗi tối đa. Tiếp đó các mô đun phải được lắp ghép hay tích hợp lại để tạo nên bộ trình phần mềm hoàn chỉnh. Việc kiểm thử tích hợp đề cập tới các vấn đề có liên quan tới các vấn đề kiểm chứng và xây dựng chương trình. Các kỹ thuật thiết kế kiểm thử hộp đen chiếm đại đa số trong việc tích hợp, mặc dù một số giới hạn các kiểm thử hộp trắng cũng có thể được dùng để đảm bảo bao quát đa số các đường điều khiển.

Sau khi phần mềm đã được tích hợp (được xây dựng), một tập các phép kiểm thử cao cấp sẽ được tiến hành. Các tiêu chuẩn hợp lệ (được thiết lập trong phân tích yêu cầu) cũng phải được kiểm thử. Việc kiểm thử hợp lệ đưa ra sự đảm bảo cuối cùng rằng phần mềm đáp ứng cho tất cả các yêu cầu chức năng, hành vi và sự hoàn thiện. Các kỹ thuật kiểm thử hộp đen được dùng chủ yếu trong việc hợp lệ hoá này.

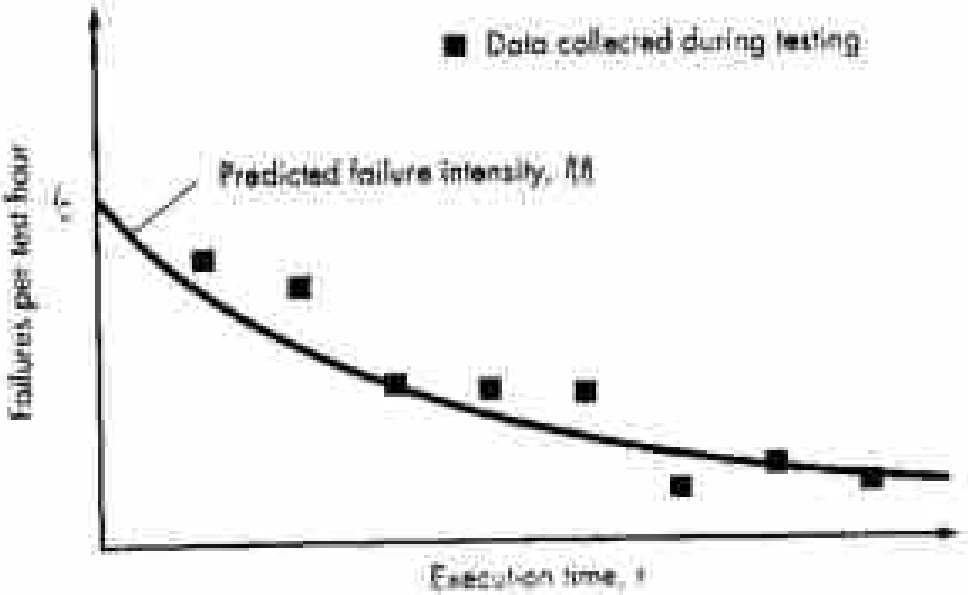
Bước kiểm thử cấp cao cuối cùng rơi ra ngoài phạm vi của kỹ nghệ phần mềm và rơi vào ngữ cảnh rộng hơn của kỹ nghệ hệ thống máy tính. Phần mềm, một khi được hợp lệ hoá, phải được tổ hợp với các phần tử hệ thống khác (như phần cứng, con người, cơ sở dữ liệu). Kiểm thử hệ thống kiểm chứng lại rằng tất cả các yếu tố có khớp đúng với nhau không và chức năng/ độ hoàn thiện hệ thống toàn bộ đã đạt được.

### 2.1.3. Tiêu chuẩn hoàn thành kiểm thử

Câu hỏi cổ điển nảy sinh mỗi khi có việc thảo luận về kiểm thử phần mềm là: Khi nào chúng ta thực hiện xong kiểm thử - làm sao ta biết rằng chúng ta đã kiểm thử đủ? Đáng buồn là không có câu trả lời xác định cho câu hỏi này, nhưng có một số hướng dẫn kinh nghiệm cho câu hỏi này.

Một đáp ứng cho câu hỏi trên là: Chúng ta chẳng bao giờ hoàn thành việc kiểm thử, gánh nặng đơn giản chuyển từ chúng ta (người phát triển) sang khách hàng. Mỗi khi khách hàng/người dùng thực hiện một chương trình máy tính thì chương trình này lại được kiểm thử trên một tập dữ liệu mới. Sự kiện này nhấn mạnh tầm quan trọng của các hoạt động đảm bảo chất lượng phần mềm khác. Một đáp ứng khác là: Chúng ta hoàn thành việc kiểm thử khi hết thời gian hay hết tiền.

Mặc dù số ít người thực hành sẽ biện minh cho những đáp ứng trên, người kỹ sư phần mềm vẫn cần những tiêu chuẩn chặt chẽ hơn để xác định khi nào việc kiểm thử đã được tiến hành. Musa và Ackerman gợi ý một đáp ứng dựa trên tiêu chuẩn thống kê: " Không, chúng ta không thể tuyệt đối chắc chắn rằng phần mềm sẽ không bao giờ hỏng, nhưng theo mô hình thống kê đúng về lý thuyết và hợp lệ về thực nghiệm thì chúng ta đã hoàn thành kiểm thử đủ để nói với sự tin tưởng tới 95% rằng xác suất của 1000 giờ vận hành CPU không hỏng trong một môi trường được xác định về xác suất là ít nhất 0.995".




*Hình 2.2 Mô hình thực hiện thời gian Poisson logarit*

Dùng mô hình hoá thống kê và lí thuyết độ tin cậy phần mềm, các mô hình về hỏng hóc phần mềm (được phát hiện trong khi kiểm thử) xem như một hàm của thời gian thực hiện có thể được xây dựng ra. Một hàn của mô hình sai hỏng, được gọi là *mô hình thực hiện- thời gian Poisson logarit*, có dạng:

$$f(t) = \left(\frac{1}{p}\right) x \ln\left[I_0(pt + 1)\right] \qquad (2.1)$$

Trong đó: $f(t)$ = số tích luỹ những hỏng hóc dự kiến xuất hiện một khi phần mềm đã được kiểm thử trong một khoảng thời gian thực hiện t.

$I_0$ = mật độ hỏng phần mềm ban đầu (số hỏng trên đơn vị thời gian) vào lúc bắt đầu kiểm thử.

P = việc giảm theo hàm mũ trong mật độ hỏng khi lỗi được phát hiện và sửa đổi được tiến hành.

Mật độ hỏng thể nghiệm, l(t), có thể được suy ra bằng cách lấy đạo hàm của f(t):

$$F(t) = \frac{l_0}{l_0(pt+1)} \qquad (2.2)$$

Dùng mối quan hệ trong phương trình (2.2), người kiểm thử có thể tiên đoán việc loại bỏ lỗi khi việc kiểm thử nên triển. Nếu dữ liệu thực tại được thu thập trong khi kiểm thử và mô hình thực hiện - thời gian theo logarit Poisson là xấp xỉ gần nhau với số điểm dữ liệu thì mô hình này có thể được dùng để dự đoán thời gian kiểm thử toàn bộ cần để đạt tới mật độ hỏng thấp chấp nhận được [1].

Bằng cách thu thập các độ đo trong khi kiểm thử phần mềm và dùng các mô hình về độ tin cậy phần mềm hiện có, có thể phát triển những hướng dẫn có nghĩa để trả lời câu hỏi: Khi nào thì chúng ta hoàn thành việc kiểm thử? Còn ít tranh luận về việc có phải làm công việc thêm nữa hay không trước khi các quy tắc định tính cho kiểm thử có thể xác định, nhưng cách tiếp cận kinh nghiệm hiện đang tồn tại được coi là tốt hơn đáng kể so với trực giác thô.

## 2.2. Phát triển phần mềm phòng sạch (cleanroom software development)

Cleanroom là một qui trình phát triển phần mềm hơn là một kỹ thuật kiểm thử. Cho đến bây giờ, kỹ thuật này vẫn được xem là một cách mới của việc suy nghĩ về kiểm thử và đảm bảo chất lượng phần mềm. Ý tưởng của cleanroom là nhằm tránh tiêu tốn chi phí cho hoạt động phát hiện và gỡ bỏ các lỗi bằng cách viết mã lệnh chương trình một cách chính xác ngay từ ban đầu với những phương pháp chính thống như kỹ thuật chứng minh tính đúng đắn trước khi kiểm thử [2].

### 2.2.1. Nghệ thuật của việc gỡ lỗi

Kiểm thử phần mềm là một tiến trình có thể được vạch kế hoạch và xác định một cách hệ thống. Việc thiết kế trường hợp kiểm thử có thể tiến hành một chiến lược xác định và có kết quả được tính toán theo thời gian.

Gỡ lỗi xuất hiện như hậu quả của việc kiểm thử thành công. Tức là, khi một trường hợp kiểm thử phát hiện ra lỗi thì việc gỡ lỗi là tiến trình sẽ nảy sinh để loại bỏ lỗi. Mặc dù việc gỡ lỗi có thể nên là một tiến trình có trật tự, nó phần lớn còn là nghệ thuật. Người kỹ sư phần mềm khi tính các kết quả của phép thử, thường hay phải đương đầu với chỉ dẫn "triệu chứng" và vấn đề phần mềm. Tức là, cái biểu lộ ra bên ngoài của lỗi và nguyên nhân bên trong của lỗi có thể có mối quan hệ không hiển nhiên tới một lỗi khác. Tiến trình tâm trí ít hiểu biết gắn một triệu chứng với nguyên nhân chính của việc gỡ lỗi.

### 2.2.2. Tiến trình gỡ lỗi

Gỡ lỗi không phải là kiểm thử, nhưng bao giờ cũng xuất hiện như một hệ quả kiểm thử. Kết quả được thẩm định và gặp việc thiếu sự tương ứng giữa kết quả trông đợi và thực tế. Trong nhiều trường hợp, dữ liệu không tương ứng là triệu chứng của một nguyên nhân nền tảng còn bị che kín. Tiến trình gỡ lỗi cố gắng ghép triệu chứng với nguyên nhân, từ đó dẫn tới việc sửa lỗi.

Tiến trình gỡ lỗi bao giờ cũng sinh ra một trong hai kết quả logic: (1) Nguyên nhân sẽ được tìm ra, sửa chữa và loại bỏ hay (2) nguyên nhân sẽ không được tìm ra. Trong trường hợp sau, người thực hiện gỡ lỗi có thể hoài nghi một nguyên nhân, thiết kế ra một trường hợp kiểm thử giúp hợp lệ hoá hoài nghi của mình và việc lần hướng tới việc sửa lỗi theo cách lặp lại.

Tại sao gỡ lỗi lại khó? Rất có thể tìm lý con người có liên quan nhiều tới câu trả lời hơn là công nghệ phần mềm. Tuy nhiên một vài đặc trưng của lỗi đưa ra vài manh mối:

– Triệu chứng và nguyên nhân có thể xa nhau về mặt địa lý. Tức là, những triệu chứng có thể xuất hiện trong một phần này của chương trình, trong khi nguyên nhân thực tế có thể định vị ở một vị trí xa. Các cấu trúc chương trình đi đôi với nhau làm trầm trọng thêm tình huống này.

– Triệu chứng có thể biến mất (tạm thời) khi một lỗi khác được sửa chữa.

– Triệu chứng thực tế có thể gây ra không lỗi (như do sự không chính xác của việc làm tròn số).

– Triệu chứng có thể được gây ra do lỗi con người không dễ lần dấu vết.

– Triệu chứng có thể là kết quả của vấn đề thời gian, thay vì vấn đề xử lý.

– Có thể khó tái tạo lại chính xác các điều kiện vào (như ứng dụng thời gian thực trong đó thứ tự vào không xác định).

– Triệu chứng có thể có lúc có lúc không. Điều này đặc biệt phổ biến trong các hệ thống nhúng với việc đi đôi phần cứng và phần mềm không chặt chẽ.

– Triệu chứng có thể do nguyên nhân được phân bố qua một số các nhiệm vụ chạy trên các bộ xử lý khác nhau.

– Trong khi gỡ lỗi, chúng ta gặp không ít các lỗi chạy từ việc hơi khó chịu (như định dạng cái ra không đúng) tới các thảm hoạ (như hệ thống hỏng, gây ra các thiệt hại kinh tế hay vật lý trầm trọng). Xem như hậu quả của việc tăng lỗi, khối lượng sức ép để tìm ra lỗi cũng tăng thêm. Thông thường, sức ép buộc người phát triển phần mềm phải tìm ra lỗi và đồng thời đưa vào thêm hai lỗi nữa.

### 2.2.3. Xem xét tâm lý

Không may, dường như có một số bằng cớ là sự tinh thông gỡ lỗi thuộc bẩm sinh con người. Một số người làm việc đó rất giỏi, số khác lại không. Mặc dù bằng chứng kinh nghiệm về gỡ lỗi vẫn còn để mở cho nhiều cách hiểu, nhưng biến thiên lớn nhất trong khả năng gỡ lỗi đã được báo cáo lại đối với các kỹ sư phần mềm có cùng nền tảng kinh nghiệm và giáo dục.

Bình luận về khía cạnh gỡ lỗi của con người, Shneiderman phát biểu:

Gỡ lỗi là một trong những phần chán nhất của lập trình. Nó có yếu tố của việc giải quyết vấn đề hay vấn đề hóc búa, đi đôi với việc thừa nhận khó chịu rằng bạn đã sai lầm. Hay âu lo và không sẵn lòng chấp nhận khả năng lỗi làm tăng khó khăn cho công việc. May mắn là có sự giảm nhẹ và bớt căng thẳng khi lỗi cuối cùng đã được... sửa lỗi.

Mặc dầu có thể khó học được việc gỡ lỗi, người ta vẫn đề nghị ra một số cách tiếp cận tới vấn đề. Chúng ta xem xét những vấn đề này trong mục tiếp theo.

### 2.2.4. Cách tiếp cận gỡ lỗi

Bất kể dùng cách tiếp cận nào để gỡ lỗi cũng có một mục tiêu quan trọng hơn cả: tìm ra và sửa chữa nguyên nhân lỗi phần mềm. Mục tiêu này được thực hiện bằng tổ hợp các đánh giá có hệ thống, trực giác và may mắn.

Gỡ lỗi là việc ứng dụng trực tiếp phương pháp khó học đã từng được phát triển hơn 2500 năm qua. Cơ sở của việc gỡ lỗi là định vị nguồn gốc của vấn đề [nguyên nhân] bằng việc phân hoạch nhị phân, thông qua các giả thiết làm việc để dự đoán các giá trị mới cần kiểm tra.

Ta hãy lấy một ví dụ không phải phần mềm: Đèn trong nhà tôi không làm việc. Nếu không có gì trong nhà làm việc thì nguyên nhân phải là cầu chì chính hay ở bên ngoài; tôi nhìn quanh để liệu xem hàng xóm có bị tắt đèn hay không. Tôi cắm chiếc đèn nghi ngờ vào ổ cắm khác và cắm một đồ điện khác vào mạch nghi ngờ. Cứ thế tiến hành các phương án giải quyết kiểm thử.

Nói chung, có thể đưa ra ba loại các tiếp cận gỡ lỗi:

– Bó buộc mạnh bạo;

– Lật ngược;

– Loại bỏ nguyên nhân.

Loại bỏ bước mạnh bạo có lẽ là phương pháp thông dụng nhất và kém hiệu quả nhất để cô lập nguyên nhân của lỗi phần mềm. Chúng ta áp dụng phương pháp gỡ lỗi

bó buộc mạnh bạo khi tất cả các phương pháp khác đều thất bại. Dùng triết lý "cứ để máy tính tìm ra lỗi", người ta cho xổ ra nội dung bộ nhớ, gọi tới chương trình lưu dấu vết khi chạy và nạp chương trình với lệnh WRITE. Chúng ta hy vọng rằng đâu đó trong bãi lấy thông tin được tạo ra, chúng ta có thể tìm ra được một nguyên nhân của lỗi. Mặc dù đống thông tin được tạo ra cuối cùng có thể dẫn tới thành công, nhưng thường hơn cả là nó dẫn đến phí phạm công sức và thời gian. Phải dành suy nghĩ vào đó trước hết đã.

Lật ngược lại cách tiếp cận khá thông dụng có thể được dùng trong những chương trình nhỏ. Bắt đầu tại chỗ chúng được phát hiện ra, lật ngược theo những chương trình gốc (một cách thủ công) cho tới chỗ tìm ra nguyên nhân. Không may là khi số dòng chương trình gốc tăng lên, số con đường lật ngược tiềm năng có thể trở nên không quản lý nổi.

Cách tiếp cận thứ ba tới gỡ lỗi - loại bỏ nguyên nhân được biểu lộ bằng việc quy nạp hay diễn dịch và đưa vào khái niệm về phân hoạch nhị phân. Dữ liệu có liên quan tới việc xuất hiện lỗi được tổ chức để cô lập ra các nguyên nhân tiềm năng. Một "giả thiết nguyên nhân" được nêu ra và dữ liệu trên được dùng để chứng minh hay bác bỏ giả thiết đó. Một cách khác, ta có thể xây dựng ra một danh sách mọi nguyên nhân đặc biệt có nhiều hứa hẹn thì dữ liệu sẽ được làm mịn thêm để cố gắng cô lập ra lỗi.

Từng cách tiếp cận gỡ lỗi trên đây đều có thể được bổ sung thêm bởi công cụ gỡ lỗi. Chúng ta có thể áp dụng một phạm vi rộng các trình biên dịch gỡ lỗi, như trợ giúp gỡ lỗi động ("Bộ dò dấu vết"), các bộ sinh trường hợp kiểm thử tự động, số bộ nhớ và bảng tham khảo chéo. Tuy nhiên, các công cụ đều không phải là cách thay thế cho việc đánh giá dựa trên tài liệu thiết kế phần mềm đầy đủ và chương trình gốc rõ ràng.

Trong nhiều trường hợp, việc gỡ lỗi phần mềm máy tính tựa như việc giải quyết vấn đề trong thế giới kinh doanh. Brow và Sampson đã đưa ra một cách tiếp cận gỡ lỗi tên là "Phương pháp", đó là việc thích nghi các kỹ thuật giải quyết vấn đề quản lý. Các tác giả này đề nghị phát triển một bản đặc tả về các độ lệch, mô tả cho vấn đề bằng cách phác họa "cái gì, khi nào, ở đâu và với phạm vi nào?"

Mỗi một trong những vấn đề nêu trên (cái gì, khi nào, ở đâu và với phạm vi nào) đều được chỉ ra thành những đáp ứng là hay không là để phân biệt rõ rệt giữa cái gì đã xảy ra và cái gì đã không xảy ra. Một khi thông tin về lỗi đã được ghi lại thì người ta xây dựng ra một giả thiết nguyên nhân dựa trên các phân biệt quan sát được từ những đáp ứng là hay không là. Việc gỡ lỗi tiếp tục dùng cách tiếp cận qui nạp hay diễn dịch được mô tả ở phần trên trong mục này.

Bất kỳ thảo luận nào về cách tiếp cận và công cụ gỡ lỗi cũng đều không đầy đủ nếu không nói tới một đồng minh mạnh mẽ: người khác! Khái niệm về "lập trình vô ngã" của Weinberg (được thảo luận trước đây trong cuốn sách này) nên được mở rộng thành gỡ lỗi vô ngã. Mỗi người chúng ta đều có thể nhớ lại điều gì khó xử khi mất hàng giờ, hàng ngày vì một lỗi dai dẳng. Một đồng nghiệp vẫn vơ đi qua trong nỗi thất vọng rồi chúng tôi giải thích và tung ra bản tin chương trình. Lập tức (dường như) nguyên nhân lỗi bị phát hiện ra. Mỉm cười một cách ngượng nghịu, anh bạn đồng nghiệp chúng ta biến mất. Một quan điểm mới mẻ, không bị che phủ bởi hàng giờ thất vọng, có thể tạo ra những điều kỳ diệu. Câu châm ngôn cuối cùng về gỡ lỗi có thể là: Khi tất cả mọi thứ khác đều sai thì hãy nhờ sự giúp đỡ.

Một khi lỗi đã được tìm ra, thì nó phải được sửa chữa. Nhưng khi chúng ta đã lưu ý, việc sửa một lỗi đôi khi có thể lại đưa vào một lỗi khác và do đó lại gây hại hơn là tốt. Van Vleck gợi ý ba câu hỏi đơn giản mà người kỹ sư phần mềm nên hỏi trước khi tiến hành sửa chữa để loại bỏ nguyên nhân gây lỗi:

– Liệu nguyên nhân gây lỗi này có bị tái tạo ở phần khác của chương trình hay không? Trong nhiều tình huống, một khiếm khuyết chương trình bị gây ra bởi một mẫu hình logic sai sót có thể còn phát sinh ở đâu đó khác nữa. Việc xem xét tường minh về mẫu hình logic này có thể làm phát hiện ra thêm các lỗi khác.

– "Lỗi tiếp" có thể bị đưa vào là gì khi tôi chữa lỗi này? Trước khi việc sửa lỗi được tiến hành, chương trình gốc (hay tốt hơn, thiết kế) nên được đánh giá lại để thẩm định việc đính nối các cấu trúc logic dữ liệu. Nếu việc sửa lỗi được tiến hành trong một phần có độ đính nối cao thì càng phải để tâm nhiều khi tiến hành bất kỳ một sự thay đổi nào.

– Ta có thể làm gì để ngăn cản lỗi này ngay từ đầu? Câu hỏi này là bước đầu tiên hướng tới việc thiết lập một cách tiếp cận đảm bảo chất lượng phần mềm thống kê. Nếu ta sửa chương trình cũng như sản phẩm thì lỗi sẽ loại bỏ chương trình hiện tại và có thể bị khử bỏ mọi chương trình tương lai.

# Chương 3

# KIỂM THỬ PHẦN MỀM

*Mục tiêu của chương này là mô tả quá trình kiểm thử phần mềm và đưa ra các kỹ thuật kiểm thử. Khi đọc chương này, bạn sẽ:*

*– Hiểu được sự khác biệt giữa kiểm thử hợp lệ và kiểm thử khiếm khuyết;*

*– Hiểu được các nguyên lý của kiểm thử hệ thống và kiểm thử bộ phận;*

*– Hiểu được ba chiến lược có thể sử dụng để sinh các trường hợp kiểm thử hệ thống;*

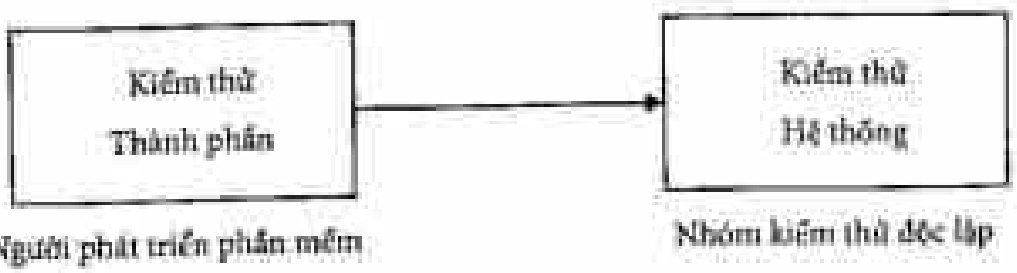
*– Hiểu được các đặc điểm bản chất của công cụ phần mềm được sử dụng để kiểm thử tự động.*

## 3.1. Quá trình kiểm thử

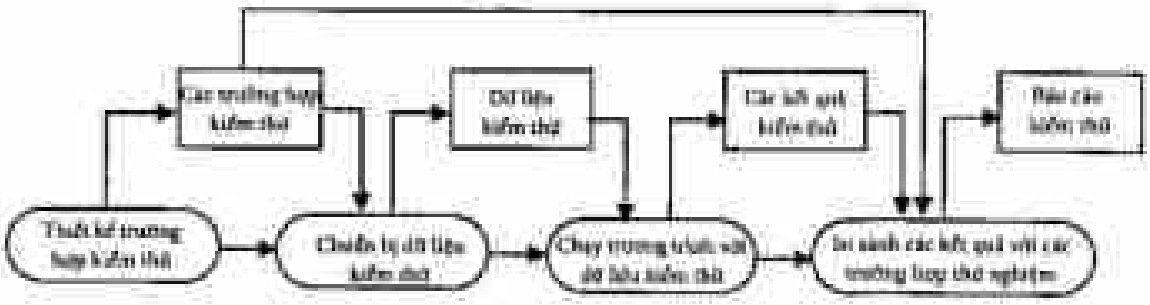
Quá trình kiểm thử phần mềm có hai mục tiêu riêng biệt:

1. Chứng minh cho người phát triển và khách hàng thấy các yêu cầu của phần mềm. Với phần mềm truyền thống, điều này có nghĩa là chúng ta có ít nhất một thử nghiệm cho mỗi yêu cầu của người dùng và tài liệu hệ thống yêu cầu. Với các sản phẩm phần mềm chung, điều đó có nghĩa là chúng ta nên thử nghiệm tất cả các đặc tính của hệ thống sẽ được kết hợp trong sản phẩm phát hành.

2. Phát hiện các lỗi và khiếm khuyết trong phần mềm. Phần mềm thực hiện không đúng, không như mong đợi hoặc không làm theo như đặc tả. Kiểm tra khiếm khuyết tập trung vào việc tìm ra tất cả các kiểu thực hiện không như mong đợi của hệ thống, như sự đổ vỡ hệ thống, sự tương tác không mong muốn với hệ thống khác, tính toán sai và sai lạc dữ liệu.




*Hình 3.1. Các giai đoạn kiểm thử*




*Hình 3.2. Một mô hình của quá trình kiểm thử phần mềm [2]*

Mục tiêu thứ nhất dẫn đến kiểm thử hợp lệ, sử dụng tập các thử nghiệm phản ánh mong muốn của người dùng để kiểm tra xem hệ thống có thực hiện đúng không. Mục tiêu thứ hai dẫn đến kiểm thử khiếm khuyết: các trường hợp kiểm thử được thiết kế để tìm ra các khiếm khuyết. Các trường hợp kiểm thử có thể được làm không rõ và không cần phản ánh cách hệ thống bình thường được sử dụng. Với kiểm thử hợp lệ, một thử nghiệm thành công là thử nghiệm mà hệ thống thực hiện đúng đắn. Với kiểm thử khiếm khuyết, một thử nghiệm thành công là một thử nghiệm tìm ra một khiếm khuyết, nguyên nhân làm cho hệ thống thực hiện không chính xác.

Kiểm thử có thể không chứng minh được phần mềm không có khiếm khuyết, hoặc nó sẽ thực hiện như đặc tả trong mọi trường hợp. Rất có thể một thử nghiệm bạn bỏ qua có thể phát hiện ra các vấn đề khác trong hệ thống. Như Dijstra, một người đi đầu trong việc phát triển kỹ nghệ phần mềm, đã tuyên bố (1972): Kiểm thử chỉ có thể phát hiện ra các lỗi hiện tại, chứ không thể đưa ra tất cả các lỗi.

Nói chung, mục tiêu của kiểm thử phần mềm là thuyết phục người phát triển phần mềm và khách hàng rằng phần mềm là đủ tốt cho các thao tác sử dụng. Kiểm thử là một quá trình được dùng để tạo nên sự tin tưởng trong phần mềm.

Mô hình tổng quát của quá trình kiểm thử được mô tả trong hình 3.2. Các trường hợp kiểm thử sẽ chỉ rõ đầu vào để thử nghiệm và đầu ra mong đợi từ hệ thống cùng với một bản báo cáo sản phẩm đã được kiểm thử. Dữ liệu kiểm thử là đầu vào, được nghĩ ra để kiểm thử hệ thống. Dữ liệu kiểm thử thỉnh thoảng có thể được tự động sinh ra. Sinh các trường hợp kiểm thử tự động là điều không làm được. Đầu ra của thử nghiệm chỉ có thể được dự đoán bởi người hiểu biết về hoạt động của hệ thống.

Kiểm thử toàn diện: mọi chương trình có thể thực hiện kiểm tra tuần tự, là điều không thể làm được. Vì vậy, kiểm thử phải được thực hiện trên một tập con các trường hợp kiểm thử có thể xảy ra. Trong trường hợp lý tưởng, các công ty phần mềm có

những điều khoản để lựa chọn tập con này hơn là giao nó cho đội phát triển. Những điều khoản này có thể dựa trên những điều khoản kiểm thử chung, như một điều khoản là tất cả các câu lệnh trong chương trình nên được thực thi ít nhất một lần. Một sự lựa chọn là những điều khoản kiểm thử có thể thực hiện dựa trên kinh nghiệm sử dụng hệ thống và có thể tập trung vào kiểm thử các đặc trưng hoạt động của hệ thống. Ví dụ:

1. Tất cả các đặc trưng của hệ thống được truy cập thông qua thực đơn nên được kiểm thử.

2. Kết hợp các chức năng (ví dụ định dạng văn bản) được truy cập thông qua cùng thực đơn phải được kiểm thử.

3. Khi đầu vào được đưa vào, tất cả các chức năng phải được kiểm thử với cùng một thử nghiệm đúng đắn và thử nghiệm không đúng đắn.

Điều đó rõ ràng có được từ kinh nghiệm với sản phẩm phần mềm lớn như phần mềm xử lý văn bản, hoặc bảng tính có thể so sánh các nguyên tắc thông thường được sử dụng trong lúc kiểm thử sản phẩm. Khi các đặc trưng của phần mềm được sử dụng cô lập, chúng làm việc bình thường. Các vấn đề phát sinh, như Whittaker giải thích (Whittaker, 2002), khi liên kết các đặc trưng không được kiểm thử cùng nhau. Ông đã đưa ra một ví dụ, khi sử dụng phần mềm xử lý văn bản, sử dụng lời chú thích ở cuối trang với cách sắp xếp nhiều cột làm cho văn bản trình bày không đúng.

Khi thực hiện một phần của quá trình lập kế hoạch V & V, người quản lý phải đưa ra các quyết định ai là người chịu trách nhiệm trong từng bước kiểm thử khác nhau. Với hầu hết các hệ thống, các lập trình viên chịu trách nhiệm kiểm thử các thành phần mà họ đã triển khai. Khi các lập trình viên đã hoàn thành các công việc đó, công việc được giao cho đội tổng hợp, họ sẽ tích hợp các môđun từ những người phát triển khác nhau để tạo nên phần mềm và kiểm thử toàn bộ hệ thống. Với hệ thống quan trọng, một quá trình theo nghi thức có thể được sử dụng, nhưng người thử độc lập chịu trách nhiệm về tất cả các bước của quá trình kiểm thử. Trong kiểm thử hệ thống quan trọng, các thử nghiệm được kiểm thử riêng biệt và hồ sơ chi tiết của kết quả kiểm thử được duy trì.

Kiểm thử các thành phần được thực hiện bởi những người phát triển thường dựa trên hiểu biết trực giác về cách hoạt động của các thành phần. Tuy nhiên, kiểm thử hệ thống phải dựa trên văn bản đặc tả hệ thống. Đó có thể là một đặc tả chi tiết yêu cầu hệ thống, hoặc có thể là đặc tả hướng người sử dụng ở mức cao của các đặc tính được

thực hiện trong hệ thống. Thường có một đội độc lập chịu trách nhiệm kiểm thử hệ thống, đội kiểm thử hệ thống làm việc từ người sử dụng và tài liệu yêu cầu hệ thống để lập kế hoạch kiểm thử hệ thống.

Hầu hết các thảo luận về kiểm thử bắt đầu với kiểm thử thành phần và sau đó chuyển đến kiểm thử hệ thống. Tôi đã đảo ngược thứ tự các thảo luận trong chương này bởi vì rất nhiều quá trình phát triển phần mềm bao gồm việc tích hợp các thành phần sử dụng lại và được lắp vào phần mềm để tạo nên các yêu cầu cụ thể. Tất cả các kiểm thử trong trường hợp này là kiểm thử hệ thống và không có sự tách rời trong quá trình kiểm thử thành phần.

## 3.2. Kiểm thử hệ thống

Hệ thống gồm hai hoặc nhiều thành phần tích hợp nhằm thực hiện các chức năng hoặc đặc tính của hệ thống. Sau khi tích hợp các thành phần tạo nên hệ thống, quá trình kiểm thử hệ thống được tiến hành. Trong quá trình phát triển lặp đi lặp lại, kiểm thử hệ thống liên quan với kiểm thử một lượng công việc ngày càng tăng để phân phối cho khách hàng; trong quy trình thác nước, kiểm thử hệ thống liên quan với kiểm thử toàn bộ hệ thống.

Với hầu hết các hệ thống phức tạp, kiểm thử hệ thống gồm hai giai đoạn riêng biệt:

1. Kiểm thử tích hợp: Đội kiểm thử nhận mã nguồn của hệ thống. Khi một vấn đề được phát hiện, đội tích hợp thử tìm nguồn gốc của vấn đề và nhận biết thành phần cần phải gỡ lỗi. Kiểm thử tích hợp hầu như liên quan với việc tìm các khiếm khuyết của hệ thống.

2. Kiểm thử phát hành: Một phiên bản của hệ thống có thể được phát hành tới người dùng được kiểm thử. Đội kiểm thử tập trung vào việc hợp lệ các yêu cầu của hệ thống và đảm bảo tính tin cậy của hệ thống. Kiểm thử phát hành thường là kiểm thử "hộp đen", đội kiểm thử tập trung vào mô tả các đặc tính hệ thống có thể làm được hoặc không làm được. Các vấn đề được báo cáo cho đội phát triển để gỡ lỗi chương trình. Khách hàng được bao hàm trong kiểm thử phát hành, thường được gọi là kiểm thử chấp nhận. Nếu hệ thống phát hành đủ tốt, khách hàng có thể chấp nhận nó để sử dụng.

Về cơ bản, bạn có thể nghĩ kiểm thử tích hợp như là kiểm thử hệ thống chưa đầy đủ bao gồm một nhóm các thành phần. Kiểm thử phát hành liên quan đến kiểm thử hệ thống phát hành có ý định phân phối tới khách hàng. Tất nhiên, có sự gối chồng lên

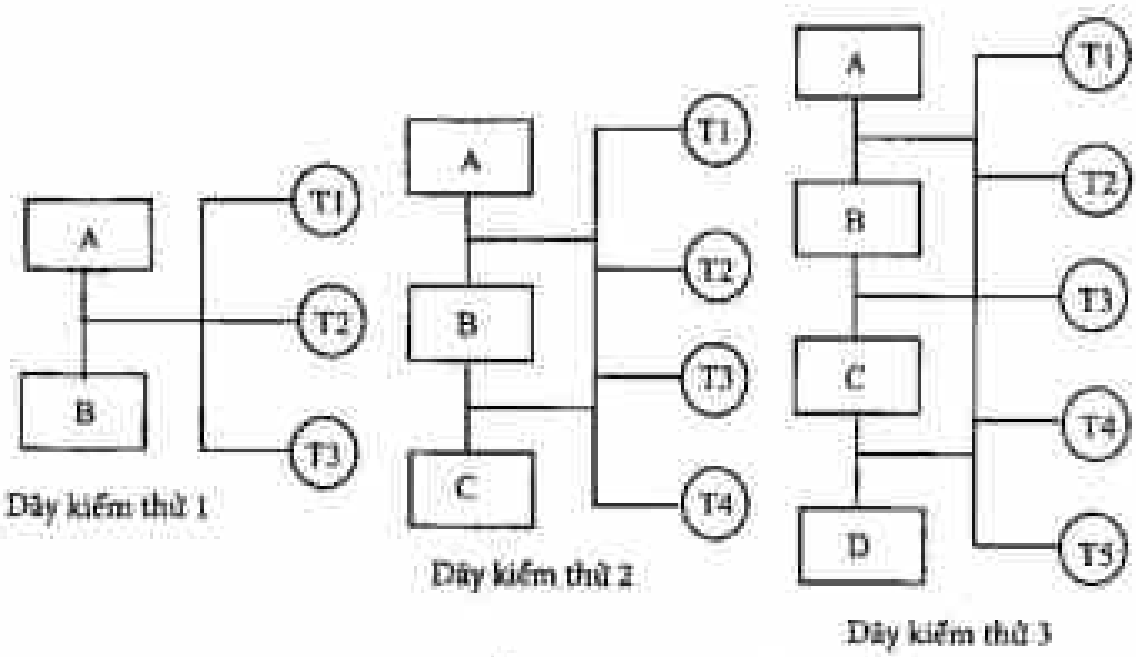
nhau, đặc biệt khi phát triển hệ thống và hệ thống được phát hành khi chưa hoàn thành. Thông thường, sự ưu tiên hàng đầu trong kiểm thử tích hợp là phát hiện ra khiếm khuyết trong hệ thống và trong kiểm thử hệ thống là làm hợp lệ các yêu cầu của hệ thống. Tuy nhiên trong thực tế, có vài kiểm thử hợp lệ và vài kiểm thử khiếm khuyết trong các quá trình.

## 3.3. Kiểm thử tích hợp

Quá trình kiểm thử tích hợp bao gồm việc xây dựng hệ thống từ các thành phần và kiểm thử hệ thống tổng hợp với các vấn đề phát sinh từ sự tương tác giữa các thành phần. Các thành phần được tích hợp có thể trùng với chính nó, các thành phần có thể dùng lại được có thể thêm vào các hệ thống riêng biệt hoặc thành phần mới được phát triển. Với rất nhiều hệ thống lớn, có tất cả ba loại thành phần được sử dụng. Kiểm thử tích hợp kiểm tra trên thực tế các thành phần làm việc với nhau, được gọi là chính xác và truyền dữ liệu đúng vào lúc thời gian đúng thông qua giao diện của chúng.

Hệ thống tích hợp bao gồm một nhóm các thành phần thực hiện vài chức năng của hệ thống và được tích hợp với nhau bằng cách gộp các mã để chúng làm việc cùng nhau. Thỉnh thoảng, đầu tiên toàn bộ khung của hệ thống được phát triển, sau đó các thành phần được gộp lại để tạo nên hệ thống. Phương pháp này được gọi là tích hợp từ trên xuống (top-down). Một cách lựa chọn khác là đầu tiên bạn tích hợp các thành phần cơ sở cung cấp các dịch vụ chung, như mạng, truy cập cơ sở dữ liệu, sau đó các thành phần chức năng được thêm vào. Phương pháp này được gọi là tích hợp từ dưới lên (bottom-up). Trong thực tế, với rất nhiều hệ thống, chiến lược tích hợp là sự pha trộn các phương pháp trên. Trong cả hai phương pháp top-down và bottom-up, bạn thường phải thêm các mã để mô phỏng các thành phần khác và cho phép hệ thống thực hiện.

Một vấn đề chủ yếu nảy sinh trong lúc kiểm thử tích hợp là các lỗi cục bộ. Có nhiều sự tương tác phức tạp giữa các thành phần của hệ thống và khi một đầu ra bất thường được phát hiện, bạn có thể khó nhận ra nơi mà lỗi xuất hiện. Để việc tìm lỗi cục bộ được dễ dàng, bạn nên thường xuyên tích hợp các thành phần của hệ thống và kiểm thử chúng. Ban đầu, bạn nên tích hợp một hệ thống cấu hình tối thiểu và kiểm thử hệ thống này. Sau đó bạn thêm dần các thành phần vào hệ thống đó và kiểm thử sau mỗi bước thêm vào.




*Hình 3.3. Kiểm thử tích hợp tăng dần [2]*

Trong ví dụ trên hình 3.3, A,B,C,D là các thành phần và T1, T2, T3, T4, T5 là tập các thử nghiệm kết hợp các đặc trưng của hệ thống. Đầu tiên, các thành phần A và B được kết hợp để tạo nên hệ thống (hệ thống cấu hình tối thiểu) và các thử nghiệm T1, T2, T3 được thực hiện. Nếu phát hiện có khiếm khuyết, nó sẽ được hiệu chỉnh. Sau đó, thành phần C được tích hợp và các thử nghiệm T1, T2 và T3 được làm lặp lại để đảm bảo nó không tạo nên các kết quả không mong muốn khi tương tác với A và B. Nếu có vấn đề nảy sinh trong các kiểm thử này, nó hầu như chắc chắn do sự tương tác với các thành phần mới. Nguồn gốc của vấn đề đã được khoanh vùng, vì vậy làm đơn giản việc tìm và sửa lỗi. Tập thử nghiệm T4 cũng được thực hiện trên hệ thống. Cuối cùng, thành phần D được tích hợp vào hệ thống và kiểm thử được thực hiện trên các thử nghiệm đã có và các thử nghiệm mới.

Khi lập kế hoạch tích hợp, chúng ta phải quyết định thứ tự tích hợp các thành phần. Trong một quy trình như Extreeme Programing , khách hàng cũng tham gia trong quá trình phát triển và quyết định các chức năng nên được thêm vào trong mỗi bước tích hợp hệ thống. Do đó, tích hợp hệ thống được điều khiển bởi sự ưu tiên của khách hàng. Trong cách tiếp cận khác để phát triển hệ thống, khi các thành phần và các thành phần riêng biệt được tích hợp, khách hàng có thể không tham gia vào quá trình tích hợp hệ thống và đội tích hợp quyết định thứ tự tích hợp các thành phần.

Trong trường hợp này, một quy tắc tốt là đầu tiên tích hợp các thành phần thực hiện hầu hết các chức năng thường sử dụng của hệ thống. Điều này có nghĩa là các

thành phần thường được sử dụng hầu hết đã được kiểm thử. Ví dụ, trong hệ thống thư viện, đầu tiên bạn nên tích hợp chức năng tìm kiếm trong hệ thống tối thiểu, để người dùng có thể tìm kiếm các tài liệu mà họ cần. Sau đó, bạn nên tích hợp các chức năng cho phép người dùng tải tài liệu từ trên Internet và dần thêm các thành phần thực hiện các chức năng khác của hệ thống.

Tất nhiên, thực tế ít khi đơn giản như mô hình trên. Sự thực hiện các chức năng của hệ thống có thể liên quan đến nhiều thành phần. Để kiểm thử một đặc tính mới, chúng ta có thể phải tích hợp một vài thành phần khác nhau. Kiểm thử có thể phát hiện lỗi trong khi tương tác giữa các thành phần riêng biệt và các phần khác của hệ thống. Việc sửa lỗi có thể khó khăn bởi vì một nhóm các thành phần thực hiện chức năng đó có thể phải thay đổi. Hơn nữa, tích hợp và kiểm thử một thành phần mới có thể thay đổi tương tác giữa các thành phần đã được kiểm thử. Các lỗi có thể được phát hiện có thể đã không được phát hiện trong khi kiểm thử hệ thống cấu hình đơn giản.

Những vấn đề này có nghĩa là khi một hệ thống tích hợp mới được tạo ra, cần phải chạy lại các thử nghiệm trong hệ thống tích hợp cũ để đảm bảo yêu cầu là các thử nghiệm đó vẫn thực hiện tốt, các kiểm thử mới thực hiện tốt các chức năng mới của hệ thống. Việc thực hiện kiểm thử lại tập các thử nghiệm cũ gọi là kiểm thử hồi quy. Nếu kiểm thử hồi quy phát hiện có vấn đề, thì bạn phải kiểm tra có lỗi trong hệ thống cũ hay không mà hệ thống mới đã phát hiện ra, hoặc có lỗi do thêm các chức năng mới.

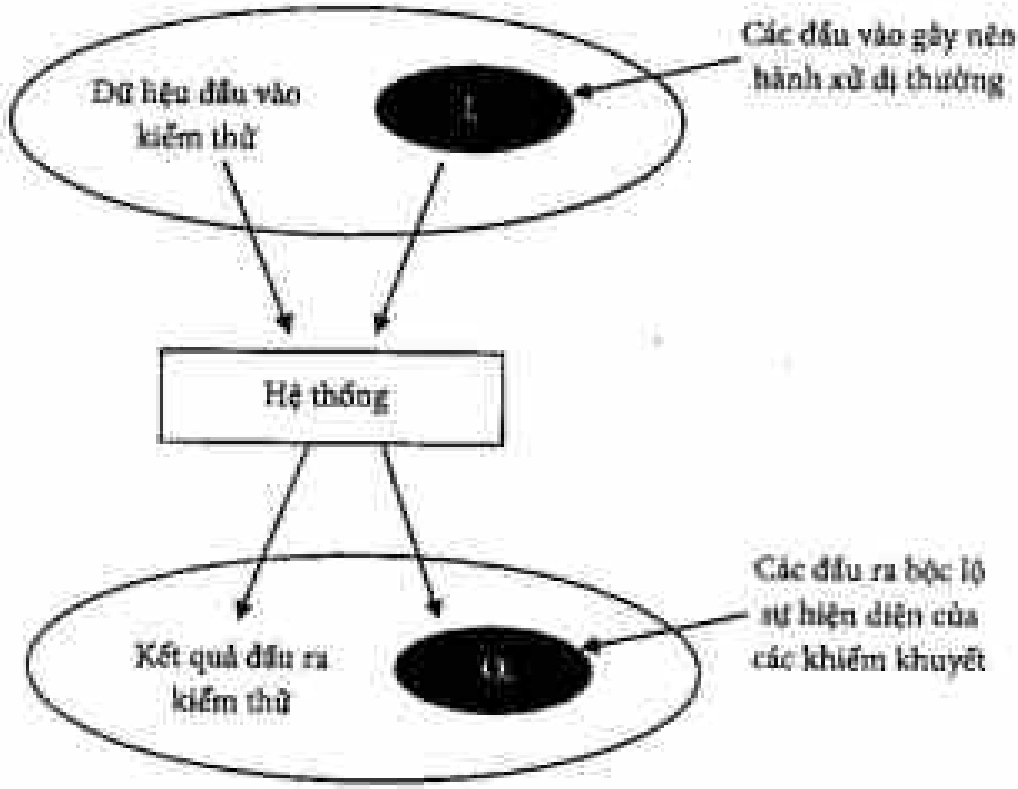
Rõ ràng, kiểm thử hồi quy là quá trình tốn kém, không khả thi nếu không có sự hỗ trợ tự động. Trong lập trình cực độ, tất cả các thử nghiệm được viết như mã có thể thực thi, các đầu vào thử nghiệm và kết quả mong đợi được xác định rõ và được tự động kiểm tra. Khi được sử dụng cùng với một khung kiểm thử tự động như Junit (Massol và Husted, 2003), điều này có nghĩa là các thử nghiệm có thể được tự động thực hiện lại. Đây là nguyên lý cơ bản của lập trình cực độ, khi tập các thử nghiệm toàn diện được thực hiện bất cứ lúc nào mã mới được tích hợp và các mã mới này không được chấp nhận cho đến khi tất cả các thử nghiệm được thực hiện thành công.

## 3.4. Kiểm thử phát hành

Kiểm thử phát hành là quá trình kiểm thử một hệ thống sẽ được phân phối tới các khách hàng. Mục tiêu đầu tiên của quá trình này là làm tăng sự tin cậy của nhà cung cấp rằng sản phẩm họ cung cấp có đầy đủ các yêu cầu. Nếu thỏa mãn, hệ thống có thể được phát hành như một sản phẩm hoặc được phân phối đến các khách hàng. Để

chứng tỏ hệ thống có đầy đủ các yêu cầu, bạn phải chỉ ra nó có các chức năng đặc tả, hiệu năng và tính tin cậy cao, đồng thời không gặp sai sót trong khi được sử dụng bình thường.

Kiểm thử phát hành thường là quá trình kiểm thử hộp đen, các thử nghiệm được lấy từ đặc tả hệ thống. Hệ thống được đối xử như chiếc hộp đen, các hoạt động của nó chỉ có thể được nhận biết qua việc nghiên cứu đầu vào và đầu ra của nó. Một tên khác của quá trình này là kiểm thử chức năng, bởi vì người kiểm tra chỉ tập trung xem xét các chức năng và không quan tâm tới sự thực thi của phần mềm.




*Hình 3.4. Kiểm thử hộp đen [2]*

Hình 3.4 minh họa mô hình một hệ thống được kiểm thử bằng phương pháp kiểm thử hộp đen. Người kiểm tra đưa đầu vào vào thành phần hoặc hệ thống và kiểm tra đầu ra tương ứng. Nếu đầu ra không như dự báo trước (ví dụ, nếu đầu ra thuộc tập $O_e$), kiểm thử phát hiện một lỗi trong phần mềm.

Khi hệ thống kiểm thử được thực hiện, bạn nên thử mổ xẻ phần mềm bằng cách lựa chọn các trường hợp thử nghiệm trong tập $I_e$ (trong hình 3.4). Bởi vì, mục đích của chúng ta là lựa chọn các đầu vào có xác suất sinh ra lỗi cao (đầu ra nằm trong tập $O_e$). Bạn sử dụng các kinh nghiệm thành công trước đó và các nguyên tắc kiểm thử để đưa ra các lựa chọn.

Các tác giả như Whittaker (Whittaker, 2002) đã tóm lược những kinh nghiệm kiểm thử của họ trong một tập các nguyên tắc nhằm tăng khả năng tìm ra các thử nghiệm khiếm khuyết. Dưới đây là một vài nguyên tắc:

– Lựa chọn những đầu vào làm cho hệ thống sinh ra tất cả các thông báo lỗi.

– Thiết kế đầu vào làm cho bộ đệm đầu vào bị tràn.

– Làm lặp lại với các đầu vào như nhau hoặc một dãy các đầu vào nhiều lần.

– Làm sao để đầu ra không đúng được sinh ra.

– Tính toán kết quả ra rất lớn hoặc rất nhỏ.

Để xác nhận hệ thống thực hiện chính xác các yêu cầu, cách tiếp cận tốt nhất vấn đề này là kiểm thử dựa trên kịch bản, bạn đưa ra một số kịch bản và tạo nên các trường hợp thử nghiệm từ các kịch bản đó. Ví dụ, kịch bản dưới đây mô tả cách hệ thống thư viện LIBSYS, có thể được sử dụng:

Một sinh viên ở Scotland nghiên cứu lịch sử nước Mỹ đã được yêu cầu viết một bài luận về "Tâm lý của người miền Tây nước Mỹ từ năm 1840 đến năm 1880". Để làm việc đó, cô ấy cần tìm các tài liệu từ nhiều thư viện. Cô ấy đăng nhập vào hệ thống LIBSYS và sử dụng chức năng tìm kiếm để tìm xem cô ấy có được truy cập vào các tài liệu gốc trong khoảng thời gian ấy không. Cô ấy tìm được các nguồn tài liệu từ rất nhiều thư viện của các trường đại học của Mỹ và tải một vài bản sao các tài liệu đó. Tuy nhiên, với một vài tài liệu, cô ấy cần phải có sự xác nhận từ trường đại học của mình rằng cô ấy thật sự là một sinh viên và các tài liệu được sử cho những mục đích phi thương mại. Sau đó, sinh viên đó sử dụng các phương tiện của LIBSYS để yêu cầu sự cho phép và đăng ký các yêu cầu của họ. Nếu được xác nhận, các tài liệu đó sẽ được tải xuống từ máy chủ của thư viện và sau đó được in. Cô ấy nhận được một thông báo từ LIBSYS nói rằng cô ấy sẽ nhận được một e-mail khi các tài liệu đã in có giá trị để tập hợp [2].

Từ kịch bản trên, chúng ta có thể áp dụng một số thử nghiệm để tìm ra mục đích của LIBSYS:

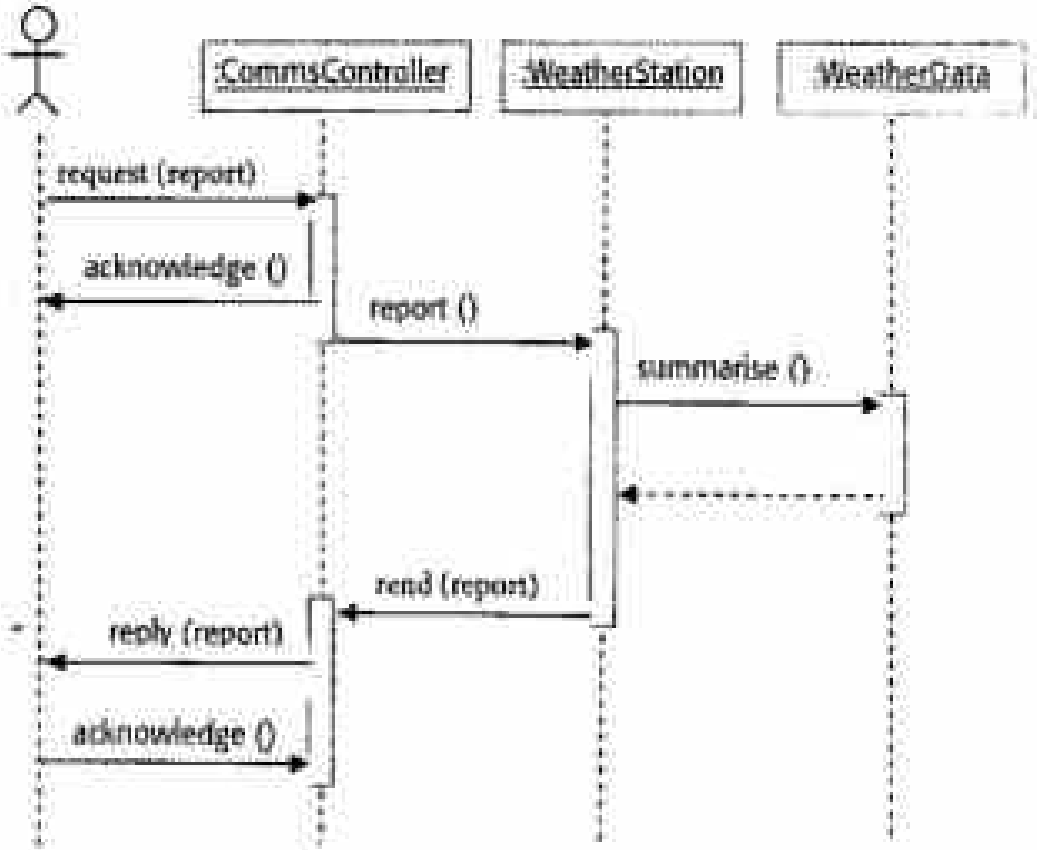
– Kiểm thử cơ chế đăng nhập bằng cách thực hiện các đăng nhập đúng và đăng nhập sai để kiểm tra người dùng hợp lệ được chấp nhận và người dùng không hợp lệ không được chấp nhận.

– Kiểm thử cơ chế tìm kiếm bằng cách sử dụng các câu hỏi đã biết cho các tài liệu cần tìm để kiểm tra xem cơ chế tìm kiếm có thực sự tìm thấy các tài liệu đó hay không.

– Kiểm thử sự trình bày hệ thống để kiểm tra các thông tin về tài liệu có được hiển thị đúng không.

– Kiểm thử cơ chế cho phép yêu cầu tải tài liệu xuống.

– Kiểm thử e-mail trả lời cho biết tài liệu đã tải xuống là sẵn sàng sử dụng.




*Hình 3.5. Biểu đồ dãy tập hợp dữ liệu về thời tiết*

Với mỗi thử nghiệm, chúng ta nên thiết kế một tập các thử nghiệm bao gồm các đầu vào hợp lệ và đầu vào không hợp lệ để sinh ra các đầu ra hợp lệ và đầu ra không hợp lệ. Chúng ta cũng nên tổ chức kiểm thử dựa trên kịch bản, vì thế đầu tiên các kịch bản thích hợp được thử nghiệm, sau đó các kịch bản khác thường và ngoại lệ được xem xét, vì vậy sự cố gắng của bạn dành cho các phần mà hệ thống thường được sử dụng.

Nếu bạn đã sử dụng trường hợp người dùng để mô tả các yêu cầu của hệ thống, các trường hợp người dùng đó và biểu đồ liên kết nối tiếp có thể là cơ sở để kiểm thử hệ thống. Để minh họa điều này, tôi sử dụng một ví dụ từ hệ thống trạm dự báo thời tiết.

Hình 3.5 chỉ ra các thao tác lần lượt được thực hiện tại trạm dự báo thời tiết khi nó đáp ứng một yêu cầu để tập hợp dữ liệu cho hệ thống bản vẽ. Bạn có thể sử dụng biểu đồ này để nhận biết các thao tác sẽ được thử nghiệm và giúp cho việc thiết kế các trường hợp thử nghiệm để thực hiện các thử nghiệm. Vì vậy để đưa ra một yêu cầu cho một báo cáo sẽ dẫn đến sự thực hiện của một chuỗi các thao tác sau:

CommsController:request → WheatherStation:report → WeatherData.summarise

Biểu đồ đó có thể được sử dụng để nhận biết đầu vào và đầu ra cần tạo ra cho các thử nghiệm:

1. Một đầu vào của một yêu cầu báo cáo nên có một sự thừa nhận và cuối cùng báo cáo nên xuất phát từ yêu cầu. Trong lúc kiểm thử, bạn nên tạo ra dữ liệu tóm tắt, nó có thể được dùng để kiểm tra xem báo cáo có được tổ chức chính xác không.

2. Một yêu cầu đầu vào cho một báo cáo về kết quả của WeatherStation trong một báo cáo tóm tắt được sinh ra. Bạn có thể kiểm thử điều này một cách độc lập bằng cách tạo ra các dữ liệu thô tương ứng với bản tóm tắt mà bạn đã chuẩn bị để kiểm tra CommsController và kiểm tra đối tượng WeatherStation đã được đưa ra chính xác trong bản tóm tắt.

3. Dữ liệu thô trên cũng được sử dụng để kiểm thử đối tượng WeatherData.

Tất nhiên, tôi đã làm đơn giản biểu đồ trong hình 3.5 vì nó không chỉ ra các ngoại lệ. Một kịch bản kiểm thử hoàn chỉnh cũng phải có trong bản kê khai và đảm bảo nắm bắt được đúng các ngoại lệ.

## 3.5. Kiểm thử hiệu năng

Ngay khi một hệ thống đã được tích hợp đầy đủ, hệ thống có thể được kiểm tra các thuộc tính nổi bật như hiệu năng và độ tin cậy. Kiểm thử hiệu năng phải được thiết kế để đảm bảo hệ thống có thể xử lý như mong muốn. Nó thường bao gồm việc lập một dãy các thử nghiệm, gánh nặng sẽ được tăng cho đến khi hệ thống không thể chấp nhận được nữa.

Cùng với các loại kiểm thử khác, kiểm thử hiệu năng liên quan đến cả việc kiểm chứng các yêu cầu của hệ thống và phát hiện các vấn đề cũng như khiếm khuyết trong hệ thống. Để kiểm thử các yêu cầu hiệu năng đạt được, bạn phải xây dựng mô tả sơ lược thao tác. Mô tả sơ lược thao tác là tập các thử nghiệm phản ánh sự hòa trộn các công việc sẽ được thực hiện bởi hệ thống. Vì vậy, nếu 90% giao dịch trong hệ thống có kiểu A, 5% kiểu B và phần còn lại có kiểu C, D, E, thì chúng ta phải thiết kế mô tả sơ

lược thao tác phần lớn tập trung vào kiểm thử kiểu A. Nếu không bạn sẽ không có được thử nghiệm chính xác về hiệu năng hoạt động của hệ thống.

Tất nhiên, cách tiếp cận này không nhất thiết là tốt để kiểm thử khiếm khuyết. Như tôi đã thảo luận, theo kinh nghiệm đã chỉ ra, cách hiệu quả để phát hiện khiếm khuyết là thiết kế các thử nghiệm xung quanh giới hạn của hệ thống. Trong kiểm thử hiệu năng, điều này có nghĩa là nhấn mạnh hệ thống (vì thế nó có tên là kiểm thử nhấn mạnh) bằng cách tạo ra những đòi hỏi bên ngoài giới hạn thiết kế của phần mềm.

Ví dụ, một hệ thống xử lý các giao dịch có thể được thiết kế để xử lý đến 300 giao dịch mỗi giây; một hệ thống điều khiển có thể được thiết kế để điều khiển tới 1000 thiết bị đầu cuối khác nhau. Kiểm thử nhấn mạnh tiếp tục các thử nghiệm bên cạnh việc thiết kế lớn nhất được nạp vào hệ thống cho đến khi hệ thống gặp lỗi. Loại kiểm thử này có hai chức năng:

1. Kiểm thử việc thực hiện lỗi của hệ thống. Trường hợp này có thể xuất hiện qua việc phối hợp các sự kiện không mong muốn bằng cách nạp vượt quá khả năng của hệ thống. Trong trường hợp này, sai sót của hệ thống làm cho dữ liệu bị hư hỏng hoặc không đáp ứng được yêu cầu của người dùng. Kiểm thử nhấn mạnh kiểm tra sự quá tải của hệ thống dẫn tới "thất bại mềm" hơn là làm sụp đổ dưới lượng tải của nó.

2. Nhấn mạnh hệ thống và có thể gây nên khiếm khuyết trở nên rõ ràng mà hình thường không phát hiện ra. Mặc dù, nó chứng tỏ những khiếm khuyết không thể dẫn đến sự sai sót của hệ thống trong khi sử dụng bình thường, có thể hiếm gặp trong trường hợp bình thường mà kiểm thử gay cấn tái tạo.

Kiểm thử gay cấn có liên quan đặc biệt đến việc phân phối hệ thống dựa trên một mạng lưới máy xử lý. Các hệ thống thường đưa ra đòi hỏi cao khi chúng phải thực hiện nhiều công việc. Mạng trở thành bị làm mất tác dụng với dữ liệu kết hợp mà các quá trình khác nhau phải trao đổi, vì vậy các quá trình trở nên chậm hơn, như khi nó đợi dữ liệu yêu cầu từ quá trình khác.

## 3.6. Kiểm thử thành phần

Kiểm thử thành phần (thỉnh thoảng được gọi là kiểm thử đơn vị) là quá trình kiểm thử các thành phần riêng biệt của hệ thống. Đây là quá trình kiểm thử khiếm khuyết, vì vậy mục tiêu của nó là tìm ra lỗi trong các thành phần. Khi thảo luận trong phần giới thiệu, với hầu hết các hệ thống, người phát triển các thành phần chịu trách nhiệm kiểm thử các thành phần. Có nhiều loại thành phần khác nhau, ta có thể kiểm thử chúng theo các bước sau:

– Các chức năng và cách thức riêng biệt bên trong đối tượng.

– Các lớp đối tượng có một vài thuộc tính và phương thức.

– Kết hợp các thành phần để tạo nên các đối tượng và chức năng khác nhau.

Các thành phần hỗn hợp có một giao diện rõ ràng được sử dụng để truy cập các chức năng của chúng.

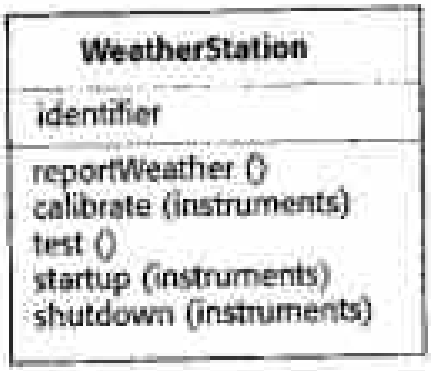
Các chức năng và phương thức riêng lẻ là loại thành phần đơn giản nhất và các thử nghiệm của bạn là một tập các lời gọi tới các thủ tục với tham số đầu vào khác nhau. Bạn có thể sử dụng cách tiếp cận này để thiết kế trường hợp kiểm thử (được thảo luận trong phần sau), thiết kế các thử nghiệm chức năng và phương thức.

Khi bạn kiểm thử các lớp đối tượng, bạn nên thiết kế các thử nghiệm để cung cấp tất cả các chức năng của đối tượng. Do đó, kiểm thử lớp đối tượng nên bao gồm:

– Kiểm thử tất cả các thao tác có liên kết tạo thành đối tượng.

– Đố trí và kiểm tra tất cả các thuộc tính liên kết tạo thành đối tượng.

– Kiểm tra tất cả các trạng thái của đối tượng. Điều này có nghĩa là tất cả các sự kiện gây ra các trạng thái khác nhau của đối tượng nên được mô phỏng.




*Hình 3.6. Giao diện của đối tượng WeatherStation*

Ví dụ, trạm dự báo thời tiết có giao diện trình bày trên hình 3.6. Nó chỉ có một thuộc tính, là định danh của nó. Nó có một hằng số là tập thông số khi trạm dự báo thời tiết được thiết đặt. Do đó, bạn chỉ cần một thử nghiệm để kiểm tra nó đã được thiết đặt hay chưa. Bạn cần xác định các trường hợp kiểm thử để kiểm tra reportWeather, calibrate, test, startup và shutdown. Trong trường hợp lý tưởng, bạn nên kiểm thử các phương thức riêng biệt, nhưng trong một vài trường hợp, cần có vài thử nghiệm liên tiếp. Ví dụ để kiểm thử phương thức shutdown bạn cần thực hiện phương thức startup.

Sử dụng mô hình này, bạn có thể nhận biết thứ tự của các trạng thái chuyển tiếp phải được kiểm thử và xác định thứ tự chuyển tiếp các sự kiện. Trong nguyên tắc này, bạn nên kiểm thử mọi trạng thái chuyển tiếp có thể xảy ra, mặc dù trong thực tế, điều này có thể rất tốn kém. Ví dụ dãy trạng thái nên kiểm thử trong trạm dự báo thời tiết bao gồm:

Shutdown → Waiting → Shutdown

Waiting → Calibrating → Testing → Transmitting → Waiting

Waiting → Collecting → Waiting → Summarising → Transmitting → Waiting

Nếu sử dụng sự kế thừa sẽ làm cho việc thiết kế lớp đối tượng kiểm thử khó khăn hơn. Một lớp cha cung cấp các thao tác sẽ được kế thừa bởi một số lớp con, tất cả các lớp con nên được kiểm thử tất cả các thao tác kế thừa. Lý do là các thao tác kế thừa có thể đã thay đổi các thao tác và thuộc tính sau khi được kế thừa. Khi một thao tác của lớp cha được định nghĩa lại, thì nó phải được kiểm thử.

Khái niệm lớp tương đương, được thảo luận trong phần sau, có thể cũng được áp dụng cho các lớp đối tượng. Kiểm thử các lớp tương đương giống nhau có thể sử dụng các thuộc tính của đối tượng. Do đó, các lớp tương đương nên được nhận biết như sự khởi tạo, truy cập và cập nhật tất cả thuộc tính của lớp đối tượng.

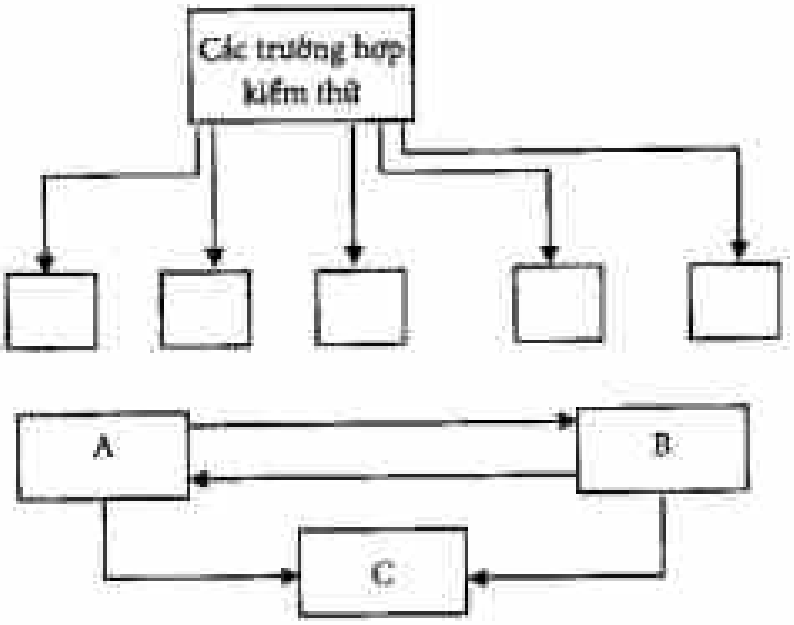
## 3.7. Kiểm thử giao diện

Nhiều thành phần trong một hệ thống là sự kết hợp các thành phần tạo nên bởi sự tương tác của một vài đối tượng. Kiểm thử các thành phần hỗn hợp chủ yếu liên quan đến kiểm thử hoạt động giao diện của chúng thông qua các đặc tả.

Hình 3.7 minh họa quá trình kiểm thử giao diện. Giả sử các thành phần A, B, và C đã được tích hợp để tạo nên một thành phần lớn hoặc một hệ thống con. Các thử nghiệm không chỉ áp dụng vào các thành phần riêng lẻ mà còn được áp dụng vào giao diện của các thành phần hỗn hợp được tạo nên bằng cách kết hợp các thành phần đó.

Kiểm thử giao diện đặc biệt quan trọng trong việc phát triển phần mềm hướng đối tượng và các thành phần cơ sở. Các đối tượng và các thành phần được xác định qua giao diện của chúng và có thể được sử dụng lại khi liên kết với các thành phần khác trong các hệ thống khác nhau. Các lỗi giao diện trong thành phần hỗn hợp không thể được phát hiện qua việc kiểm thử các đối tượng và các thành phần riêng lẻ. Sự tương tác giữa các thành phần trong thành phần hỗn hợp có thể phát sinh lỗi.

Có nhiều kiểu giao diện giữa các thành phần chương trình, do đó có thể xuất hiện các kiểu lỗi giao diện khác nhau:




*Hình 3.7. Kiểm thử giao diện*

– Giao diện tham số: Khi dữ liệu hoặc tham chiếu chức năng được đưa từ thành phần này tới thành phần khác.

– Giao diện chia sẻ bộ nhớ: Khi một khối bộ nhớ được chia sẻ giữa các thành phần. Dữ liệu được đặt trong bộ nhớ bởi một hệ thống con và được truy xuất bởi một hệ thống khác.

– Giao diện thủ tục: Một thành phần bao gồm một tập các thủ tục có thể được gọi bởi các thành phần khác. Các đối tượng và các thành phần dùng lại có dạng giao diện này.

– Giao diện truyền thông điệp: Một thành phần yêu cầu một dịch vụ từ một thành phần khác bằng cách gởi một thông điệp tới thành phần đó. Thông điệp trả lại bao gồm các kết quả thực hiện dịch vụ. Một vài hệ thống hướng đối tượng có dạng giao diện này như trong hệ thống chủ-khách (client-server).

Các lỗi giao diện là một dạng lỗi thường gặp trong các hệ thống phức tạp (Lutz, 1993). Các lỗi này được chia làm ba loại:

– Dùng sai giao diện: Một thành phần gọi tới thành phần khác và tạo nên một lỗi trong giao diện của chúng. Đây là loại lỗi rất thường gặp trong giao diện tham số: các tham số có thể được truyền sai kiểu, sai thứ tự hoặc sai số lượng tham số.

– Hiểu sai giao diện: Một thành phần gọi tới thành phần khác nhưng hiểu sai các đặc tả giao diện của thành phần được gọi và làm sai hành vi của thành phần được

gọi. Thành phần được gọi không hoạt động như mong đợi và làm cho thành phần gọi cũng hoạt động không như mong đợi. Ví dụ, một thủ tục tìm kiếm nhị phân có thể được gọi thực hiện trên một mảng chưa được xếp theo thứ tự, kết quả tìm kiếm sẽ không đúng.

– Các lỗi trong bộ đếm thời gian: Các lỗi này xuất hiện trong các hệ thống thời gian thực sử dụng giao diện chia sẻ bộ nhớ hoặc giao diện truyền thông điệp. Dữ liệu của nhà sản xuất và dữ liệu của khách hàng có thể được điều khiển với các tốc độ khác nhau. Nếu không chú ý đến trong thiết kế giao diện, thì khách hàng có thể truy cập thông tin lỗi thời bởi vì thông tin của nhà sản xuất chưa được cập nhật trong giao diện chia sẻ.

Kiểm thử những khiếm khuyết trong giao diện rất khó khăn bởi vì một số lỗi giao diện chỉ biểu lộ trong những điều kiện đặc biệt. Ví dụ, một đối tượng có chứa một danh sách hàng đợi với cấu trúc dữ liệu có chiều dài cố định. Giả sử danh sách hàng đợi này được thực hiện với một cấu trúc dữ liệu vô hạn và không kiểm tra việc tràn hàng đợi khi một mục được thêm vào. Trường hợp này chỉ có thể phát hiện khi kiểm thử với những thử nghiệm làm cho tràn hàng đợi và làm sai hành vi của đối tượng theo những cách có thể nhận biết được.

Những lỗi khác có thể xuất hiện do sự tương tác giữa các lỗi trong các môđun và đối tượng khác nhau. Những lỗi trong một đối tượng có thể chỉ được phát hiện khi một vài đối tượng khác hoạt động không như mong muốn. Ví dụ, một đối tượng có thể gọi một đối tượng khác để nhận được một vài dịch vụ và giả sử được đáp ứng chính xác. Nếu nó đã hiểu sai về giá trị được tính, thì giá trị trả về là hợp lệ nhưng không đúng. Điều này chỉ được phát hiện khi các tính toán sau đó có kết quả sai.

Sau đây là một vài nguyên tắc để kiểm thử giao diện:

– Khảo sát những mã đã được kiểm thử và danh sách lời gọi tới các thành phần bên ngoài.

– Với những tham số trong một giao diện, kiểm thử giao diện với tham số đưa vào rỗng.

– Khi một thành phần được gọi thông qua một giao diện thủ tục, thiết kế thử nghiệm sao cho thành phần này bị sai. Các lỗi khác hầu như là do hiểu sai đặc tả chung.

– Sử dụng kiểm thử gay cấn, như đã thảo luận ở phần trước, trong hệ thống truyền thông điệp. Thiết kế thử nghiệm sinh nhiều thông điệp hơn trong thực tế. Vấn đề bộ đếm thời gian có thể được phát hiện theo cách này.

– Khi một vài thành phần tương tác thông qua chia sẻ bộ nhớ, thiết kế thử nghiệm với thứ tự các thành phần được kích hoạt thay đổi. Những thử nghiệm này có thể phát hiện những giả sử ngầm của các lập trình viên về thứ tự dữ liệu chia sẻ được sử dụng và được giải phóng.

Kỹ thuật hợp lệ tĩnh thường hiệu quả hơn kiểm thử để phát hiện lỗi giao diện. Một ngôn ngữ định kiểu chặt chẽ như JAVA cho phép ngăn chặn nhiều lỗi giao diện bởi trình biên dịch. Khi một ngôn ngữ không chặt chẽ như C được sử dụng, một phân tích tĩnh như LINT có thể phát hiện các lỗi giao diện. Sự kiểm tra chương trình có thể tập trung vào các giao diện giữa các thành phần và câu hỏi về hành vi giao diện xảy ra trong quá trình kiểm tra.

## 3.8. Thiết kế trường hợp thử (Test case design)

Thiết kế trường hợp thử là một phần của kiểm thử hệ thống và kiểm thử thành phần, bạn sẽ thiết kế các trường hợp thử nghiệm (đầu vào và đầu ra dự đoán) để kiểm thử hệ thống. Mục tiêu của quá trình thiết kế trường hợp kiểm thử là tạo ra một tập các trường hợp thử nghiệm có hiệu quả để phát hiện khiếm khuyết của chương trình và chỉ ra các yêu cầu của hệ thống.

Để thiết kế một trường hợp thử nghiệm, chúng ta chọn một chức năng của hệ thống hoặc của thành phần mà bạn sẽ kiểm thử. Sau đó bạn chọn một tập các đầu vào thực hiện các chức năng đó và cung cấp tài liệu về đầu ra mong muốn và giới hạn của đầu ra, cũng như điểm mà có thể thiết kế tự động để kiểm tra thử nghiệm với đầu ra thực tế và đầu ra mong đợi vẫn như thế.

Có nhiều phương pháp khác nhau giúp bạn có thể thiết kế các trường hợp thử nghiệm:

– Kiểm thử dựa trên các yêu cầu: Các trường hợp thử nghiệm được thiết kế để kiểm thử các yêu cầu hệ thống. Nó được sử dụng trong hầu hết các bước kiểm thử hệ thống bởi vì các yêu cầu hệ thống thường được thực hiện bởi một vài thành phần. Với mỗi yêu cầu, bạn xác định các trường hợp thử nghiệm để có thể chứng tỏ được hệ thống có yêu cầu đó.

– Kiểm thử phân hoạch: xác định các phân hoạch đầu vào phân hoạch đầu ra và thiết kế thử nghiệm, vì vậy hệ thống thực hiện với đầu vào từ tất cả các phân hoạch và sinh ra đầu ra trong tất cả các phân hoạch. Các phân hoạch là các nhóm dữ liệu có chung đặc tính như tất cả các số đều âm, tất cả tên đều có đều có độ dài nhỏ hơn 30 ký tự, tất cả các sự kiện phát sinh từ việc chọn các mục trên thực đơn...

– Kiểm thử cấu trúc: Bạn sử dụng những hiểu biết về cấu trúc chương trình để thiết kế các thử nghiệm thực hiện tất cả các phần của chương trình. Về cơ bản, khi kiểm thử một chương trình, bạn nên kiểm tra thực thi mỗi câu lệnh ít nhất một lần. Kiểm thử cấu trúc giúp cho việc xác định các trường hợp thử nghiệm.

Thông thường, khi thiết kế các trường hợp thử nghiệm, bạn nên bắt đầu với các thử nghiệm mức cao nhất của các yêu cầu, sau đó thêm dần các thử nghiệm chi tiết bằng cách sử dụng kiểm thử phân hoạch và kiểm thử cấu trúc.

### 3.8.1. Kiểm thử dựa trên các yêu cầu

Một nguyên lý chung của các yêu cầu kỹ nghệ là các yêu cầu phải có khả năng kiểm thử được. Các yêu cầu nên được viết theo cách mà một thử nghiệm có thể được thiết kế, do đó quan sát viên có thể kiểm tra xem yêu cầu đó đã thỏa mãn chưa. Vì vậy, kiểm thử dựa trên các yêu cầu là một tiếp cận có hệ thống để thiết kế trường hợp thử nghiệm giúp cho bạn xem xét mỗi yêu cầu và tìm ra các thử nghiệm. Kiểm thử dựa trên các yêu cầu có hiệu quả hơn kiểm thử khiếm khuyết – bạn đang chứng tỏ hệ thống thực hiện được đầy đủ các yêu cầu.

Ví dụ, hãy xem xét các yêu cầu cho hệ thống LIBSYS (hệ thống quản lý thư viện).

– Người dùng có thể tìm kiếm hoặc tất cả các tập ban đầu của cơ sở dữ liệu hoặc lựa chọn một tập con từ đó.

– Hệ thống sẽ cung cấp các khung nhìn hợp lý cho người dùng để đọc tài liệu trong kho tài liệu.

– Mọi yêu cầu sẽ được cấp phát một định danh duy nhất (ORDER_ID) để người dùng có thể được phép sao chép qua tài khoản của vùng lưu trữ thường trực.

Giả sử chức năng tìm kiếm đã được kiểm thử, thì các thử nghiệm có thể chấp nhận được cho yêu cầu thứ nhất là:

– Ban đầu, người dùng tìm kiếm các mục đã biết sự có mặt và không có trong tập cơ sở dữ liệu chỉ gồm một cơ sở dữ liệu.

– Ban đầu, người dùng tìm kiếm các mục đã biết sự có mặt và không có trong tập cơ sở dữ liệu gồm có hai cơ sở dữ liệu.

– Ban đầu, người dùng tìm kiếm các mục đã biết sự có mặt và không có trong tập cơ sở dữ liệu gồm có nhiều hơn hai cơ sở dữ liệu.

– Lựa chọn một cơ sở dữ liệu từ tập cơ sở dữ liệu, người dùng tìm kiếm các mục đã biết sự có mặt và không có trong cơ sở dữ liệu đó.

– Lựa chọn nhiều hơn một cơ sở dữ liệu từ tập cơ sở dữ liệu, người dùng tìm kiếm các mục đã biết sự có mặt và không có trong cơ sở dữ liệu đó.

Từ đó, bạn có thể thấy kiểm thử một yêu cầu không có nghĩa là chỉ thực hiện kiểm thử trên một thử nghiệm. Thông thường, bạn phải thực kiểm thử nghiệm trên một vài thử nghiệm để đảm bảo bạn đã kiểm soát được yêu cầu đó.

Kiểm thử các yêu cầu khác trong hệ thống LIBSYS có thể được thực hiện theo giống như trên. Với yêu cầu thứ hai, bạn sẽ soạn ra các thử nghiệm để phân phối tất cả các kiểu tài liệu có thể được xử lý bởi hệ thống và kiểm tra sự hiển thị các tài liệu đó. Với yêu cầu thứ ba, bạn giả vờ đưa vào một vài yêu cầu, sau đó kiểm tra định danh yêu cầu được hiển thị trong giấy chứng nhận của người dùng và kiểm tra định danh yêu cầu đó có là duy nhất hay không.

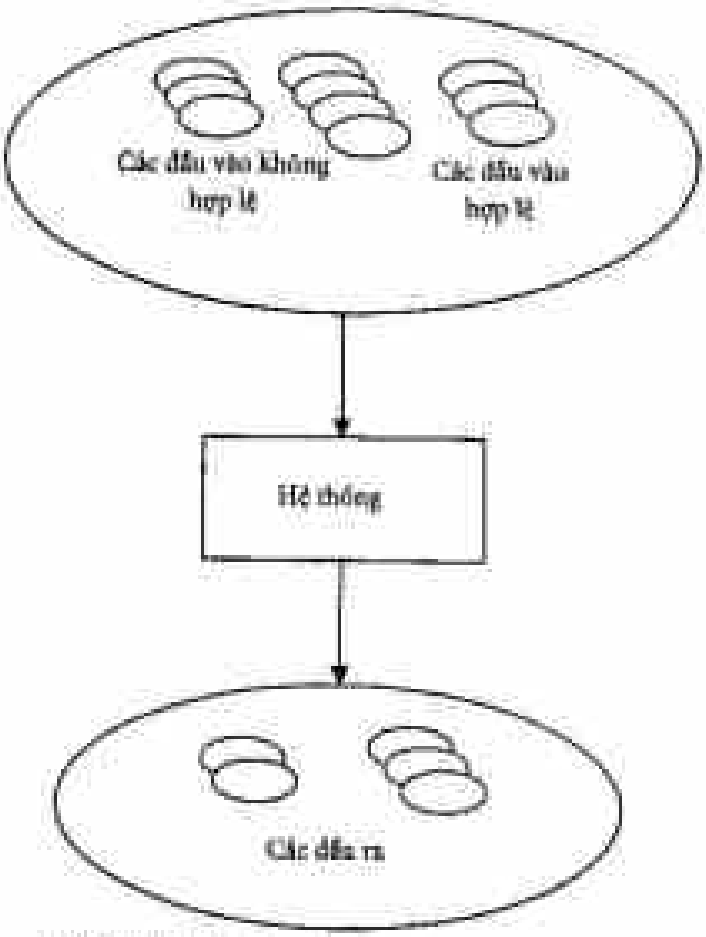
### 3.8.2. Kiểm thử phân hoạch

Dữ liệu đầu vào và kết quả đầu ra của chương trình thường được phân thành một số loại khác nhau, mỗi loại có những đặc trưng chung, như các số dấu dương, các số đều âm và các thực đơn lựa chọn. Thông thường, các chương trình thực hiện theo cách có thể so sánh được với tất cả thành viên của một lớp. Do đó, nếu chương trình được kiểm thử thực hiện những tính toán và yêu cầu hai số dương, thì bạn sẽ mong muốn chương trình thực hiện theo cách như nhau với tất cả các số dương.

Bởi vì cách thực hiện là tương đương, các loại này còn được gọi là phân hoạch tương đương hay miền tương đương (Beizer, 1990). Một cách tiếp cận có hệ thống để thiết kế các trường hợp kiểm thử là dựa trên sự định danh của tất cả các phân hoạch trong một hệ thống hoặc một thành phần. Các trường hợp thử nghiệm được thiết kế sao cho đầu vào và đầu ra nằm trong phân hoạch đó. Kiểm thử phân hoạch có thể được sử dụng để thiết kế các trường hợp thử nghiệm cho các hệ thống và các thành phần.

Trong hình 3.8, mỗi phân hoạch tương đương được biểu thị như một elip. Đầu vào các phân hoạch tương đương là những tập dữ liệu, tất cả các tập thành viên nên

được xử lý một cách tương đương. Đầu ra phân hoạch tương đương là đầu ra của chương trình và chúng có các đặc trưng chung, vì vậy chúng có thể được kiểm tra như một lớp riêng biệt. Bạn cũng cần xác định các phân hoạch có đầu vào ở bên ngoài các phân hoạch khác. Kiểm tra các thử nghiệm mà chương trình sử dụng đầu vào không hợp lệ có thực hiện đúng cách thức không. Các đầu vào hợp lệ và đầu vào không hợp lệ cũng được tổ chức thành các phân hoạch tương đương.

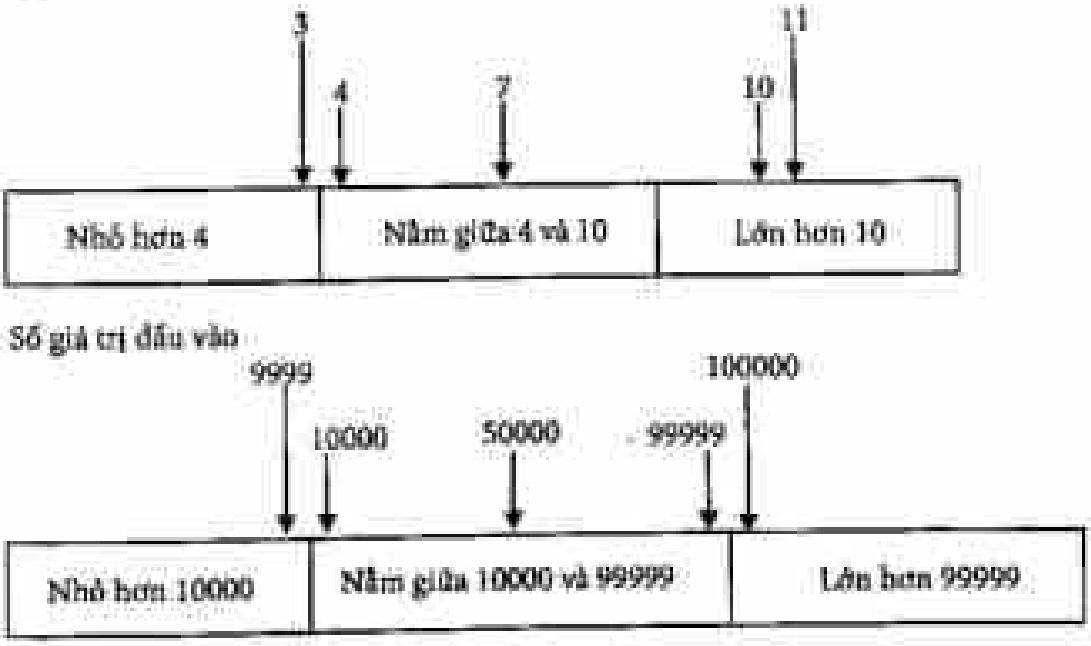



*Hình 3.8. Phân hoạch tương đương [2]*

Khi đã xác định được tập các phân hoạch, có thể lựa chọn các trường hợp thử nghiệm cho mỗi phân hoạch đó. Một quy tắc tốt để lựa chọn trường hợp thử nghiệm là lựa chọn các trường hợp thử nghiệm trên các giới hạn của phân hoạch cùng với các thử nghiệm gần với điểm giữa của phân hoạch. Lý do căn bản là người thiết kế và lập trình viên thường xem xét các giá trị đầu vào điển hình khi phát triển một hệ thống. Bạn kiểm thử điều đó bằng cách lựa chọn điểm giữa của hệ thống. Các giá trị giới hạn thường không điển hình (ví dụ, số 0 có thể được sử dụng khác nhau trong các tập các số không âm), vì vậy nó không được người phát triển chú ý tới. Các lỗi của chương trình thường xuất hiện khi nó xử lý các giá trị không điển hình.

Bạn xác định các phân hoạch bằng cách sử dụng đặc tả chương trình hoặc tài liệu hướng dẫn sử dụng và từ kinh nghiệm của mình, bạn dự đoán các loại giá trị đầu vào thích hợp để phát hiện lỗi. Ví dụ, từ đặc trưng của chương trình: chương trình chấp nhận từ 4 đến 8 đầu vào là các số nguyên có 5 chữ số lớn hơn 10 000. Hình 3.9 chỉ ra các phân hoạch cho tình huống này và các giá trị đầu vào có thể xảy ra.

Để minh họa cho nguồn gốc của những trường hợp thử nghiệm này, sử dụng các đặc tả của thành phần tìm kiếm (hình 3.10). Thành phần này tìm kiếm trên một dãy các phần tử để đưa ra phần tử mong muốn (phần tử khóa). Nó trả lại vị trí của phần tử đó trong dãy. Tôi đã chỉ rõ đây là một cách trừu tượng để xác định các điều kiện tiên quyết phải đúng trước khi thành phần đó được gọi và các hậu điều kiện phải đúng sau khi thực hiện.




*Hình 3.9. Các phân hoạch tương đương*

Điều kiện tiên quyết: Thủ tục tìm kiếm sẽ chỉ làm việc với các dãy không rỗng. Hậu điều kiện: biến Found được thiết đặt nếu phần tử khóa thuộc dãy. Phần tử khóa có chỉ số L. Giá trị chỉ số không được xác định nếu phần tử đó không thuộc dãy.

Từ đặc trưng đó, bạn có thể nhận ra hai phân hoạch tương đương:

– Các đầu vào có phần tử khóa là một phần tử của dãy (Found = true).

– Các đầu vào có phần tử khóa không phải là một phần tử của dãy (Found = false).

**procedure** Search (Key : ELEM ; T: SEQ of ELEM;

Found : **in out** BOOLEAN; L: **in out** ELEM_INDEX) ;

**Tiền điều kiện**

-- Dãy có ít nhất một phần tử

T'FIRST <= T'LAST

**Hậu điều kiện**

-- Phần tử được tìm thấy và được chỉ bởi L

(Found and T (L) = Key)

**hoặc**

-- Phần tử không thuộc dãy

(**not** Found **and**

**not** (**exists** i, T'FIRST >= i <= T'LAST, T (i) = Key ))

***Hình 3.10. Đặc tả chương trình tìm kiếm***

**Bảng 3.1. Các phân hoạch tương đương cho chương trình tìm kiếm**

| Dãy | Phần tử |
|---|---|
| Có một giá trị | Thuộc dãy |
| Có một giá trị | Không thuộc dãy |
| Nhiều hơn một giá trị | Là phần tử đầu tiên trong dãy |
| Nhiều hơn một giá trị | Là phần tử cuối cùng trong dãy |
| Nhiều hơn một giá trị | Là phần tử nằm giữa trong dãy |
| Nhiều hơn một giá trị | Không thuộc dãy |

| Dãy đầu vào | Khóa (Key) | Đầu ra (Found,L) |
|---|---|---|
| 17 | 17 | true, 1 |
| 17 | 0 | false, ?? |
| 17, 29, 21, 23 | 17 | true, 1 |
| 41, 18, 9, 31, 30, 16, 45 | 45 | true, 7 |
| 17, 18, 21, 23, 29, 41, 38 | 23 | true, 4 |
| 21, 23, 29, 33, 38 | 25 | false, ?? |

Khi chúng ta thử nghiệm chương trình với các dãy, mảng hoặc danh sách, một số nguyên tắc thường được sử dụng để thiết kế các trường hợp kiểm thử:

– Kiểm thử phần mềm với dãy chỉ có một giá trị. Lập trình viên thường nghĩ các dãy gồm vài giá trị và thỉnh thoảng họ cho rằng điều này luôn xảy ra trong các chương trình của họ. Vì vậy, chương trình có thể không làm việc chính xác khi dãy được đưa vào chỉ có một giá trị.

– Sử dụng các dãy với các kích thước khác nhau trong các thử nghiệm khác nhau. Điều này làm giảm cơ hội một chương trình khiếm khuyết sẽ ngẫu nhiên đưa ra đầu ra chính xác bởi vì các đầu vào có các đặc tính ngẫu nhiên.

– Xuất phát từ các thử nghiệm có phần tử đầu tiên, phần tử ở giữa và phần tử cuối cùng được truy cập. Cách tiếp cận này bộc lộ các vấn đề tại các giới hạn phân hoạch.

Từ các nguyên tắc trên, hai phân hoạch tương đương có thể được xác định:

– Dãy đầu vào có một giá trị.

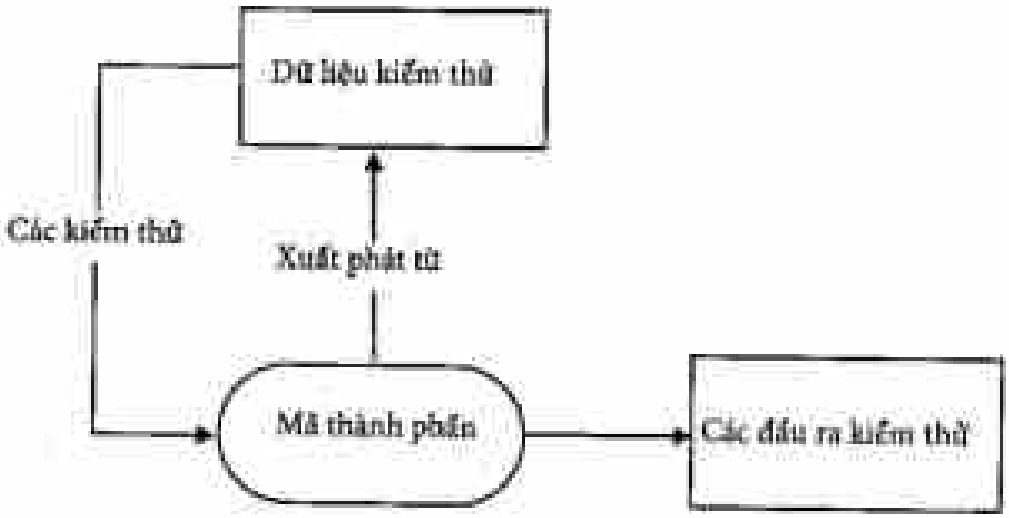
– Số phần tử trong dãy đầu vào lớn hơn 1.

Sau đó bạn xác định thêm các phân hoạch bằng cách kết hợp các phân hoạch đã có, ví dụ, kết hợp phân hoạch có số phần tử trong dãy lớn hơn 1 và phần tử khóa không thuộc dãy. Bảng 3.1 đưa ra các phân hoạch mà bạn đã xác định để kiểm thử thành phần tìm kiếm.

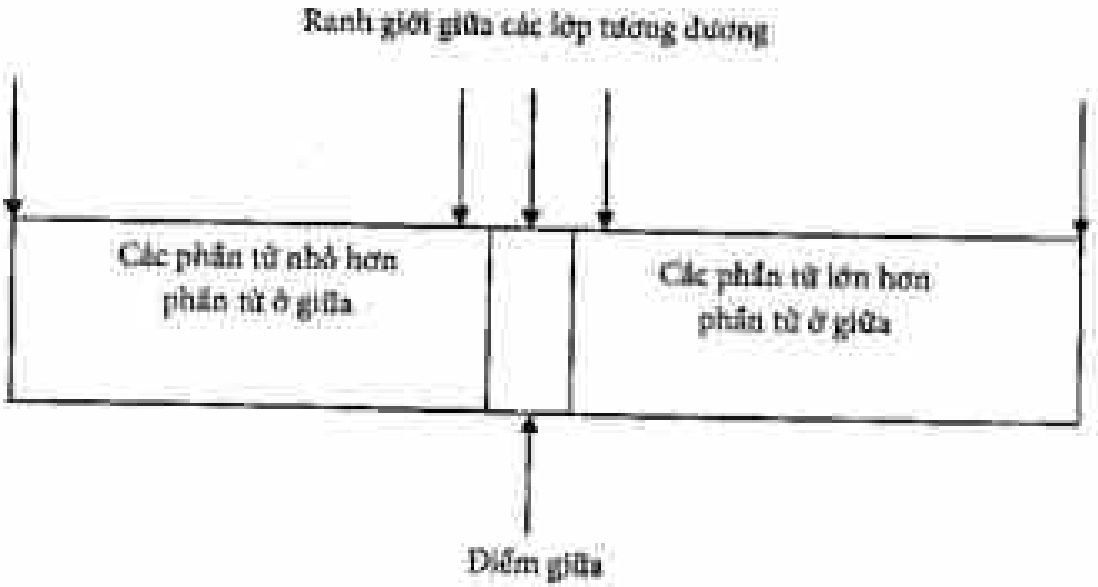
Một tập các trường hợp thử nghiệm có thể dựa trên các phân hoạch đó cũng được đưa ra trong bảng 3.1. Nếu phần tử khóa không thuộc dãy, giá trị của L là không xác định ('??'). Nguyên tắc "các dãy với số kích thước khác nhau nên được sử dụng" đã được áp dụng trong các trường hợp thử nghiệm này.

Tập các giá trị đầu vào sử dụng để kiểm thử thủ tục tìm kiếm không bao giờ hết. Thủ tục này có thể gặp lỗi nếu dãy đầu vào tình cờ gồm các phần tử 1, 2, 3 và 4. Tuy nhiên, điều đó là hợp lý để giả sử: nếu thử nghiệm không phát hiện khiếm khuyết khi một thành viên của một loại được xử lý, không có thành viên khác của lớp sẽ xác định các khiếm khuyết. Tất nhiên, các khiếm khuyết sẽ vẫn tồn tại. Một vài phân hoạch tương đương có thể không được xác định, các lỗi có thể đã được tạo ra trong phân hoạch tương đương hoặc dữ liệu thử nghiệm có thể đã được chuẩn bị không đúng.

### 3.8.3. Kiểm thử cấu trúc




*Hình 3.11. Kiểm thử cấu trúc*




*Hình 3.12. Các lớp tương đương trong tìm kiếm nhị phân*

Kiểm thử cấu trúc (hình 3.11) là một cách tiếp cận để thiết kế các trường hợp kiểm thử, các thử nghiệm được xác định từ sự hiểu biết về cấu trúc và sự thực hiện của phần mềm. Cách tiếp cận này thỉnh thoảng còn được gọi là kiểm thử "hộp trắng", "hộp kính", hoặc kiểm thử "hộp trong" để phân biệt với kiểm thử hộp đen.

```
Class BinSearch {
// Đây là một hàm tìm kiếm nhị phân được thực hiện trên một dãy các
// đối tượng đã có thứ tự và một khóa, trả về một đối tượng với 2 thuộc
// tính là:
// index – giá trị chỉ số của khóa trong dãy
// found – có kiểu logic cho biết có hay không có khóa trong dãy
// Một đối tượng được trả về bởi vì trong Java không thể thông qua các
// kiểu cơ bản bằng tham chiếu tới một hàm và trả về hai giá trị
// Giá trị index = -1 nếu khóa không có trong dãy
  public static void search( int key, int[] elemArray, Result r)
  {
1.          int bottom = 0;
2.    int top =  elemArray.length – 1;
            int mid;
3.    r.found = false;
4.    r.index = -1;
5.    while (bottom <= top)
            {
6.              mid = (top + bottom) / 2;
7.              if (elemArray[mid] = key)
                {
8.                              r.index = mid;
9.                              r.found = true;
10.                             return;
                } // if part
                else
                {
11.                             if (elemArray[mid] < key)
12.                             bottom = mid + 1;
                        else
13.                             top = mid -1;
                }
            } // while loop
14.         }// search
}// BinSearch
```

*Hình 3.13. Thuật toán tìm kiếm nhị phân*

Hiểu được cách sử dụng thuật toán trong một thành phần có thể giúp bạn xác định thêm các phân hoạch và các trường hợp thử nghiệm. Để minh họa điều này, tôi đã thực hiện cách đặc tả thủ tục tìm kiếm (hình 3.10) như một thủ tục tìm kiếm nhị phân (hình 3.13). Tất nhiên, điều kiện tiên quyết đã được bảo đảm nghiêm ngặt. Dãy được thực thi.

*Bảng 3.2. Các trường hợp kiểm thử cho chương trình tìm kiếm*

| Dãy đầu vào (T) | Khóa (Key) | Đầu ra (Found,L) |
|---|---|---|
| 17 | 17 | true, 1 |
| 17 | 0 | false, ?? |
| 17, 21, 23, 29 | 17 | true, 1 |
| 9, 16, 18, 30, 31, 41, 45 | 45 | true, 7 |
| 17, 18, 21, 23, 29, 38, 41 | 23 | true, 4 |
| 17, 18, 21, 23, 29, 33, 38 | 21 | true, 3 |
| 12, 18, 21, 23, 32 | 23 | true, 4 |
| 21, 23, 29, 33, 38 | 25 | false, ?? |

Như một mảng và mảng này phải được sắp xếp và giá trị giới hạn dưới phải nhỏ hơn giá trị giới hạn trên.

Để kiểm tra mã của thủ tục tìm kiếm, bạn có thể xem việc tìm kiếm nhị phân chia không gian tìm kiếm thành ba phần. Mỗi phần được tạo bởi một phân hoạch tương đương (hình 3.12). Sau đó, bạn thiết kế các trường hợp thử nghiệm có phần tử khóa nằm tại các giới hạn của mỗi phân hoạch.

Điều này đưa đến một tập sửa lại của các trường hợp thử nghiệm cho thủ tục tìm kiếm, như trong bảng 3.2. Chú ý, đã sửa đổi mảng đầu vào vì vậy nó đã được sắp xếp theo thứ tự tăng dần và đã thêm các thử nghiệm có phần tử khóa kế với phần tử giữa của mảng.

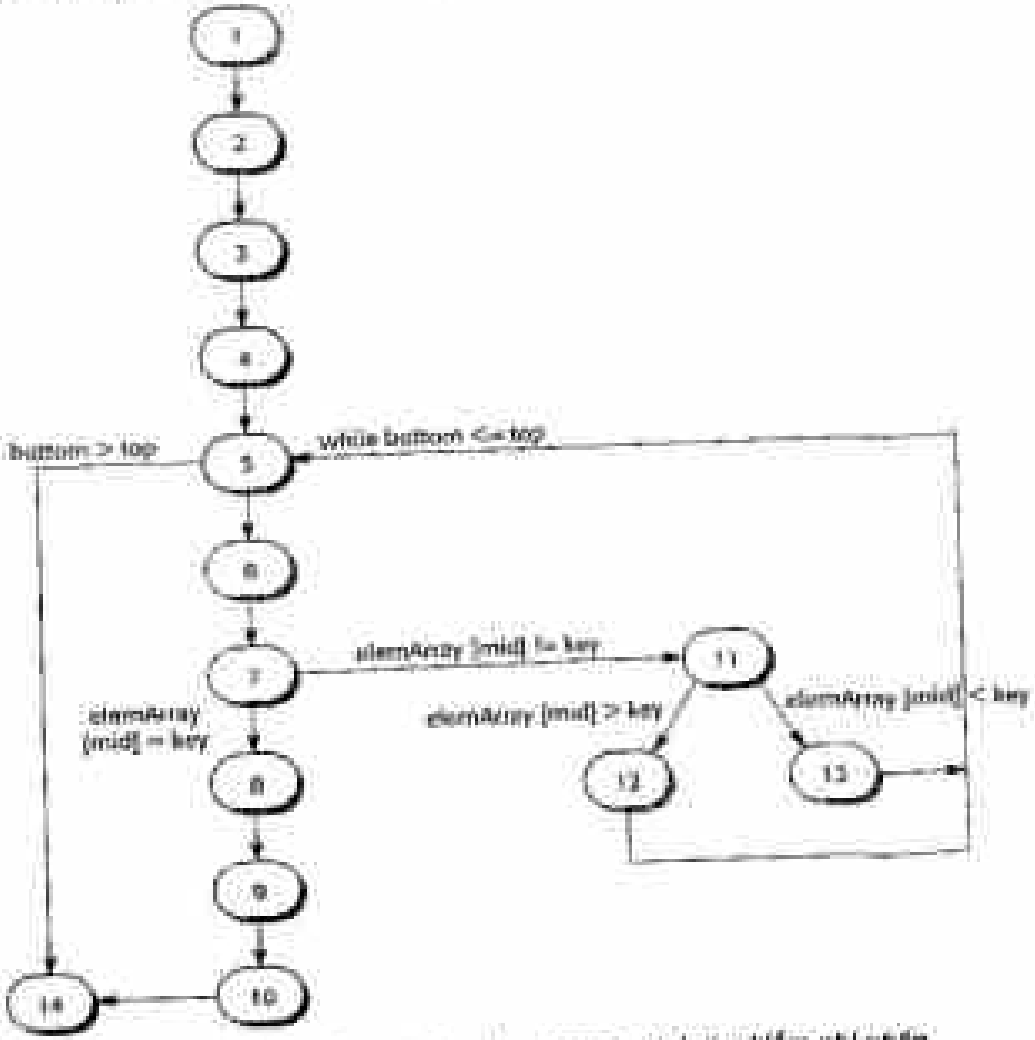
### 3.8.4. Kiểm thử đường dẫn

Kiểm thử đường dẫn là một chiến lược kiểm thử cấu trúc. Mục tiêu của kiểm thử đường dẫn là thực hiện mọi đường dẫn thực hiện độc lập thông qua một thành phần hoặc chương trình. Nếu mọi đường dẫn thực hiện độc lập được thực hiện, thì tất cả các câu lệnh trong thành phần đó phải được thực hiện ít nhất một lần. Hơn nữa, tất

cả câu lệnh điều kiện phải được kiểm thử với cả trường hợp đúng và sai. Trong quá trình phát triển hướng đối tượng, kiểm thử đường dẫn có thể được sử dụng khi kiểm thử các phương thức liên kết với các đối tượng.

Số lượng đường dẫn qua một chương trình thường tỷ lệ với kích thước của nó. Khi tất cả các môđun được tích hợp trong hệ thống, nó trở nên không khả thi để sử dụng kỹ thuật kiểm thử cấu trúc. Vì thế, kỹ thuật kiểm thử đường dẫn hầu như được sử dụng trong lúc kiểm thử thành phần.

Kiểm thử đường dẫn không kiểm tra tất cả các kết hợp có thể của các đường dẫn qua chương trình. Với bất kỳ thành phần nào ngoài các thành phần rất tầm thường không có vòng lặp, đây là mục tiêu không khả thi. Trong chương trình có các vòng lặp sẽ có một số vô hạn khả năng kết hợp đường dẫn. Thậm chí, khi tất cả các lệnh của chương trình đã được thực hiện ít nhất một lần, các khiếm khuyết của chương trình vẫn có thể được đưa ra khi các đường dẫn đặc biệt được kết hợp.




*Hình 3.14. Đồ thị luồng của chương trình tìm kiếm nhị phân*

Điểm xuất phát để kiểm thử đường dẫn là đồ thị luồng chương trình. Đây là mô hình khung cấu tất cả đường dẫn qua chương trình. Một đồ thị luồng chứa các nút miêu tả các quyết định và các cạnh trình bày luồng điều khiển. Đồ thị luồng được xây dựng bằng cách thay đổi các câu lệnh điều khiển chương trình sử dụng biểu đồ tương đương. Nếu không có các câu lệnh goto trong chương trình, đó là một quá trình đơn giản xuất phát từ đồ thị luồng. Mỗi nhánh trong câu lệnh điều kiện (if-then-else hoặc case) được miêu tả như một đường dẫn riêng biệt. Mỗi mũi tên trở lại nút điều kiện miêu tả một vòng lặp. Tôi đã vẽ đồ thị luồng cho phương thức tìm kiếm nhị phân trên hình 3.14. Để tạo nên sự tương ứng giữa đồ thị này và chương trình trên hình 3.13 được rõ ràng, tôi đã miêu tả mỗi câu lệnh như một nút riêng biệt, các số trong mỗi nút tương ứng với số dòng trong chương trình.

Mục đích của kiểm thử đường dẫn là đảm bảo mỗi đường dẫn độc lập qua chương trình được thực hiện ít nhất một lần. Một đường dẫn chương trình độc lập là một đường đi ngang qua ít nhất một cạnh mới trong đồ thị luồng. Cả nhánh đúng và nhánh sai của các điều kiện phải được thực hiện.

Đồ thị luồng cho thủ tục tìm kiếm nhị phân được miêu tả trên hình 3.14, mỗi nút biểu diễn một dòng trong chương trình với một câu lệnh có thể thực hiện được. Do đó, bằng cách lần vết trên đồ thị luồng, bạn có thể nhận ra các đường dẫn qua đồ thị luồng tìm kiếm nhị phân:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14

1, 2, 3, 4, 5, 14

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 5, ...

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 5, ...

Nếu tất cả các đường dẫn được thực hiện, chúng ta có thể đảm bảo mọi câu lệnh trong phương thức đã được thực hiện ít nhất một lần và mỗi nhánh đã được thực hiện với các điều kiện đúng và sai.

Bạn có thể tìm được số lượng các đường dẫn độc lập trong một chương trình bằng tính toán vòng liên hợp (McCabe, 1976) trong đồ thị luồng chương trình. Với chương trình không có câu lệnh goto, giá trị vòng liên hợp nhiều hơn số câu lệnh điều kiện trong chương trình. Một điều kiện đơn là một biểu thức lôgic không có các liên kết "and" hoặc "or". Nếu chương trình bao gồm các điều kiện phức hợp, là các biểu thức lôgic bao gồm các liên kết "and" và "or", thì bạn phải đếm số điều kiện đơn trong các điều kiện phức hợp khi tính số vòng liên hợp.

Vì vậy, nếu có 6 câu lệnh "if" 1 vòng lặp "while" và các biểu thức điều kiện là đơn, thì số vòng liên hợp là 8. Nếu một biểu thức điều kiện là biểu thức phức hợp như "if A and B or C", thì bạn tính nó như ba điều kiện đơn. Do đó, số vòng liên hợp là 10. Số vòng liên hợp của thuật toán tìm kiếm nhị phân (hình 3.13) là 4 bởi vì nó có ba điều kiện đơn tại các dòng 5, 7, 11.

Sau khi tính được số đường dẫn độc lập qua mã chương trình bằng tính toán số vòng liên hợp, bạn thiết kế các trường hợp thử nghiệm để thực hiện mỗi đường dẫn đó. Số lượng trường hợp thử nghiệm nhỏ nhất bạn cần để kiểm tra tất cả các đường dẫn trong chương trình bằng số vòng liên hợp.

Thiết kế trường hợp thử nghiệm không khó khăn trong trường hợp chương trình là thủ tục tìm kiếm nhị phân. Tuy nhiên, khi chương trình có cấu trúc nhánh phức tạp, có thể rất khó khăn để dự đoán có bao nhiêu thử nghiệm đã được thực hiện. Trong trường hợp đó, một người phân tích chương trình năng động có thể được sử dụng để phát hiện sơ thảo sự thực thi của chương trình.

Những người phân tích chương trình năng động là các công cụ kiểm thử, cùng làm việc với trình biên dịch. Trong lúc biên dịch, những người phân tích này thêm các chỉ thị phụ để sinh ra mã. Chúng đếm số lần mỗi câu lệnh đã được thực hiện. Sau khi chương trình đã thực hiện, một bản sơ thảo thực thi có thể được in ra. Nó chỉ ra những phần chương trình đã thực thi và không thực thi bằng cách sử dụng các trường hợp thử nghiệm đặc biệt. Vì vậy, bản sơ thảo thực thi cho phép phát hiện các phần chương trình không được kiểm thử.

## 3.9. Tự động hóa kiểm thử (Test automation)

Kiểm thử là một giai đoạn tốn kém và nặng nề trong quy trình phần mềm. Kết quả những công cụ kiểm thử là một trong những công cụ phần mềm đầu tiên được phát triển. Hiện nay, các công cụ này đã bộc lộ nhiều sự thuận tiện và chúng làm giảm đáng kể chi phí kiểm thử.

Tôi đã thảo luận một cách tiếp cận để tự động hóa kiểm thử (Mosley và Posey, 2002) với một khung kiểm thử như JUnit (Massol và Husted, 2003) được sử dụng để kiểm thử phục hồi. JUnit là một tập các lớp Java được người dùng mở rộng để tạo nên môi trường kiểm thử tự động. Mỗi thử nghiệm riêng lẻ được thực hiện như một đối tượng và một chương trình đang chạy thử nghiệm chạy tất cả các thử nghiệm đó. Các thử nghiệm đó nên được viết theo cách để chúng chỉ ra hệ thống kiểm thử có thực hiện như mong muốn không.

Một phần mềm kiểm thử workbench là một tập tích hợp các công cụ để phục vụ cho quá trình kiểm thử. Hơn nữa với các khung kiểm thử cho phép thực hiện kiểm thử tự động, một workbench có thể bao gồm các công cụ để mô phỏng các phần khác của hệ thống và để sinh ra dữ liệu thử nghiệm hệ thống. Hình 3.15 đưa ra một vài công cụ có thể bao gồm trong một workbench kiểm thử:

1. Người quản lý kiểm thử: quản lý quá trình chạy các thử nghiệm. Họ giữ vết của dữ liệu thử nghiệm, các kết quả mong đợi và chương trình để đăng kiểm thử. Các khung kiểm thử tự động hóa thử nghiệm như JUnit là ví dụ của các người quản lý thử nghiệm.

2. Máy sinh dữ liệu thử nghiệm: sinh các dữ liệu để thử nghiệm chương trình. Điều này có thể thực hiện bằng cách lựa chọn dữ liệu từ cơ sở dữ liệu hoặc sử dụng các mẫu để sinh ngẫu nhiên dữ liệu với khuôn dạng đúng đắn.

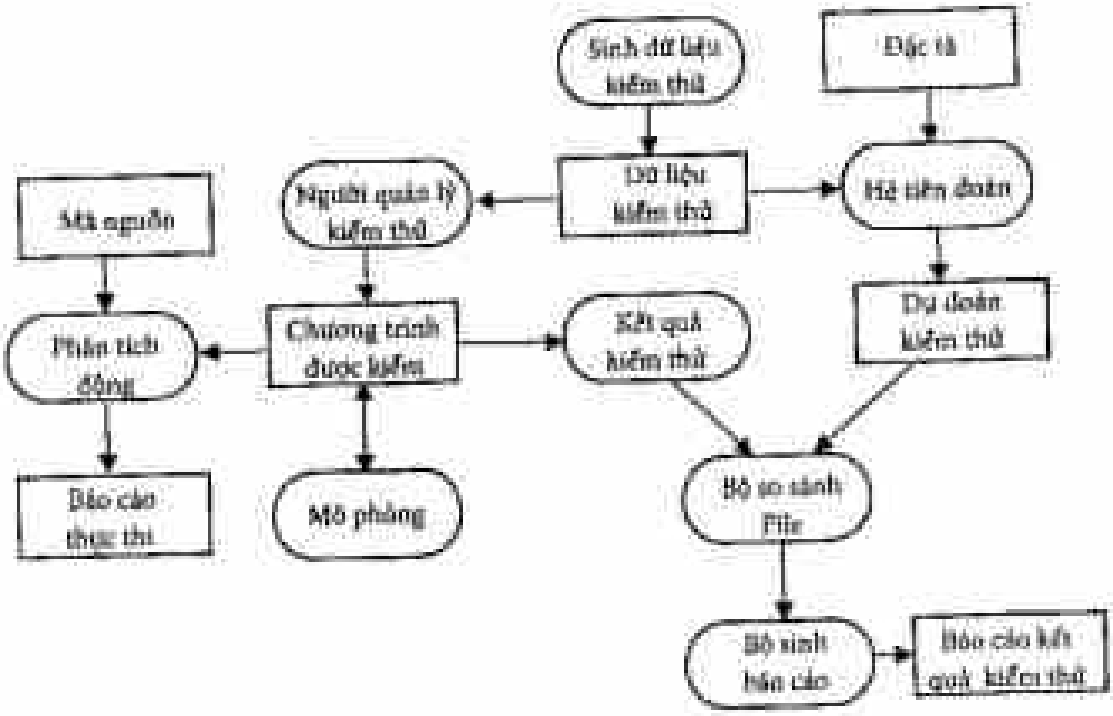
3. Hệ tiên đoán (Oracle): đưa ra các dự đoán về kết quả kiểm thử mong muốn. Các hệ tiên đoán có thể là phiên bản trước của chương trình hoặc hệ thống bản mẫu. Kiểm thử back-to-back, bao gồm việc thực hiện kiểm thử song song hệ tiên đoán và chương trình đó. Các khác biệt trong các đầu ra của chúng được làm nổi bật.

4. Hệ so sánh tập tin: so sánh các kết quả thử nghiệm chương trình với các kết quả thử nghiệm trước đó và báo cáo các khác biệt giữa chúng. Các hệ so sánh được sử dụng trong kiểm thử hồi quy (các kết quả thực hiện trong các phiên bản khác nhau được so sánh). Khi kiểm thử tự động được sử dụng, hệ so sánh có thể được gọi từ bên trong các kiểm thử đó.

5. Hệ sinh báo cáo: cung cấp các báo cáo để xác định và đưa ra các tiện lợi cho kết quả thử nghiệm.

6. Hệ phân tích động: thêm mã vào chương trình để đếm số lần mỗi câu lệnh đã được thực thi. Sau khi kiểm thử, một bản sơ thảo thực thi được sinh ra sẽ cho biết mỗi câu lệnh trong chương trình đã được thực hiện bao nhiêu lần.

7. Hệ mô phỏng (Simulator): Các loại hệ mô phỏng khác nhau có thể được cung cấp. Mục đích của các hệ mô phỏng là mô phỏng các máy khi chương trình được thực thi. Hệ mô phỏng giao diện người dùng là các chương trình điều khiển kịch bản mô phỏng nhiều tương tác đồng thời của người dùng. Sử dụng hệ mô phỏng cho I/O có nghĩa là bộ định thời gian của dãy giao dịch có thể được lặp đi lặp lại.




*Hình 3.15. Một workbench kiểm thử [2]*

Khi sử dụng cho kiểm thử hệ thống lớn, các công cụ đó phải được định dạng và phù hợp với hệ thống cụ thể. Ví dụ:

– Các công cụ mới có thể được thêm vào để kiểm thử các đặc trưng ứng dụng cụ thể, một vài công cụ hiện có có thể không cần đến.

– Các kịch bản có thể được viết cho hệ mô phỏng giao diện người dùng và các mẫu đã xác định cho hệ sinh dữ liệu thử nghiệm. Các khuôn dạng báo cáo có thể cũng phải được xác định.

– Các tập kết quả thử nghiệm mong muốn có thể phải chuẩn bị bằng tay nếu không một phiên bản chương trình nào trước đó có thể dùng được như một hệ tiên đoán.

– Hệ so sánh tập tin mục đích đặc biệt có thể được viết bao gồm hiểu biết về cấu trúc của kết quả thử nghiệm trên tập tin.

Để tạo nên một workbench thử nghiệm toàn diện thường cần một lượng lớn thời gian và công sức. Do đó, các workbench hoàn chỉnh, như trên hình 3.15, chỉ được sử dụng khi phát triển các hệ thống lớn. Với các hệ thống đó, toàn bộ chi phí kiểm thử có thể lên tới 50% tổng giá trị phát triển, vì vậy, nó là hiệu quả để đầu tư cho công cụ chất lượng cao CASE hỗ trợ việc kiểm thử. Tuy nhiên, vì các loại hệ thống khác nhau yêu cầu sự hỗ trợ các loại kiểm thử khác nhau, các công cụ kiểm thử có thể không sẵn

có để dùng. Rankin (Rankin, 2002) đã thảo luận một tình huống trong IBM và miêu tả thiết kế của hệ thống hỗ trợ kiểm thử mà họ đã phát triển cho máy chủ kinh doanh điện tử.

Các điểm chính:

– Kiểm thử có thể chỉ ra sự hiện diện của các lỗi trong chương trình. Nó không thử chứng tỏ không còn lỗi trong chương trình.

– Kiểm thử thành phần là trách nhiệm của người phát triển thành phần. Một đội kiểm thử khác thường thực hiện kiểm thử hệ thống.

– Kiểm thử tích hợp là hoạt động kiểm thử hệ thống ban đầu khi bạn kiểm thử khiếm khuyết của các thành phần tích hợp. Kiểm thử phát hành liên quan đến kiểm thử của khách hàng và kiểm thử phát hành nên xác nhận hệ thống được phân phối có đầy đủ các yêu cầu.

– Khi kiểm thử hệ thống, bạn nên cố gắng "phá" hệ thống bằng cách sử dụng kinh nghiệm và các nguyên tắc để lựa chọn các kiểu thử nghiệm có hiệu quả nhằm phát hiện khiếm khuyết trong hệ thống.

– Kiểm thử giao diện dùng để phát hiện các khiếm khuyết trong giao diện của các thành phần hỗn hợp. Các khiếm khuyết trong giao diện có thể nảy sinh bởi lỗi trong khi đọc các đặc tả chương trình, hiểu sai các đặc tả chương trình, các lỗi khác hoặc do thừa nhận bộ đếm thời gian không hợp lệ.

– Phân hoạch tương đương là một cách xác định các thử nghiệm. Nó phụ thuộc vào việc xác định các phân hoạch trong tập dữ liệu đầu vào và đầu ra, sự thực hiện chương trình với các giá trị từ các phân hoạch đó. Thông thường, các giá trị đó là giá trị tại giới hạn của phân hoạch.

– Kiểm thử cấu trúc dựa trên phân tích chương trình để phát hiện đường dẫn qua chương trình và sử dụng những phân tích để lựa chọn các thử nghiệm.

– Tự động hóa thử nghiệm làm giảm chi phí kiểm thử bằng cách hỗ trợ quá trình kiểm thử bằng các công cụ phần mềm.

# Chương 4

# CÁC PHƯƠNG PHÁP KIỂM THỬ

*Sau khi đọc xong chương này, người đọc có thể:*

*– Nắm được các kỹ thuật để tạo ra các trường hợp kiểm thử tốt và ít chi phí nhất, tất cả chúng phải thoả mãn những mục tiêu kiểm thử ở chương trước.*

*– Nắm được các mục tiêu kiểm thử một cách đầy đủ hơn, các phương pháp được trình bày chi tiết hơn.*

*– Thiết kế các trường hợp kiểm thử có khả năng tìm kiếm nhiều lỗi nhất trong phần mềm và với ít thời gian và công sức nhất.*

*– Hiểu và thực hiện được kỹ thuật kiểm thử hộp đen, hộp trắng.*

Hiện tại, phát triển rất nhiều phương thức thiết kế các trường hợp kiểm thử cho phần mềm. Những phương pháp này đều cung cấp một hướng kiểm thử có tính hệ thống. Quan trọng hơn nữa là chúng cung cấp một hệ thống có thể giúp đảm bảo sự hoàn chỉnh của các trường hợp kiểm thử phát hiện lỗi cho phần mềm.

Mỗi sản phẩm đều có thể được kiểm thử theo hai cách:

– Hiểu rõ một chức năng cụ thể của một hàm hay một mô đun. Các trường hợp kiểm thử có thể xây dựng để kiểm thử tất cả các thao tác đó.

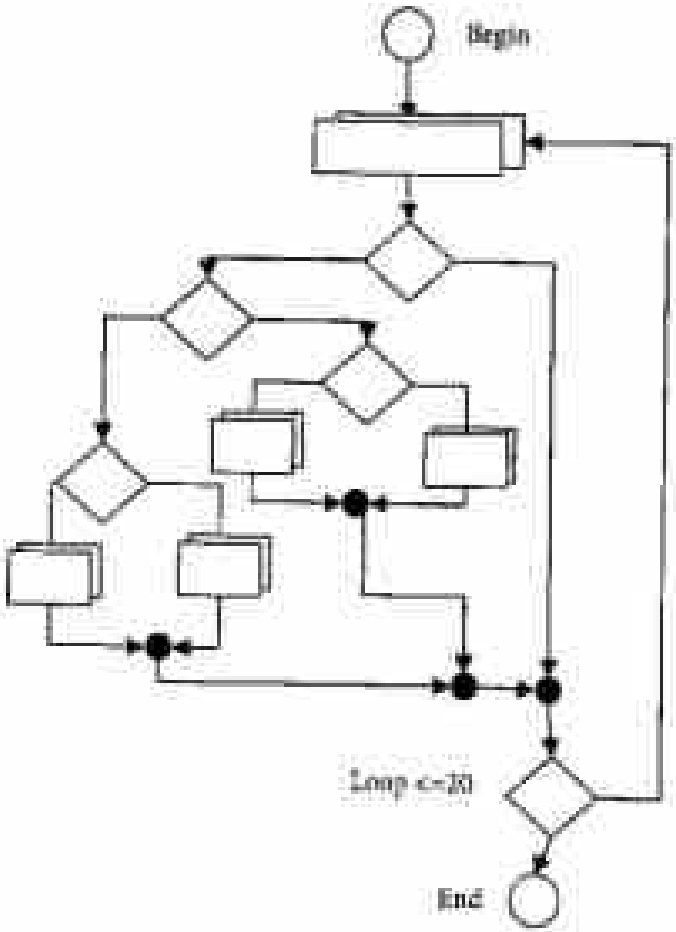
– Hiểu rõ cách hoạt động của một hàm/mô đun hay sản phẩm. Các trường hợp kiểm thử có thể được xây dựng để đảm bảo tất cả các thành phần con khớp với nhau. Đó là tất cả các thao tác nội bộ của hàm dựa vào các mô tả và tất cả các thành phần nội bộ đã được kiểm thử một cách thoả đáng.

– Cách tiếp cận đầu tiên được gọi là kiểm thử hộp đen (black box testing) và cách tiếp cận thứ hai gọi là kiểm thử hộp trắng (white box testing).

Khi đề cập đến kiểm thử phần mềm, kiểm thử hộp đen còn được biết như là kiểm thử ở mức giao diện (interface). Mặc dù thật sự thì chúng được thiết kế để phát hiện lỗi. Black box testing còn được sử dụng để chứng minh khả năng hoạt động của hàm hay module chương trình và có thể cả một chương trình lớn: các thông số đầu vào được chấp nhận như mô tả của hàm, giá trị trả về cũng hoạt động tốt, đảm bảo các dữ liệu từ bên ngoài, ví dụ như file dữ liệu được giữ/đảm bảo tính nguyên vẹn của dữ liệu khi thực thi hàm.

Kiểm thử hộp trắng là kỹ thuật tập trung vào khảo sát chặt chẽ thủ tục một cách chi tiết. Tất cả những đường diễn tiến logic trong chương trình được kiểm tra bằng những trường hợp kiểm thử kiểm tra trên các tập điều kiện và cấu trúc lặp cụ thể. kỹ thuật này sẽ kiểm tra trạng thái của chương trình tại rất nhiều điểm trong chương trình nhằm xác định giá trị mong đợi tại các điểm này có khớp với giá trị thực tế hay không.

Với tất cả các mục tiêu kiểm định trên thì kỹ thuật kiểm thử hộp trắng có lẽ sẽ dẫn đến một chương trình chính xác tuyệt đối. Tất cả những gì chúng ta cần bây giờ là thiết kế tất cả các đường logic của chương trình và sau đó là cài đặt tất cả các trường hợp kiểm định có được. Tuy nhiên việc kiểm định một cách thấu đáo tất cả các trường hợp là một bài toán quá lớn và tốn rất nhiều chi phí. Chúng ta hay xem xét ví dụ sau:




*Hình 4.1. FlowChart (sơ đồ khối)*

Hình 4.1 là sơ đồ khối cho một chương trình đơn giản được viết bằng khoảng 100 dòng mã với một vòng lặp chính thực thi đoạn mã bên trong và lặp lại không quá 20 lần. Tuy nhiên khi tính toán cho thấy đối với chương trình này có đến khoảng $10^{14}$ đường có thể được thực hiện.

Chúng ta làm tiếp một phép tính nhanh để thấy được chi phí dùng để kiểm thử đoạn chương trình này một cách thấu đáo và chi tiết. Ta giả sử rằng để kiểm định một trường hợp cần chạy trung bình tốn một giây. Chương trình kiểm thử sẽ được chạy 24 giờ một ngày và chạy suốt 365 ngày một năm. Vậy thì để chạy kiểm thử cho tất cả các trường hợp này cũng cần phải tốn khoản 3170 năm.

Do đó kiểm thử một cách thấu đáo là một việc bất khả thi cho những hệ thống lớn.

Mặc dù kỹ thuật này không thể hiện thực được trong thực tế với lượng tài nguyên có hạn, tuy nhiên với một số lượng có giới hạn các đường điển tiến logic quan trọng có chọn lựa trước để kiểm thử, phương pháp này có thể là rất khả thi.

Ngoài ra các trường hợp kiểm thử còn có thể là sự kết hợp của cả hai kỹ thuật trên nhằm đạt được các mục tiêu của việc kiểm thử.

Bây giờ chúng ta sẽ đi vào chi tiết thảo luận về kỹ thuật kiểm thử hộp trắng.

## 4.1. Phương pháp kiểm thử hộp trắng

Là phương pháp kiểm thử dựa vào cấu trúc/mã lệnh chương trình. Phương pháp white-box kiểm nghiệm một chương trình (một phần chương trình, hay một hệ thống, một phần của hệ thống) đáp ứng tốt tất cả các giá trị input bao gồm cả các giá trị không đúng hay không theo dự định của chương trình.

Phương pháp kiểm thử hộp trắng dựa trên:

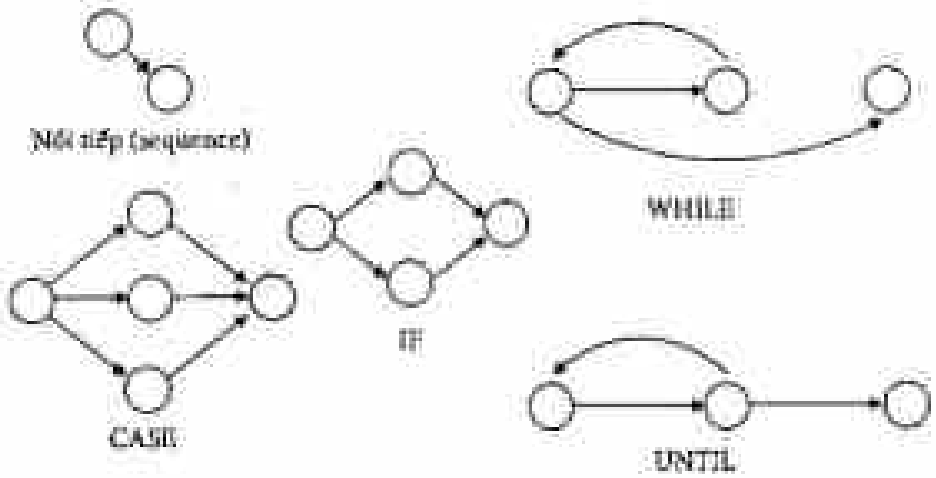
- Các câu lệnh (statement);
- Đường dẫn (path);
- Các điều kiện (condition);
- Vòng lặp (loop);
- Rẽ nhánh (branch).

### 4.1.1. Mô tả một số cấu trúc theo lược đồ

Trong các phương pháp kiểm tra tính đúng đắn của chương trình, lược đồ được dùng để:

- Trừu tượng hóa cú pháp của mã lệnh;
- Làm khuôn mẫu cơ bản cho các nguyên tắc kiểm tra theo trường hợp;
- Kiểm tra tính đúng đắn trên toàn bộ lược đồ.

Hình 4.2. Mô tả cấu trúc nối tiếp, rẽ nhánh và lặp.




*Hình 4.2. Một số cấu trúc theo lược đồ*

### 4.1.2. Kiểm thử theo câu lệnh (Statement Testing)

Thiết kế quá trình kiểm thử sao cho mỗi câu lệnh của chương trình được thực hiện ít nhất một lần. Phương pháp kiểm thử này xuất phát từ ý tưởng:

– Trừ phi một câu lệnh được thực hiện, nếu không ta không thể biết được có lỗi xảy ra trong câu lệnh đó hay không.

– Việc kiểm thử với một giá trị đầu vào không đảm bảo là sẽ đúng cho mọi trường hợp.

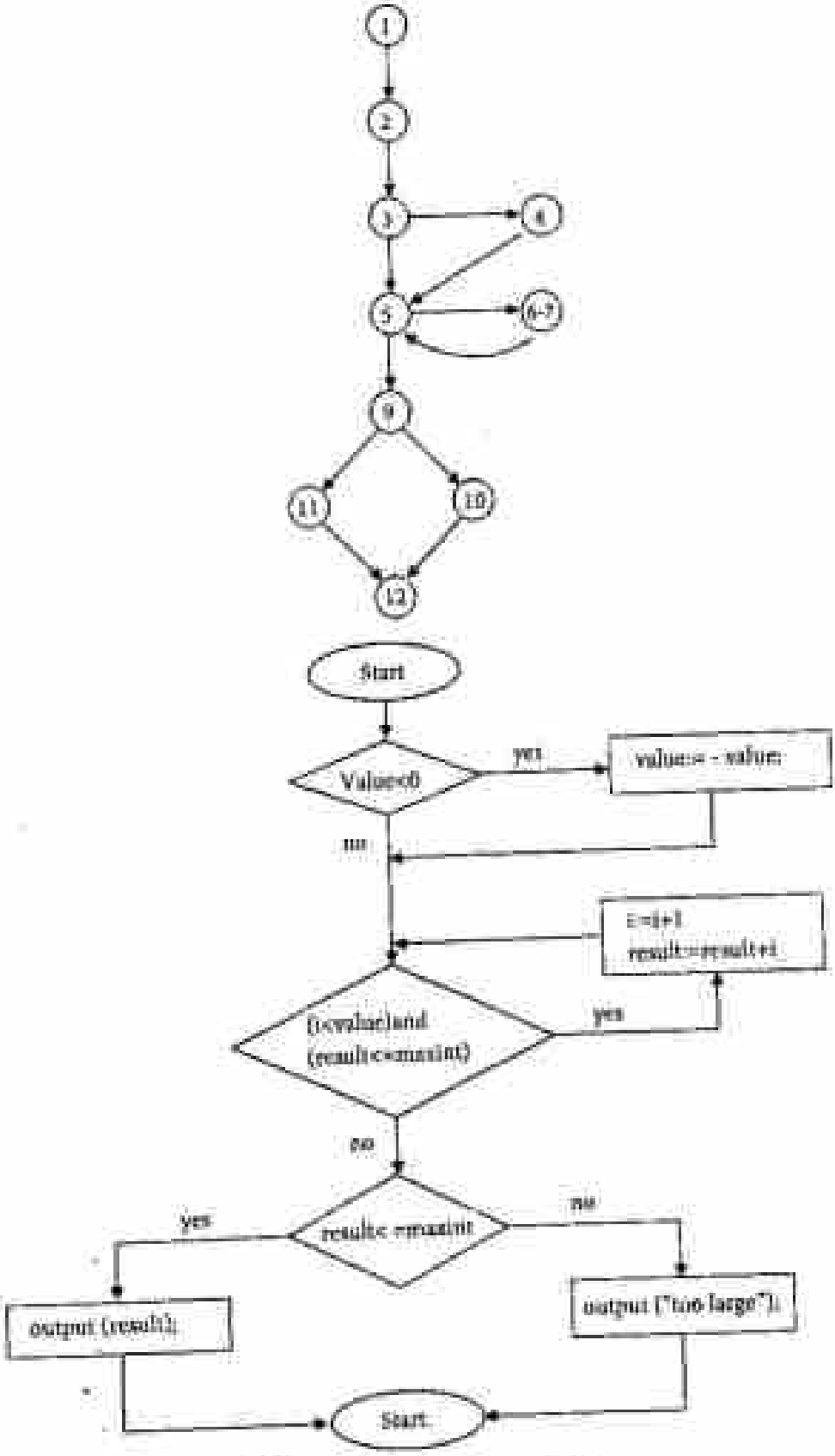
Ví dụ: Đoạn chương trình thực hiện tính:

result = 0+1+...+|value|,

nếu result <= maxint, báo lỗi trong trường hợp ngược lại.

```
1   . PROGRAM maxsum ( maxint, value : INT )
2   . INT result := 0 ; i := 0 ;
3   . IF value < 0
4   . THEN value := - value ;
5   . WHILE ( i < value ) AND ( result <= maxint )
6   . DO    i := i + 1 ;
7   . result := result + i ;
8   . OD;
9   . IF result <= maxint
10  . THEN OUTPUT ( result )
11  . ELSE OUTPUT ( "too large" )
12  . END.
```

Hình 4.3. Mô tả đồ thị kiểm thử của đoạn chương trình trên




*Hình 4.3. Đồ thị của chương trình*

Ví dụ: Với các bộ giá trị đầu vào (input):

maxint = 10, value = -1

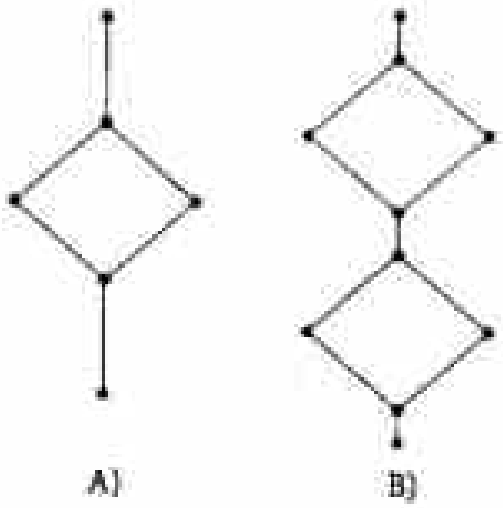
hay:

maxint = 0, value = -1

sẽ kiểm tra được toàn bộ các câu lệnh trong đoạn chương trình trên.

**Các vấn đề đối với phương pháp kiểm thử theo câu lệnh**

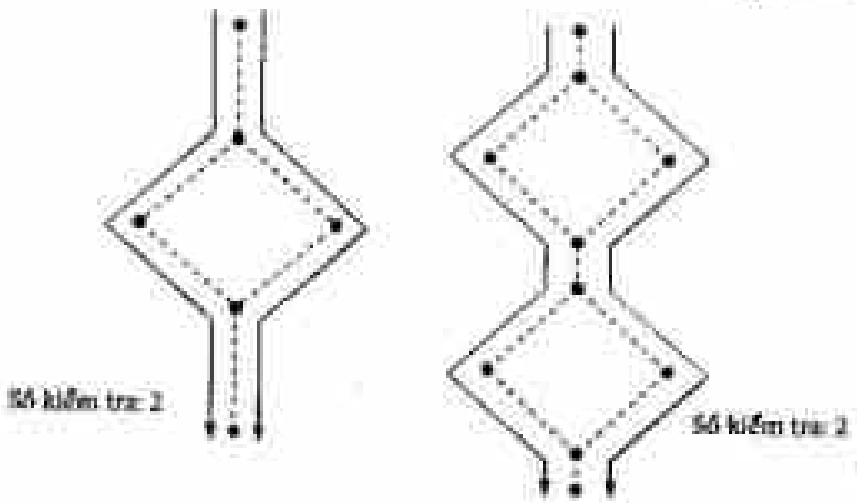
Để đánh giá phương pháp này ta xem qua ví dụ sau:



A) B)

***Hàm nào phức tạp hơn***

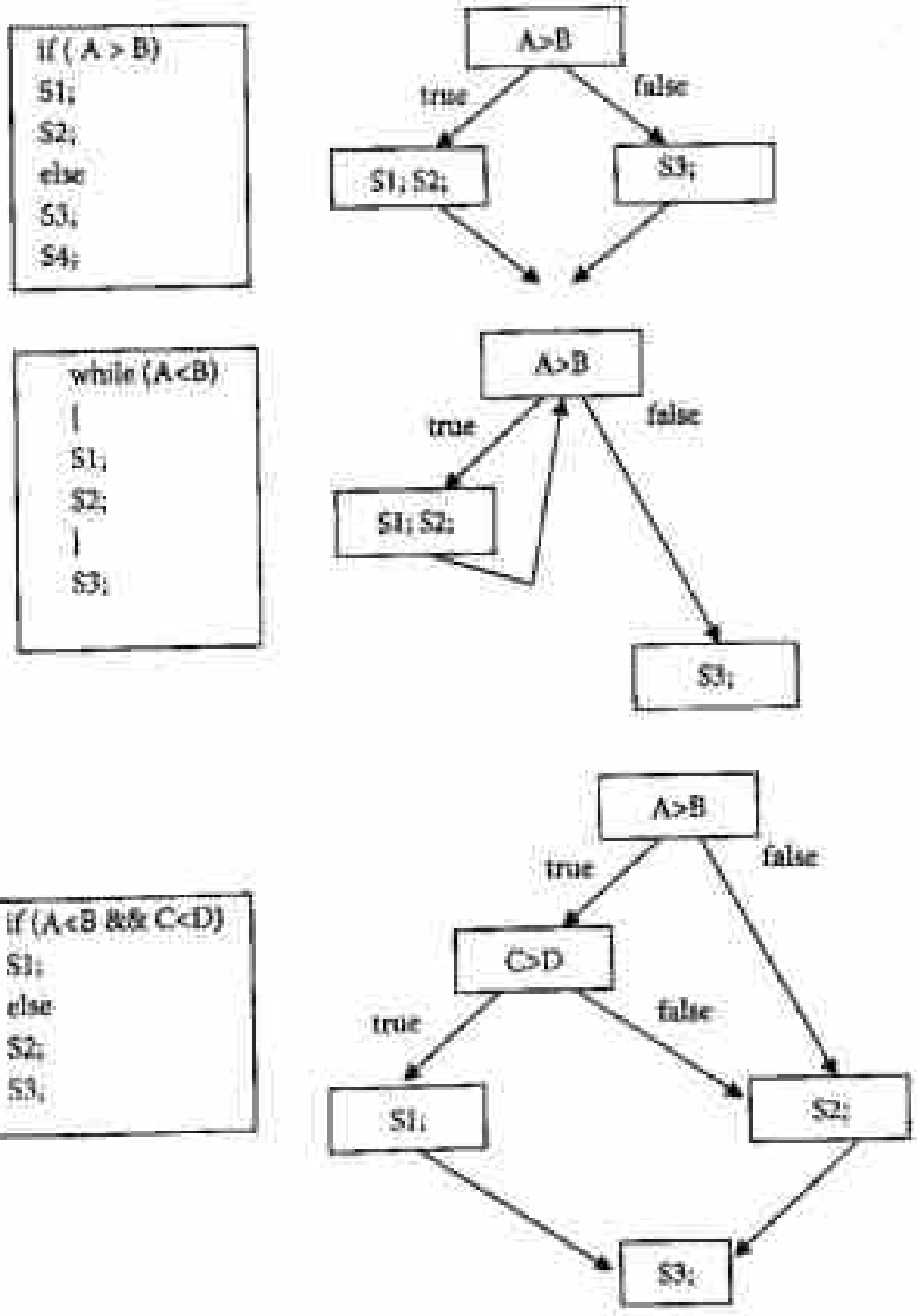
Với câu hỏi đầu tiên "Lược đồ nào phức tạp hơn", ta có câu trả lời là B. Với câu hỏi tiếp theo "Lược đồ nào cần các bước kiểm tra nhiều hơn?" ta cũng trả lời là B.




Tuy nhiên, ta thấy số lần kiểm tra tối thiểu để có thể kiểm tra toàn bộ các câu lệnh như trên cho cả hai hàm đều là 2. Vì vậy, phương pháp này không tương ứng với sự phức tạp của mã lệnh.

### 4.1.3. Kiểm thử theo đường dẫn (Path Testing)

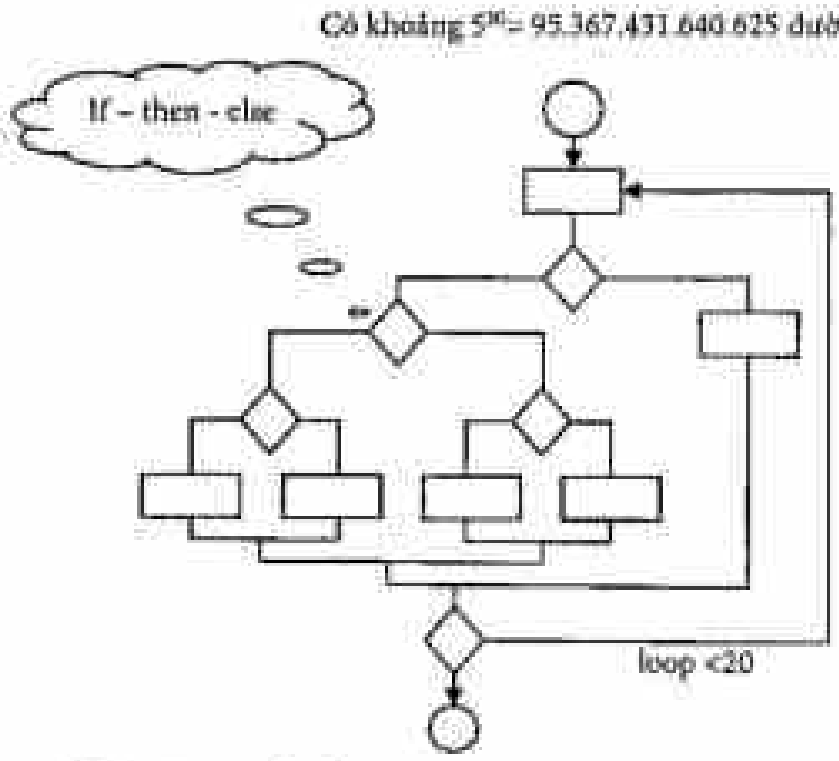
Là phương pháp kiểm thử bao trùm mọi đường dẫn của chương trình và cần kết hợp với lược đồ tiến trình. Hình 4.4 dưới đây giải thích đường dẫn của chương trình bằng lược đồ.




*Hình 4.4. Lược đồ kiểm thử theo đường dẫn*

Nhận xét:

Phương pháp kiểm thử theo đường dẫn phụ thuộc nhiều vào các biểu thức điều kiện (xem hình 4.5). Tuy nhiên, có những trường hợp số lượng đường dẫn quá lớn (trường hợp vòng lặp). Vì vậy phương trình này thường không phải là lựa chọn thực tế để tiến hành việc kiểm tra tính đúng đắn của chương trình.




*Hình 4.5. Lược đồ kiểm thử đường dẫn theo biểu thức điều kiện*

### 4.1.4. Kiểm thử theo điều kiện (Condition Testing)

Là phương pháp kiểm thử các biểu thức điều kiện trên hai giá trị true và false.

Ta xét các ví dụ sau:

Ví dụ 1:

```
if (x > 0 && y > 0)
x = 1;
else
x = 2;
```

Các bộ kiểm tra { (x>0, y>0), (x <=0, y>0) } sẽ kiểm thử toàn bộ các điều kiện.

Tuy nhiên, không thỏa mãn với mọi giá trị đầu vào, cần kết hợp cả x và y để thực hiện bước kiểm thử.

Ví dụ 2:

```
while (x > 0 || y > 0)
{
x--; y--;
z += x*y;
}
```

Với bộ kiểm tra [ (x>0) ] sẽ kiểm tra bao trùm được các điều kiện.

Tuy nhiên không kiểm tra được giá trị y.

Ví dụ 3:

```
if ( x != 0 )
y = 5;
if ( z < 1 )
z = z/x;
else
z = 0;
```

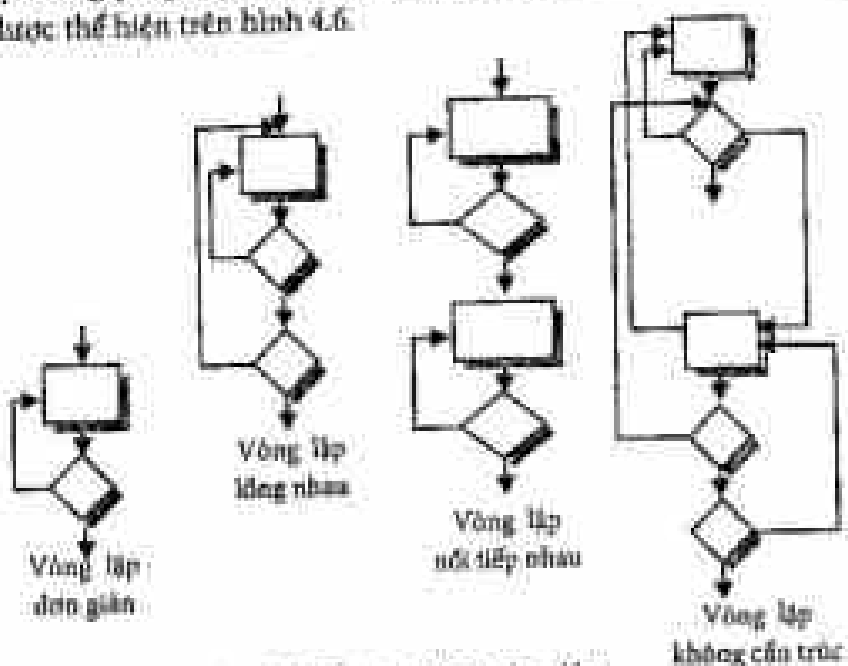
Với bộ kiểm tra [(x=0,z=1), (x=1, z=0)] sẽ kiểm tra bao trùm được các điều kiện.

Tuy nhiên không kiểm tra được trường hợp lỗi chia cho 0 (khi x = 0).

Nhận xét: Khi kiểm thử bằng phương pháp kiểm thử theo điều kiện cần xem xét kết hợp các điều kiện với nhau.

### 4.1.5. Kiểm thử theo vòng lặp (Loop Testing)

Là phương pháp tập trung vào tính hợp lệ của các cấu trúc vòng lặp. Các loại vòng lặp được thể hiện trên hình 4.6.




*Hình 4.6. Kiểm thử theo vòng lặp*

**– Các bước cần kiểm thử cho vòng lặp đơn**

+ Bỏ qua vòng lặp.

+ Lặp một lần.

+ Lặp hai lần.

+ Lặp m lần (m<n).

+ Lặp (n-1), n, (n+1) lần.

Trong đó n là số lần lặp tối đa của vòng lặp.

**– Các bước cần kiểm thử cho vòng lặp dạng lồng nhau**

+ Khởi đầu với vòng lặp nằm bên trong nhất. Thiết lập các tham số lặp cho các vòng lặp bên ngoài về giá trị nhỏ nhất.

+ Kiểm tra với tham số min+1, một giá trị tiêu biểu, max-1 và max cho vòng lặp bên trong nhất trong khi các tham số lặp của các vòng lặp bên ngoài là nhỏ nhất.

+ Tiếp tục tương tự với các vòng lặp liền ngoài tiếp theo cho đến khi tất cả vòng lặp bên ngoài được kiểm tra.

**– Các bước cần kiểm thử cho vòng lặp nối tiếp**

+ Nếu các vòng lặp là độc lập với nhau thì kiểm tra như trường hợp các vòng lặp dạng đơn, nếu không thì kiểm thử như trường hợp các vòng lặp lồng nhau.

Ví dụ:

```
// LOOP TESTING EXAMPLE PROGRAM
import java.io.*;
class LoopTestExampleApp {
  // ---------------- FIELDS ----------------
  public  static BufferedReader keyboardInput =
        new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
  private static final int MINIMUM = 1;
  private static final int MAXIMUM = 10;
  // ---------------- METHODS ----------------
  /* Main method */
  public static void main(String[] args) throws IOException {
  System.out.println("Input an integer value:");
    int input = new Integer(keyboardInput.readLine()).intValue();
  int numberOfIterations = 0;
```

```
for(int index = input;index >= MINIMUM && index <= MAXIMUM;index++) {
numberOfIterations++;
        }
// Output and end
System.out.println("Number of iterations = " + numberOfIterations);
}
}
```

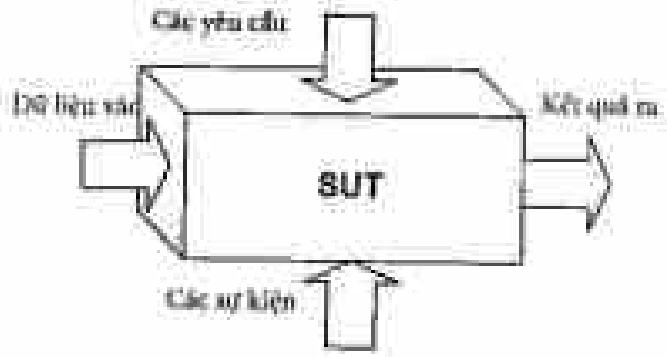
| Giá trị đầu vào | Kết quả (Số lần lặp) |
|---|---|
| 11 | 0 (bỏ qua vòng lặp) |
| 10 | 1 (chạy 1 lần lặp) |
| 9 | 2 (chạy 2 lần lặp) |
| 5 | 6 (trường hợp chạy m lần lặp khi m<n) |
| 2 | 9 (chạy N – 1 lần lặp) |
| 1 | 10 (chạy N lần lặp) |
| 0 | 0 (bỏ qua vòng lặp) |

## 4.2. Phương pháp kiểm thử hộp đen

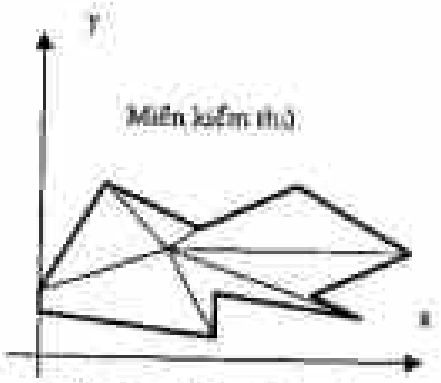
Còn gọi là kiểm thử chức năng. Việc kiểm thử này được thực hiện mà không cần quan tâm đến các thiết kế và viết mã của chương trình. Kiểm thử theo cách này chỉ quan tâm đến chức năng đã đề ra của chương trình. Vì vậy, kiểm thử loại này chỉ dựa vào bản mô tả chức năng của chương trình, xem chương trình có thực sự cung cấp đúng chức năng đã mô tả trong bản chức năng hay không mà thôi (xem hình 4.7).

Kiểm thử hộp đen dựa vào các định nghĩa về chức năng của chương trình. Các trường hợp thử nghiệm (test case) sẽ được tạo ra dựa nhiều vào bản mô tả chức năng chứ không phải dựa vào cấu trúc của chương trình. Gồm các phương pháp sau:

- Phân chia tương đương;
- Phân tích giá trị biên;
- Đồ thị nhân quả (Cause – Effect);
- Kiểm tra hành vi (Behavioural testing);
- Kiểm thử ngẫu nhiên;
- Ước lượng lỗi ...




*Hình 4.7. Mô hình kiểm thử hộp đen*




*Hình 4.8. Phân tích miền vào/ra của kiểm thử*

Có ba hướng tiếp cận chính trong phương pháp blackbox:

**Phân tích miền vào/ra của chương trình:**

Dẫn tới việc phân chia hợp lý miền Input/Ouput vào tập hợp con (xem hình 4.8).

**Phân tích tính chất đáng chú ý của hộp đen:**

Dẫn tới một loại 'flow-graph-like', có thể ứng dụng các kỹ thuật của hộp trắng (trên loại hộp đen này).

**Heuristics**

Các kỹ thuật này giống với phân tích rủi ro, đầu vào ngẫu nhiên, kiểm thử gây căn ('stress').

## 4.2.1. Phân chia tương đương

Phân chia (nếu có thể) tất cả các lớp dữ liệu mà trong đó các thành phần tương đương nhau để hạn chế số lượng kiểm thử, như là:

– Có một số hạn chế về các lớp tương đương đầu vào.

– Chúng ta có thể chấp nhận một số lý do như:

+ Chương trình chạy để gom những tín hiệu đầu vào tương tự nhau vào trong cùng một lớp.

+ Kiểm thử một giá trị đại diện của lớp.

+ Nếu giá trị đại diện bị lỗi thì các thành viên trong lớp đó cũng sẽ bị lỗi như thế.

## 4.2.2. Lập kế hoạch

Nhận dạng các lớp tương đương đầu vào:

– Dựa vào các điều kiện vào/ra trong đặc tính kỹ thuật/mô tả kỹ thuật.

– Cả hai lớp tương đương đầu vào: "valid" và "invalid".

– Dựa vào heuristics và chuyển giao:

+ "input x in [1..10]" → classes: x<1, 1≤ x ≤10, x>10;

+ "Loại liệt kê A, B, C" → classes: A, B, C, not{A,B,C}.

Định nghĩa một/cặp của các trường hợp thử cho mỗi lớp.

– Kiểm thử các trường hợp thuộc lớp tương đương "valid".

– Kiểm thử các trường hợp thuộc lớp tương đương "invalid".

Ví dụ:

Kiểm một hàm tính giá trị tuyệt đối của một số nguyên. Các lớp tương đương:

| Condition | Các lớp tương đương 'Valid' | Các lớp tương đương 'Invalid' |
|---|---|---|
| Số nhập vào | 1 | 0, >1 |
| Loại dữ liệu vào | integer | Non-integer |
| Abs | <0, >=0 | |

Kiểm các trường hợp:

x =-10, x =100

x ="XYZ", x = -10 x = 20

Ví dụ 2:

"Một chương trình đọc ba giá trị integer. Ba giá trị này được thể hiện như chiều dài ba cạnh của một hình tam giác. Chương trình in một câu thông báo là tam giác thường (uligesidet), tam giác cân (ligebenet), hoặc tam giác đều (ligesidet)." [Myers]

+ Viết một tập các trường hợp để thử chương trình này.

*Các trường hợp test là:*

– Giá trị ba cạnh có lệch nhau không?

– Giá trị ba cạnh có bằng nhau không?

– Giá trị ba cạnh tam giác cân?

– Ba hoán vị trước đó?

– Cạnh bằng 0?

– Cạnh có giá trị âm?

– Một cạnh bằng tổng của hai cạnh kia?

– Ba hoán vị trước đó?

– Giá trị một cạnh lớn hơn tổng hai cạnh kia?

– Ba hoán vị trước đó?

– Tất cả các cạnh bằng 0?

– Nhập vào giá trị không phải số nguyên?

– Số của các giá trị sai?

– Cho mỗi trường hợp thử: là giá trị đầu ra mong đợi?

– Kiểm tra cách chạy chương trình sau khi đầu ra hoàn chỉnh?

Ví dụ: Phân lớp tương đương

Kiểm tra một chương trình tính tổng giá trị đầu tiên của các số nguyên, miễn là tổng này nhỏ hơn *maxint*. Mặt khác, khi có lỗi chương trình cần ghi lại, nếu giá trị âm, thì phải lấy giá trị tuyệt đối.

Dạng:

Nhập số nguyên **maxint** và **value**, giá trị **result** được tính là:

Result= $\sum_{k=0}^{|Value|} k$ nếu:<= maxint, ngoài ra thì sinh lỗi.

Các lớp tương đương:

| Condition | Lớp tương đương "Valid" | Lớp tương đương "Invalid" |
|---|---|---|
| Số nhập vào | 2 | <2, >2 |
| Loại dữ liệu vào | Int int | Int no-int, no-int int |
| Abs(value) | Value<0, value≥0 | |
| Maxint | Σk≤ maxint, Σk> maxint | |

### 4.2.3. Phân tích giá trị biên

Dựa vào chuyên gia/Heuristics:

– Kiểm thử điều kiện biên của các lớp thì có tác dụng nhiều hơn là đưa vào các giá trị trực tiếp như trên.

– Chọn các giá trị biên đầu vào để kiểm tra các lớp đầu vào thay vì thêm vào những giá trị tùy ý.

– Cũng chọn những giá trị đầu vào như thế để cho ra những giá trị biên đầu ra.

Ví dụ về chiến lược mở rộng việc phân lớp:

– Chọn một giá trị tùy ý cho mỗi lớp.

– Chọn các giá trị chính xác ở biên trên và biên dưới của mỗi lớp.

– Chọn các giá trị ngay lập tức ở dưới và trên mỗi biên (nếu có thể).

Ví dụ: Kiểm tra một hàm tính giá trị tuyệt đối của 1 số nguyên.

Các lớp tương đương "valid" như sau:

| Condition | Lớp tương đương "Valid" | Lớp tương đương "Invalid" |
|---|---|---|
| Abs | <0,>=0 | |

Các trường hợp thử:

Lớp x<0, giá trị tùy ý: x=-10

Lớp x>=0, giá trị tùy ý: x=100

Các lớp x<0, x>=0, giá trị biên: x=0

Các lớp x<0, x>=0, giá trị dưới và trên: x=-1, x=1

Ví dụ: Phân tích giá trị biên

Nhập vào số integer *maxint* và *value*, tính toán giá trị *result* như sau:

$$Result = \sum_{k=0}^{(Value)} k$$ nếu<= maxint, ngoài ra thì sinh lỗi.

Các lớp tương đương *valid*:

| Condition | Lớp tương đương "*Valid*" |
|---|---|
| Abs(*value*) | Value<0, value≥0 |
| *Maxint* | $\sum k \le$ *maxint*, $\sum k >$ *maxint* |

Chúng ta cần giá trị giữa *maxint*<0 và *maxint*>=0?

Maxint maxint<0, 0≤ maxint <$\sum k$, maxint≥ $\sum k$

Các lớp tương đương valid:

| Abs(*value*) | Value<0, value≥0 |
|---|---|
| *Maxint* | *Maxint* < 0, 0≤ *maxint* < $\sum k$, *maxint* ≥ $\sum k$ |

Các trường hợp thử:

| Maxint | value | result | maxint | value | result |
|---|---|---|---|---|---|
| 55 | 10 | 55 | 100 | 0 | 0 |
| 54 | 10 | error | 100 | -1 | 1 |
| 56 | 10 | 55 | 100 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | ... | ... | ... |

### 4.2.4. Đồ thị nhân – quả (Cause – Effect)

Kỹ thuật kiểm thử Black-Box phân tích việc kết hợp các điều kiện vào.

Đặc tính *Cause* và *Effect*

↓ ↓

inputs outputs

trạng thái hiện tại trạng thái mới

– Tạo một đồ thị kết nối Causes và Effects.

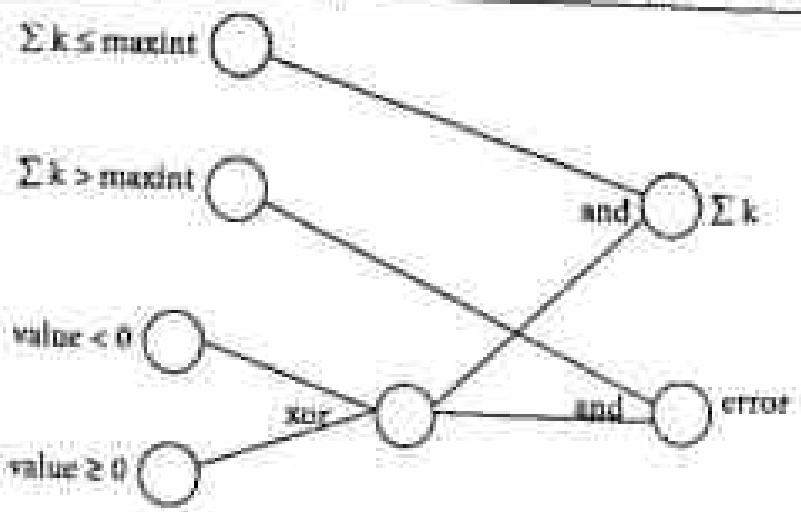
– Chú thích nếu không thể kết hợp Causes và Effects.

– Phát triển bảng quyết định từ đồ thị ứng với mỗi cột, một sự kết hợp đặc biệt của đầu vào và đầu ra.

– Mỗi trường hợp test phải thay đổi cột.

Các trường hợp thử được chỉ ra trong bảng giá trị và đồ thị sau:

| | Maxint | Value | result |
|---|---|---|---|
| Valid | 100 | 10 | 55 |
| | 100 | -10 | 55 |
| | 10 | 10 | Error |
| Invalid | 10 | - | Error |
| | 10 | 30 | Error |
| | "XYZ" | 10 | Error |
| | 100 | 9.1E4 | Error |



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Causes inputs (Đầu vào kiểm tra) | $\sum k \le maxint$ | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | $\sum k > maxint$ | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | $value < 0$ | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | $value \ge 0$ | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | | | | |
| Effects outputs (Kết quả) | $\sum k$ | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | error | 0 | 0 | 1 | 1 |

## Câu hỏi và bài tập

1. Viết chương trình đọc vào ba giá trị nguyên. Ba giá trị này tương ứng với chiều dài ba cạnh của một tam giác. Chương trình hiển thị một thông điệp cho biết tam giác đó là tam giác thường, cân, hay đều.

2. Vẽ đồ thị V(G) và đường diễn tuyến của chương trình trên.

3. Xây dựng các testcase để duyệt qua tất cả các nhánh của đồ thị trên.

4. Tìm hiểu thêm về các kỹ thuật kiểm thử.