

基本路径测试中的 McCabe 算法改进与应用

王冠, 景小宁, 王彦军

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:基本路径测试是一种重要的白盒测试技术,具有较高的故障覆盖率.作为基本路径测试中较为常用的方法之一的 McCabe 法,是通过分析程序结构和环路复杂性,从而导出基本可执行路径集,再由路径集设计测试用例.但是 McCabe 法的可操作性差、容易产生错误影响了其在基本路径中的应用.针对这一问题,改进了 McCabe 法,并对算法改进前后在基本路径测试中的应用进行对比,结果表明改进的 McCabe 法更简单,而且操作性更强,便于基本路径的准确生成.

关键词:白盒测试;基本路径测试;改进的 McCabe 方法

中图分类号: TP311.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2010)01-0048-04

The Application of Improved McCabe Method in Basis Path Test

WANG Guan, JING Xiao-ning, WANG Yan-jun

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: As an important white-box test technology, Basis Path Test could detect more program errors than others. One general method is McCabe. With McCabe method, an executable basis path collection is exported to design test cases through analyzing program structure and loop complexity. But it is difficult to manipulate and easy to make mistakes, which affect the application in Basis Path Test. Aiming at the problem, McCabe method is improved in this paper, and the improved method is in contrast with the primary one. Test results prove that the improved McCabe method is simpler and its manipulation gets enhanced, whose advantages make the generation of basic paths more exact.

Key words: white-box test; basis path test; improved McCabe method

0 引言

白盒测试也称结构测试或逻辑驱动测试,是软件测试实践中最为有效和实用的方法之一.白盒测试通过了解软件系统的内部工作过程设计测试用例,按照程序内部的结构测试程序,白盒测试目的是充分覆盖整个软件系统,检验程序中的每条通路是否都能按预定要求正确工作^[1].然而在实际软件系统中,即使是一个不太复杂的程序,其路径的组合都

有可能是一个庞大的数字,要想在测试中覆盖这么多的路径基本是不可能的,即使自动化测试也是困难的^[2-7].如果使路径覆盖变得切实可行,那么覆盖的路径数目就必须得在一定范围之内.为了解决这一难题,一种被成为“基本路径测试”的方法便出现了.目前,比较成熟的基本路径测试算法有 McCabe 法、Halstead 法、连通矩阵法等.

M McCabe 法因为抓住了路径多、自然形成回路即环路这一实质,因此被大家公认为是较为成熟的计算程序复杂度的方法.但是它也有不足之处:可操作

收稿日期: 2009-11-12

作者简介: 王冠(1984—),男,硕士研究生, E-mail: wangguan_1984@163.com;

景小宁(1965—),女,副教授,硕士生导师.

性差、很难用机器自动统计. 而改进的 McCabe 法通过统计程序中“if”个数及循环的总重数计算程序复杂度,提高了可操作性、便于机器自动统计、降低了错误率.

本文将 McCabe 方法和改进的 McCabe 方法应用到基本路径测试中,并通过一个 C 语言程序实例(程序 1)对两种方法进行比较,从而说明改进的 McCabe 方法在基本路径测试中的优势与特点.

1 McCabe 法在基本路径测试中的研究

McCabe 度量法是由 Thomas McCabe 提出的一种基于程序控制流的复杂性度量方法. McCabe 复杂性度量又称环路度量. 程序图中每个处理都退化成一个结点,用有向弧将不同结点相应连接起来,这样的有向图称为数据流图,程序的环形复杂度等于强连通图中线性无关的有向环的个数.

McCabe 法是用于度量程序的环形复杂度,它等于强连通的程序图中线性无关环的个数. 其方法是先给出程序流程图,把每一个图框都认为是一个结点. 该法给出了计算公式为

$$V(G) = m - n + p$$

其中 m 是有向图中的弧数, n 是有向图中的结点数, p 是图 G 中的强连通分量的个数.

下面将结合程序 1,使用 McCabe 方法对基本路径测试的测试用例进行设计,程序如下:

```
1 main()
2 {
3   int a=0, b=0;;
4   int i;
5   char str;
6   scantf(“%d,%c\n”, &i, &str);
7   while(i<6)
8   {
9     if (str == 'T')
10    a++;
11    else if (str == 'F')
12    b++;
13    i++;
14  }
15  printf(“a=%d, b=%d\n”, a, b);
16 }
```

程序 1 的程序流程图和数据流图如图 1,图 2 所示.

确定基本路径集. 通过数据流图可以得出 $m = 10, n = 7, p = 1$ (在这个程序中,从程序图的入口总能到达图中任何一个结点,因此程序是连通的,但不是强连通. 所以我们在出口与入口结点间加上一条虚线表示的有向边,使其成为强连通图.), $V(G) = 10 - 7 + 1 = 4$,其基本路径条数为 4 条,基本路径为:

path1: 7→15

path2: 7→9→11→13→7→15

path3: 7→9→10→13→7→15

path4: 7→9→11→12→13→7→15

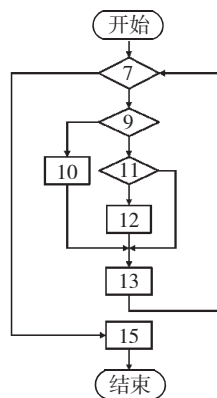


图 1 McCabe 法

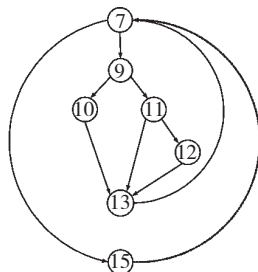


图 2 数据流程图

根据上述 4 条基本路径,设计测试用例组 1,如表 1 所示.

表 1 测试用例组 1

测试用例	输入		期望输出		执行路径
	i	str	a	b	
Test Case 1	7	'T'	0	0	路径 1
Test Case 2	3	'E'	0	0	路径 2
Test Case 3	4	'T'	2	0	路径 3
Test Case 4	2	'F'	0	4	路径 4

2 改进的 McCabe 法

McCabe 方法的缺点是需要人工绘制程序流程图并且数出结点和边的个数过于麻烦,而改进的

M McCabe 方法通过计算机对程序的识别判断和循环语句,从而得到程序复杂度和基本路径.

改进的 McCabe 方法不用再绘制程序流程图,更加容易使计算机统计弧数和结点数. McCabe 法改进公式为

$$V(G) = M + N + 1$$

其中: M 为判断语句 (if) 的个数; N 为循环的总重数.

应用改进的 McCabe 法求基本路径的算法: 定义一个 path 数组,用于记录路径,不论是循环语句还是判断语句,它只可能有“真”或“假”两种情况,当碰到循环或判断时用 path [i] [$i + 1$] 记录为“真值”时的路径,用 path [$i + 1$] [$i + 1$] 复制 path [i] [$i + 1$] 之前的路径,然后用 path [$i + 1$] [$i + 1$] 记录为“假值”时的路径,记录当前路径直到程序结束,检查 path 数组中是否有未完成的路径,如果有未完成的路径则与前面相同方法进行路径记录,当路径全部完成后输出路径. 改进的 McCabe 算法其具体流程,如图 3 所示.

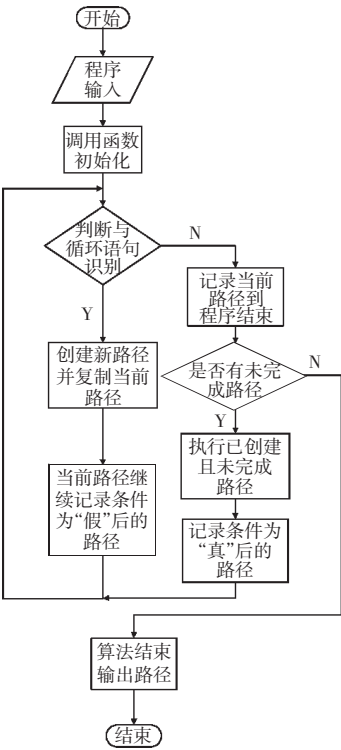


图 3 改进 McCabe 法流程图

根据改进的 McCabe 法得出基本路径数有:

在程序 1 中共有 1 个循环体,2 个判断语句,所以, $V(G) = 2 + 1 + 1 = 4$,得出程序 1 的基本路径为 4 条.

得到了基本路径条数,即可得到基本路径. 基本路径为

path1 : 7,15

path2 : 7,8,9,11,13,14,7,15

path3 : 7,8,9,10,13,14,7,15

path4 : 7,8,9,11,12,13,14, 7,15

根据上述 4 条基本路径,设计测试用例组 2,如表 2 所示.

表 2 测试用例组 2

测试用例	输 入		期望输出		执行路径
	i	str	a	b	
Test Case 1	7	'T'	0	0	路径 1
Test Case 2	3	'E'	0	0	路径 2
Test Case 3	4	'T'	2	0	路径 3
Test Case 4	2	'F'	0	4	路径 4

3 改进后 McCabe 法在基本路径测试中的对比

将所设计的测试用例代入程序 1 中,得到的结果与期望输出相同,所以可以说明两种方法都是正确可行的,虽然如此,但是两种方法却有着很大的差异.

M McCabe 法在基本路径测试中的弊端有:

- 1) 可操作性差,由于现在编程人员很少会在编程同时给出程序流程图,而 McCabe 法是在程序流程图的基础上对其结构分析得到基本路径的,如果单纯为此而画流程图,无异于增加麻烦.
- 2) 由于程序图的有向弧和点都不受几何空间限制,很难用机器自动统计有向弧个数和结点数.
- 3) 容易产生错误,目前的程序越来越复杂,而程序流程图是测试人员对程序分析后得到的,由于程序的复杂和测试人员的理解差异,而使得根据此路径设计的测试用例得到的结果与期望输出不同,导致测试用例设计错误,测试失败.

改进的 McCabe 法在基本路径测试中的优势有:

- 1) 可操作性强,测试人员不必再绘制流程图,减少测试人员的工作量,节约了大量的测试时间,其自动化测试能力大大提升.
- 2) 便于自动统计,机器可以自动统计,程序复杂度等于各程序段主干环和子主干环总环数之和再加上程序中条件语句的个数.
- 3) 降低了错误率,基本路径是通过计算机自动生成的,减少了由于测试人员分析偏差等原因而产生的错误,提高了测试用例的正确性.

4 结 语

在对软件进行基本路径测试时,如何正确、有效并且快速的选择测试路径是提高软件测试效率的最好方法之一. 本文通过对基本路径测试中 McCabe 方法进行改进,并对此方法改进前后进行对比和分析,从而得出,改进的 McCabe 方法是基于 McCabe 方法之上的一种操作性更强、更简单、更便于基本路径生成的方法,其在基本路径集生成上有很高的可操作性,提高了基本路径生成的正确性,节约了测试时间,降低了测试成本.

参 考 文 献:

- [1] 袁玉宇. 软件测试与质量保证 [M]. 北京:北京邮电大学出版社

社,2008.

- [2] 杜文杰. 软件测试教程 [M]. 北京:清华大学出版社,2008.
 [3] 张广梅,李晓维,韩丛英. 路径测试中基本路径集的自动生成 [J]. 计算机工程,2007, 22: 195 - 197.
 [4] 贾晓强. 基于白盒测试的基本路径测试 [J]. 渭南师范学院学报, 2008, 2: 71 - 73.
 [5] 尹 平,许聚常,张慧颖. 软件测试与软件质量评价 [M]. 北京:国防工业出版社,2008.
 [6] Yan J, Zhang, J. An Efficient Method to Generate Feasible Paths for Basis Path Testing [J]. Information Processing Letters,2008, 107(1):87 - 92.
 [7] McCabe T J. Structural Testing: A Software Testing Methodology Using the Cyclomatic Complexity Metric [M]. Baltimore: McCabe and Associates,1987.

(编辑:温泽宇)

(上接第 47 页)

使图像边缘和细节更折中,但还是有一些噪声点;图 1(g)单独采用 Canny 算子检测出的图像有效地去除了噪声,但丢失了一些灰度值变化缓慢的局部边缘细节信息. 而本文提出的方法融合了改进的小波变换和 Canny 算子的优点,弥补了不足,如图 1(h),边缘信息得到了完善,达到了很好的边缘检测效果.

5 结 语

本文提出的算法结合了改进的小波变换和 Canny 算子的优点,实验证明:该方法检测提取出来的图像包含了原始图像丰富的细节信息和较完整的轮廓,是一种有效的边缘检测方法.

参 考 文 献:

- [1] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用 [M]. 北京:科学出版社,2002:175 - 185.

- [2] MALLAT S,ZHONG S. Characterization of Signals from Multiscale Edges [J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 1992,14(7):710 - 732.
 [3] MALLAT S, HWANG WL. Singularity Detection and Processing with the Wavelets [J]. IEEE Trans Inform Theor, 1992,38(2):617 - 643.
 [4] 邹福辉,李忠科. 图像边缘检测算法的对比分析 [J]. 计算机应用,2008,28(1):215 - 219.
 [5] HANJAL IC A. Shot-boundary Detection: Unraveled and Resolved [J]. IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology,2002,12(2):90 - 105.
 [6] MEER P, GEOR GESCU B. Edge Detection with Embedded Confidence [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2001,23(12):1351 - 1365.
 [7] 万 力,易 昂,傅 明. 一种基于 Canny 算法的边缘提取改善方法 [J]. 计算技术与自动化,2003,22(1):24 - 26.

(编辑:王 萍)