

边界值分析

概述

基本思想

大量的软件错误通常发生在输入或输出范围的边界或边界附近

-对于包含循环的程序来讲，经常出现的错误是误将“ \leq ”写成了“ $<$ ”，使得循环指数少计算一次

-for(int i=0; $i \leq 100$; i++) \rightarrow for(int i=0; $i < 100$; i++)

在设计测试用例时，需要充分考虑输入取极值的情况

目录

■ 边界值选择基本原则

■ 边界值测试分类

■ 边界值分类

基本原则

- 1) 如果输入条件规定了取值范围，则以此范围为基础设计测试用例。
 - 某电子产品正常工作的温度范围为 $[-20\sim 50]^{\circ}\text{C}$ ，则选择边界值-20、50、-19.9、49.9、-20.1和50.1 $^{\circ}\text{C}$ 进行测试。

基本原则

- 2) 如果输入条件规定了取值的个数，则以个数为基础设计测试用例。
 - 某学生管理系统，可管理30~3000名学生。那么，可以选择30、3000、31、2999、29以及3001作为测试用例。

每页显示 10 条记录

员工姓名	性别	出生年月	入职时间
张三	女	1996-02-01	2019-03-01
李四	男	1983-06-18	2018-06-16
李五	女	1990-06-05	2018-06-10
白晓慧	女	1974-10-08	2018-07-14
王三五	男	2019-03-13	2019-05-01
张雷	男	2019-07-09	2019-07-09

从 1 到 6 / 共 6 条数据

基本原则

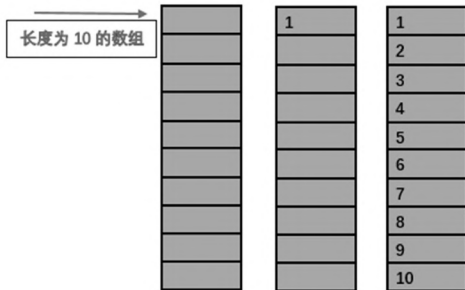
- 3) 如果需求规格说明中指定了输出的范围和取值的个数，参考使用原则（1）和（2）。
 - 某个系统给出“每页最少显示1条结果记录、最多显示20条结果”，则可以考虑测试1、20、2、19甚至0和21。

基本原则

- 4) 如果输入或输出是一个有序集合，如：线性表、顺序文件等；则选择该序列中的第一个及最后一个元素进行测试，进一步考虑第二个元素和倒数第二个元素。

基本原则

- 5) 如果明确知道程序使用数组、链表等数据结构，应该测试这些数据结构上的边界条件。
 - 定义的数组包含10个元素；
则测试数组为空、只包含一个元素、包含10个元素等情况。



基本原则

- 6) 对于被测软件进行深入分析，从而发现隐含的边界条件。
 - 无符号字符类变量的范围为[0~255]，字符类变量的范围为[-128~127]，布尔类型的变量边界为0和1，等等。

目录

■边界值选择基本原则

■边界值测试分类

■边界值分类

测试用例设计

- 对于一个明确范围的输入或输出，选择“最小值、略大于最小值、正常值、略小于最大值和最大值”进行测试。
 - min、min+、norm、max-和max
- 考虑异常，增加两个值进行测试：“略小于最小值和略大于最大值”。
 - min-和max+

目录

- 边界值选择基本原则
- 边界值测试分类
- 边界值分类

边界值测试分类

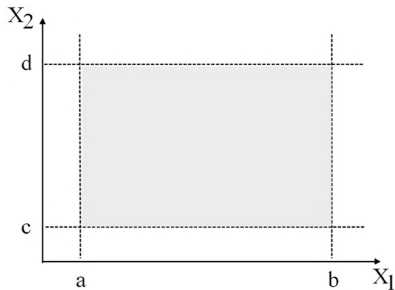
- 考虑2个问题：
 - 是否关心无效输入的情况
 - 是否考虑错误是由多个输入同时取极值造成的

边界值测试分类

- 分类：
 - 普通边界值测试
 - 健壮性测试
 - 最坏情况测试
 - 健壮最坏情况测试

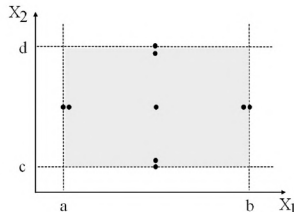
案例

- 设某程序有两个输入 x_1 和 x_2 ；它们的取值范围分别为 $a \leq x_1 \leq b$ 、 $c \leq x_2 \leq d$ ；假定 x_1 和 x_2 为整型变量



普通边界值测试

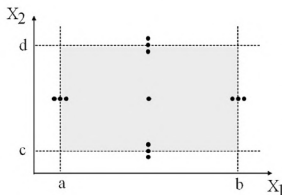
- 基于单缺陷假设、只考虑输入取有效值情况;
- 同一时刻只有一个变量取极值, 而其它变量取正常值;
- 变量 x_1 分别取值: a 、 $a+1$ 、 $(a+b)/2$ 、 $b-1$ 和 b ;
- 变量 x_2 分别取值: c 、 $c+1$ 、 $(c+d)/2$ 、 $d-1$ 和 d ;
- 共9个测试用例。



需要测试的 x_1 和 x_2 的组合为:
 $\{ \langle a, (c+d)/2 \rangle, \langle a+1, (c+d)/2 \rangle, \langle (a+b)/2, (c+d)/2 \rangle, \langle b-1, (c+d)/2 \rangle, \langle b, (c+d)/2 \rangle, \langle (a+b)/2, c \rangle, \langle (a+b)/2, c+1 \rangle, \langle (a+b)/2, d-1 \rangle, \langle (a+b)/2, d \rangle \}$

健壮性测试

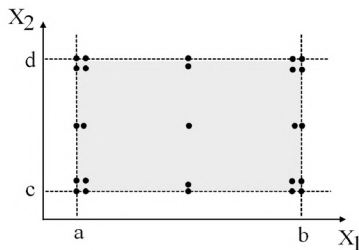
- 基于单缺陷假设、既考虑输入取有效值也考虑取无效值的情况；
- 同一时刻，只有一个变量取极值，而其它变量取正常值；
- 变量 x_1 分别取值： $a-1$ 、 a 、 $a+1$ 、 $(a+b)/2$ 、 $b-1$ 、 b 和 $b+1$ ；
- 变量 x_2 分别取值： $c-1$ 、 c 、 $c+1$ 、 $(c+d)/2$ 、 $d-1$ 、 d 和 $d+1$ ；
- 共有13个测试用例。



需要测试的 x_1 和 x_2 的组合为： $\{ \langle a-1, (c+d)/2 \rangle, \langle a, (c+d)/2 \rangle, \langle a+1, (c+d)/2 \rangle, \langle (a+b)/2, (c+d)/2 \rangle, \langle b-1, (c+d)/2 \rangle, \langle b, (c+d)/2 \rangle, \langle b+1, (c+d)/2 \rangle, \langle (a+b)/2, c-1 \rangle, \langle (a+b)/2, c \rangle, \langle (a+b)/2, c+1 \rangle, \langle (a+b)/2, d-1 \rangle, \langle (a+b)/2, d \rangle, \langle (a+b)/2, d+1 \rangle \}$

最坏情况测试

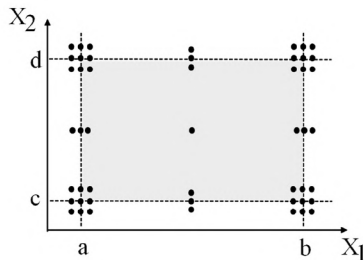
- 基于多缺陷假设、只考虑输入取有效值的情况;
- 同一时刻允许多个变量取极值但每个变量只考虑有效输入情况;
- 变量 X_1 和 X_2 各有5个有效取值;
- 共 $5 \times 5 = 25$ 个测试用例。



X_1 和 X_2 取值集合的笛卡尔乘积:
 $\{a, a+1, (a+b)/2, b-1, b\} \times \{c, c+1, (c+d)/2, d-1, d\}$

健壮最坏情况

- 基于多缺陷假设、既考虑输入取有效值也考虑取无效值的情况；
- 同一时刻允许多个变量取极值；
- 变量 X_1 和 X_2 各有7个取值；
- 共有 $7 \times 7 = 49$ 个测试用例。



X_1 和 X_2 取值集合的笛卡尔乘积：
 $\{a-1, a, a+1, (a+b)/2, b-1, b, b+1\} \times \{c-1, c, c+1, (c+d)/2, d-1, d, d+1\}$

总结

- 边界值选择基本原则
- 边界值测试分类
- 测试用例数量归纳：
 - 边界值分析 $4n+1$
 - 健壮性测试 $6n+1$
 - 最坏情况 5^n
 - 健壮最坏情况 7^n

边界值应用

边界值分析

普通边界值测试

- 单缺陷假设、只考虑有效值

健壮性测试

- 单缺陷假设、考虑有效值和无效值

最坏情况测试

- 多缺陷假设、只考虑有效值

健壮最坏情况测试

- 多缺陷假设、考虑有效值和无效值

目录

■ 边界值测试案例

案例：佣金问题

- 某公司生产机器人及部件，机器人包含3大部件：主控模块、通信模块及执行模块。该公司的代理商负责销售机器人整机和部件；公司要求每个代理商每月最少销售一整套机器人（即三类部件至少各销售一个）；受限于公司产能，公司每个月最多给每个代理商提供80个主控模块、90个通讯模块以及100个执行模块。每个主控模块售价90元、每个通信模块售价60元、每个执行模块售价50元。到月末的时候，公司会根据代理商的销售情况计算佣金。

案例：佣金问题

- 佣金计算方法如下：
 - 每月销售额在1000元以下（含1000元）的部分，佣金为10%；
超过1000元但不超过2400元（含2400元）的部分，佣金为15%；
超过2400元的部分，佣金为20%。

案例分析

- 3个输入：主控模块数量X、通信模块数量Y、执行模块数量Z
- X的取值范围[1, 80]、Y的取值范围[1, 90]、Z的取值范围[1,100]
- 销售额 $S = X \times 90 + Y \times 60 + Z \times 50$

- 佣金 $C = \begin{cases} S \times 10\% & S \leq 1000 \\ (S - 1000) \times 15\% + 100 & S \in (1000, 2400] \\ (S - 2400) \times 20\% + 310 & S > 2400 \end{cases}$

普通边界值测试

- $3 \times 4 + 1 = 13$ 个测试用例

编号	输入		执行模块	销售额	预期输出
	主控模块	通信模块			佣金
1	40	45	1	6350	1100
2	40	45	2	6400	1110
3	40	45	50	8800	1530
4	40	45	99	11250	2080
5	40	45	100	11300	2090
6	40	1	50	6160	1062
7	40	2	50	6220	1074
8	40	89	50	11440	2118
9	40	90	50	11500	2130
10	1	45	50	5290	888
11	2	45	50	5380	906
12	79	45	50	12310	2292
13	80	45	50	12400	2310

健壮性测试

- $3 \times 6 + 1 = 19$ 个测试用例

编号	输入			销售额	预期输出
	主控模块	通信模块	执行模块		佣金
1	40	45	0	执行模块不在有效值域内	—
2	40	45	1	6350	1100
.....					
6	40	45	100	11300	2090
7	40	45	101	执行模块不在有效值域内	—
8	40	0	50	通信模块不在有效值域内	—
.....					
13	40	91	50	通信模块不在有效值域内	—
14	0	45	50	主控模块不在有效值域内	—
.....					
19	81	45	50	主控模块不在有效值域内	—

最坏情况测试

- $5 \times 5 \times 5 = 125$ 个测试用例

编号	输入			销售额	预期输出 佣金
	主控模块	通信模块	执行模块		
1	1	1	1	200	20
2	1	1	2	250	25
3	1	2	1	260	26
4	2	1	1	290	29
5	1	2	2	310	31
6	2	1	2	340	34
7	2	2	1	350	35
8	2	2	2	400	40
.....					
125	80	90	100	17600	3350

健壮最坏情况测试

- $7 \times 7 \times 7 = 343$ 个测试用例

编号	输入			销售额	预期输出 佣金
	主控模块	通信模块	执行模块		
1	0	0	0	主控模块、通信模块、执行模块不在有效值域内	—
2	0	0	1	主控模块、通信模块不在有效值域内	—
3	0	1	0	主控模块、执行模块不在有效值域内	—
4	1	0	0	通信模块、执行模块不在有效值域内	—
5	0	1	1	主控模块不在有效值域内	—
6	1	0	1	通信模块不在有效值域内	—
7	1	1	0	执行模块不在有效值域内	—
8	1	1	1	200	20
9	1	1	2	250	25
.....					
342	80	91	101	通信模块、执行模块不在有效值域内	—
343	81	91	101	主控模块、通信模块、执行模块不在有效值域内	—

输出域边界值测试

- 销售额的取值范围为[200, 17600]元，存在两个中间边界1000元和2400元。

范围	边界值选择
[200, 1000]	200、{250、260、290}、600、{910、940、950}、1000
(1000, 2400]	{1050、1060、1090}、1600、{2310、2340、2350}、2400
(2400, 17600]	{2450、2460、2490}、10000、{17510、17540、17550}、17600

测试用例

编号	输入			销售额	预期输出
	主控模块	通信模块	执行模块		佣金
1	1	1	1	200	20
2	1	1	2	250	25
3	1	2	1	260	26
4	2	1	1	290	29
5	3	3	3	600	60
6	4	5	5	910	91
7	5	4	5	940	94
8	5	5	4	950	95
9	5	5	5	1000	100
10	5	5	6	1050	107.5
11	5	6	5	1060	109
.....					
25	80	90	100	17600	3350

总结

- 边界值测试是所有测试方法中最基本的方法；
- 假设输入变量都是独立的，如果不满足这类假设，测试用例就不令人满意；
- 注意单缺陷假设和多缺陷假设；
- 如果输入域边界值测试效果不好，可以尝试输出域边界值分析。