

软件测试

-边界值测试

■ 导入

- 为什么需要不同类型的测试方法？
- 假设一个程序 P 有输入量 X 和 Y 及输出量 Z 。在字长为32位的计算机上运行。若 X 、 Y 取整数，按黑盒方法进行穷举测试，请问需要多少时间？（假设1毫秒钟执行一组数据）



$$2^{32} \times 2^{32} / (365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1000) = 5 \text{ 亿年}$$

■ 主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 指导方针

■ 主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 边界值测试的指导方针

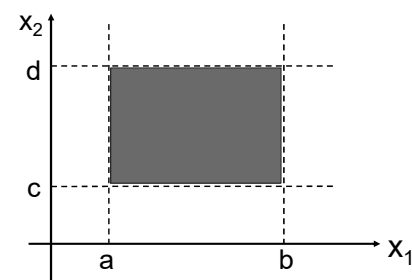
■ 边界值分析

- 人们从长期的测试工作经验得知，大量的错误是发生在输入或输出范围的边界上，而不是在输入范围的内部
- 因此针对各种边界情况设计测试用例，可以查出更多的错误

■ 讨论

- 设有两个变量 x_1 和 x_2 的函数 F ，如果函数 F 实现为一个程序，则输入两个变量 x_1 和 x_2 会有一些边界(可能为规定):

$$a \leq x_1 \leq b \quad c \leq x_2 \leq d$$



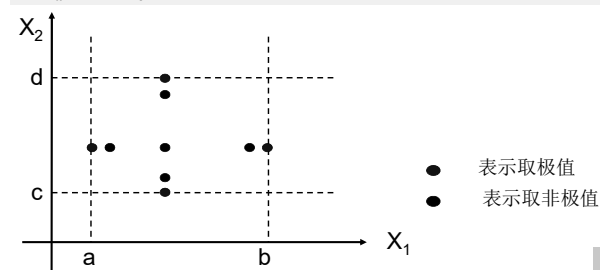
■ 边界值分析的基本思想

- 边界值分析关注输入空间的边界，并从中标识测试用例
- **基本原理：**错误更可能出现在输入变量的极值附近
- **基本思想：**在最小值、略高于最小值、正常值、略低于最大值和最大值处取输入变量值
 输入变量: min、min+、nom、max-、和max
- 边界值分析基于一种关键假设，在可靠性理论叫做“单缺陷”假设

■ 边界值分析测试用例

我们的两变量函数 F 的边界值分析测试用例是：

$\{ \langle X_{1nom}, X_{2min} \rangle, \langle X_{1nom}, X_{2min+} \rangle, \langle X_{1nom}, X_{2nom} \rangle, \langle X_{1nom}, X_{2max} \rangle, \langle X_{1nom}, X_{2max-} \rangle, \langle X_{1min}, X_{2nom} \rangle, \langle X_{1min+}, X_{2nom} \rangle, \langle X_{1nom}, X_{2nom} \rangle, \langle X_{1max}, X_{2nom} \rangle, \langle X_{1max-}, X_{2nom} \rangle \}$



失效极少是由两个或者多个缺陷的同时发生引起的

■ 三角形问题的边界值分析

- 三角形问题有三个输入，即三条边a、b、c，其取值范围为：

$$1 \leq a \leq 200$$

$$1 \leq b \leq 200$$

$$1 \leq c \leq 200$$

a = {1, 2, 100, 199, 200}

b = {1, 2, 100, 199, 200}

c = {1, 2, 100, 199, 200}

■ 三角形问题的边界值测试用例

用例	a	b	c	预期输出
1	100	100	1	等腰三角形
2	100	100	2	等腰三角形
3	100	100	100	等边三角形
4	100	100	199	等腰三角形
5	100	100	200	非三角形
6	100	1	100	等腰三角形
7	100	2	100	等腰三角形
8	100	100	100	等边三角形
9	100	199	100	等腰三角形
10	100	200	100	非三角形
11	1	100	100	等腰三角形
12	2	100	100	等腰三角形
13	100	100	100	等边三角形
14	199	100	100	等腰三角形
15	200	100	100	非三角形

■ NextDate函数的边界值分析

- NextDate是一个有三个变量（月份、日期和年）的函数，函数返回输入日期后面的那个日期。变量月份、日期和年都具有整数值，且满足以下条件：

$$1 \leq \text{月份} \leq 12$$

$$1 \leq \text{日期} \leq 31$$

$$1812 \leq \text{年} \leq 2012$$

月份 = {1, 2, 6, 11, 12}

日 = {1, 2, 15, 30, 31}

年 = {1812, 1813, 1912, 2011, 2012}

■ NextDate函数的边界值测试用例

用例	月份	日期	年	预期输出
1	6	15	1812	6/16/1812
2	6	15	1813	6/16/1813
3	6	15	1912	6/16/1912
4	6	15	2011	6/16/2011
5	6	15	2012	6/16/2012
6	6	1	1912	6/2/1912
7	6	2	1912	6/3/1912
8	6	15	1912	6/16/1912
9	6	30	1912	7/1/1912
10	6	31	1912	非法输入
11	1	15	1912	1/16/1912
12	2	15	1912	2/16/1912
13	6	15	1912	6/16/1912
14	11	15	1912	11/16/1912
15	12	15	1912	12/16/1912

■ 边界值分析归纳

- 如果有一个n变量函数，使除一个以外的所有变量取正常值，使剩余的那个变量取最小值、略高于最小值、正常值、略低于最大值和最大值，对每个变量都重复进行
- 对于一个n变量函数，边界值分析会产生 $4n + 1$ 个测试用例。
- 边界值分析对布尔变量没有什么意义

■ 边界值分析的局限性

- 如果被测程序是多个独立变量的函数，则很适合边界值分析
 - 如三角形问题
 - 但是，NextDate问题中，没怎么强调2月和闰年。这里存在的真正问题是，月、日和年变量之间存在有意思的依赖关系
- 如果被测程序的变量受物理量的限制，则很适合边界值分析
 - 示例：菲尼克斯的航空港国际机场1992年6月26日被迫关闭，因为空气温度达到122° F。飞行员在起飞之前不能设置特定设备：该设备能够接受的最大空气温度是120° F。

■ 主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 边界值测试的指导方针

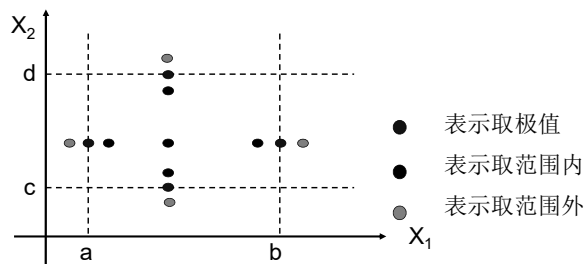
■ 健壮性测试思想

- 健壮性测试是边界值分析的一种简单扩展
- 除了变量的五个边界值分析取值，还要通过采用一个略超过最大值的取值，以及一个略小于最小值的取值
- 看看**超过极值时**系统会有什么表现

输入变量：

min-、min、min+、nom、max-、max和max+。

健壮性测试举例



三角形问题的健壮性测试

■ 三角形问题有三个输入，即三条边a、b、c，其取值范围为：

$$1 \leq a \leq 200$$

$$1 \leq b \leq 200$$

$$1 \leq c \leq 200$$

a = {0, 1, 2, 100, 199, 200, 201}

b = {0, 1, 2, 100, 199, 200, 201}

c = {0, 1, 2, 100, 199, 200, 201}

三角形问题的健壮性测试用例

用例	a	b	c	预期输出
1	100	100	0	非法输入
2	100	100	1	等腰三角形
3	100	100	2	等腰三角形
4	100	100	100	等边三角形
5	100	100	199	等腰三角形
6	100	100	200	非三角形
7	100	100	201	非法输入
8	100	0	100	非法输入
9	100	1	100	等腰三角形
10	100	2	100	等腰三角形
11	100	100	100	等边三角形
12	100	199	100	等腰三角形
13	100	200	100	非三角形
14	100	201	100	非法输入
15	0	100	100	非法输入
16	1	100	100	等腰三角形
17	2	100	100	等腰三角形
18	100	100	100	等边三角形
19	199	100	100	等腰三角形
20	200	100	100	非三角形
21	201	100	100	非法输入

健壮性测试归纳

■ 如果有一个n变量函数，健壮性测试会产生多少个测试用例？

$$6n+1$$

健壮性测试的主要是观察例外处理情况

主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 边界值测试的指导方针

最坏情况测试思想

■ 关心多个变量取极值时会出现什么情况？

■ 首先得到每个变量的min、min+、nom、max-和max五元素集合，然后对这些集合进行笛卡尔积计算，从而得到测试用例

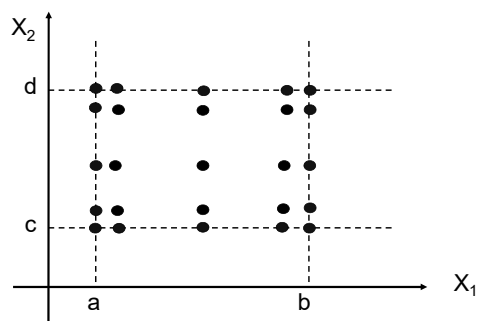
■ 两变量函数F的最坏情况测试用例是：

$X_1 = \{X_{1min}, X_{1min+}, X_{1nom}, X_{1max-}, X_{1max}\}$

$X_2 = \{X_{2min}, X_{2min+}, X_{2nom}, X_{2max-}, X_{2max}\}$

测试用例集合 = $X_1 \times X_2 = \{X_{1min}, X_{1min+}, X_{1nom}, X_{1max-}, X_{1max}\} \times \{X_{2min}, X_{2min+}, X_{2nom}, X_{2max-}, X_{2max}\}$

F函数最坏情况测试用例



三角形问题的最坏情况测试

■ 三角形问题有三个输入，即三条边a、b、c，其取值范围为：

$$1 \leq a \leq 200$$

$$1 \leq b \leq 200$$

$$1 \leq c \leq 200$$

$$a = \{1, 2, 100, 199, 200\}$$

$$b = \{1, 2, 100, 199, 200\}$$

$$c = \{1, 2, 100, 199, 200\}$$

$$\text{最坏情况测试用例集合} = a \times b \times c = \{1, 2, 100, 199, 200\} \times \{1, 2, 100, 199, 200\} \times \{1, 2, 100, 199, 200\}$$

■ 最坏情况测试归纳

- 如果有一个 n 变量函数，最坏情况测试会产生多少个测试用例？

$$5^n$$

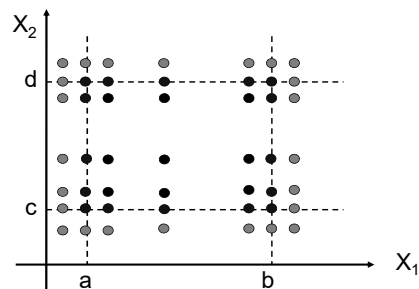
■ 最坏情况与边界值分析的比较

- 基本边界值分析测试用例是最坏情况测试用例的**真子集**。
- 最坏情况测试显然更彻底
- 最坏情况测试工作量大得多
 - n 变量函数的最坏情况测试会产生**5的 n 次方**个测试用例
 - 边界值分析只产生 **$4n+1$** 个测试用例

26

■ 健壮最坏情况测试

- 健壮性测试与最坏情况测试的结合
- 首先得到每个变量的min-、min、min+、nom、max-、max、max+七元素集合，然后对这些集合进行笛卡尔积计算，从而得到测试用例



■ NextDate函数的健壮最坏情况测试用例

- NextDate是一个有三个变量（月份、日期和年）的函数，函数返回输入日期后面的那个日期。变量月份、日期和年都具有整数值，且满足以下条件：

$$1 \leq \text{月份} \leq 12$$

$$1 \leq \text{日期} \leq 31$$

$$1812 \leq \text{年} \leq 2012$$

$$\text{月份} = \{0, 1, 2, 6, 11, 12, 13\}$$

$$\text{日} = \{0, 1, 2, 15, 30, 31, 32\}$$

$$\text{年} = \{1811, 1812, 1813, 1912, 2011, 2012, 2013\}$$

$$\text{NextDate函数健壮最坏情况测试用例集合} = \text{月份} \times \text{日} \times \text{年} = \{0, 1, 2, 6, 11, 12, 13\} \times \{0, 1, 2, 15, 30, 31, 32\} \times \{1811, 1812, 1813, 1912, 2011, 2012, 2013\}$$

■ 健壮最坏情况测试归纳

- 如果有一个n变量函数，最坏情况测试会产生多少个测试用例？

$$7^n$$

■ 主要内容

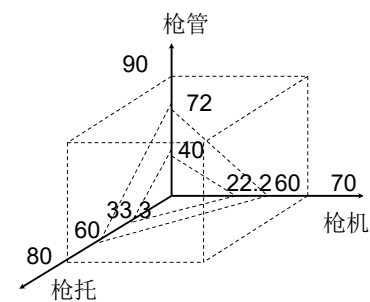
- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 边界值测试的指导方针

■ 特殊值测试

- 特殊值测试大概是运用得最广泛的一种功能性测试
- 特殊值测试依赖于测试人员的经验
- 尽管特殊值测试是高度主观性的，但是所产生的测试用例集合，常常比用我们已经研究过的其他方法生成的测试集合，更能有效地发现缺陷
 - 如：为NextDate定义特殊值测试用例，会发现多个测试用例会涉及2月28日、2月29日和闰年

■ 佣金问题的测试用例

- 输出值域的边界值
- 佣金问题的输出值域有100美元、1000美元、1800美元三个门限点



佣金问题的测试用例

表5-4 输出边界值分析测试用例

用例	枪机	枪托	枪管	销售价	佣金	注释
1	1	1	1	100	10	输出最小值
2	1	1	2	125	12.5	输出略大于最小值
3	1	2	1	130	13	输出略大于最小值
4	2	1	1	145	14.5	输出略大于最小值
5	5	5	5	500	50	中点
6	10	10	9	975	97.5	略低于边界点
7	10	9	10	970	97	略低于边界点
8	9	10	10	955	95.5	略低于边界点
9	10	10	10	1000	100	边界点
10	10	10	11	1025	102.5	略高于边界点
11	10	11	10	1030	103	略高于边界点
12	11	10	10	1045	104.5	略高于边界点
13	14	14	14	1400	140	中点
14	18	17	17	1775	177.5	略低于边界点
15	18	18	18	1770	177	略低于边界点
16	17	18	18	1755	175.5	略低于边界点
17	18	18	18	1800	180	边界点
18	18	19	19	1825	182.5	略高于边界点
19	18	19	18	1830	183	略高于边界点
20	19	18	18	1845	184.5	略高于边界点
21	48	48	48	4800	480	中点
22	70	80	89	7775	777.5	输出略小于最大值
23	70	79	90	7770	777	输出略小于最大值
24	69	80	90	7755	775.5	输出略小于最大值
25	70	80	90	7800	780	输出最大值

主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 指导方针

随机测试

- 随机测试的思想是：不是永远选取有界变量的最小值、略高于最小值、正常值、略低于最大值和最大值，而是使用随机数生成器选出测试用例值
- 随机测试可以避免出现测试偏见，但是也带来了一个严重的问题：多少随机测试用例才是充分的

35

随机测试举例

- 对于有界变量 $a \leq x \leq b$ 可采用以下程序生成：

$$x = \text{int}((b-a+1) * \text{rad} + a)$$
- 这个程序持续生成随机测试用例，直到每种输出至少出现一次

■ 三角形程序的随机测试用例

测试用例	非三角形	不等边三角形	等腰三角形	等边三角形
1289	663	593	32	1
15436	7696	7372	367	1
17091	8556	8164	367	1
2603	1284	1252	66	1
6475	3197	3122	155	1
5978	2998	2850	129	1
9008	4447	4353	207	1
平均值	49.83%	47.87%	2.29%	0.01%

■ 佣金程序的随机测试用例

测试用例	10%	15%	20%
91	1	6	84
27	1	1	25
72	1	1	70
176	1	6	169
48	1	1	46
152	1	6	145
125	1	4	120
平均值	1.01%	3.62%	93.37%

■ NextDate程序的随机测试用例

测试用例	有31天月份的1-30日	有31天月份的31日	有30天月份的1-29日	有30天月份的30日
913	542	17	274	10
1101	621	9	358	8
4201	2448	64	1242	46
1097	600	21	350	9
5853	3342	100	1804	82
3959	2195	73	1252	42
1436	786	22	456	13
平均值	56.76%	1.65%	30.91%	1.13%

2月的1-27日	闰年的2月28日	非闰年的2月28日	闰年的2月29日	不可能的日期
45	1	1	1	22
83	1	1	1	19
312	1	8	3	77
92	1	4	1	19
417	1	11	2	94
310	1	6	5	75
126	1	5	1	26
7.46%	0.04%	0.19%	0.08%	1.79%

■ 随机测试的优缺点

- 优点：
 - 随机测试可以避免出现测试偏见
 - 计算机自动生成测试用例
- 缺点：
 - 多少随机测试用例才是充分的？
 - 大量冗余测试用例

■ 主要内容

- 边界值分析
- 健壮性测试
- 最坏情况测试
- 特殊值测试
- 随机测试
- 边界值测试的指导方针

■ 边界值测试的指导方针

- 边界值测试是所有测试方法中最基本的方法，这些测试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
- 单缺陷和多缺陷；
- 该方法也可用于输出值的边界值分析
- 另外，还有基于输出的异常形式的测试，主要测试生成错误消息的系统（或程序）

■ 总结：

- 边界值测试的基本思想是什么？
- 健壮性测试的思想是什么？
- 最坏情况测试的思想是什么？
- 健壮最坏情况测试的思想是什么？
- 特殊值测试的基本思想是什么？
- 随机测试的思想是什么？

43

■ 练习

- 第五章课后习题5
- 运行BlackBox程序，运用本章所学知识设计三角形问题、NextDate问题、佣金问题的测试用例，然后进行测试，并与第二章的自然测试结果进行比较。

44