

C 。谓词 p_r 上的约束 C 可有效指导测试集的设计, 为 p_r 中变量取值的选取提供了清晰的线索。

例 2.23 考虑谓词 $p_r: b \wedge r < s \vee u \geq v$ 。 p_r 一个可能的 BR 约束为 $C: (t, =, >)$ 。 C 包含的 3 个约束分别对应于 p_r 的 3 个组件。约束 t 应用于 b , $=$ 应用于 $r < s$, $>$ 应用于 $u \geq v$ 。下面的测试用例满足 p_r 的约束 C :

$$\langle b = \text{true}, r = 1, s = 1, u = 1, v = 0 \rangle$$

满足约束 C 的测试用例还有很多, 但是, 下面的测试用例不满足 p_r 的约束 C :

$$\langle b = \text{true}, r = 1, s = 1, u = 1, v = 2 \rangle$$

由于 p_r 的最后一个组件是 $u \geq v$, 致使 C 中最后一个约束不满足。

给定谓词 p_r 的约束 C , 任意满足 C 的测试用例将使 p_r 取值为 true 或 false。用 $p_r(C)$ 表示 p_r 对所有满足约束 C 的测试用例的取值。将使得 $p_r(C) = \text{true}$ 的约束 C 称为“真”约束, 而将使得 $p_r(C) = \text{false}$ 的约束 C 称为“假”约束。这样, 就将约束集合 S 划分为两个子集 S' 和 S'' , 有 $S = S' \cup S''$ 。其中, 对于任意 $C \in S'$, 有 $p_r(C) = \text{true}$; 对于任意 $C \in S''$, 有 $p_r(C) = \text{false}$ 。

例 2.24 考虑谓词 $p_r: (a < b) \wedge (c > d)$ 以及 p_r 上的约束 $C_1: (=, >)$ 。所有满足约束 C_1 的测试用例都使 p_r 取值为 false, 因此, 约束 C_1 是“假”约束。考虑 p_r 的另一个约束 $C_2: (<, +\varepsilon)$, 其中 $\varepsilon = 1$ 。所有满足约束 C_2 的测试用例都使 p_r 取值为 true, 因此, 约束 C_2 是“真”约束。此时, 如果 $S = \{C_1, C_2\}$ 为 p_r 的约束集合, 则有 $S' = \{C_2\}$, $S'' = \{C_1\}$ 。

2.7.4 谓词测试准则

我们关心的是如何从给定的谓词 p_r 生成测试集 T , 使其满足: (a) T 是最小集合; (b) T 保证能够检测出 p_r 实现中存在的符合前文所述故障模型的所有故障。为了获得这样的测试集, 定义了三个准则, 通常称作 **BOR**、**BRO**、**BRE** 测试准则。名称 BOR、BRO、BRE 分别对应于布尔运算符、布尔和关系运算符、布尔和关系表达式。三个准则的形式化定义如下:

- 对于复合谓词 p_r , 如果测试集 T 确保能够检测出 p_r 实现中存在的所有单/多布尔运算符故障, 则 T 满足 BOR 测试准则, 称 T 为 BOR 充分测试集, 记为 T_{BOR} 。
- 对于复合谓词 p_r , 如果测试集 T 确保能够检测出 p_r 实现中存在的所有单/多布尔运算符及关系运算符故障, 则 T 满足 BRO 测试准则, 称 T 为 BRO 充分测试集, 记为 T_{BRO} 。
- 对于复合谓词 p_r , 如果测试集 T 确保能够检测出 p_r 实现中存在的所有单/多布尔运算符、关系表达式以及算术表达式故障, 则 T 满足 BRE 测试准则, 称 T 为 BRE 充分测试集, 记为 T_{BRE} 。

注意, 上文中的“单/多故障”^①和“确保能够检测出”需要仔细揣摩。

设 T_x 为从谓词 p_r 导出的测试集, 其中 $x \in \{\text{BOR}, \text{BRO}, \text{BRE}\}$ 。设 p_f 为通过向谓词 p_r 注入单/多故障而得到的另一谓词, 注入的故障属于三种类型之一, 即布尔运算符故障、关系运算符故障、算术表达式故障。若存在 $t \in T_x$, 使得 $p(t) \neq p_f(t)$, 则称 T_x 确保能够检测出 p_r 中的故障。下面的例子说明一个 BOR 充分测试集示例及其故障检测效力。

例 2.25 考虑复合谓词 $p_r: a < b \wedge c > d$ 。设 S 为 p_r 上的约束集合

$$S = \{ (t, t), (t, f), (f, t) \}$$

^① 单故障是指只有一个错误, 多故障是指包含多个相同或不同类型的错误。错误分为三种类型: 布尔运算符故障、关系运算符故障、算术表达式故障。