

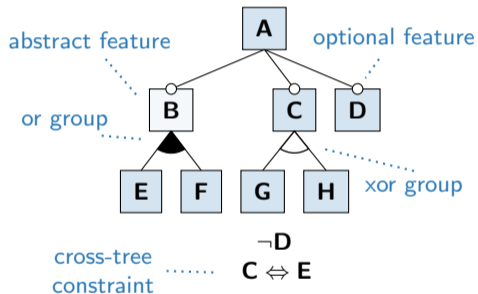


What Is the T-Wise Coverage of My Sample?

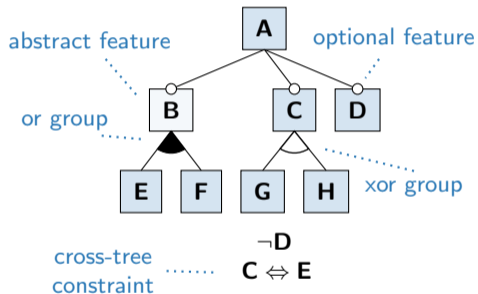
FOSD 2024 | [Sabrina Böhm](#), T. Schmidt, T. Thüm, S. Krieter, T. Pett, M. Lochau | April 9-12, 2024



Configurable Software

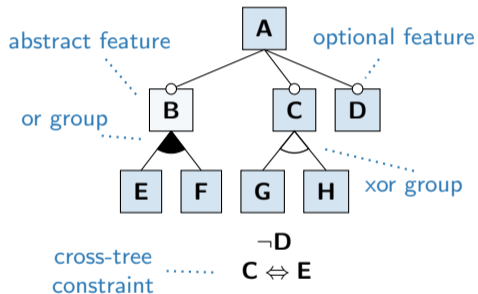


Configurable Software



$$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}$$

Configurable Software

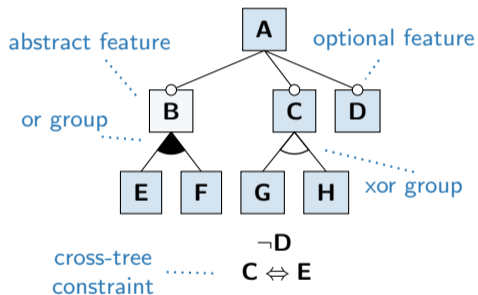


Sample $S_1 = \{$

$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\},$

$c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$

Configurable Software



Sample $S_1 = \{$

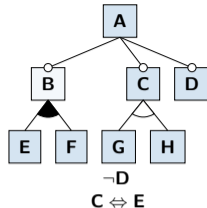
$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\},$

$c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$

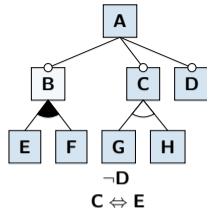
\Rightarrow T-Wise Sampling Algorithms

Pair-Wise Coverage

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$



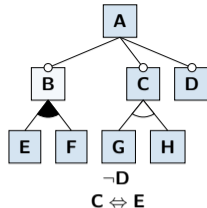
Pair-Wise Coverage



$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

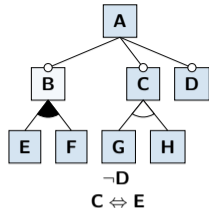
Pair-Wise Coverage



$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Pair-Wise Coverage



$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$

$\Rightarrow S_1$ has a
 pair-wise
 coverage of **69%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Problem Statement

$$S_1 = \{$$
$$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\},$$
$$c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of 69%

Problem Statement

$$S_1 = \{$$
$$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\},$$
$$c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of 69%

$$S_2 = \{$$
$$c_3 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, \neg G, H\},$$
$$c_4 = \{A, B, C, \neg D, E, F, G, \neg H\}\}$$

$\Rightarrow S_2$ has a pair-wise coverage of 63%

Problem Statement

$$S_1 = \{$$
$$c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\},$$
$$c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of 69%

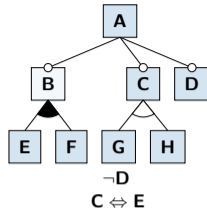
$$S_2 = \{$$
$$c_3 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, \neg G, H\},$$
$$c_4 = \{A, B, C, \neg D, E, F, G, \neg H\}\}$$

$\Rightarrow S_2$ has a pair-wise coverage of 63%

Which Sample is more effective?

Exclude Core Features

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$

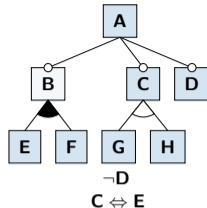


**Core Feature:
A**

Exclude Core Features

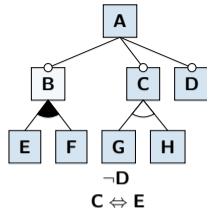
$\neg D \wedge B$ $\neg D \wedge \neg B$
 $\neg D \wedge C$ $\neg D \wedge \neg C$
 $\neg D \wedge E$ $\neg D \wedge \neg E$
 $\neg D \wedge F$ $\neg D \wedge \neg F$
 $\neg D \wedge G$ $\neg D \wedge \neg G$
 $\neg D \wedge H$ $\neg D \wedge \neg H$

$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$		$\neg B \wedge \neg C$
$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$		$\neg B \wedge \neg E$
$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$		$\neg B \wedge \neg F$
$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$		$\neg B \wedge \neg G$
$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$		$\neg B \wedge \neg H$
$C \wedge E$			$\neg C \wedge \neg E$
$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge F$	$\neg C \wedge \neg F$
$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$		$\neg C \wedge \neg G$
$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$		$\neg C \wedge \neg H$
$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge F$	$\neg E \wedge \neg F$
$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$		$\neg E \wedge \neg G$
$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$		$\neg E \wedge \neg H$
$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge G$	$\neg F \wedge \neg G$
$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge H$	$\neg F \wedge \neg H$
	$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



**Core Feature:
A**

Exclude Core Features



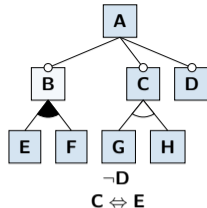
$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
	$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$

$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$

Core Feature:
A

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Core Features



$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$

$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$

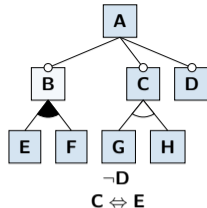
**Core Feature:
A**

$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of **65%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Dead Features

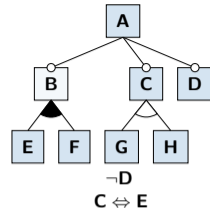
$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



**Dead Feature:
D**

Exclude Dead Features

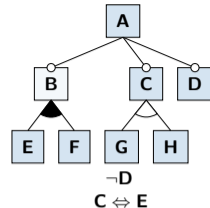
$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
		$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
		$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
		$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
		$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
		$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
		$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
		$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



**Dead Feature:
D**

Exclude Dead Features

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
		$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
		$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
		$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
		$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
		$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
		$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
		$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$

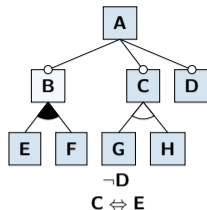


**Dead Feature:
D**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Dead Features

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
		$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
		$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
		$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
		$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
		$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
		$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
		$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



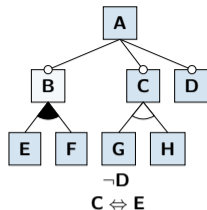
**Dead Feature:
D**

$\Rightarrow S_1$ has a
pair-wise
coverage of **65%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Replace Features In Atomic Sets

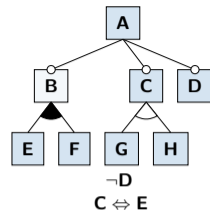
$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$		$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$



**Atomic Set:
C and E**

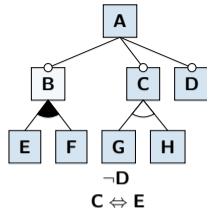
Replace Features In Atomic Sets

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$		$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$				
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$		$\neg B \wedge \neg F$
		$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$		$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$		$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$				
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$		$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$		$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$				
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$				
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



**Atomic Set:
C and E**

Replace Features In Atomic Sets



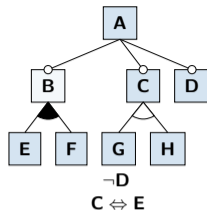
$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$			
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
		$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$			
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$			
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$			
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$

**Atomic Set:
C and E**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Replace Features In Atomic Sets

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$			
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$		$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$



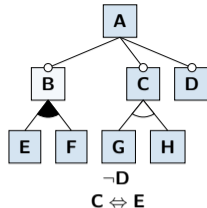
**Atomic Set:
C and E**

$\Rightarrow S_1$ has a
pair-wise
coverage of **67%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Abstract Features

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$		$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$		$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$		$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$		$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$		$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$			$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$		$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$		$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$		$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$		$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



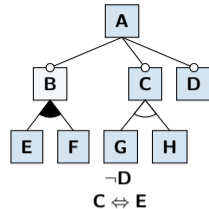
**Abstract
Feature: B**

Exclude Abstract Features

$A \wedge C$ $A \wedge \neg C$
 $A \wedge E$ $A \wedge \neg E$
 $A \wedge F$ $A \wedge \neg F$
 $A \wedge G$ $A \wedge \neg G$
 $A \wedge H$ $A \wedge \neg H$

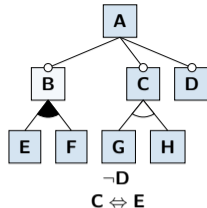
$C \wedge E$ $C \wedge \neg E$ $\neg C \wedge \neg E$
 $C \wedge F$ $C \wedge \neg F$ $\neg C \wedge \neg F$
 $C \wedge G$ $C \wedge \neg G$ $\neg C \wedge \neg G$
 $C \wedge H$ $C \wedge \neg H$ $\neg C \wedge \neg H$
 $E \wedge F$ $E \wedge \neg F$ $\neg E \wedge \neg F$
 $E \wedge G$ $E \wedge \neg G$ $\neg E \wedge \neg G$
 $E \wedge H$ $E \wedge \neg H$ $\neg E \wedge \neg H$
 $F \wedge G$ $F \wedge \neg G$ $\neg F \wedge \neg G$
 $F \wedge H$ $F \wedge \neg H$ $\neg F \wedge \neg H$
 $G \wedge \neg H$ $\neg G \wedge H$ $\neg G \wedge \neg H$

$\neg D \wedge C$ $\neg D \wedge \neg C$
 $\neg D \wedge E$ $\neg D \wedge \neg E$
 $\neg D \wedge F$ $\neg D \wedge \neg F$
 $\neg D \wedge G$ $\neg D \wedge \neg G$
 $\neg D \wedge H$ $\neg D \wedge \neg H$



**Abstract
Feature: B**

Exclude Abstract Features



$A \wedge C$ $A \wedge \neg C$

$A \wedge \neg D$

$A \wedge E$ $A \wedge \neg E$

$A \wedge F$ $A \wedge \neg F$

$A \wedge G$ $A \wedge \neg G$

$A \wedge H$ $A \wedge \neg H$

$C \wedge E$

$C \wedge F$

$C \wedge G$

$C \wedge H$

$E \wedge F$

$E \wedge G$

$E \wedge H$

$F \wedge G$

$F \wedge H$

$G \wedge \neg H$

$C \wedge \neg F$

$C \wedge \neg G$

$C \wedge \neg H$

$E \wedge \neg F$

$E \wedge \neg G$

$E \wedge \neg H$

$F \wedge \neg G$

$F \wedge \neg H$

$G \wedge \neg H$

$\neg C \wedge F$

$\neg E \wedge F$

$\neg F \wedge G$

$\neg F \wedge H$

$\neg G \wedge H$

$\neg C \wedge \neg E$

$\neg C \wedge \neg F$

$\neg C \wedge \neg G$

$\neg C \wedge \neg H$

$\neg E \wedge \neg F$

$\neg E \wedge \neg G$

$\neg E \wedge \neg H$

$\neg F \wedge \neg G$

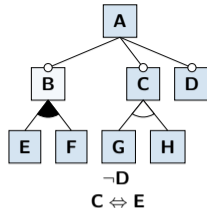
$\neg F \wedge \neg H$

$\neg G \wedge \neg H$

**Abstract
Feature: B**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Abstract Features



$A \wedge C$ $A \wedge \neg C$

$A \wedge \neg D$

$A \wedge E$ $A \wedge \neg E$

$A \wedge F$ $A \wedge \neg F$

$A \wedge G$ $A \wedge \neg G$

$A \wedge H$ $A \wedge \neg H$

$C \wedge E$

$C \wedge F$

$C \wedge G$

$C \wedge H$

$E \wedge F$

$E \wedge G$

$E \wedge H$

$F \wedge G$

$F \wedge H$

$G \wedge H$

$C \wedge \neg F$

$C \wedge \neg G$

$C \wedge \neg H$

$E \wedge \neg F$

$E \wedge \neg G$

$E \wedge \neg H$

$F \wedge \neg G$

$F \wedge \neg H$

$G \wedge \neg H$

$\neg C \wedge F$

$\neg E \wedge F$

$\neg F \wedge G$

$\neg F \wedge H$

$\neg G \wedge H$

$\neg C \wedge \neg E$

$\neg C \wedge \neg F$

$\neg C \wedge \neg G$

$\neg C \wedge \neg H$

$\neg E \wedge \neg F$

$\neg E \wedge \neg G$

$\neg E \wedge \neg H$

$\neg F \wedge \neg G$

$\neg F \wedge \neg H$

$\neg G \wedge \neg H$

$\neg D \wedge C$ $\neg D \wedge \neg C$

$\neg D \wedge E$ $\neg D \wedge \neg E$

$\neg D \wedge F$ $\neg D \wedge \neg F$

$\neg D \wedge G$ $\neg D \wedge \neg G$

$\neg D \wedge H$ $\neg D \wedge \neg H$

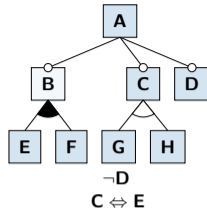
**Abstract
Feature: B**

$\Rightarrow S_1$ has a
pair-wise
coverage of **67%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

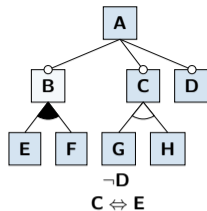
Exclude Parent-Child Interactions

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$		$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$		$\neg B \wedge \neg E$
	$A \wedge \neg D$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$		$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$		$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$		$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$C \wedge E$			$\neg C \wedge \neg E$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge F$	$\neg C \wedge \neg F$
		$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$		$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$		$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$		$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$		$\neg E \wedge \neg H$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge G$	$\neg F \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge H$	$\neg F \wedge \neg H$
			$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge H$	$\neg G \wedge \neg H$



Parent-Child:
 $A \wedge B, A \wedge \neg B,$
 $A \wedge C, A \wedge \neg C,$
 ...

Exclude Parent-Child Interactions



$$B \wedge C \quad B \wedge \neg C \quad \neg B \wedge \neg C$$

$$A \wedge E \quad A \wedge \neg E \quad B \wedge G \quad B \wedge \neg G \quad \neg B \wedge \neg G$$

$$A \wedge F \quad A \wedge \neg F \quad B \wedge H \quad B \wedge \neg H \quad \neg B \wedge \neg H$$

$$A \wedge G \quad A \wedge \neg G \quad C \wedge E \quad C \wedge \neg E \quad \neg C \wedge \neg E$$

$$A \wedge H \quad A \wedge \neg H \quad C \wedge F \quad C \wedge \neg F \quad \neg C \wedge \neg F \quad \neg C \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge B \quad \neg D \wedge \neg B$$

$$\neg D \wedge C \quad \neg D \wedge \neg C$$

$$\neg D \wedge E \quad \neg D \wedge \neg E$$

$$\neg D \wedge F \quad \neg D \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge G \quad \neg D \wedge \neg G$$

$$\neg D \wedge H \quad \neg D \wedge \neg H$$

$$E \wedge F \quad E \wedge \neg F \quad \neg E \wedge F \quad \neg E \wedge \neg F$$

$$E \wedge G \quad E \wedge \neg G \quad \neg E \wedge \neg G$$

$$E \wedge H \quad E \wedge \neg H \quad \neg E \wedge \neg H$$

$$F \wedge G \quad F \wedge \neg G \quad \neg F \wedge G \quad \neg F \wedge \neg G$$

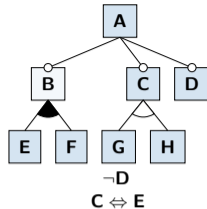
$$F \wedge H \quad F \wedge \neg H \quad \neg F \wedge H \quad \neg F \wedge \neg H$$

$$G \wedge \neg H \quad \neg G \wedge H \quad \neg G \wedge \neg H$$

Parent-Child:
 $A \wedge B, A \wedge \neg B,$
 $A \wedge C, A \wedge \neg C,$

...

Exclude Parent-Child Interactions



$$B \wedge C \quad B \wedge \neg C \quad \neg B \wedge \neg C$$

$$A \wedge E \quad A \wedge \neg E \quad B \wedge G \quad B \wedge \neg G \quad \neg B \wedge \neg G$$

$$A \wedge F \quad A \wedge \neg F \quad B \wedge H \quad B \wedge \neg H \quad \neg B \wedge \neg H$$

$$A \wedge G \quad A \wedge \neg G \quad C \wedge E \quad C \wedge \neg E \quad \neg C \wedge \neg E$$

$$A \wedge H \quad A \wedge \neg H \quad C \wedge F \quad C \wedge \neg F \quad \neg C \wedge \neg F \quad \neg C \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge B \quad \neg D \wedge \neg B$$

$$\neg D \wedge C \quad \neg D \wedge \neg C$$

$$\neg D \wedge E \quad \neg D \wedge \neg E$$

$$\neg D \wedge F \quad \neg D \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge G \quad \neg D \wedge \neg G$$

$$\neg D \wedge H \quad \neg D \wedge \neg H$$

$$E \wedge F \quad E \wedge \neg F \quad \neg E \wedge F \quad \neg E \wedge \neg F$$

$$E \wedge G \quad E \wedge \neg G \quad \neg E \wedge \neg G$$

$$E \wedge H \quad E \wedge \neg H \quad \neg E \wedge \neg H$$

$$F \wedge G \quad F \wedge \neg G \quad \neg F \wedge G \quad \neg F \wedge \neg G$$

$$F \wedge H \quad F \wedge \neg H \quad \neg F \wedge H \quad \neg F \wedge \neg H$$

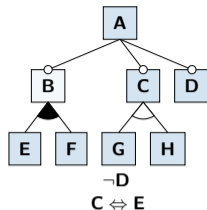
$$G \wedge \neg H \quad \neg G \wedge H \quad \neg G \wedge \neg H$$

Parent-Child:
 $A \wedge B, A \wedge \neg B,$
 $A \wedge C, A \wedge \neg C,$

...

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Exclude Parent-Child Interactions



$$B \wedge C \quad B \wedge \neg C \quad \neg B \wedge \neg C$$

$$A \wedge E \quad A \wedge \neg E \quad B \wedge G \quad B \wedge \neg G \quad \neg B \wedge \neg G$$

$$A \wedge F \quad A \wedge \neg F \quad B \wedge H \quad B \wedge \neg H \quad \neg B \wedge \neg H$$

$$A \wedge G \quad A \wedge \neg G \quad C \wedge E \quad C \wedge \neg E \quad \neg C \wedge \neg E$$

$$A \wedge H \quad A \wedge \neg H \quad C \wedge F \quad C \wedge \neg F \quad \neg C \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge B \quad \neg D \wedge \neg B \quad E \wedge F \quad E \wedge \neg F \quad \neg E \wedge F \quad \neg E \wedge \neg F$$

$$\neg D \wedge C \quad \neg D \wedge \neg C \quad E \wedge G \quad E \wedge \neg G \quad \neg E \wedge G \quad \neg E \wedge \neg G$$

$$\neg D \wedge E \quad \neg D \wedge \neg E \quad E \wedge H \quad E \wedge \neg H \quad \neg E \wedge H \quad \neg E \wedge \neg H$$

$$\neg D \wedge F \quad \neg D \wedge \neg F \quad F \wedge G \quad F \wedge \neg G \quad \neg F \wedge G \quad \neg F \wedge \neg G$$

$$\neg D \wedge G \quad \neg D \wedge \neg G \quad F \wedge H \quad F \wedge \neg H \quad \neg F \wedge H \quad \neg F \wedge \neg H$$

$$\neg D \wedge H \quad \neg D \wedge \neg H \quad G \wedge \neg H \quad \neg G \wedge H \quad \neg G \wedge \neg H$$

Parent-Child:
 $A \wedge B, A \wedge \neg B,$
 $A \wedge C, A \wedge \neg C,$

...

$\Rightarrow S_1$ has a
 pair-wise
 coverage of **66%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

Combinations of Categories

Combinations of Categories

	S_1
with every feature	69%
-C without Core	65%
-D without Dead	65%
-AS with Atomic Sets	67%
-A without Abstract	67%
-PC with Parent-Child	66%
-C -D	60%
-C -D -AS	58%
-C -D -PC	58%
-C -D -A	58%
-C -D -AS -A	52%
-C -D -AS -PC	56%
-C -D -AS -A -PC	52%
-C -D -A -PC	56%
-C -AS	63%
-C -PC	65%

	S_1
-C -A	63%
-C -AS -A	59%
-C -AS -PC	63%
-C -AS -A -PC	59%
-C -A -PC	62%
-D -AS	63%
-D -PC	61%
-D -A	63%
-D -AS -A	59%
-D -AS -PC	60%
-D -AS -A -PC	59%
-D -A -PC	60%
-AS -A	63%
-AS -PC	64%
-AS -A -PC	62%
-A -PC	64%

Combinations of Categories

	S ₁	S ₂
with every feature	69%	63%
-C without Core	65%	60%
-D without Dead	65%	60%
-AS with Atomic Sets	67%	67%
-A without Abstract	67%	67%
-PC with Parent-Child	66%	64%
-C -D	60%	57%
-C -D -AS	58%	58%
-C -D -PC	58%	56%
-C -D -A	58%	58%
-C -D -AS -A	52%	57%
-C -D -AS -PC	56%	59%
-C -D -AS -A -PC	52%	57%
-C -D -A -PC	56%	56%
-C -AS	63%	63%
-C -PC	65%	60%

	S ₁	S ₂
-C -A	63%	63%
-C -AS -A	59%	66%
-C -AS -PC	63%	65%
-C -AS -A -PC	59%	66%
-C -A -PC	62%	62%
-D -AS	63%	63%
-D -PC	61%	61%
-D -A	63%	63%
-D -AS -A	59%	66%
-D -AS -PC	60%	66%
-D -AS -A -PC	59%	66%
-D -A -PC	60%	63%
-AS -A	63%	71%
-AS -PC	64%	69%
-AS -A -PC	62%	70%
-A -PC	64%	67%

Combinations of Categories

	S ₁	S ₂	
with every feature	69%	63%	
-C without Core	65%	60%	
-D without Dead	65%	60%	
-AS with Atomic Sets	67%	67%	
-A without Abstract	67%	67%	
-PC with Parent-Child	66%	64%	
-C -D	60%	57%	
-C -D -AS	58%	58%	
-C -D -PC	58%	56%	
-C -D -A	58%	58%	
-C -D -AS -A	52%	57%	←
-C -D -AS -PC	56%	59%	←
-C -D -AS -A -PC	52%	57%	←
-C -D -A -PC	56%	56%	
-C -AS	63%	63%	
-C -PC	65%	60%	

	S ₁	S ₂	
-C -A	63%	63%	
-C -AS -A	59%	66%	←
-C -AS -PC	63%	65%	←
-C -AS -A -PC	59%	66%	←
-C -A -PC	62%	62%	
-D -AS	63%	63%	
-D -PC	61%	61%	
-D -A	63%	63%	
-D -AS -A	59%	66%	←
-D -AS -PC	60%	66%	←
-D -AS -A -PC	59%	66%	←
-D -A -PC	60%	63%	←
-AS -A	63%	71%	←
-AS -PC	64%	69%	←
-AS -A -PC	62%	70%	←
-A -PC	64%	67%	←

Used T-Wise Coverage in Practice

Used T-Wise Coverage in Practice

? unknown, ✗ exclude, ✓ include, * from tool

	Core	Dead	Abstract	Atomic Sets	Parent-Child
Cohen et al. ROSATEA 2006					
Cohen et al. TSE 2008					
Perrouin et al. ICST 2010					
Oster et al. SPLC 2010					
Garvin et al. EMSE 2011					
Johansen et al. MODELS 2011					
Siegmund et al. SQJ 2012					
Shi et al. FASE 2012					
Johansen et al. SPLC 2012					
Haslinger et al. VaMoS 2013					
Kowal et al. VariComp 2013					
Marijan et al. SPLC 2013					
Al-Hajjaji et al. GPCE 2016					
Medeiros et al. ICSE 2016					
Oh et al. SPLC 2019					
Luthmann et al. STTT 2019					
Pett et al. SPLC 2019					
Baranov et al. ESECFSE 2020					
Krieter et al. VaMoS 2020					
Krieter et al. arXiv 2022					
Krieter et al. arXiv 2022					
Pett et al. SPLC 2023					
Heß et al. VaMoS 2024					
....					

Used T-Wise Coverage in Practice

? unknown, ✗ exclude, ✓ include, * from tool

	Core	Dead	Abstract	Atomic Sets	Parent-Child
Cohen et al. ROSATEA 2006	?	?	?	?	?
Cohen et al. TSE 2008	?	?	?	?	?
Perrouin et al. ICST 2010	?	?	?	?	?
Oster et al. SPLC 2010	?	?	?	?	?
Garvin et al. EMSE 2011	?	?	?	?	?
Johansen et al. MODELS 2011	?	?	?	?	?
Siegmund et al. SQJ 2012	?	?	✓*	?	✗*
Shi et al. FASE 2012	?	?	?	?	?
Johansen et al. SPLC 2012	?	?	?	?	?
Haslinger et al. VaMoS 2013	?	?	?	?	?
Kowal et al. VariComp 2013	?	?	?	?	?
Marijan et al. SPLC 2013	?	?	?	?	?
Al-Hajjaji et al. GPCE 2016	?	?	?	?	?
Medeiros et al. ICSE 2016	?	?	?	?	?
Oh et al. SPLC 2019	?	?	?	?	?
Luthmann et al. STTT 2019	?	?	?	?	?
Pett et al. SPLC 2019	?	?	?	?	?
Baranov et al. ESECFSE 2020	?	?	?	?	?
Krieter et al. VaMoS 2020	✗	✗	?	?	?
Krieter et al. arXiv 2022	?	?	?	?	?
Krieter et al. arXiv 2022	?	?	?	?	?
Pett et al. SPLC 2023	?	?	?	?	?
Heß et al. VaMoS 2024	✗	✗	?	?	?
....	?	?	?	?	?

Used T-Wise Coverage in Practice

? unknown, **X** exclude, **✓** include, * from tool

	Core	Dead	Abstract	Atomic Sets	Parent-Child
Siegmund et al. SQJ 2012	?	?	✓*	?	X *
Krieter et al. VaMoS 2020	X	X	?	?	?
Heß et al. VaMoS 2024	X	X	?	?	?

And Now?

And Now?

- exclude further features / interactions by defining further categories

And Now?

- exclude further features / interactions by defining further categories
- contact authors to speak about coverage

And Now?

- exclude further features / interactions by defining further categories
- contact authors to speak about coverage
- evaluate sample coverages for real-world models

Conclusion

Pair-Wise Coverage

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
		$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
		$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge H$	$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$



$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of **69%**

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

	S_1	S_2
with every feature	69%	63%
-C without Core	65%	60%
-D without Dead	65%	60%
-AS with Atomic Sets	67%	67%
-A without Abstract	67%	67%
-PC with Parent-Child	66%	64%
-C -D	60%	57%
-C -D -AS	58%	58%
-C -D -PC	58%	56%
-C -D -A	58%	58%
-C -D -AS -A	52%	57%
-C -D -AS -PC	56%	59%
-C -D -AS -A -PC	52%	57%
-C -D -A -PC	56%	56%
-C -AS	63%	63%
-C -PC	65%	60%
...

Conclusion

Pair-Wise Coverage

$A \wedge B$	$A \wedge \neg B$	$B \wedge C$	$B \wedge \neg C$	$\neg B \wedge \neg C$
$A \wedge C$	$A \wedge \neg C$	$B \wedge E$	$B \wedge \neg E$	$\neg B \wedge \neg E$
$A \wedge E$	$A \wedge \neg E$	$B \wedge F$	$B \wedge \neg F$	$\neg B \wedge \neg F$
$A \wedge F$	$A \wedge \neg F$	$B \wedge G$	$B \wedge \neg G$	$\neg B \wedge \neg G$
$A \wedge G$	$A \wedge \neg G$	$B \wedge H$	$B \wedge \neg H$	$\neg B \wedge \neg H$
$A \wedge H$	$A \wedge \neg H$	$C \wedge E$	$C \wedge \neg E$	$\neg C \wedge \neg E$
$\neg D \wedge B$	$\neg D \wedge \neg B$	$C \wedge F$	$C \wedge \neg F$	$\neg C \wedge \neg F$
$\neg D \wedge C$	$\neg D \wedge \neg C$	$C \wedge G$	$C \wedge \neg G$	$\neg C \wedge \neg G$
$\neg D \wedge E$	$\neg D \wedge \neg E$	$C \wedge H$	$C \wedge \neg H$	$\neg C \wedge \neg H$
$\neg D \wedge F$	$\neg D \wedge \neg F$	$E \wedge F$	$E \wedge \neg F$	$\neg E \wedge \neg F$
$\neg D \wedge G$	$\neg D \wedge \neg G$	$E \wedge G$	$E \wedge \neg G$	$\neg E \wedge \neg G$
$\neg D \wedge H$	$\neg D \wedge \neg H$	$E \wedge H$	$E \wedge \neg H$	$\neg E \wedge \neg H$
		$F \wedge G$	$F \wedge \neg G$	$\neg F \wedge \neg G$
		$F \wedge H$	$F \wedge \neg H$	$\neg F \wedge \neg H$
		$G \wedge H$	$G \wedge \neg H$	$\neg G \wedge \neg H$



$\Rightarrow S_1$ has a pair-wise coverage of 69%

$$S_1 = \{c_1 = \{A, \neg B, \neg C, \neg D, \neg E, \neg F, \neg G, \neg H\}, c_2 = \{A, B, C, \neg D, E, \neg F, G, \neg H\}\}$$

	S_1	S_2
with every feature	69%	63%
-C without Core	65%	60%
-D without Dead	65%	60%
-AS with Atomic Sets	67%	67%
-A without Abstract	67%	67%
-PC with Parent-Child	66%	64%
-C -D	60%	57%
-C -D -AS	58%	58%
-C -D -PC	58%	56%
-C -D -A	58%	58%
-C -D -AS -A	52%	57%
-C -D -AS -PC	56%	59%
-C -D -AS -A -PC	52%	57%
-C -D -A -PC	56%	56%
-C -AS	63%	63%
-C -PC	65%	60%
...

How would you compute t-wise coverage?

What Is the T-Wise Coverage of My Sample?

1. Motivation

2. Definitions of Coverage

- Exclude Core Features

- Exclude Dead Features

- Replace Features In Atomic Sets

- Exclude Abstract Features

- Exclude Parent-Child Interactions

3. Coverage in Practice

4. Future Work

5. Conclusion

Better Title?

How much is the coverage? Hyper Hyper



Overview Categories

1 Subset of Features

- 1a) exclude core features (**C**)
- 1b) exclude dead features (**D**)
- 1c) combine atomic (feature) sets (**AS**)
- 1d) combine atomic (literal) sets (**ALS**)
- 1e) exclude abstract features (**A**), concrete features only
- 1f) exclude arbitrary features

2 Subset of Interactions

- 2a) combine equivalent interactions (**AFIS** atomic feature interaction set)
- 2b) exclude parent-child interactions (**PC**)
- 2c) exclude arbitrary interactions