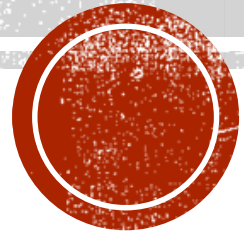
CSPs TUTORIAL VOL. 2

CSPs Algorithms



EXAMPE MODEL & CONSTRAINTS

- Variables: V1, V2, …., V10
- Domains: D1 – D10 = {1,2,3}
- Constraints:
  - V1 = V4
  - V4 > V7
  - V7 = V10 + 1
- A possible solution is [3,1,1,3,1,1,2,1,1,1]

SEARCH ALGORITHMS FOR CSPs

- BT (Back Tracking)
- BJ (Back Jumping)
- FC (Forward Checking), FC+MRV (FC + Minimum-Remaining Values)
- CBJ (Conflict-based Back Jumping)

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 3
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 2
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 2
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 2
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 2
V7 = 3
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 3
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 3
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 3
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 3
V7 = 3
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 3
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 2
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 2
V6 = 1
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 2
V6 = 1
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

After some steps, we are back in V4…

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments?

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Too many!
- Why?

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Too many!
- Why? BT suffers from thrashing!

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Too many!
- Why? BT suffers from thrashing!
  - Node inconsistency

    (There are values in domains, which don't satisfy the unary constraints)

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Too many!
- Why? BT suffers from thrashing!
  - Node inconsistency

    (There are values in domains, which don't satisfy the unary constraints)
  - Arc inconsistency

    (Variables served V1,V2,…V10, so maybe there is such a $V_i = c$, which is inconsistent with any value of Vj (j>i) e.g. $V4 = 1 \rightarrow V7 \neq 1,2,3$)

BT ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Too many!
- Why? BT suffers from thrashing!
  - Node inconsistency

    (There are values in domains, which don't satisfy the unary constraints)
  - Arc inconsistency

    (Variables served V1,V2,…V10, so maybe there is such a Vi = a, which is inconsistent with any value of Vj (j>i) e.g. V4 = 1 → V7 ≠ 1,2,3)
  - Path inconsistency

    (Variables served V1,V2,…V10, so maybe there is such a Vi = a, which is consistent with Vj = b, but maybe there is no value of Vk, which would be consistent with Vi = a && Vj = b (k>j>i) e.g. V4 = 2 && V7 = 1 → V10 ≠ 1,2,3)

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 3
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! Use CS7 and back-jump to V4

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! Use CS4 and back-jump to V1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 = 1
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 = 1
V9 = 1
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 = 1
V9 = 1
V10 = 1

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = {V7}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 = 1
V9 = 1
V10 = 2

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = {V7}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 = 1
V9 = 1
V10 = 3

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = {V7}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! Use CS10 and back-jump to V7

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 3
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = {V4}
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1}
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }
CS7 = { }
CS8 = { }
CS9 = { }
CS10 = { }

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

BJ ALGORITHM

- Unnecessary assignments?

BJ ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Many! Less than BT…
- Why?

Backjumping (BJ) is different from BT in the following:

When BJ reaches a dead-end it does not backtrack to the immediately preceding variables. It backtracks to the deepest variable in the search tree which is in conflict with the current variable.

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 =
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1,2,3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D7 is empty and backtrack to V3

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 2
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 2
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D7 is empty and backtrack to V3

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 3
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 3
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D7 is empty and backtrack to V2

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D7 is empty and backtrack to V2

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 3
V3 = 3
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

! D7 is empty and backtrack to V1

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D10 is empty and backtrack to V6

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 2
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 = 2
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

DOMAINS
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

! D10 is empty and backtrack to V6

FC ALGORITHM

- Unnecessary assignments?

FC ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Still many! Less than BT and BJ…
- Why?

FC ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Still many! Less than BT and BJ…
- Why?
  - When BJ back jump, all values of the domain conflict with the assignment…but FC would have already recognize the inconsistency in the first place!
  - Still we don't have full arc consistency!

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 =
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1,2,3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

D4 is the smaller domain

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 = 1
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {1}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

! D7 is empty and backtrack to V1

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

D4 is the smaller domain

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 =
V3 =
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

D7 is the smaller domain

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 2
V2 =
V3 =
V4 = 2
V5 =
V6 =
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {2}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {}

! D10 is empty and backtrack to V1

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2,3}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

D4 is the smaller domain

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 =
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1,2,3}

D7 is the smaller domain

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 = 1
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {}

! D10 is empty and backtrack to V7

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 =

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1}

D10 is the smaller domain

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 =
V3 =
V4 = 3
V5 =
V6 =
V7 = 2
V8 =
V9 =
V10 = 1

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

FC+MRV ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 3
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 3
V5 = 1
V6 = 1
V7 = 2
V8 = 1
V9 = 1
V10 = 1

CONSTRAINT
D1 = {1,2,3}
D2 = {1,2,3}
D3 = {1,2,3}
D4 = {3}
D5 = {1,2,3}
D6 = {1,2,3}
D7 = {1,2}
D8 = {1,2,3}
D9 = {1,2,3}
D10 = {1}

CONSTRAINTS
V1 = V4
V4 > V7
V7 = V10 + 1

After 6 more steps, we have a solution!

CBJ ALGORITHM

- Variables: V1, V2, …., V6
- Domains: D1-D6 = {1,2,3,4,5}
- Constraints:
  - (V2=1, V4=2)
  - (V2=4, V4=5)
  - (V1=1, V5=3)
  - (V4=5, V6=3)
  - (V1=1, V6=6)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 =
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = { V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 1
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 2
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 = 1

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 = 2

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 = 3

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1,V4}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 = 4

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1,V4}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 2
V5 = 3
V6 = 5

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1,V4}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

! Use CS6 and back-jump to V4, which is the most recent

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 3
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1,V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CS4 = CS4 U CS6 – V4 →
CS4 = {V2} U {V1,V4} –V4

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 4
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1,V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 1
V3 = 1
V4 = 5
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = { }
CS3 = { }
CS4 = {V1,V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

! Use CS4 and back-jump to V2, which is the most recent

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 =
V4 =
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 =
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = { }
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 =
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = { }
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 1
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=6)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 2
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 3
V6 =

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = { }

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

VARIABLES
V1 = 1
V2 = 2
V3 = 1
V4 = 1
V5 = 3
V6 = 1

CONFLICTS SETS
CS1 = { }
CS2 = {V1}
CS3 = { }
CS4 = {V2}
CS5 = {V1}
CS6 = {V1}

CONSTRAINTS
(V2=1,V4=2)
(V2=4,V4=5)
(V1=1,V5=3)
(V4=5,V6=3)
(V1=1,V6=3)

CBJ ALGORITHM

- Unnecessary assignments?

CBJ ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Still many! Less than BT and BJ…
- Why?

CBJ ALGORITHM

- Unnecessary assignments? Still many! Less than BT and BJ…
- Why?
  - CBJ back-jumps to the right node of the search tree, but it doesn't prevent to repeat the same wrong assignments!