

# Towards Graphical Feedback in the DiMo Learning Tool

Maurice Herwig   Norbert Hundeshagen   Martin Lange

Theoretical Computer Science / Formal Methods, University of Kassel

Formal Methods Education Online: Tips, Tricks Tools (FOMEEO'22), Haifa, ISR  
31/07/2022

## DiMo

- Hundeshagen, Lange, and Siebert, “DiMo – Discrete Modelling Using Propositional Logic” (SAT 2021)

### An Example:

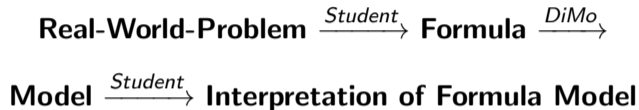
#### *n*-Queens Problem

Given  $n \geq 1$ , can you place  $n$  queens on an  $n \times n$  chess board such that none can capture any other?

› go to DiMo tool

## How is Learning Supported by DiMo

typical learning process:



### Textual Output

Satisfying assignment: -D(1,1), D(1,2),  
-D(1,3), -D(1,4), -D(2,1), -D(2,2),  
-D(2,3), D(2,4), D(3,1), -D(3,2),  
-D(3,3), -D(3,4), -D(4,1), -D(4,2),  
D(4,3), -D(4,4)



Student

## Where is the Error?

### Textual Output 10-Queens Problem

-D(1,1), -D(1,2), -D(1,3), -D(1,4), -D(1,5), -D(1,6), -D(1,7), -D(1,8), -D(1,9),  
-D(1,10), -D(2,1), -D(2,2), -D(2,3), -D(2,4), -D(2,5), -D(2,6), -D(2,7), -D(2,8),  
-D(2,9), -D(2,10), -D(3,1), -D(3,2), -D(3,3), -D(3,4), -D(3,5), -D(3,6), -D(3,7),  
-D(3,8), -D(3,9), D(3,10), -D(4,1), -D(4,2), -D(4,3), D(4,4), -D(4,5), -D(4,6),  
-D(4,7), -D(4,8), -D(4,9), -D(4,10), -D(5,1), -D(5,2), -D(5,3), -D(5,4), -D(5,5),  
-D(5,6), -D(5,7), -D(5,8), D(5,9), -D(5,10), -D(6,1), -D(6,2), D(6,3), -D(6,4),  
-D(6,5), -D(6,6), -D(6,7), -D(6,8), -D(6,9), -D(6,10), -D(7,1), -D(7,2), -D(7,3),  
-D(7,4), D(7,5), -D(7,6), -D(7,7), -D(7,8), -D(7,9), -D(7,10), -D(8,1), D(8,2),  
-D(8,3), -D(8,4), -D(8,5), -D(8,6), -D(8,7), -D(8,8), -D(8,9), -D(8,10), -D(9,1),  
-D(9,2), -D(9,3), -D(9,4), -D(9,5), -D(9,6), -D(9,7), D(9,8), -D(9,9), -D(9,10),  
D(10,1), -D(10,2), -D(10,3), -D(10,4), -D(10,5), -D(10,6), -D(10,7), -D(10,8),  
-D(10,9), -D(10,10)

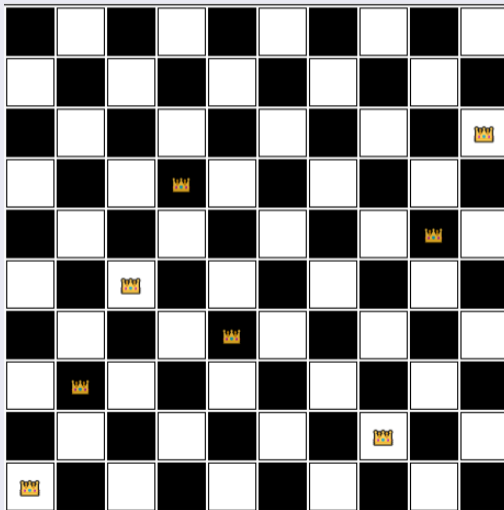
## Where is the Error?

### Textual Output 10-Queens Problem

-D(1,1), -D(1,2), -D(1,3), -D(1,4), -D(1,5), -D(1,6), -D(1,7), -D(1,8), -D(1,9),  
-D(1,10), -D(2,1), -D(2,2), -D(2,3), -D(2,4), -D(2,5), -D(2,6), -D(2,7), -D(2,8),  
-D(2,9), -D(2,10), -D(3,1), -D(3,2), -D(3,3), -D(3,4), -D(3,5), -D(3,6), -D(3,7),  
-D(3,8), -D(3,9), D(3,10), -D(4,1), -D(4,2), -D(4,3), D(4,4), -D(4,5), -D(4,6),  
-D(4,7), -D(4,8), -D(4,9), -D(4,10), -D(5,1), -D(5,2), -D(5,3), -D(5,4), -D(5,5),  
-D(5,6), -D(5,7), -D(5,8), D(5,9), -D(5,10), -D(6,1), -D(6,2), D(6,3), -D(6,4),  
-D(6,5), -D(6,6), -D(6,7), -D(6,8), -D(6,9), -D(6,10), -D(7,1), -D(7,2), -D(7,3),  
-D(7,4), D(7,5), -D(7,6), -D(7,7), -D(7,8), -D(7,9), -D(7,10), -D(8,1), D(8,2),  
-D(8,3), -D(8,4), -D(8,5), -D(8,6), -D(8,7), -D(8,8), -D(8,9), -D(8,10), -D(9,1),  
-D(9,2), -D(9,3), -D(9,4), -D(9,5), -D(9,6), -D(9,7), D(9,8), -D(9,9), -D(9,10),  
D(10,1), -D(10,2), -D(10,3), -D(10,4), -D(10,5), -D(10,6), -D(10,7), -D(10,8),  
-D(10,9), -D(10,10)

## Where is the Error?

### Graphical Output 10-Queens Problem



## Learning Process Supported by Graphical Feedback

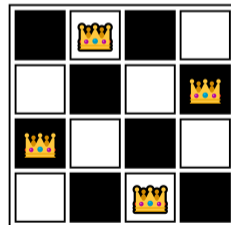
Real-World-Problem  $\xrightarrow{\text{Student}}$  Formula  $\xrightarrow{\text{DiMo 2.0}}$  **Graphical Feedback**

### Textual Output

Satisfying assignment: -D(1,1), D(1,2),  
-D(1,3), -D(1,4), -D(2,1), -D(2,2),  
-D(2,3), D(2,4), D(3,1), -D(3,2),  
-D(3,3), -D(3,4), -D(4,1), -D(4,2),  
D(4,3), -D(4,4)



### Graphical Output



## DiMo with Output Language

- Extension of DiMo by an output language.
- Output language has **simple program flow**.
  - IF-Statements.
  - FOR-Loops
  - PRINT-Instructions
  - ...



## DiMo with Output Language

- Extension of DiMo by an output language.
- Output language has **simple program flow**.
  - IF-Statements.
  - FOR-Loops
  - PRINT-Instructions
  - ...
- **Interaction** with the output of the **SAT-Solver**.
  - Example: **IF D(1,1) THEN ... ELSE ... UNDEF ... ENDIF**

## DiMo with Output Language

- Extension of DiMo by an output language.
- Output language has **simple program flow**.
  - IF-Statements.
  - FOR-Loops
  - PRINT-Instructions
  - ...
- **Interaction** with the output of the **SAT-Solver**.
  - Example: **IF D(1,1) THEN ... ELSE ... UNDEF ... ENDIF**
- Different **interpretations** in the **frontend**.
  - HTML
  - TXT
  - ViSat [Hundhausen, Kablowski]

## Output in Action

› go to DiMo tool with Output

## Behind the Scenes

$\langle Output \rangle ::= \mathbf{OUTPUT} \langle Outprog \rangle \mathbf{AS-TYPE} \langle Type \rangle$

$\langle Type \rangle ::= \text{html} \mathbf{FRONT} \langle MiniCSS \rangle$

|  $\text{txt} \mathbf{FRONT} \langle TextProperty \rangle$

|  $\text{VisSat} \mathbf{FRONT} \langle VisSatDef \rangle$  [*Hundhausen, Kablowski*]

- $\langle Output \rangle$  is the **start symbol**
- $\langle \dots \rangle$  are **non-terminal**

Background Technology:

- $\langle Output \rangle ::= \underbrace{\mathbf{OUTPUT} \langle Outprog \rangle}_{\text{backend: OCaml}} \underbrace{\mathbf{AS-TYPE} \langle Type \rangle}_{\text{Frontend: Angular}}$

## The Output Language

- Boolean expression  $\langle BExpr \rangle$ 
  - **HASMODEL**
  - Value of **proposition** at value ...
  - **Three**-valued Logic
- Loops
  - **FOR**  $\langle Var \rangle$  **FROM**  $\langle Term \rangle$  **TO**  $\langle Term \rangle$  **DO**  $\langle Outprog \rangle$  **DONE**
  - **FOR**  $\langle Ident \rangle$  **OF PROPOSITIONS** **DO**  $\langle Outprog \rangle$  **DONE**
- If-Statements
  - **IF**  $\langle BExpr \rangle$  **THEN**  $\langle Outprog \rangle$  **ELSE**  $\langle Outprog \rangle$  **UNDEF**  $\langle Outprog \rangle$  **ENDIF**
- Print a String
  - **PRINT** " $\langle Str \rangle$ "
  - **PRINTF** " $\langle Str \rangle$ " [ $\langle Params \rangle$ ]

## Three-Valued-Logic

a \ b	t	f	u
t	t	f	u
f	f	f	u
u	u	u	u

a AND b

a \ b	t	f	u
t	t	t	u
f	t	f	u
u	u	u	u

a OR b

a	$\neg a$
t	f
f	t
u	u

NOT a

t := true, f := false, u := undefined

## The Output Language

further simple operations and syntactical sugar:

- **SKIP**
- **EXIT**
- $\langle Outprog \rangle \langle Outprog \rangle$
- **IF**  $\langle BExpr \rangle$  **THEN**  $\langle Outprog \rangle$  **ENDIF**
- ...

Output language is **easily expandable** to more outputs **types** (LaTeX, tikzpicture, ...)