

# Введение в решение задач при помощи методов удовлетворения ограничений

Курс «Введение в решение задач при помощи методов  
удовлетворения ограничений»  
НИУ ИТМО, кафедра «Компьютерные технологии»

# Основные понятия (1)

- Формально, задача удовлетворения ограничений (constraint satisfaction problem, *CSP*) – тройка  $P = (X, D, C)$ , где
- $X$  – множество переменных,
- $D$  – множество множеств значений переменных
- $C$  – множество ограничений

# Основные понятия (2)

- *Переменные* являются искомыми объектами задачи
- Множество переменных:  $X = (x_1, \dots, x_n)$
- У каждой переменной есть свое множество значений
- $D = (D_1, \dots, D_n), x_i \in D_i$

# Основные понятия (3)

- *Ограничения* позволяют задавать требования в виде формул с переменными
- $C = (C_1, \dots, C_t)$
- Задача – найти значения всех переменных, которые удовлетворяют всем ограничениям
- Решение задачи:  $A = (a_1, \dots, a_n)$

# Примеры задач

- Примеры классических задач: магический квадрат, sudoku, задача составления расписаний, раскраска карты в несколько цветов...
- Позже мы рассмотрим решения некоторых из этих задач
- А далее мы перейдем к построению конечных автоматов

# Магический квадрат

4	9	2
3	5	7
8	1	6

# Судоку

		5	3					
8							2	
	7			1		5		
4					5	3		
	1			7				6
		3	2				8	
	6		5					9
		4					3	
					9	7		

# Задача составления расписаний

- Агенты обслуживают клиентов
- Обслуживание заключается в доставке объектов
- Каждый объект может иметь набор характеристик
- Для каждого клиента заданы интервал времени оказания услуги, время ее оказания и характеристики объектов
- Нужно найти график работы каждого агента

# Задача раскраски карты



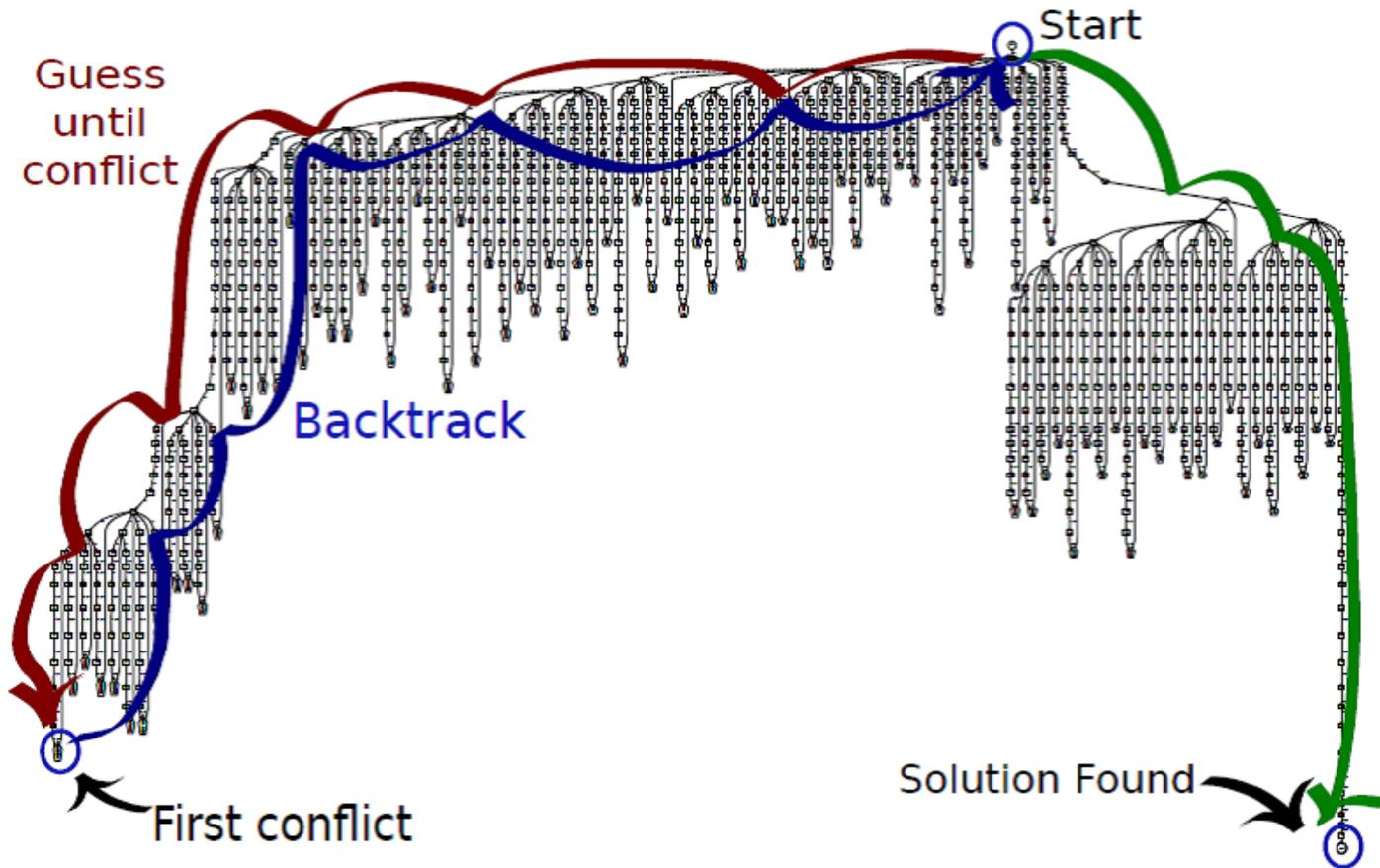
# Программные средства для решения задач удовлетворения ограничений

- *Choco (Java)*
- *Mistral (C++)*
- *Sugar*
- *Cream (Java)*
- *python-constraint (Python)*
- *Minion (C++)*
- множество других

# Принцип работы программных средств

- Полный перебор – неосмысленно
- Поиск с возвратом (backtracking)
- Распространение ограничений (constraint propagation)
- Множество специальных эвристик

# Идея поиска с возвратом



# Язык *MiniZinc*

- <http://www.minizinc.org/>
- Поддержка целочисленных и вещественных переменных
- Возможность решения задач минимизации и максимизации
- Будем использовать его как основной инструмент в рамках настоящего курса
- Далее рассмотрим более подробно

# Формат XCSP

- Задание переменных и ограничений при помощи XML
- Примеры:
- `<interval min="10" max="13"/>`
- `<var name="X1"/>`
- `<parameter name="X0" type="int">`

# *CSP* – еще не все

- Satisfiability Modulo Theories (*SMT*)
- Задача ставится над формальной теорией, выраженной логикой первого порядка
- Могут рассматриваться даже неразрешимые теории
- Солверы: *CVC3*, *MiniSmt*, *SWORD*, ...

# Заключение

- Использование задачи удовлетворения ограничений определяет парадигму *программирования с ограничениями*
- Это форма декларативного программирования
- Далее мы применим полученные знания для решения задачи построения управляющих автоматов

Спасибо за внимание!  
Вопросы?