

# Automatické vyvozování

## (Josef Urban)

Automatické vyvozování a uvažování je obor propojující logiku a umělou inteligenci, který se zabývá různými aspekty vyvozování a uvažování a jejich počítačovou reprezentací. Rozvoj symbolické logiky a výzkum její automatizace vedly ve 20. století mj. ke vzniku pojmů “program” a “počítač” (Turing 1936), a následnému vzniku oboru umělé inteligence (Turing 1950). Klasickým podoborem AR je automatické dokazování vět, rozvíjené od počátků umělé inteligence – např. systém Logic Theorist (Newell and Simon 1956). Dalšími podobory jsou např. interaktivní dokazování vět a formální verifikace softwaru a hardwaru, odvozování s nejistotou, nemonotónní odvozování, automatická argumentace, odvozování nad velkými ontologiemi a znalostními bázemi, deskripční logiky, expertní systémy, fuzzy logika vyššího řádu, atd. Automatické uvažování se dále prolíná s řadou příbuzných oborů, jako jsou např. formální logika, logické a pravděpodobnostní programování, plánování a rozvrhování, induktivní logické programování a další formy strojového učení, atd. V ČR se AR zabývají následující skupiny:

Pracoviště (od západu na východ)	Témata
FAV ZČU v Plzni	
CIIRC ČVUT v Praze, skupina ARG Dr. Josef Urban, Dr. Chad Brown, Dr. Jan Jakubův, Dr. Thibault Gauthier, Dr. Martin Suda, Dr. Mikoláš Janota, Dr. Karel Chvalovský, Prof. Robert Veroff	Automatické dokazování vět v logice prvního a vyššího řádu, interaktivní dokazování vět, dokazování nad velkými formálními knihovny, propojování strojového učení s odvozováním, překlady mezi logickými formalismy, překlady mezi neformální a formální matematikou, SAT, QBF a SMT solving,
Ústav informatiky AV ČR, Oddělení teoretické informatiky, Doc. Petr Cintula, Dr. Bílková, Dr. Amanda Vidal, Dr. Zuzana Haniková, Dr. Igor Sedlár, Dr. Petr Savický	nemonotónní odvozování, automatická argumentace, neklasické deskripční logiky, fuzzy logika vyššího řádu, neklasické dynamické a temporální logiky, překlady mezi různými reprezentacemi Boolovských funkcí, kódování podmínek do CNF pro hledání řešení pomocí SAT solverů
VSE v Praze, skupina AI@VSE	návrh a užívání systémů založených na logice, pravidlech a expertních systémů založených na příkladech a rozvoj bází doménových znalostí a bází znalostí pro specifické úlohy, modelování nejistoty v informačních systémech (fuzzy systémy, possibilistické modely a teorie informace)
MFF UK v Praze, Katedra teoretické informatiky a matematické logiky	Kompilace znalostí - překlady mezi různými reprezentacemi (formule, binární rozhodovací diagramy, obvody) a vlastnosti takových překladů. Kódování

Prof. Roman Barták, Doc. Ondřej Čepek, Dr. Petr Kučera, Mgr. Miloš Chromý	podmínek (zejména globálních) do CNF pro hledání řešení pomocí SAT solverů Vlastnosti CDCL SAT solverů. Modelování reálných problémů jako CSP/SAT (redukční metody).
UPOL v Olomouci, skupina UPOL-AI Doc. Vilém Vychodil, Dr. Jan Tříška, Prof. Radim Bělohávek	Inference datových závislostí v relačních datech, zejm. v datech zatížených neurčitostí a temporálními datech; axiomatické systémy pro datové závislosti a automatické odvozování; fragmenty vícehodnotových logik.
ÚVAFM v Ostravě Prof. Vilém Novák, Dr. Libor Běhounek, doc. Antonín Dvořák, Dr. Petra Murinová	Automatická dedukce na základě popisu v přirozeném jazyce, zobecněné sylogismy s jazykovými kvantifikátory, neklasické a fuzzy logiky (parciální, predikátové prvního a vyššího řádu)

## Výsledky a aplikace

- Automatické dokazovače nad velkými znalostními bázemi
- Metody strojového učení pro vedení automatického odvozování
- Řada korpusů a benchmark pro automatické dokazování vět a formalizaci
- Statisticko-sémantické systémy pro automatickou formalizaci matematiky
- Systémy asistující formální verifikaci pomocí dokazování a učení
- Dokazovače v logikách prvního a vyššího řádu
- QBF a SMT solvery, systémy pro verifikaci programů
- Automatické dokazovače pro závislosti v relačních datech.
- Automatické odvozování závěru na základě vágního popisu situace (metoda PbLD)
- Strojové učení jazykového popisu
- Rozhodování a řízení na základě expertního popisu v přirozeném jazyce
- SAT solvery jako univerzální nástroj používaný pro zodpovídání dotazů
- Automatické dokazovače pro hlavní fuzzy logiky a jejich modální expanze

## Významné projekty (výběr)

- AI4REASON - Artificial Intelligence for Large-Scale Computer-Assisted Reasoning. ERC Consolidator projekt (H2020)
- AI & Reasoning - projekt Excelentní týmy, OPVVV (MŠMT a EU fondy)
- GAČR, reg. č. GA14-11585S, „Relační podobnostní databáze“.
- Grant of GA ČR No. 16-19170S "Fuzzy Partial Logic" (2016-2018)
- GA18-00113S "Usuzování se stupňovanými vlastnostmi" (2018-2020)
- GA17-04630S "Predikátové škálované logiky a jejich aplikace v informatice" (2017-2019)
- GJ18-19162Y "Neklasické logické modely informační dynamiky" (2018-2020)
- GAČR 15-15511S, „Booleovské techniky v reprezentaci znalostí“ (2015-2017)

- GAČR 19–19463S, „Reprezentace booleovských funkcí úplně vzhledem k jednotkové propagaci“ (2019-2021)
- GAČR 15-19877S, “Automatické modelování znalostí a plánů pro autonomní roboty” (2015-2017)
- Česko-izraelský projekt MŠMT 8G15027, „Integrace heuristického prohledávání a kompilačních technik pro hledání cest s mnoha agenty“ (2016-2018)
- Francouzsko-český projekt “Kompilace znalostí pro programování s omezujícími podmínkami” 7AMB17FR027 (poskytovatel MŠMT), partnerský tým prof. Marquise v Lens (autoři SAT solveru Glucose)

## Vize rozvoje

Automatické vyvozování a formální verifikace je velmi ambiciózní obor AI se zajímavou historií. Po období počátečního optimismu a rychlého rozvoje řady metod, algoritmů a systémů, došlo v 80tých a 90tých letech k útlumu, a následnému zrychlujícímu se rozvoji ve 21. století. Díky novým technikám jako CDCL skokově vzrostl výkon SAT systémů a jejich aplikovatelnost v řadě dalších metod. Významně se rozvíjejí SMT metody a jejich nasazení ve formální verifikaci a dokazování vět. V interaktivním dokazování došlo v posledních patnácti letech k řadě průlomů, které ukazují praktickou aplikovatelnost v rozsáhlých projektech jako je verifikace kompilátorů, operačních systémů a velkých matematických důkazů (Keplerova domněnka, Feit-Thompsonova věta, atd.). K tomu významně přispívá rostoucí propojování s automatickými metodami (ATP, SMT, SAT) a jejich vývoj a průmyslové nasazení pro verifikaci a kontrolu masivních softwarových architektur firmami jako Amazon. Rychle se rozvíjejí metody propojující vyvozování se strojovým učením, což v posledních letech vedlo k řadě průlomů a udělení prvních ERC grantů v těchto oblastech. Řada výzkumníků se domnívá, že v příštích několika letech může díky těmto metodám dojít k dalšímu skokovému nárůstu automatizace uvažování a celých vědních oborů.