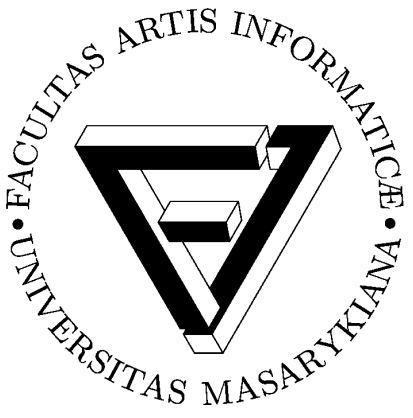
PV109: Historie a vývojové trendy ve VT

Historie teoretických základů informatiky a výpočetní techniky

Eva Hladká

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity

podzim 2013



CZ.1.07/2.2.00/28.0041
Centrum interaktivních a multimediálních studijních opor pro inovaci výuky a efektivní učení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Seznámení s historií výpočetní techniky a informatiky
- Lepší porozumění:
  historie $\longrightarrow$ vývojové trendy $\longrightarrow$ predikce budoucího vývoje
- Poučení z chyb minulých může zabránit jejich opakování

Obsah přednášky

- Od matematiky k informatice
- Základní kameny výpočetní techniky:
  - logika,
  - teorie jazyků,
  - teorie komunikace.

Odvětví Informatiky

- Teoretická informatika
  - Vyčíslitelnost a složitost
  - Teorie informací a kódování
  - Algoritmy a datové struktury
  - Teorie jazyků – automaty a gramatiky
  - Paralelismus a distribuované systémy
  - Databáze a dolování dat
  - ...
- Aplikovaná informatika
  - Umělá inteligence
  - Architektura a návrh počítačů
  - Počítačová grafika a vizualizace
  - Bezpečnost
  - Softwarové inženýrství
  - ...

Od matematiky k informatice

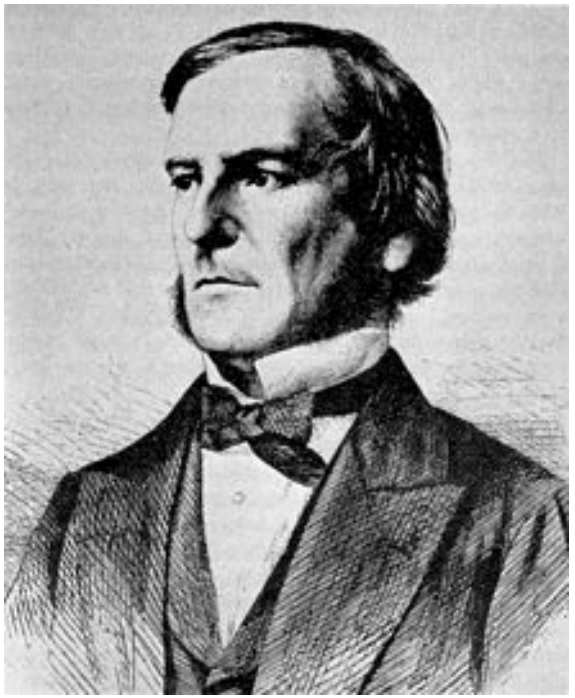
- Počítat museli i lovci mamutů (ať už na prstech, nebo na stěnu jeskyně)
- Starověké Řecko
  - Mnoho významných matematiků a filosofů, v matematice se rozvíjela zejména geometrie.
  - Aristoteles ze Stageiry (4. stol. p. n. l.)
    - Položil základy *logiky* – aristotelovská logika
    - a formálního *dokazování* pravdivosti formulí – důkaz sporem, náznaky důkazu indukcí
- Blízký východ
  - Kupci a obchodníci, přinesli arabská čísla do Evropy.
  - První počítadla se objevila již v 11. stol. p. n. l.)
  - Muhamad ibn Músa al Chwárizmí (8./9. stol. n. l.)
    - shrnul znalosti arabské matematiky v knize *Al-džebr wa-b-maqábala* (odtud *algebra*)
    - z jeho jména vznikl pojem *algoritmus*

Matematická logika

- Z řeckého slova *logos* – slovo, smysl, rozum
  - výroková logika
  - predikátová logika
- Úplné systémy logických spojek
  - Booleova algebra (operace AND, OR, negace)
  - Shefferova algebra (operace NAND)
  - Piercova algebra (operace NOR)
  - Tyto operace tvoří základní členy v logických obvodech

George Boole (1815 – 1864)

- Pocházel z rodiny obchodníka, otec jej vedl k matematice již od raného dětství
- Učil se z Newtonových *Principií*, ve 24 letech vydal první matematický článek
- Ve 32 letech vydal knihu *The Mathematical Analysis of Logic*, která umožnila exaktně vyjádřit logické operace a formule.
- Vycházel ze dvou poznatků:
  1. Logika je počítání na dvouprvkové množině {True, False}.
  2. Logické operátory jsou v podstatě ,,početní“ operace nad touto množinou.



Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Kurt Friedrich Gödel (1906 – 1978)

- Brněnský rodák rakouské národnosti, nikdy neuměl česky. S rodinou emigrovali po anšlusu Rakouska do USA, kde se usadil v Princetonu.
- Zcela rozvrátil dosavadní úvahy o axiomatizaci matematiky a její formální úplnosti.
  - První a druhá Gödelova věta o neúplnosti.
  - Těmito větami tak Gödel položil, skrze teorii množin, pevné základy mj. pro teorii výpočetní složitosti či programování počítačů.
  - Více v předmětu MA015 – Matematická logika (prof. Kučera)

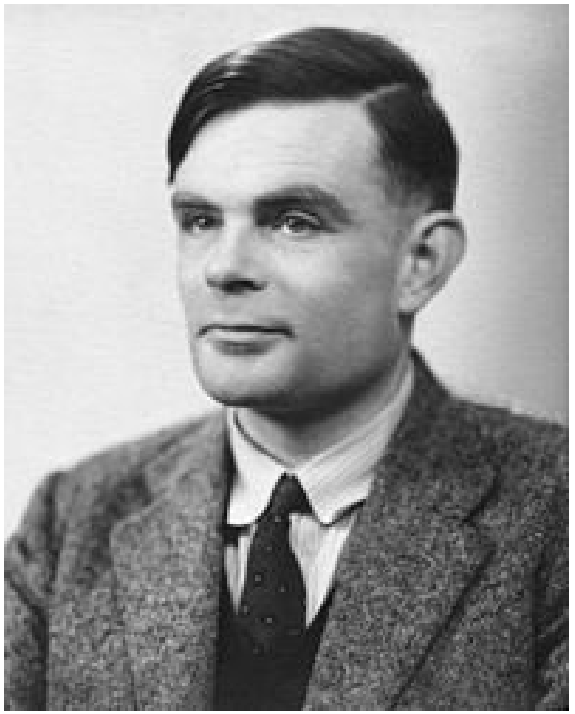
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Formální jazyky

- Množina konečných slov nad určitou abecedou.
- Pojem **formální jazyk** poprvé zmínil Gottlob Frege v knize *Begriffsschrift* v roce 1879.
- Využití:
  - Programovací jazyky
  - Lexikální analýza
  - Syntaktická analýza

Alan Mathison Turing (1912 – 1954)

- Britský matematik, logik a kryptoanalytik, který se podílel na prolomení Enigmy
- Ovlivnil obor vyčíslitelnosti, definoval Turingův stroj
- Během 2. světové války působil jako Člen týmu v Bletchley Park, UK.
- Podílel se na prolomení Enigmy (jeden z důsledků bylo i významné zkrácení války).
- 1950: Turingův test (opačný přístup je hojně využíván jako CAPTCHA)
- Turingova cena – ocenění pro informatiky



Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Turingův stroj, RAM a problém zastavení

- Turingův stroj
  - teoretický model – tvoří jej konečný automat, program ve formě pravidel přechodové funkce a nekonečná páska (různé varianty)
- Problém zastavení (1936)
  - Úloha z teorie vyčíslitelnosti
  - *Lze rozhodnout, zda výpočet libovolného programu skončí v konečném čase, nebo nikoliv?*
- Random-Access Machine
  - další teoretický model, ekvivalentní s turingovým strojem (nezaměňovat s Random Access Memory)
  - RAM je tvořen speciálním registrem a potenciálně neomezenou pamětí, instrukční sada obsahuje základní aritmetické operace a metody přímé a nepřímé adresace paměti.
- Dalším teoretickým turingovsky úplným modelem jsou např. WHILE-programy používané v teorii vyčíslitelnosti.

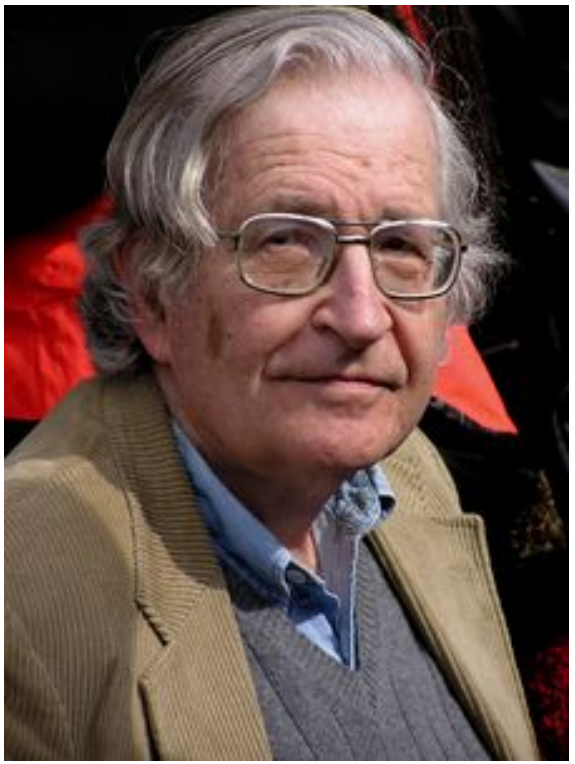
Alonzo Church (1903 – 1995)

- Americký matematik a logik, který významně přispěl v oblasti teorie vyčíslitelnosti a formálních jazyků.
- Churchova-Turingova teze – původně dvě nezávislé teze, jejichž ekvivalenci dokázal v roce 1952 S. C. Kleene.
  - Teze: *Ke každému algoritmu existuje ekvivalentní Turingův stroj*
- 1936: publikoval $\boldsymbol{\lambda}$-kalkul (spolu s Kleenem)
  - Základ funkcionálních programovacíh jazyků (např. LISP, Haskell)
  - Formální systém a výpočetní model, jež slouží pro studium funkcí a rekurze
  - Výpočetní silou je ekvivalentní Turingovu stroji

Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

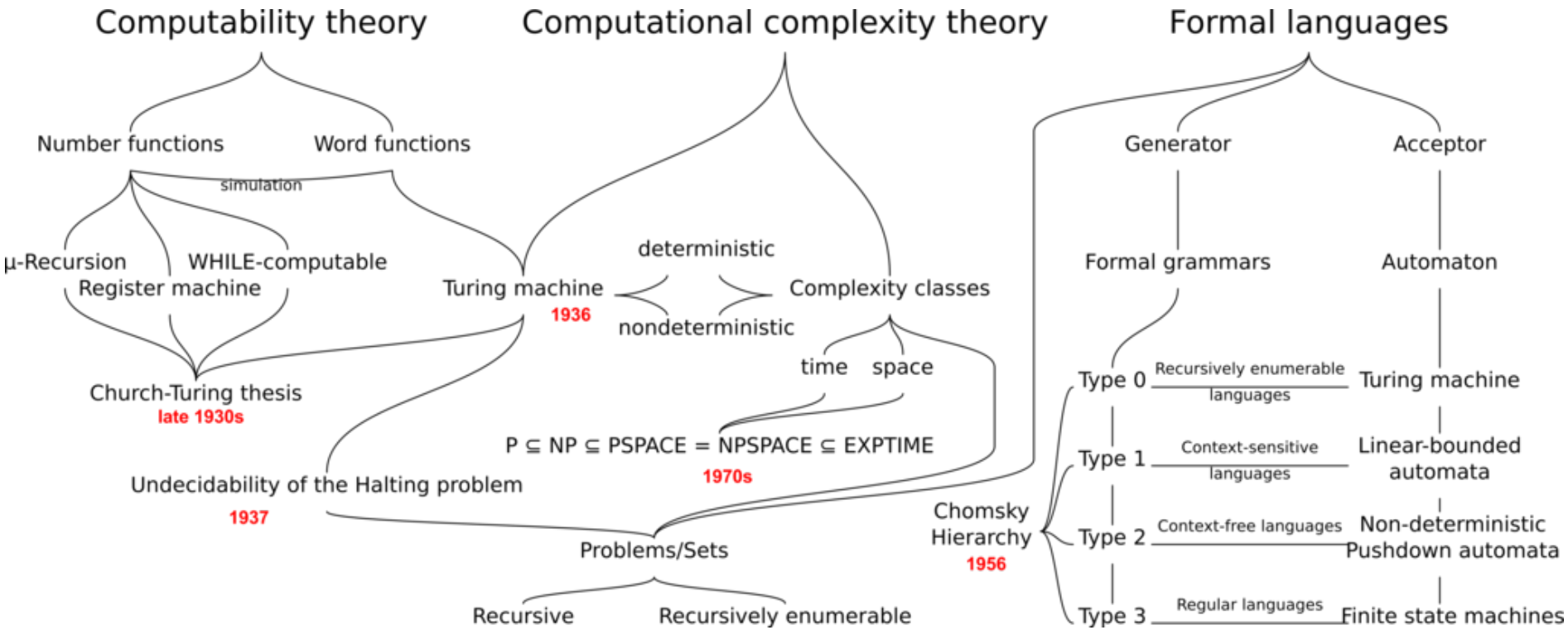
Avram Noam Chomsky (*1928)

- Lingvista, filosof, logik původem z USA
- V lingvistice se zabývá formálními jazyky, emeritní profesor, stále působí na MIT
- 1956: Definoval **Chomského hierarchii jazyků**
  - Zadefinoval formální jazyky a vztahy mezi nimi
  - Chomského hierarchie jazyků patří k základním stavebním kamenům informatiky
  - regulární $\subset$ bezkontextové $\subset$ kontextové $\subset$ rekursivně spočetné jazyky



Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Vztahy mezi vyčíslitelností, složitostí a formálními jazyky



Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Analýza algoritmů

- Součást teorie vyčíslitelnosti a složitosti
- Využívá se pro určení zdrojů (čas, prostor) potřebných pro běh algoritmu.
- Asymptotická složitost (*Big O notation*)
  - Součást rozsáhlejší Bachmann-Landau notace, která vznikla již na počátku 19. století.
  - Původně určena pro zjišťování chování funkcí.

Donald Ervin Knuth (*1938)

- Emeritní profesor na Stanford University
- Bývá označován jako otec analýzy algoritmů
- Zasadil se o využití asymptotické notace v analýze algoritmů, významně také přispěl v oblasti výpočetní složitosti.
- Vedle teoretické informatiky je také autorem sázecího systému TEXa autorem „programátorské bible“ *The Art of Computer Programming*

Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Edsger Wybe Dijkstra (1930 – 20002)

- Holandský informatik, který významně ovlivnil mnoho oblastí informatiky.
- Za významný přínos v rozvoji programovacích jazyků získal v roce 1972 Turingovu cenu.
- 1968: V článku *A Case against the GO TO Statement* prezentoval problémy používání příkazu GO TO.
- Patřil mezi průkopníky distribuovaného počítání, zavedl pojem **semaforu**.
- V teorii grafů je známý díky algoritmu pro hledání nejkraší cesty.

Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Teorie informace

- Odvětví informatiky, které se zabývá měřením, přenosem, kódováním, ukládáním a následným zpracováním informací.
- Spojuje aplikovanou matematiku a elektrotechniku.
- Praktickými výsledky jsou algoritmy pro ztrátovou a bezztrátovou kompresi dat a modulační techniky signálu.
- Zakladatelem tohoto oboru je Claude Shannon.
- Klíčovým pojmem je **entropie** (míra neurčitosti informace).

Claude Elwood Shannon (1916 – 2001)

- Americký matematik, elektrotechnik a kryptograf
- 1938: Využil poznatků booleovy algebry pro návrh přepínacích okruhů (založených na relé)
- Během 2.SV se podílel jako kryptoanalytik i na rozluštění šifer používaných německými ponorkami.
- 1948: Po válce ve svém článku *A Mathematical Theory of Communication* položil základy teorie informace. Dále se zaměřil na způsoby, jak co nejefektivněji zakódovat informace.
- Claude E. Shannon Award (IEEE) – ocenění pro významné osobnosti v teorii informace

Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Kybernetika

- Věda, která se zabývá principy řízení a přenosu informací v komplexních systémech (strojích, živých organismech a společenstvích).
- K popisu procesů je použit matematický aparát.
- **Norbert Wiener** (1894 – 1964) – matematik, profesor na MIT, považován za zakladatele kybernetiky
- 1948: kniha *Kybernetika aneb Řízení a sdělování u organismů a strojů*

Zdroj: `http://www.nap.edu`

Nositelé titulu Doctor honoris Causa na MU

- Donald E. Knuth
  - viz výše
- Niklaus Wirth
  - navrhl několik programovacích jazyků (např. Pascal); nositel Turingovy ceny
- Charles Bennett
  - jeden ze zakladatelů moderní teorie kvantové informace
- Dines Bjørner
  - Zabýval se oblastí formálních metod pro vývoj počítačových systémů, jeho stěžejním dílem je trojdílná publikace Software Engineering.
- Javier Esparza
  - Zabývá se verifikací a formálními modely distribuovaných systémů
- `http://www.fi.muni.cz/about/cestne_doktoraty.xhtml`

Role osobností ve vývoji informatiky

- Významných osobností informatiky a výpočetní techniky je mnohem více a s dalšími jmény se zcela jistě potkáme ještě později v semestru či v jiných kurzech.
- Žádná z uvedených osobností nepůsobila jen v rámci jedné podoblasti informatiky, ale měli daleko širší záběr i do jiných oborů (např. Gödel).
- Mnohé myšlenky byly natolik převratné, že zcela změnily další směrování výzkumu a vývoje v této oblasti.