Úvod do programování

Algoritmus. Vlastnosti algoritmu. Programovací jazyky.

Tomáš Bayer | bayertom@natur.cuni.cz

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. Přírodovědecká fakulta UK.

Obsah přednášky

1. Plán přednášek

Tematické celky:
(1) Problémy a algoritmy.
(2, 3) Datové struktury a datové typy.
(4, 5) Stavební prvky algoritmu: podmínky, cykly, metody.
(6) Rekurze.
(7) Výjimky.
(8) Práce se soubory.
(9, 10, 11) Úvod do OOP.

Literatura:
[1] VIRIUS M.: Základy algoritmizace, 2004,Vydavatelství ČVUT.
[2] WROBLEWSKI P.: Algoritmy,datové struktury a programovací techniky, 2004,Computer Press.
[3] JOKL E.,ŠIBRAVA Z.,VOSPĚL Z.: Programování1,1990,Vydavatelství ČVUT.

Cvičení:
Implementace algoritmů v jazyce Python.

Literatura:
[1] Summerfield M.: Python 3, Computer Press, 2012
[2] Pilgrim M.: Ponořme se do Pythonu 3, CZ NIC, 2010: http://diveintopython3.py.cz/index.html
[3] On line kurz: https://naucse.python.cz/2017/pyladies-brno-jaro-po/

2. Proč se učit programovat?

Steve Jobs:

“Everybody in this country should learn how to program a computer. . . because it teaches you how to think”.

Základní motivace:

1. Schopnost automatizace opakujících se činností.
2. Pochopení, jak a proč věci fungují.
3. Rozvoj logického a abstraktního myšlení.
4. Schopnost týmové práce, kreativita
5. Kontakt s moderními technologiemi.
6. Atraktivní, tvůrčí a dobře placené zaměstnání.
7. Možnost práce z domova.

Nutnost celoživotního vzdělávání.
Pravidlo 10-10: Za 10 let pouze 10% poznatků aktuálních.

3. Umím programovat...

Obecnější pohled:

1. Analýza, modelování, simulace procesů.
2. Podíl na řešení složitých problémů dnešního/budoucího světa.
3. Věda, výzkum, vývoj, inovace.
4. Aplikace v průmyslu, zemědělství, službách.

Konkrétnější uplatnění:

1. Automatizované zpracování a analýza dat.
2. CAD, počítačová grafika, digitální kartografie, mapové služby.
3. Modelování, analýzy, predikce v oblasti přírodních věd.
4. Umělá inteligence.
5. Návrh a tvorba mobilních řešení.
6. Cloudová infrastruktura, big data.

Front end vs back end.

4. Problém

Termín mající více významů.

Definice 1 (Slovník spisovného jazyka českého)
“Věc k řešení, nerozřešená sporná otázka, otázka k rozhodnutí, nesnadná věc”

Definice 2 (Wikipedia).
“Podmínky nebo situace nebo stav, který je nevyřešený, nebo nechtěný, nebo nežádoucí.”

Problém zpravidla vyžaduje řešení.
Pro jeho nalezení nutné pochopit nejdůležitější aspekty problému.
Z hlediska informatiky, problémy musí splňovat formální definici.

Ne všechny problémy lze v současné době úspěšně a efektivně řešit.
Úlohy třídy P: snadno řešitelné.
Úlohy třídy NP: klasickými technikami neřešitelné.
Mnoho z nich spadá do oblasti geoinformatiky.

5. Popis problému

"Problém" z pohledu informatiky lze formalizovat:

NÁZEV: Slovní popis problému
IN: Popis přípustného vstupu (množina vstupních dat).
OUT: Popis výsledku, který je pro daný vstup očekáván.

Musí existovat funkce f přiřazující vstupním datům požadovaný výstup.
Nalezení řešení problému $\Rightarrow$ nalezení příslušné funkce f.

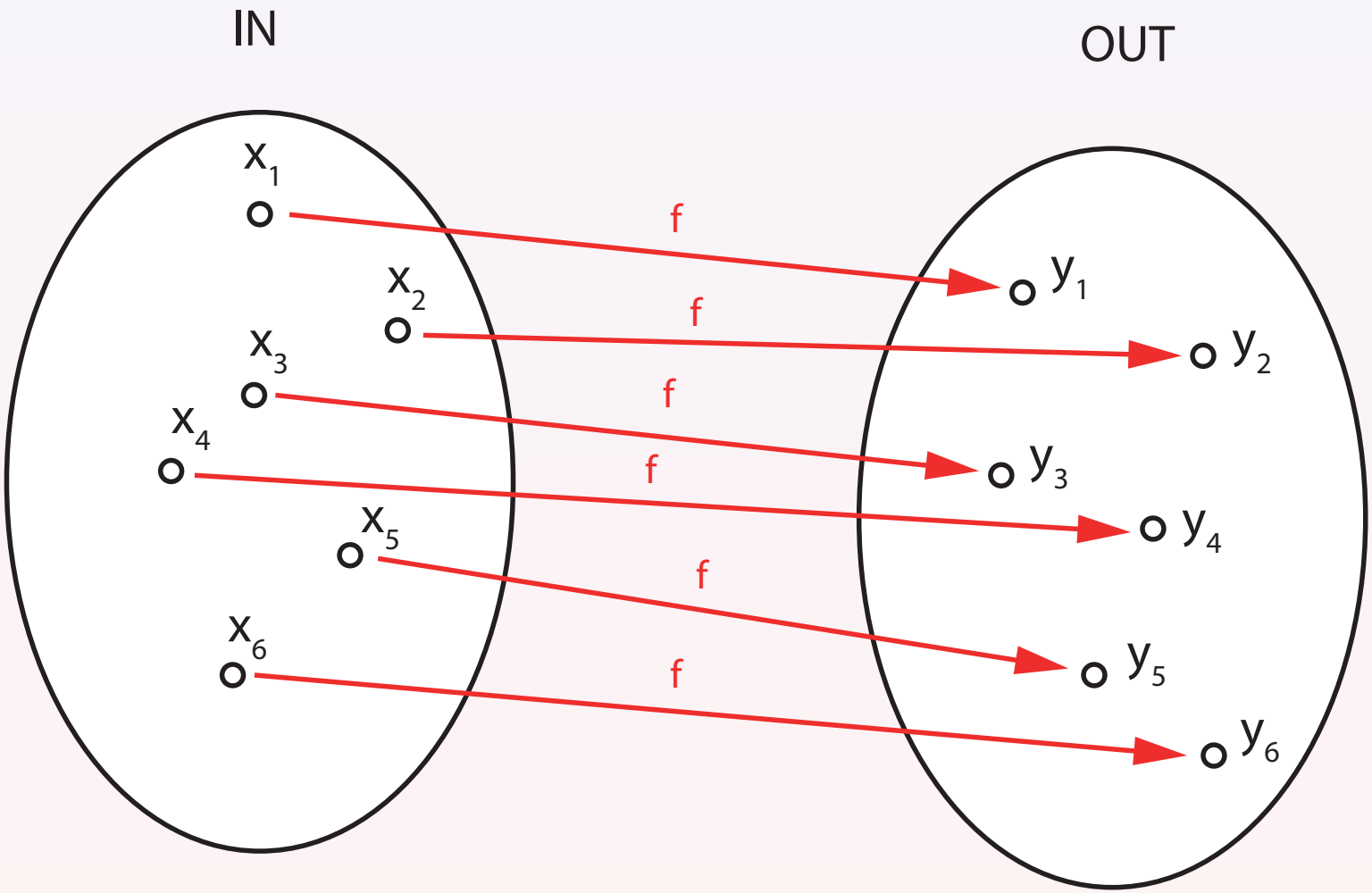
Každý problém P určen uspořádanou trojicí $P(IN, OUT, f)$

$$f : IN \rightarrow OUT,$$

IN množina přípustných vstupů, OUT množina očekávaných výstupů, f přiřazuje každému vstupu očekávaný výstup.

IN/OUT: Kombinace znaků, celých čísel či přirozených čísel představující kódování.

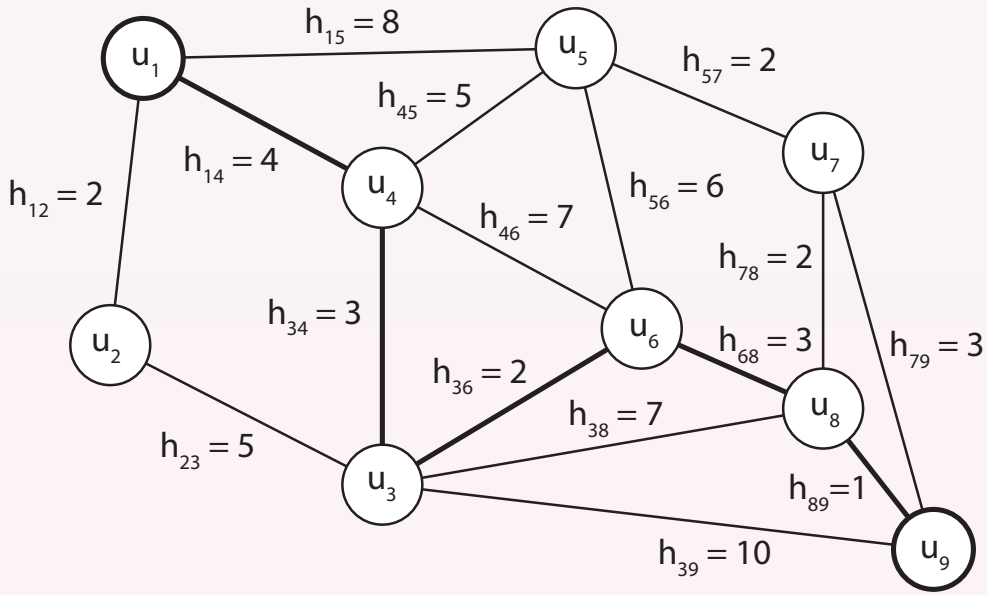
6. Znázornění problému



7. Příklady problémů

P1: Setřídění posloupnosti čísel:

$IN = \{16, 74, 8, 4, 11, -9, 38\}$,
$OUT = \{-9, 4, 8, 11, 16, 38, 74\}$



P2: Nalezení nejkratší cesty v grafu:

$IN = \{G = (U, H, \rho)\}$
$U = \langle u_1, ..., u_9 \rangle$, $H = \langle h_{12}, ..., h_{79} \rangle$
$OUT = \langle h_{14}, h_{34},, h_{36}, h_{68}, h_{89} \rangle$

8. Algoritmus

Pojem cca 1000 let starý.
Poprvé použil perský matematik Abú Abdallah Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi.

Algoritmus je obecný předpis pro řešení zadaného problému.
Posloupnost kroků doplněných jednoznačnými pravidly.
Analogie v běžném životě: kuchyňský recept, lékařský předpis.

Algoritmus A řeší problém P, tj. A(P), pokud $\forall x \in IN$ *přiřazuje v konečném počtu kroků (alespoň jeden) výstup y,* $y \in OUT$*, a* $y = f(x)$.

Poznámky:

- Rešení vyhovuje vstupním podmínkám.
- Pro zadaný vstup x může existovat více řešení y, A by měl nalézt alespoň jedno.
- Množina vstupů zpravidla nekonečně velká.

9. Vlastnosti algoritmu

A) Determinovanost
Algoritmus jednoznačný jako celek i v každém svém kroku.
Nelze dosáhnout přirozenými jazyky, proto pro popis používány formální jazyky.

Algoritmus je invariantní vůči formálnímu jazyku !!!

B) Rezultativnost
Vede vždy ke správnému výsledku v *konečném* počtu kroků.

C) Hromadnost
Lze použít pro řešení stejné třídy problémů s různými vstupními hodnotami.
Pro jejich libovolnou kombinaci obdržíme *jednoznačné* řešení.

D) Opakovatelnost
Při opakovaném použití stejných vstupních dat vždy obdržíme *tentýž* výsledek.

E) Efektivnost
Každý krok algoritmu by měl být efektivní.
Krok využívá elementární operace, které lze provádět v *konečném* čase.

10. Řešení problému prostřednictvím algoritmu (1/2)

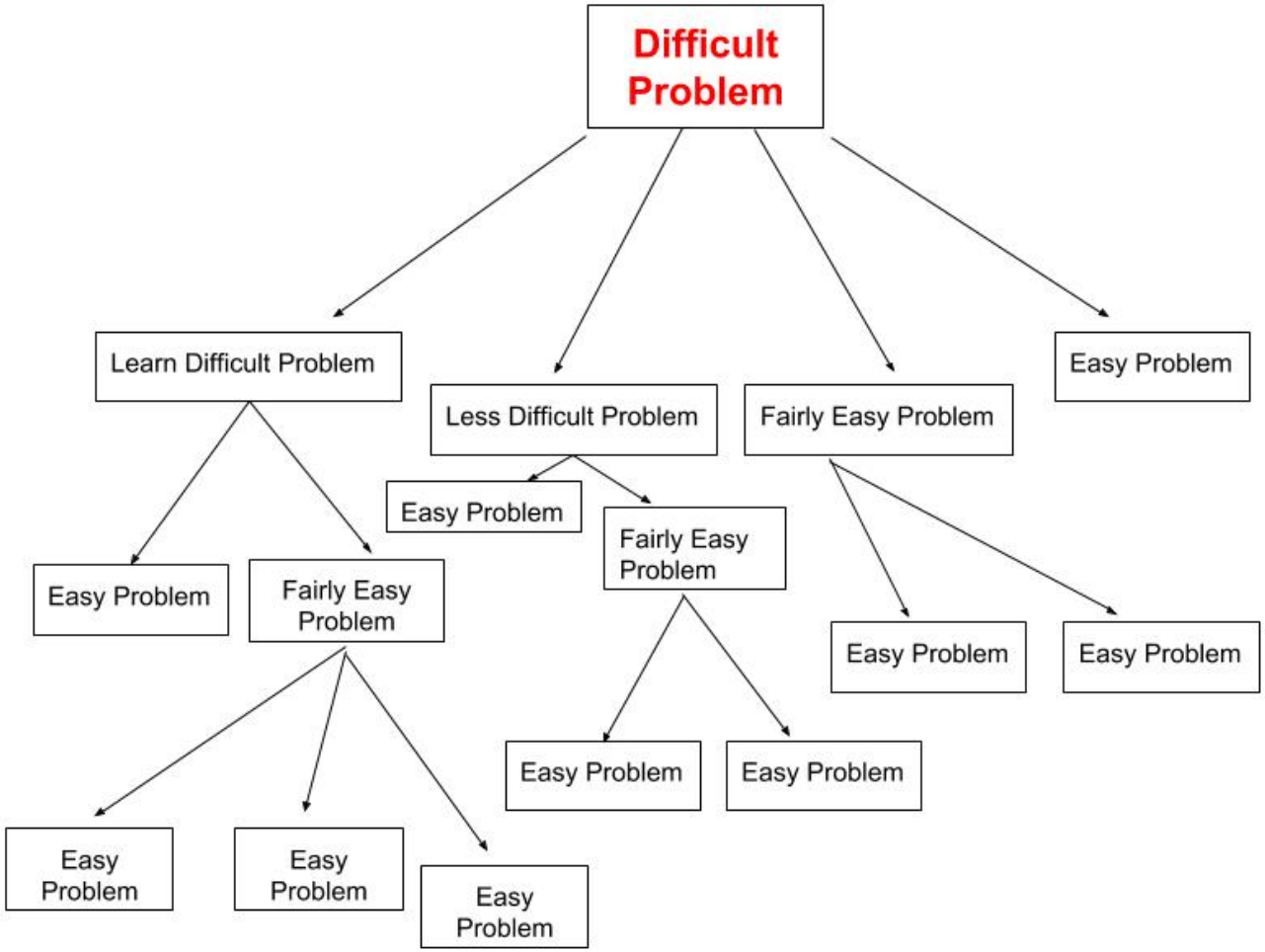
Fáze řešení problému:

1) Definice problému
Formulace problému společně s cílem, kterého chceme dosáhnout.
Definujeme požadavky týkající se tvaru vstupních a výstupních dat.

2) Analýza problému
Stanovení kroků a metod vedoucích k jeho řešení.
Rozkládání problému na dílčí podproblémy: dekompozice.
Jejichž jednodušší než řešení problému jako celku.
Top-Bottom Approach.

3) Sestavení algoritmu
Navržení a sestavení algoritmu řešící požadovaný problém.
Dílčí komponenty skládány do složitějších: kompozice.
Bottom-Up Approach.

11. Top-Down decomposition



12. Řešení problému prostřednictvím algoritmu (2/2)

4) Kódování algoritmu
Převod algoritmu do formálního jazyka.
Zpravidla se jedná programovací jazyk.
Výsledkem "*Proof of Concept*".

5) Ověření správnosti algoritmu
Ověření funkčnosti algoritmu na konečném vzorku dat.
Zahrnuje běžné situace + singulární případy (mnohdy obtížné).
3 množiny: Worst, Best, Average.
Různé strategie testování: např. *Unit Testing.*

6) Nasazení algoritmu
Splňuje–li algoritmus požadavky, lze ho nasadit do „ostrého provozu".

Poznámky:
Algoritmus by měl být dokázán pro všechny varianty vstupních dat.
Bod 5 nejnáročnější (90% času/nákladů)!

13. Paradigmata programování

Souhrn základních domněnek, předpokladů, představ.
Zahrnuje způsob formulace problému, metodologických prostředků k řešení.

Paradigma v programování ovlivňuje styl programování.
Definuje jakým způsobem vnímá programátor problém, a jak ho řeší.

Různá paradigmata:

Procedurální (imperativní) programování	Základem algoritmus, přesně daná posloupnost kroků.
Objektově orientované programování	Založeno na objektově orientovaném přístupu k problému.
Deklarativní programování	Opak imperativního programování (říkáme co, ne jak).
Funkcionální programování	Varianta deklarativního programování, založeno na lambda kalkulu.
Logické programování	Kombinace procedurálního / deklarativního přístupu.
Paralelní programování	Pro dekomponovatelné úlohy, paralelizace zpracování.
Distribuované programování	Zpracování probíhá po částech na více počítačích.

14. Znázornění algoritmu

Algoritmus lze znázorňovat mnoha způsoby:

- **Grafické vyjádření**
  Popsán formalizovanou soustavou grafických symbolů:
  - vývojové diagramy,
  - strukturogramy.

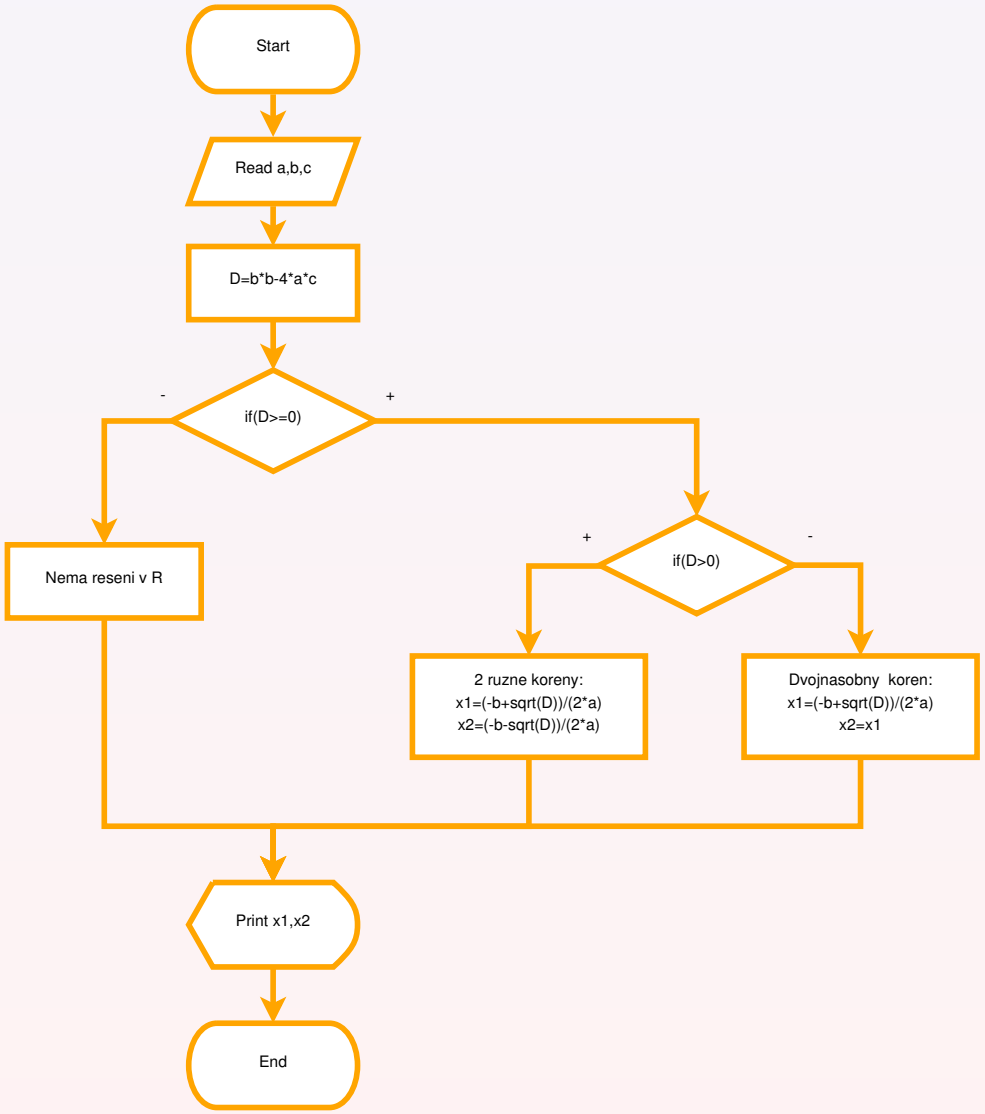
  (+) přehlednost, názornost,
  (+) znázornění struktury,
  (+) informace o postupu řešení.

  (-) náročnost konstrukce symbolů a vztahů,
  (-) obtížná možnost dodatečných úprav, vede k “překreslení” celého postupu,
  (-) není vhodné pro rozsáhlé a složité problémy.

- **Textové vyjádření**
  Nejčastěji používané varianty:
  - slovní popis, pseudokód,
  - PDL,
  - formalizovaný jazyk.

  (+) přehlednost, jednoznačnost,
  (+) snadný přepis,
  (+) možnost modifikace postupu.

15. Vývojový diagram řešení kvadratické rovnice



16. Textové vyjádření řešení kvadratické rovnice

Algoritmus 3: Kvadratická rovnice (a,b,c)

```
1: read (a,b,c)
2: D=b*b-4*a*c
2: if D > 0:
3:         x1=(-b+sqrt(D))/(2*a)
4:         x2=(-b- sqrt(D))/(2*a)
5: else if  D = 0
6:         x1=(-b+sqrt(D))/(2*a)
7:         x2=x1
8: else
9:         x1=∅, x2=x1
10: print (x1,x2)
```

17. Jazyky a jejich vlastnosti

Dělení do 2 skupin:

- **Přirozené jazyky**
  Komunikační prostředek mezi lidmi.
  Skládání slov do vyšších celků není řízeno tak striktními pravidly.
  Nevýhodou významová nejednoznačnost některých slov.
  Synonyma/homonyma omezují jejich použití při popisu problémů.

- **Formální jazyky**
  Vznikají umělou cestou.
  Skládání symbolů do vyšších celků řízeno striktnějšími pravidly.
  Zamezení významové nejednoznačnosti.

  Zástupci:
  - programovací jazyky,
  - matematická symbolika,
  - chemické značky,
  - jazyk mapy,
  - ...

18. Dělení programovacích jazyků

Kritéria pro dělení programovacích jazyků:

- *Podle způsobu zápisu instrukcí*
  Nižší programovací jazyky.
  Vyšší programovací jazyky.
- *Podle způsobu překladu*
  Kompilované jazyky.
  Interpretované jazyky.
- *Podle způsobu řešení problému*
  Procedurální jazyky.
  Neprocedurální jazyky.

19. Dělení programovacích jazyků

Nižší programovací jazyky:
Programováníprováděno ve strojových instrukcích.
(+) Výsledný kód velmi rychlý.
(-) Na programátoraklade značné nároky (přehlednost, srozumitelnost).
(-) Program je závislý na architektuře procesoru.

Zástupci: strojový kód, Assembler.

```
mov al, 61h
```

Vyšší programovací jazyky:
Používají zástupné příkazy nahrazující skupiny instrukcí.
Tyto následně překládány do strojového kódu.

(+) Struktura programu je přehlednější.
(+) Vývoj programu je jednodušší.
(+) SW není závislý na architektuře procesoru.
(-) O něco pomalejší kód.

První vyšší programovací jazyk: Fortran.
Většina současných programovacích jazyků: Basic, Pascal, C, C++, C#, Java, Python, Rubby.

20. Interpretované jazyky

Využívají *virtuální stroj*, klíčovou součástí *interpreter*.
Program přímo vykonávající instrukce jiného programu z jeho zdrojového kódu.

3 typy interpreteru:

- *Přímé vykonávání zdrojového kódu*
  Neprováděna kompilace, nevýhodou pomalost. Zástupce: Basic.
- *Překlad do mezikódu*
  Zdrojový kód přeložen do mezikódu (bytekód), nezávislý na operačním systému.
  Ten následně vykonán interpreterem.
  Zástupce: Python.
- *Just in Time*
  Zdrojový kód přeložen do mezikódu (bytekód).
  Celek, resp. části, při překladu kompilovány do strojového kódu.
  Nevýhoda: prodleva při spuštění programu.
  Zástupce: Java, C#.

(-) Delší spuštění.
(-) Pomalejší běh programu.
(-) Větší spotřeba hardwarových prostředků.

(+) Nezávislost na cílové platformě (kompatabilita).
(+) Snadnější správa paměti.
(+) GUI standardem jazyka.

21. Kompilované jazyky

Program je přeložen do strojového kódu.
Poté může být opakovaně spouštěn již bez přítomnosti interpreteru.

Překlad prováděn kompilátorem.
Výsledkem bývá spustitelný soubor (např. exe na platformě Windows).

(+) Kód rychlejší než u jazyků interpretovaných.
(+) Nižší hardwarové nároky.
(+) Běh bez interpreteru (nic se nemusí instalovat).

(-) Přeložený kód není univerzálně použitelný pod různými OS.
(-) Nutnost kompilace pro různé platformy.
(-) Složitější správa paměti.
(-) GUI (knihovny třetích stran).

Zástupci: C, C++, Fortran, Pascal.

22. Procedurální jazyky

Vycházejí z paradigmatu *procedurálního (imperativního) programování*.
Řešení problému popsáno pomocí posloupnosti příkazů na základě algoritmu.
Program tvořen kombinací proměnných, podmínek, cyklů, procedur.
Většina programovacích jazyků umožňuje imperativní přístup.

Dělení do dvou skupin:

- *Strukturované jazyky:*
  Algoritmus rozdělen dílčí kroky realizované podprogramy.
  Tyto následně integrovány v jeden celek.
  Zástupce: C.

- *Objektově orientované jazyky:*
  Popis a hledání řešení úloh postupy blízkými lidskému uvažování.
  Využití objektového modelu, každý objekt má určité chování a vlastnosti.
  Objekty vytvářeny ze “šablon”, tzv. tříd.
  Mohou spolu komunikovat prostřednictvím rozhraní.
  Zástupci: C++, Java, C#.

23. Neprocedurální jazyky

Vycházejí z paradigmatu *deklarativního (neprocedurálního) programování.*
Snaha o eliminaci chyb, které vznikají při vývoji algoritmů.

Definován pouze problém (cíl), popř. vztahy, a nikoliv jeho řešení.
Vlastní algoritmizaci problému řeší překladač.

Příkazy pro opakování (cykly) nahrazeny rekurzí.
Méně časté používání proměnných.

Kód nemusí být zpracováván lineárně (počátek->konec).

Zástupci: SQL, Scheme, Prolog.

S výjimkou SQL jsou méně často používány.

24. Srovnání 4 programovacích jazyků

```python
def quadratic( a, b, c):
    D = b * b - 4 * a * c
    if  ( D > 0 ):
        x1 = ( - b + math.sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        x2 = ( - b - math.sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        print ( 'x1=' + str(x1) + ', x2=' + str(x2))
    elif ( D == 0 ):
        x1 = ( - b + math.sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        print('x1==x2' + str(x1))
    else:
        print ('No solution in R')
```

```matlab
function [] = quadratic( a, b, c)
    D = b * b - 4 * a * c
    if  ( D > 0 )
        x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        x2 = ( - b - sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        sprintf ( 'x1 = %6.2f , x2= %6.2f', x1, x2)
    elseif ( D == 0 )
        x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a )
        sprintf('x1==x2 %6.2f', x1)
    else
        sprintf ('No solution in R')
    end
end
```

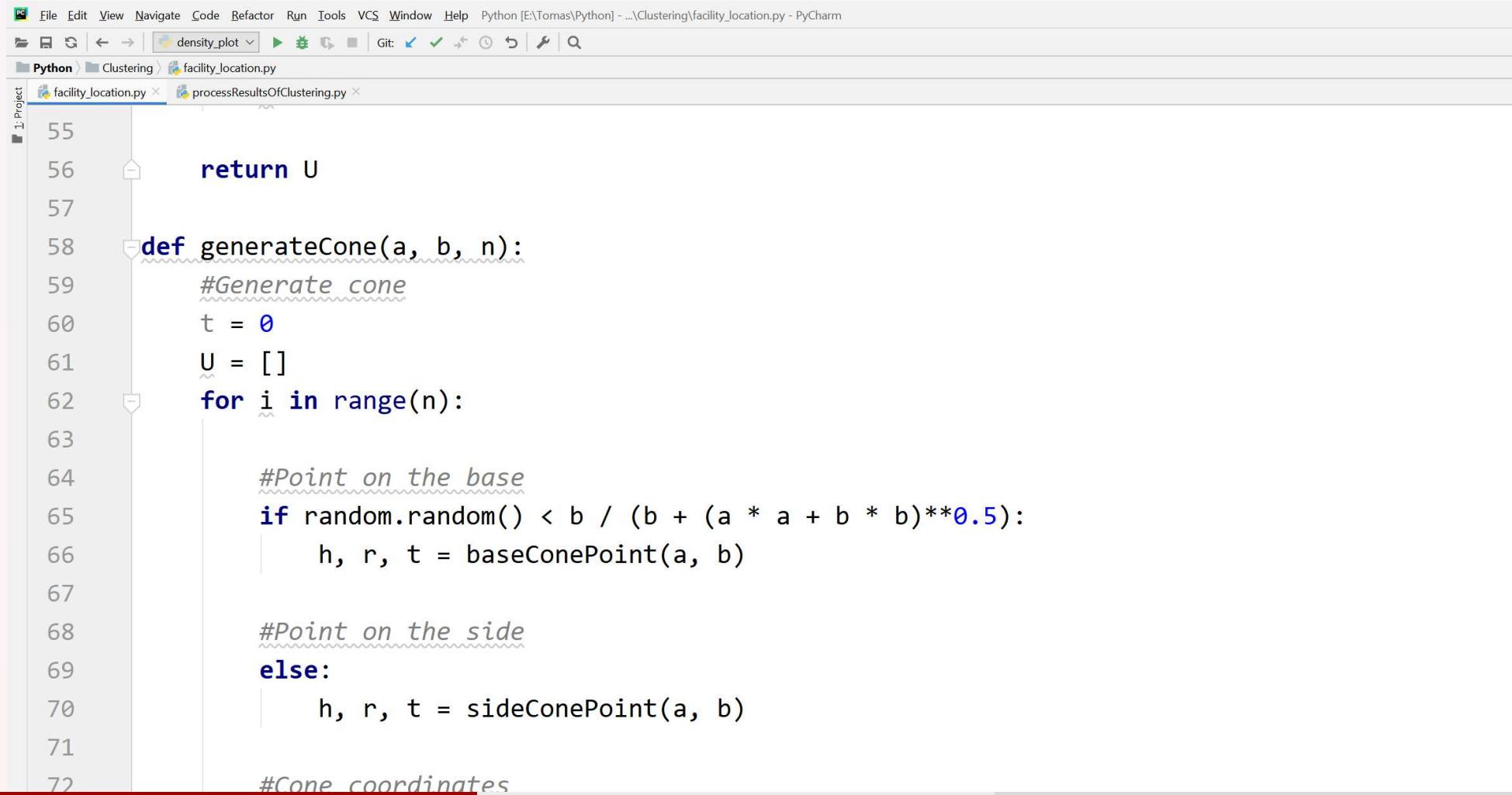
```cpp
void quadratic(double a, double b, double c)
{
    double D = b * b - 4 * a * c;
    if  ( D > 0 )
    {
        double x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        double x2 = ( - b - sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        cout << "x1=" << x1 << ", x2=" << x2;
    }
    else if ( D == 0 )
    {
        double x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        cout << "x1=x2" << x1;
    }
    else
        cout << "No solution in R";
}
```

```java
public void quadratic(double a, double b, double c)
{
    double D = b * b - 4 * a * c;
    if  ( D > 0 )
    {
        double x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        double x2 = ( - b - sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        System.out.println("x1=" + x1 + ", x2=" + x2);
    }
    else if ( D == 0 )
    {
        double x1 = ( - b + sqrt ( D ) ) / ( 2 * a );
        System.out.println( "x1=x2" + x1);
    }
    else
        System.out.println("No solution in R");
}
```

Language	Lines	Words	Characters
Python	11	56	385
Matlab	13	58	392
C++	17	58	430
Java	17	65	473

25. Zápis zdrojového kódu

Editor:
Textový soubor, ASCII bez formátování, nepoužívat textové editory.
Syntax Highlighting, Code Completion.

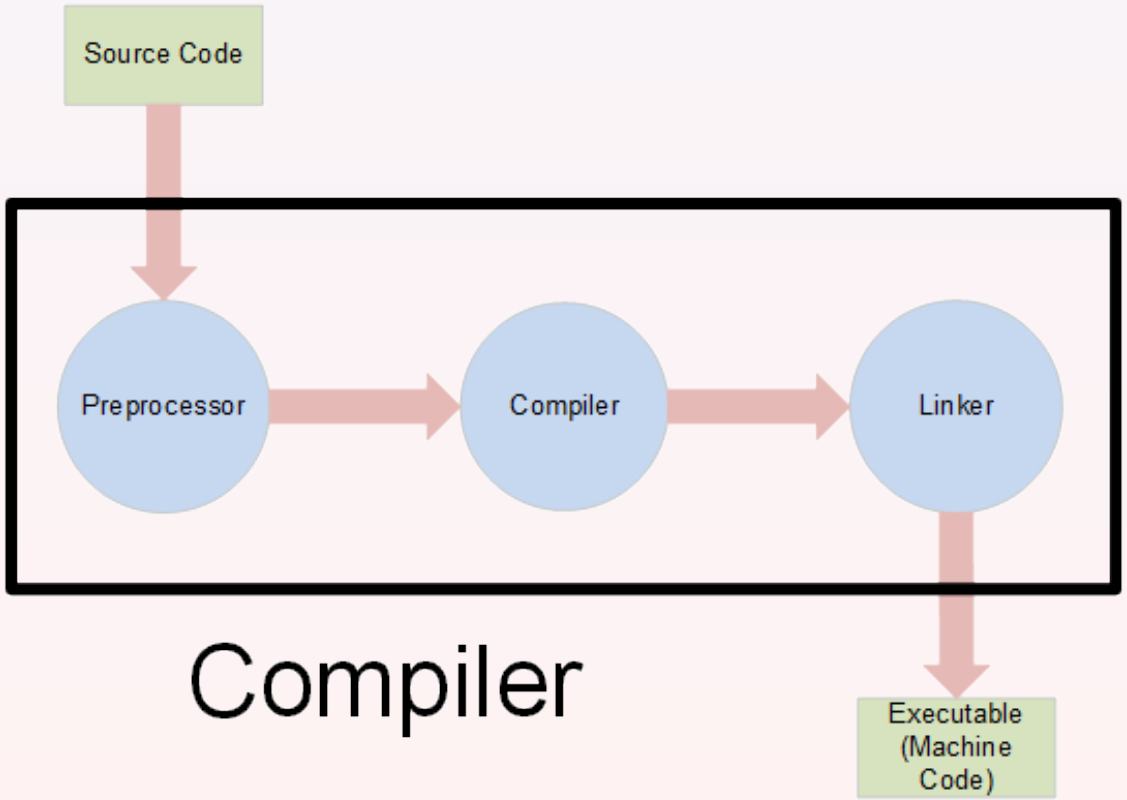


26. Proces překladu (1/2)

Odlišný přístup pro kompilované/interpretované jazyky.

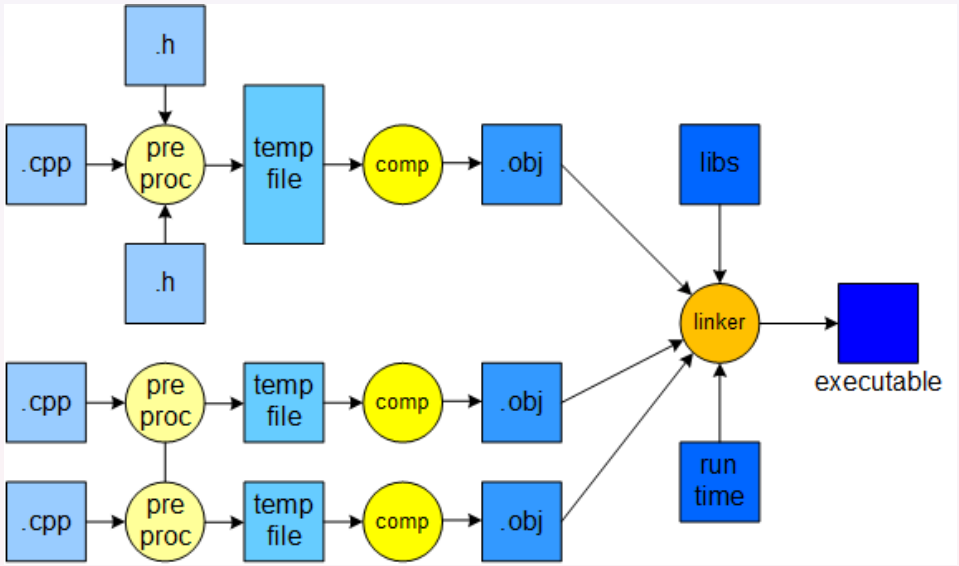
Preprocesor:
Předzpracování zdrojového kódu, vynechání komentářů, includování souborů, zpracování maker. Výsledkem opět textový soubor.

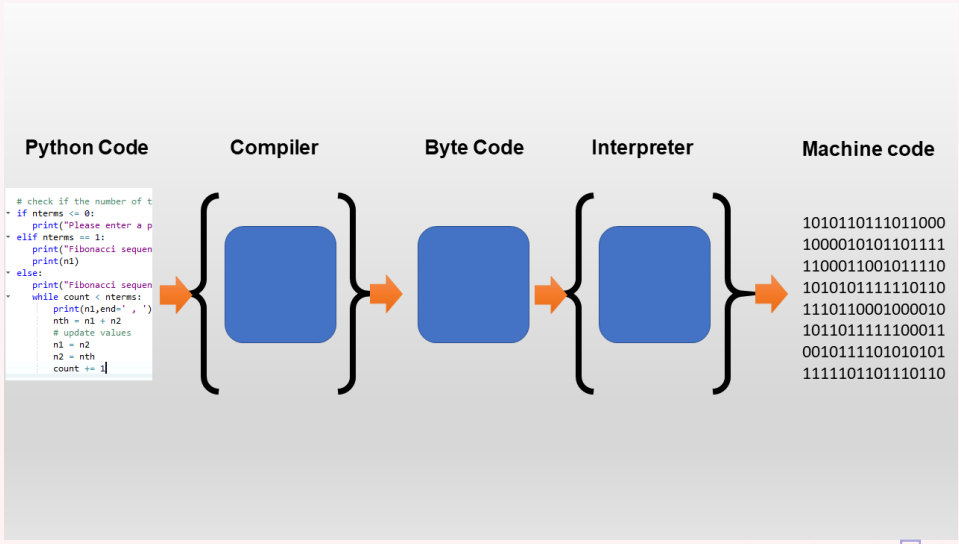
Kompilátor:
Překlad textového souboru vytvořeného preprocesorem do assembleru.
Následně překlad do relativního kódu (absolutní adresy proměnných a funkcí nemusí být ještě známy), tzv. Object code, *.obj.
Každý programový modul tvořen samostatným *.obj souborem.



27. Proces překladu (2/2)

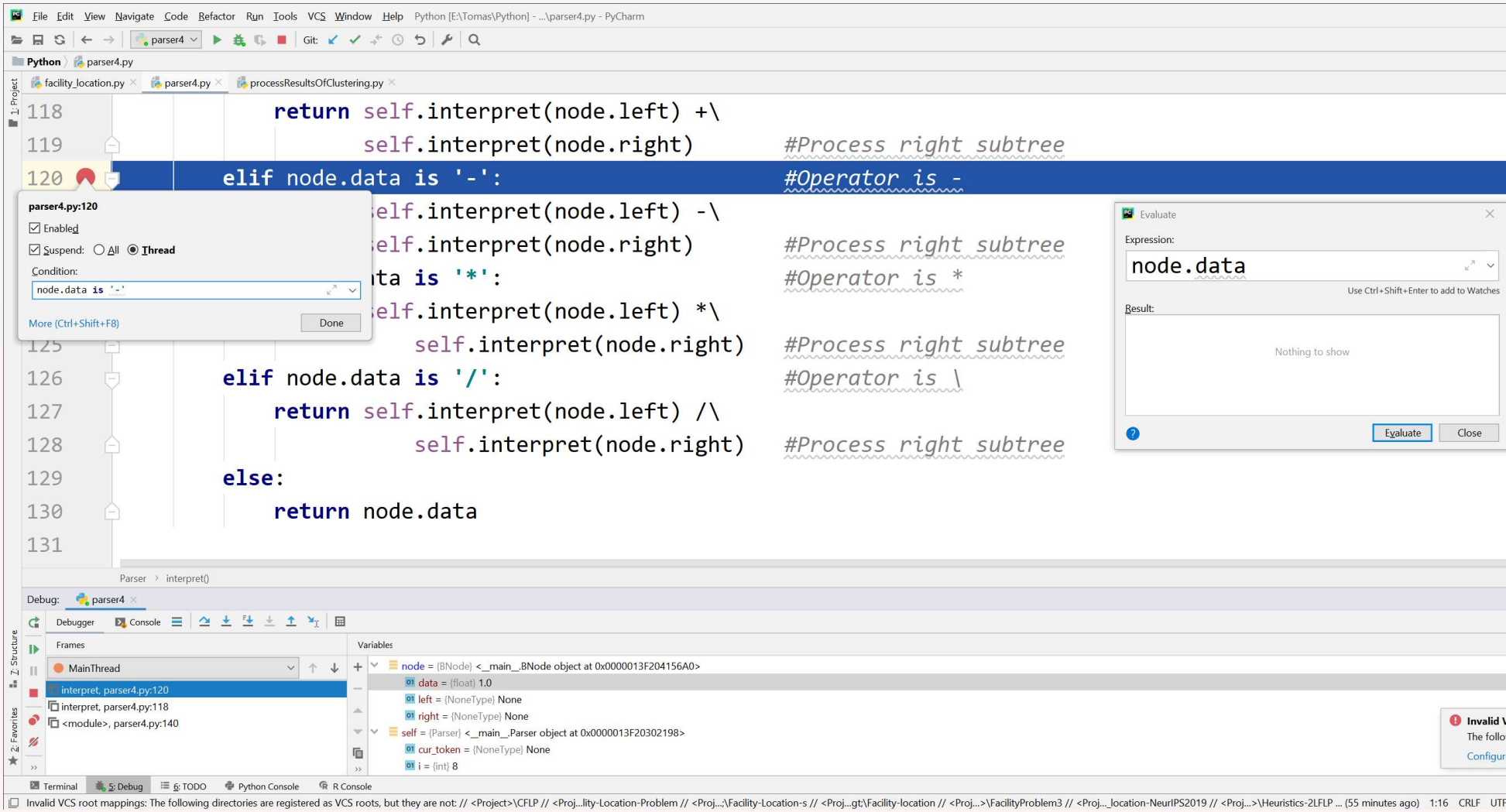
Linker:
Spojení jednotlivých *.obj souborů generovaných kompilátorem.
Relativní adresy nahrazeny absolutními.
Výsledkem přímospustitelný kód.





28. Odladění aplikace

Debugger:
Slouží pro ladění programu.
Hledání chyb nastávající za běhu programu.
Nástroje Break Point (Conditional), Watch, Evaluate, Step Into/Over, Run To Cursor...



29. Historie programovacích jazyků

John von Neumann (1903 - 1957):
Teoretické schéma počítače tvořené: procesor, řadič, operační paměť, vstupní a výstupní zařízení.
Základ architektury současných počítačů.

Alan Turing (1912 - 1954):
Zabýval se problematikou umělé inteligence
Může stroj řešit problémy.
Vytvořil abstraktní model počítače, tzv. Turingův stroj (eliminaci závislosti na hardware).

Konrad Zuse (1910 - 1995):
První programovací jazyk (1946), Plankalkul.
Nikdy nebyl implementován.

30. Vývoj programovacích jazyků (1/4)

FORTRAN (FORmulaTRANslator, 1954-57)
Autorem IBM, používán pro vědecké výpočty a numerické aplikace.
Kompilovaný jazyk.
Využíván dodnes, řada vědeckých projektů napsána ve Fortranu.
FORTRAN 77, Fortran 90, Fortran 95, Fortran 2000, Fortran 2003 a Fortran 2008.

ALGOL (ALGOrithmic Language, 1958-59)
Jazyk pro popis algoritmů...
Moderní koncepce, implementace rekurze.
Podobný současným programovacím jazykům.
Ve své době velmi populární.

LISP (List Processing, 1958-59)
Používán v oblasti umělé inteligence.
První funkcionální jazyk.
Z něj odvozeny další jazyky Tcl, Smalltalk nebo Scheme.

31. Vývoj programovacích jazyků (2/4)

COBOL (Common Business Oriented Language, 1959)
Zápis programů v jazyce blízkém angličtině, přístupnost široké veřejnosti.
Vytváření rozsáhlých programů k obchodním účelům.
Snadný převod programů mezi počítači.
Mnoho verzí, poměrně dlouho vyvíjen.

BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic InstructionCode, 1964)
Jednoduchý jazyk pro řešení jednoduchých úkolů výuku programování.
Nerozlišoval datové typy.
Používán dodnes, doplněn o možnost objektového progrmování (Visual Basic).

Pascal (Niklaus Wirth, 1971)
Navržen pro výuku programování, odvozen za Algolu.
Používán dodnes.
Rozšíření o možnost objektového programování, Object Pascal či grafické rozhraní (Delphi).

32. Vývoj programovacích jazyků (3/4)

Simula (1967)
První objektově orientovaný programovací jazyk.
Odvozen z Algolu.
Používán pro vědecké výpočty a simulace, možnost paralelizace výpočtů.
Uplatnil se pouze v akademickém prostředí, v praxi příliš nepoužit.
Přinesl řadu moderních prvků, např. *garbage collector* (převzala Java).

Smalltalk (Xerox)
Interpretovaný objektově orientovaný jazyk.
Dodnes velmi často používán, současná implementace se výrazně liší od původní.
Zavedl *událost* (posílání zpráv).
Možnost vyjádření grafického návrhu formalizovaným jazykem.

- Propojení vizuálního a textového popisu.
- Univerzálně použitelný zejména pro modelování objektově orientovaných systémů.

C (AT&T, 1973)
Často programovací jazyk, stále se vyvíjí.
Od poloviny 70. let standard na platformě PC (Windows, Unix).
Univerzální, používán pro tvorbu malých aplikací i operačních systémů.

- Možnost vyjádření grafického návrhu formalizovaným jazykem.
- Propojení vizuálního a textového popisu.
- Univerzálně použitelný zejména pro modelování objektově orientovaných systémů.

33. Vývoj programovacích jazyků (4/4)

C++ (Bjarne Stroustrup, 1982-85)
Rozšířením jazyka C možnosti objektového a generického programování
Zřejmě nejrozšířenější programovací jazyk.
První standardizace až 1997, další 2003, 2006, 2007.

Java (Sun, 1994-1995)
Původně navržen jako jazyk pro inteligentní domácí spotřebiče.
Interpretovaný jazyk, nezávislost na hardware a operačním systému.
Snaha o zjednodušení a odstranění nebezpečných konstrukcí z C++ (automatická správa paměti, kompletně objektový).

C# (Microsoft, 2002)
Objektově orientovaný interpretovaný jazyk založený na C++ a Javě.
Základ platformy NET.
Jeho podíl dynamicky roste, zatím rozšířen především na OS Windows

34. Obecné zásady pro zápis zdrojového kódu

Zápisu programového kódu nutno věnovat zvýšenou pozornost.
Nutno dodržovat níže uvedené zásady a pravidla.
Cílem je tvorba *snadno udržovatelného kódu*.

Vytvoření programu není jednorázová činnost.

Jak se vyvíjí znalosti a schopnosti programátora, objevují se nové postupy řešení, měl by na ně autor programu adekvátně reagovat.

Program by měl být psán přehledně a srozumitelně, aby ho bylo možné snadno modifikovat a doplňovat o novou funkcionalitu.

V opačném případě se mohou doba a úsilí vynaložené na implementaci i poměrně jednoduché změny rovnat době odpovídající kompletnímu přepsání programu.

35. Čitelnost a dodržování konvencí

Čitelnost:
Zdrojový kód by měl být zapsán tak, aby byl přehledný a snadno čitelný.

Není vhodné používat nejasné programové konstrukce znesnadňující pochopení činnosti konstrukce.

Nutno dodržovat níže obecná pravidla formátování zdrojového kódu.

Dodržování konvencí:
Nutnost dodržování syntaktických pravidel a konvencí formálního jazyku.

Pro každý formální jazyk existuje seznam konvencí.

Nedoporučuje se obcházet pravidla nestandardním způsobem.

Nestandardní konstrukce obtížněji čitelné, mohou u nich nastat vedlejší efekty, špatně se upravují a rozšiřují.