Calcolabilità, Algoritmi, Linguaggi di Programmazione

Sommario: 28/2/2018

- Funzioni Calcolabili, Programmi, Algoritmi (ancora 2 slides)
- LP: Come è definito un Linguaggio
- LP: Perchè tanti Linguaggi?
- LP: Cosa significa studiare i Linguaggi e Perchè farlo?
- LP: Classificazione e Spettro Applicazioni dei Linguaggi
- Esercizi

Linguaggi di Programmazione: A Cosa Servono? /4

Gli **Strumenti Formali, Fondamentali** (che introducono strutture finite: I Programmi) per:

- **Esprimere Tutte** le *Computer Applications* ...
- **Definire Tutte** le *Funzioni Calcolabili*, $\mathcal{F}$. ...
- **Implementare** gli *Algoritmi* che sono:
  - **Procedimenti Effettivi**, ovvero ([Knuth 1968 - Stone 72][1]):
    - **Finitezza** Descritto in modo finito mediante
    - **Definitezza** *passi* rigorosamente e non ambiguamente definiti che
    - **Effettività** usano *operazioni elementari* che devono essere riproducibili con un *agente di calcolo* [2] e che
    - **Input/Output** si applicano a dati/informazione di dimensione finita ma non necessariamente limitata.

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithm_characterizations#1967_Rogers.27_characterization

[2] che usa energia/tempo finito

Linguaggi di Programmazione: A Cosa Servono? /4bis

Gli **strumenti fondamentali** per:

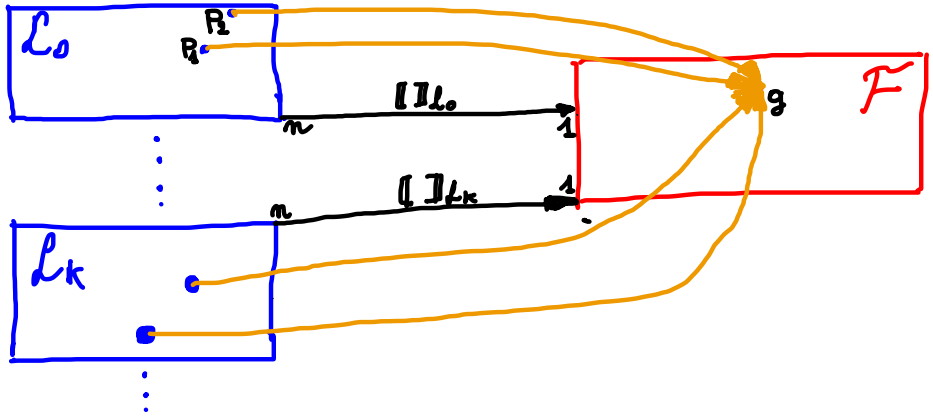
- **Esprimere Tutte** le *Computer Applications* ...
- **Definire Tutte** le *Funzioni Calcolabili*, $\mathcal{F}$. ...
- **Implementare** gli *Algoritmi* che permettono di:
  - Studiare proprietà delle applicazioni (*problemi*) o delle stesse funzioni che le calcolano, quali:
    - *Costo* dei diversi procedimenti per una stessa applicazione
    - *Bounds* e *Trattabilià* di funzioni di $\mathcal{F}$, ad esempio:
      $g \in \mathcal{F}$ non può essere calcolato in meno di un Costo C_g
      $g \in \mathcal{F}$ può essere calcolato in un Costo inferiore a C_g
      $g \in \mathcal{F}$ è calcolabile in Costo esponenziale con l'input
  - Senza far riferimento ad alcun specifico Linguaggio di Programmazione.

Linguaggi di Programmazione: Cosa sono? /5

- Un Linguaggio di Programmazione è un
  - **Formalismo**

    Sintassi per la forma dei termini del linguaggio

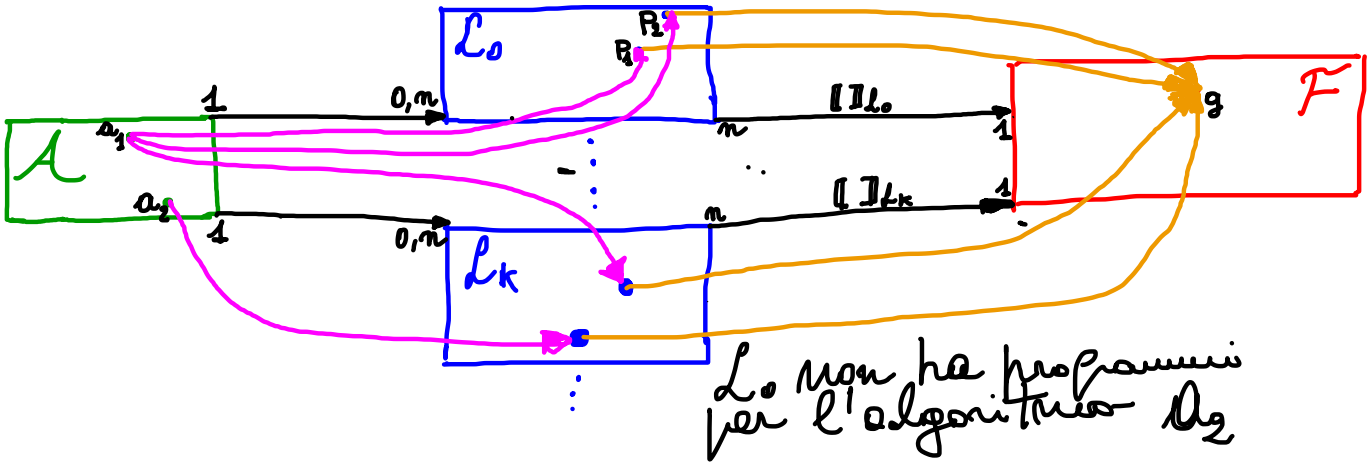
    Semantica per il significato da associare a ciascun termine
  - per definire **Programmi**
    - sono la forma principale dei termini esprimibili del linguaggio
    - esprimono tutte e solo le funzioni calcolabili
    - implementano un **algoritmo**
  - dotato di un **esecutore** dei suoi programmi (Macchina Astratta)



Notazione. Le frecce sono relazioni e gli indici alle estremità indicano molteplicità, n, unicità, 1, assenza, 0, (o combinazioni: 0/n, 0/1...), di elementi nell'insieme considerato (sinistra, out, o destra, in).

Relazioni tra Algoritmi, $\mathcal{A}$, Linguaggi, **LP**, Funzioni, $\mathcal{F}$

- Una **coppia di relazioni** ed una loro **composizione**:



Notazione. Le frecce sono relazioni e gli indici alle estremità indicano molteplicità, n, unicità, 1, assenza, 0, (o combinazioni: 0/n, 0/1...), di elementi nell'insieme considerato (sinistra, out, o destra, in).

- Esistono Funzioni Calcolabili di cui non si conoscono, ad oggi, algoritmi?
  vedi Esercizio 3.

- Esistono algoritmi di cui non si hanno, ad oggi, programmi (in un qualche $\mathcal{L} \in$**LP**) che li rendano *processi automatici*?
  vedi Esercizio 4.

- Esistono Funzioni di cui non si conosce, ad oggi, la calcolabilità?
  vedi Esercizio 5.

Linguaggi di Programmazione: Perché più d'uno?

Rispondiamo in 1 slide

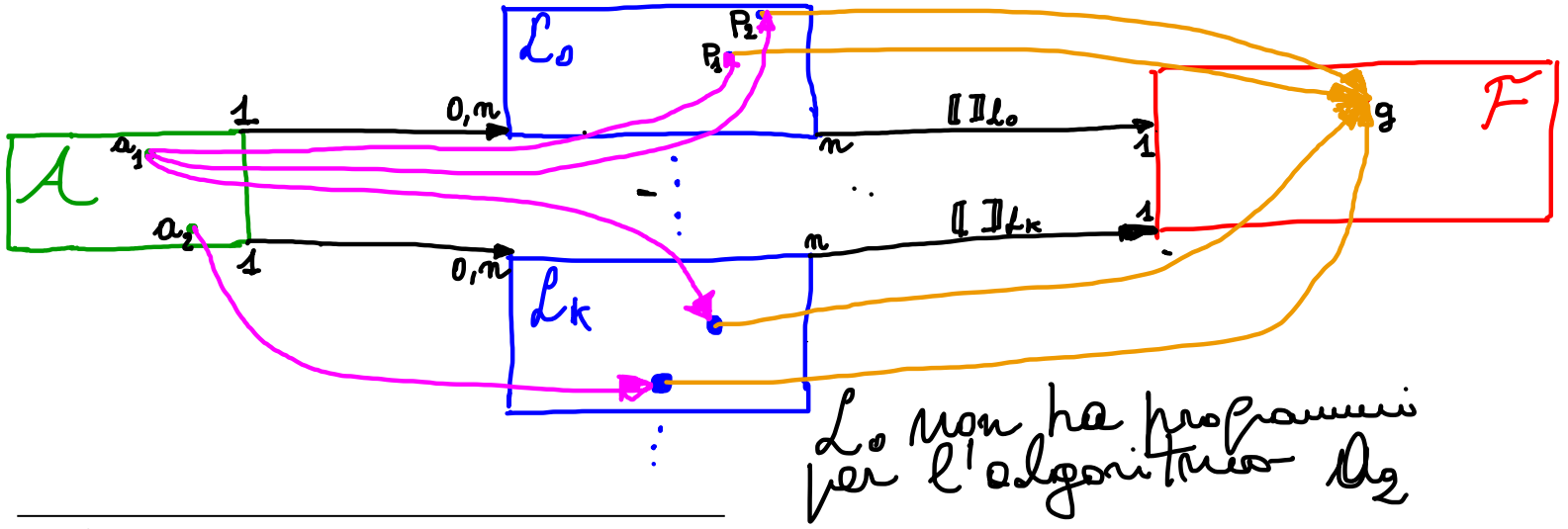
Linguaggi di Programmazione: Perché più d'uno?

- LP sono **equipotenti**
  - **Esprimono tutto e solo** $\mathcal{F}$, ovvero
    hanno programmi per tutte e sole le funzioni $g \in \mathcal{F}$

- LP **non hanno la stessa espressività**
  - **Diversi nel modo di** esprimere la *Struttura dei Programmi*
  - **Esistono** algoritmi con cui $g \in \mathcal{F}$ può essere calcolata che sono impraticabili in un dato linguaggio.
    - Mancanza di costrutti adeguati:
    - Necessità di emulare strutture presenti in altri linguaggi:

Linguaggi di Programmazione: Perché più d'uno? - cont'd

- LP sono **equipotenti**
- LP **non hanno la stessa espressività**
  - **Mancanza di costrutti** adeguati:
    Esempio. Ricorsione per algoritmi induttivi (quicksort, ...)
    Esempio. Molecular Annealing per algoritmi biologici (Hamiltonian Path, 3-Colorability..[3])
  - **Necessità di emulare** strutture presenti in altri linguaggi:
    Esempio. memoria dinamica per algoritmi su stack



[3] Jonoska N., C.C.Seeman, Computing by Molecular Self-Assembly, Interface Focus (2012) 2, doi:10.1098/rsfs.2011.0117

Linguaggi di Programmazione: Perché studiarli? /1

Rispondiamo in 2 slides e.... un corso di 9 crediti

Linguaggi di Programmazione: Perché studiarli? /1

Per conoscere in cosa e quanto sono diversi ed essere consapevoli di vantaggi e limiti del linguaggio che si sta usando.

- **Espressivitá**. Perchè esprimono funzioni calcolabili in modo anche, molto diverso
- **Sviluppo** Permettono di realizzare Computer Applications con caratteristiche diverse per
  - risorse necessarie per la realizzazione
  - prestazioni del sistema realizzato (facilità di uso, tempi e risorse richieste dall'uso...)
  - manutenzione (correzione errori, interventi di modifica e ri-adeguamento...)
- **Metodologie** Supportano *Metodologie di Programmazione* diverse e/o usabili in modo maggiore o minore
- **Acquisire Competenza** (sintassi, semantica, implementazione, uso e metodologie supportare)

Linguaggi di Programmazione: Perché studiarli? /2

- **Acquisire Competenza** (sintassi, semantica, implementazione, uso e metodologie supportare)
  - Nella programmazione e nell'uso anche di linguaggi già noti ed usati. Attraverso:
    - conoscenza dell'effettiva implementazione delle strutture usate
    - confronto sul modo di utilizzare strutture e meccanismi simili in linguaggi diversi
    - esperienza nell'analisi di caratteristiche oscure o difficili da usare in un linguaggio
    - stesura in linguaggi diversi di programmi e/o problemi noti
    - ...
  - Nella scelta del Linguaggio più appropriato per ogni specifica Applicazione da sviluppare
  - Per *classificare* e apprendere gli ultimi Linguaggi di Programmazione definiti

Una prima Classificazione: Prescriptive vs. Descriptive

- **Prescriptive = Come il calcolo deve procedere**
  Imperative Languages: State + Mutable Value + Assignment + Sequence Control

- **Descriptive = Cosa il calcolo deve produrre**
  Declarative Languages: Immutable Value + Application + Composition

Una classificazione più fine

I principali:

- **Procedural**: Fortran, Cobol, Algol, Pascal, C, ADA, ...
- **Functional**: Lisp, Scheme, ML, Haskell, OCAML, ...
- **Algebraic**: Lucid, OBJ, OPAL, ActOne
- **Logic, Constraint-based**: Prolog, LogLisp, Datalog, Parlog (SQL, spreadsheets languages,)...
- **Object Oriented**: Simula67, SmallTalk, C++, OCAML, Java, C#, Scala, F#, ...
- **Scripting**: Perl, Python, PHP, JavaScript...
- **Concurret**: Lucid, OCCAM, C-Linda, PrologLinda, SPARK, Parlog, Java, C#, ...
- **Dataflow**: Lucid, C-Linda, PrologLinda,...
- **Multi-paradigms**: (i più recenti) F#, Ruby, ...

50 anni di Linguaggi di Programmazione 1955-2015

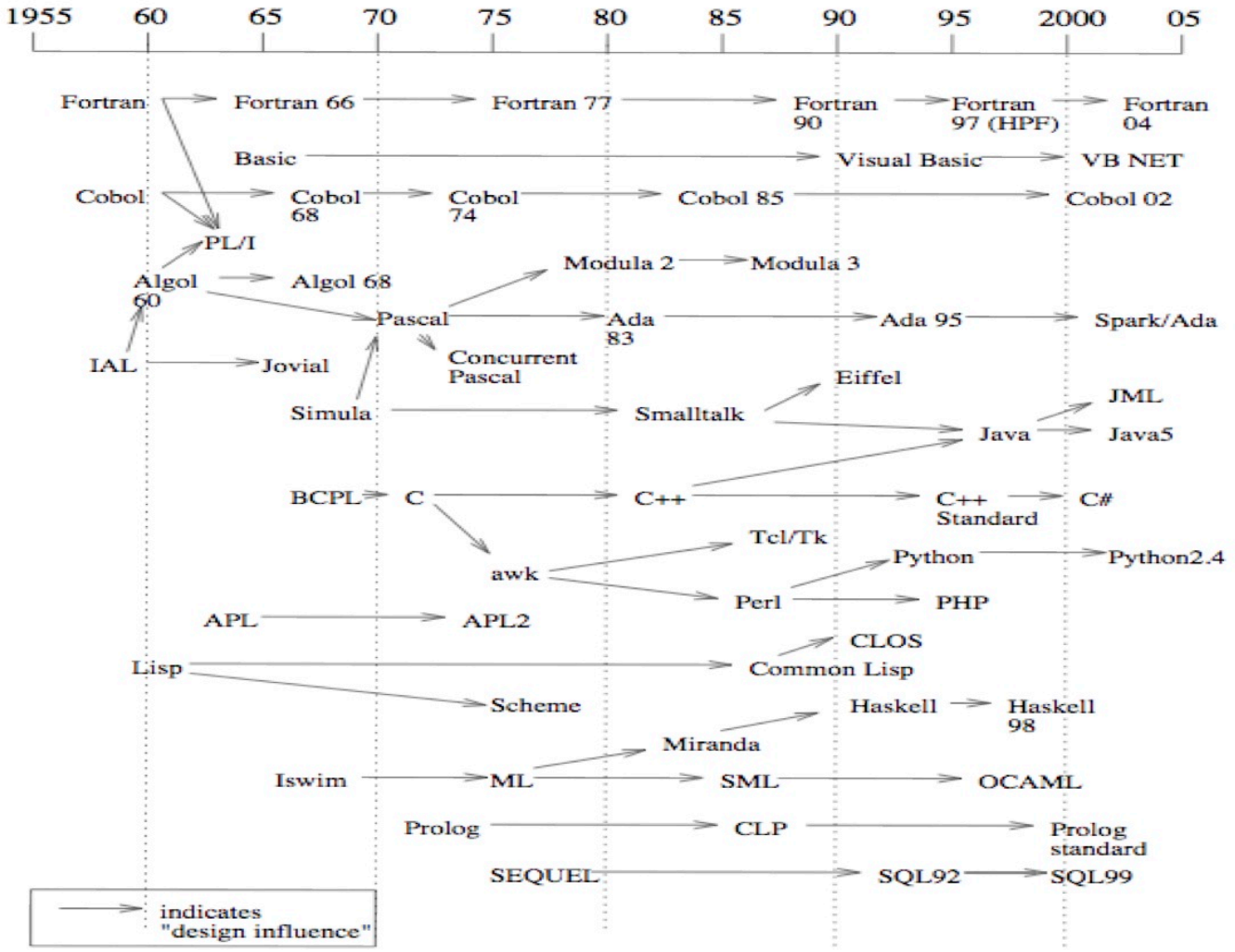
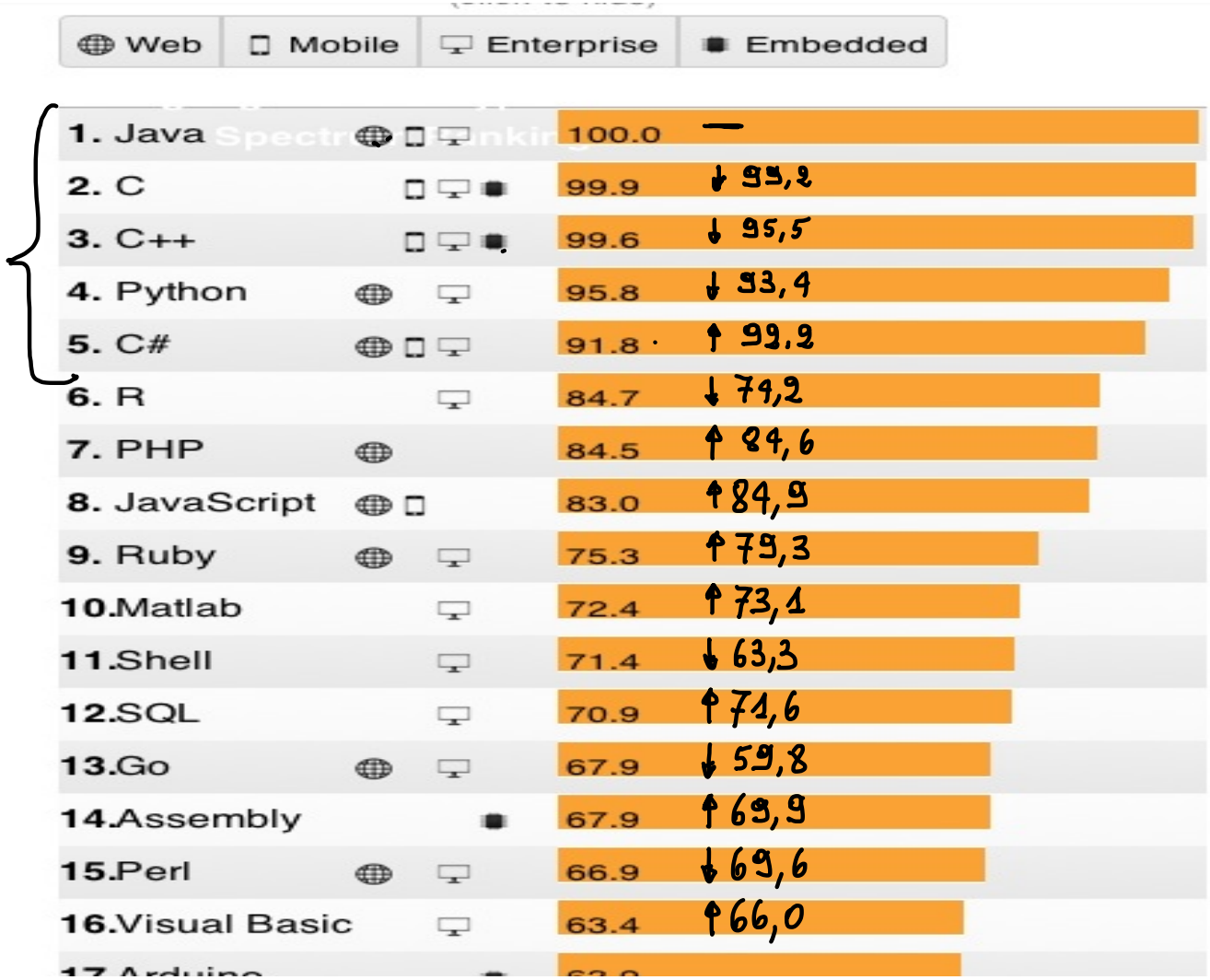


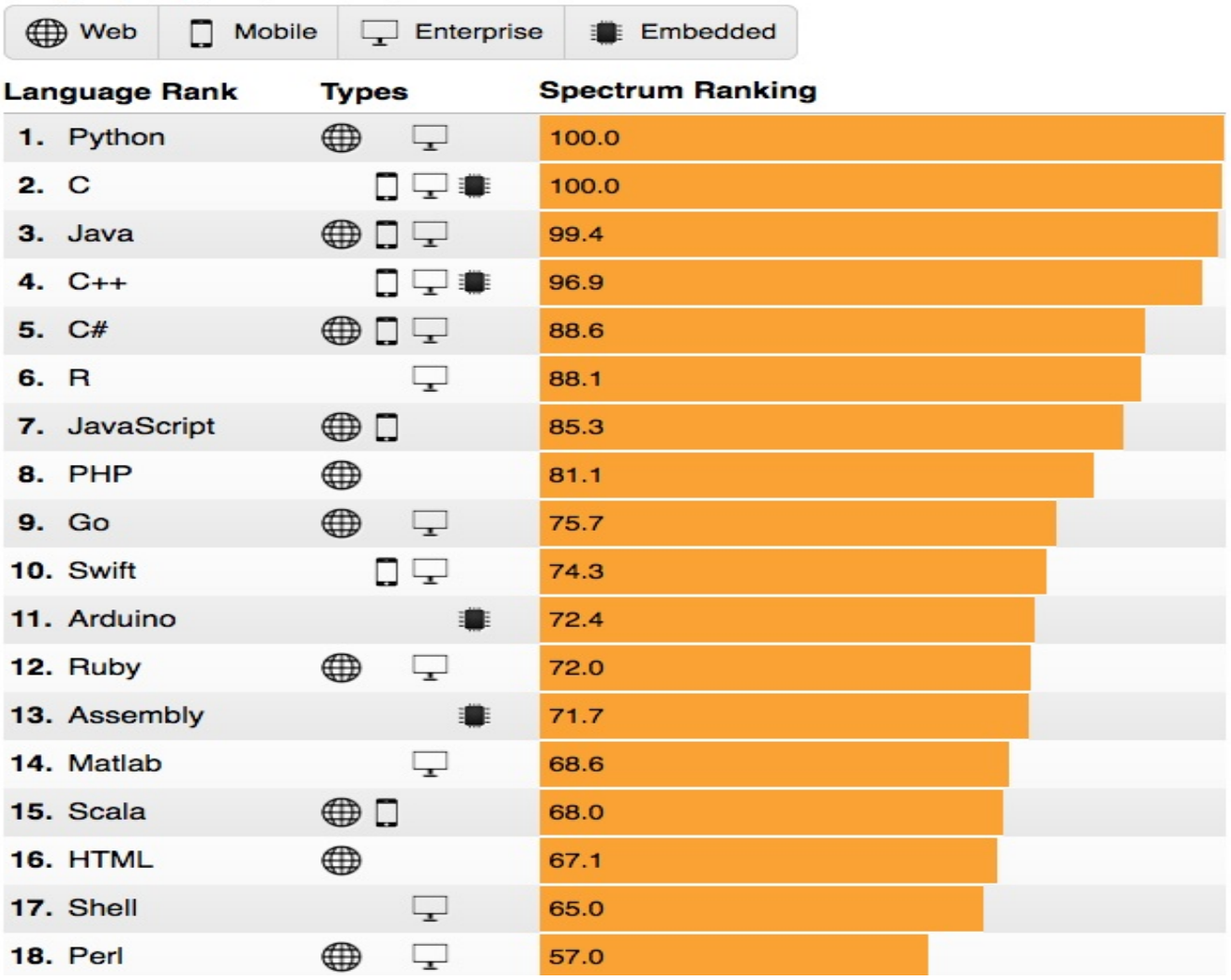
Figure 1.2: A Snapshot of Programming Language History

I Linguaggi pi usati nel 2015 e loro Spettro di Applicazioni[4]



[4] fonte IEEE: http://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2015

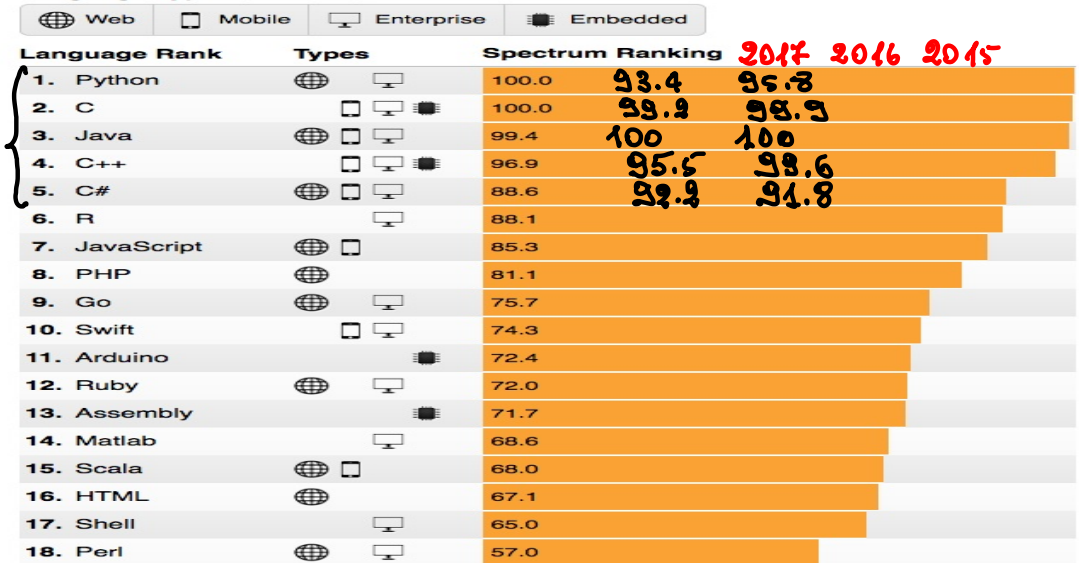
I Linguaggi più usati nel 2017 e Spettro Applicazioni[5]



[5] fonte IEEE: http://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2017

I Linguaggi più usati nel 2015-2017 e Spettro Applicazioni

- L'elenco contiene i Linguaggi più utilizzati nello sviluppo di sw, nell'ultimo anno.
- Non tutti i citati sono Linguaggi di Programmazione:
  - Shell è il linguaggio di interazione con un sistema operativo;
  - SQL è il linguaggio per la definizione e la gestione di Basi di Dati Relazionali;
  - HTML è il linguaggio per la definizione di pagine WEB
- Per tutti questi, la relazione con $\mathcal{F}$ non vale, al pari di altre proprietà degli **LP**



- Questi Linguaggi sono sempre più utilizzati nelle Computer Applications
- Nell'ultimo anno, Applicazioni WEB e Mobili sono state le più sviluppate

Esercizi L2

1. Quali sono le 4 caratteristiche di un procedimento perchè sia effettivo?
2. Si descriva l'algoritmo del quicksort utilizzato in Esercizio L1.1 e si mostri che esso definisce un procedimento effettivo.
3. La funzione π_1, descritta sotto, è calcolabile.

$$\pi_1(\mathtt{n}) = \begin{cases} 1 & \texttt{se l'espansione decimale di } \pi \texttt{ contiene n 1 in sequenza} \\ 0 & \texttt{altrimenti} \end{cases}$$

   (a) Sapreste fornire una classe di programmi contenente **un** programma per π_1?
   (b) Sapreste giustificare l'affermata calcolabilità di π?
4. Si esamini la definizione data alle pagine 509-510 nell'articolo sulla 3-Colorabilità di N. Jonoska et al., citato a lezione e si risponda:
   (a) Perchè il procedimento in 4 passi, in pag. 510, definisce un algoritmo?
   (b) Sapreste fornire un programma in C che implementi tale algoritmo?
   (c) Sapreste fornire un programma in C che introduca una rappresentazione dei flexible tiles ed emuli le operazioni anneal, ligate, cleave, extract ?
   (d) Discutere la relazione tra la soluzione data in (b) e quella data in (c).
5. Sia π, la funzione così definita:

$$\pi(n) = \begin{cases} 1 & \texttt{se l'espansione decimale di } \pi \texttt{ contiene n} \\ 0 & \texttt{altrimenti} \end{cases}$$

   (a) Sapreste fornire una classe di programmi nei quali è certamente contenuto anche **un** programma che calcola π?
   (b) Sapreste fornire argomenti per affermare, o per negare la calcolabilità di π?

Altri esercizi in Esercizi2Lezione2