

Optimalitáselmélet formális megközelítésben

4. hét (2015. 03. 06.)

Biró Tamás

BBN-ENY-450SZ:F3, BMA-ENYD-321:F3, P/NY/ENY-10::F3, P/NY/ANY-8.02

`biro.tamas@btk.elte.hu`

`http://birot.web.elte.hu/courses/2015-form0T/`



Feladott cikkek



Irodalom múlt hétre

- Bruce Tesar, Jane Grimshaw and Alan Prince (1999). Linguistic and cognitive explanation in Optimality Theory. In Ernest Lepore and Zenon Pylyshyn (eds.): *What is Cognitive Science?* 295–326. Malden, MA: Blackwell.
- <http://rucss.rutgers.edu/~prince/hold/Introot.pdf>
- Ld. a honlapon is.
- A 3. és 4. alfejezetet ki-ki a maga háttere szerinti alapossággal.



Irodalom mára

- Prince, Alan, and Paul Smolensky (1997). Optimality: From neural networks to universal grammar. *Science* 275: 1604-1610.
- Újra kiadva: Paul Smolensky and Géraldine Legendre (eds.): *The Harmonic Mind: From Neural Computation to Optimality-Theoretic Grammar (Vol. 1: Cognitive architecture)*. MIT Press, 2006, chapter 4.
- Ld. a honlapon is.
- Kérem a fejezetet átolvasni, és amennyit lehet, megérteni belőle. Következő órán én prezentálom a Harmonic Mind „lényegét”.
- Azt követően: ki vállal prezentációt?

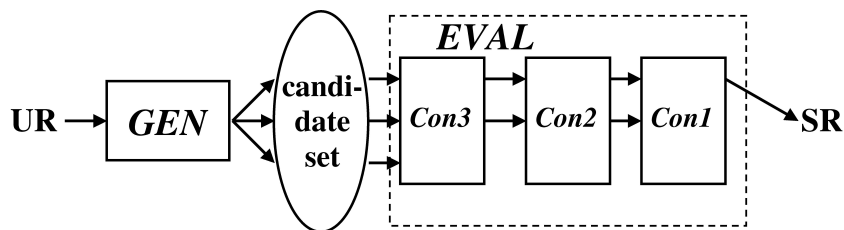


Az Optimalitáselmélet alapjai



Az Optimalitáselmélet alapjai

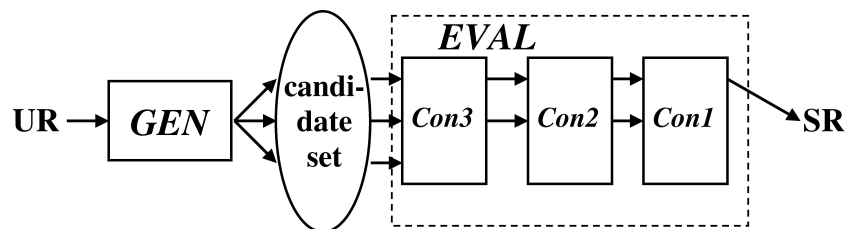
- Gen és Eval: a konztréntek, mint szűrők:



- Gen és a megszorítások univerzálisak.
- A cél: nyelvtipológia modellezése/magyarázata.
Különböző nyelvtípusok: különböző megszorítás-rendezések.
→ Tanulás = a megfelelő rendezés megkeresése.

Az Optimalitáselmélet alapjai – variációk

- Gen és Eval: a konztréntek, mint szűrők:



→ Constraints ranked into **strict domination hierarchy**

- Mi van, ha nem ennyire szigorú a dominációs hierarchia?
 - Egymáshoz képest nem rendezett konztréntek (Anttila)
 - Konztréntek rendezése sztochasztikusan felcserélhető (Boersma)
 - Ganging-up (v.ö. Jäger)

Az Optimalitáselmélet alapjai – variációk

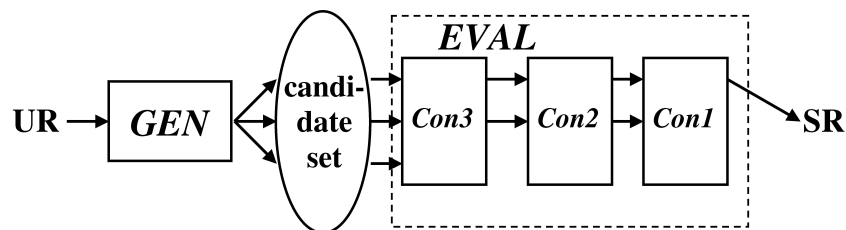
- Gen és a megszorítások univerzálisak.
- És ha nem? És ha (a Gen-t és/vagy) a megszorításokat is tanulni kell/lehet?
- Gyakran: univerzális megszorítás-típusok, amelyeknek a paramétere nyelvspecifikus.



Az Optimalitáselmélet alapjai – variációk

Két perspektíva:

- Gen és Eval: a konztréntek, mint szűrők:



„Okos” szűrők: a „rosszabbakat”, és nem a „rosszakat” szűri ki.

C_i : candidate set \mapsto candidate subset.

- A konztréntek, mint elemi függvények:

C_i : candidate \mapsto violation level.

OT három tudományterület metszéspontjában

Elméleti nyelvészet → megszorítások

Számítástudomány → optimalizáció

Kognitív tudomány

OT: a nyelvészeti kutatás által motivált **célfüggvényt** akarjuk optimalizálni.

„Komputációs” kérdések

- Optimalizáció: adott célfüggvényhez az optimális elemet keressük egy (potenciálisan nagy vagy végtelen) halmazban.
- Tanulás: adott optimális elem(ek)hez keressük a célfüggvényt, amely ez(eke)t optimálissá teszi.



A nyelv, mint „komputáció”



Language as computation

- Data structures, a.k.a. representations
- Operations on these representations
- Overall architecture



Language as computation

Example: SPE-style phonology

- Data structures, a.k.a. representations:

segments: [a] or $\begin{bmatrix} - \text{back} \\ - \text{round} \\ - \text{high} \\ + \text{low} \end{bmatrix}$

words: [t a m a : \int] or [ϵ p l]

- Operations on these representations
- Overall architecture

Language as computation

Example: SPE-style phonology

- Data structures, a.k.a. representations
- Operations on these representations: rewrite rules

$[a] \rightarrow [o]$

$$\begin{bmatrix} - & \text{back} \\ - & \text{round} \\ - & \text{high} \\ + & \text{low} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} + & \text{round} \\ - & \text{low} \end{bmatrix}$$

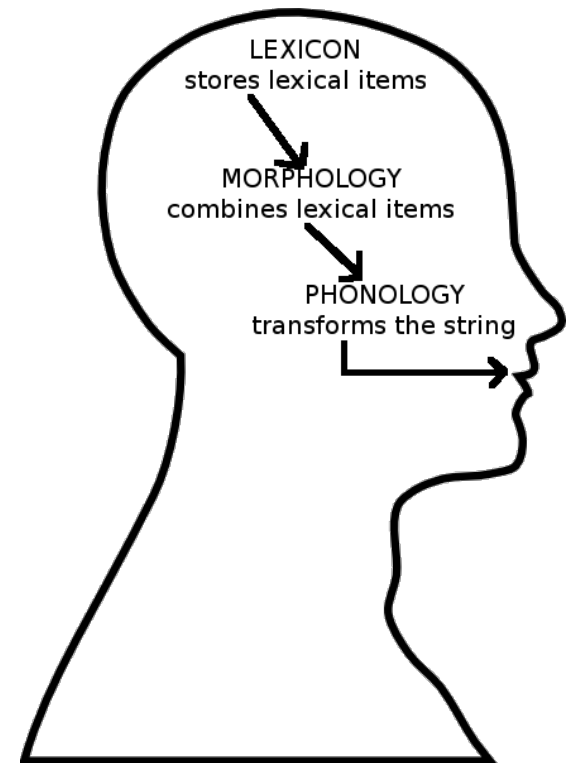
- Overall architecture



Language as computation

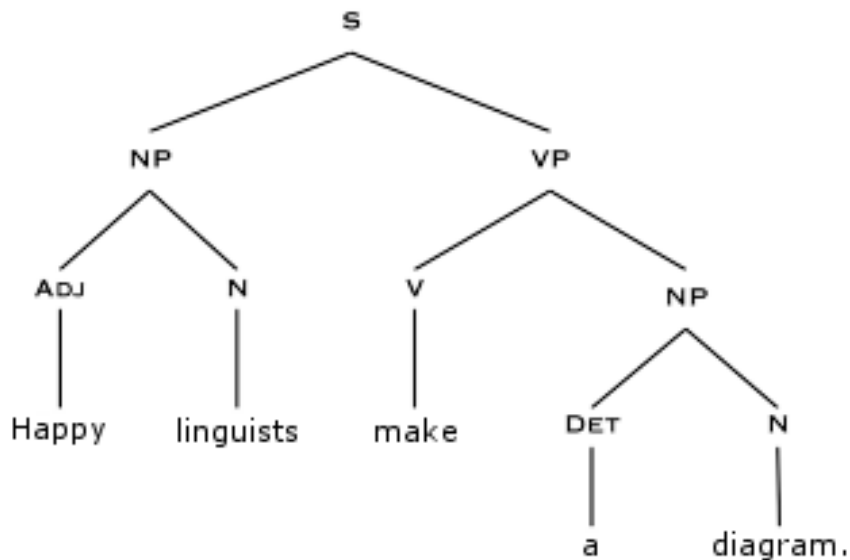
Example: SPE-style phonology

- Data structures, a.k.a. representations
- Operations on these representations
- Overall architecture:



Language as computation

- Data structures, a.k.a. representations



SUBJ	PRED	'make'
	PRED	linguist'
OBJ_dir	NUMB	Plural
	ADJ	'happy'
	PRED	diagram'
	NUMB	Singular
	DET	—

Language as computation

- Overall architectures: Jackendoff

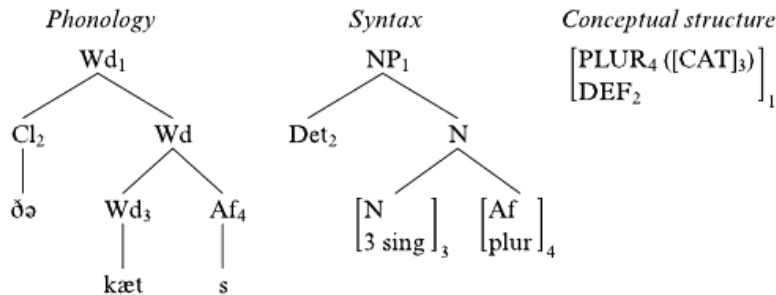


Figure 2.4
The structure of *the cats* in the parallel architecture

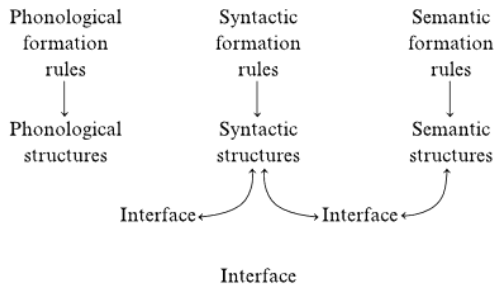


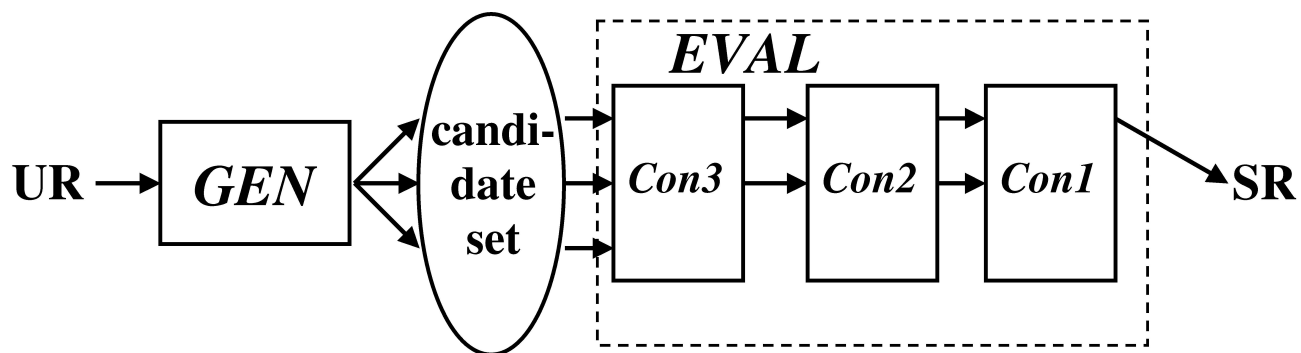
Figure 2.3
The parallel architecture

- (8) a. *Phonological structure*:
 [Utterance [wd suw]₁ [wd gow₂ [Aff -z₃]₄ [wd intuw]₅ [wd [Cl ðə₆] [wd ruwm]₇]₈]₁₀
- b. *Syntactic structure*:
 [S [NP N₁] [VP [V V₂+ [pres+3sg]₃]₄ [PP P₅ [NP Det₆ N₇]₈]₉]₁₀
- c. *Conceptual structure*:
 [Event PRES₃ [Event GO₂ ([Person SUE₁], [Path INTO₅ ([Thing ROOM₆; DEF₆]₈)]₉)]₁₀



Language as computation

- Overall architectures: Optimality Theory



Language technology as computation

- Data structures, a.k.a. representations:
typically bytes, characters and strings.
- Operations on these representations:
for example: regular expressions.
- Overall architecture

Az Optimalitáselmélet formális megalapozása



Az Optimalitáselmélet formális megalapozása

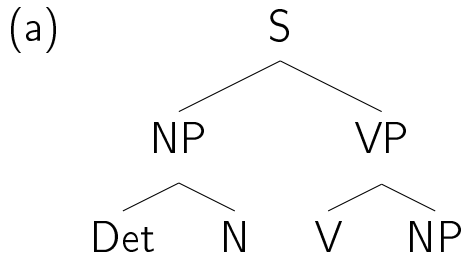
Az OT építőkockái (building blocks):

- Form (alak)
- Candidate (jelölt)
- Gen \rightarrow az optimalizálás keresési tere (search space)
- Constraint (megszorítás, korlát)
- Hierachia, constraintek rendezése
 \rightarrow az optimalizálás célfüggvénye (target function)
- stb.

Form (alak)

- „Primitives” of OT: bármi lehet.
- Például egy sztring (karakter sorozat) egy – véges vagy végtelen – Σ ábécé fölött.
- Gen \rightarrow az optimalizálás keresési tere (search space).
- Constraint (megszorítás, korlát).
- Hierachia, constraintek rendezése \rightarrow az optimalizálás célfüggvénye (target function).
- stb.

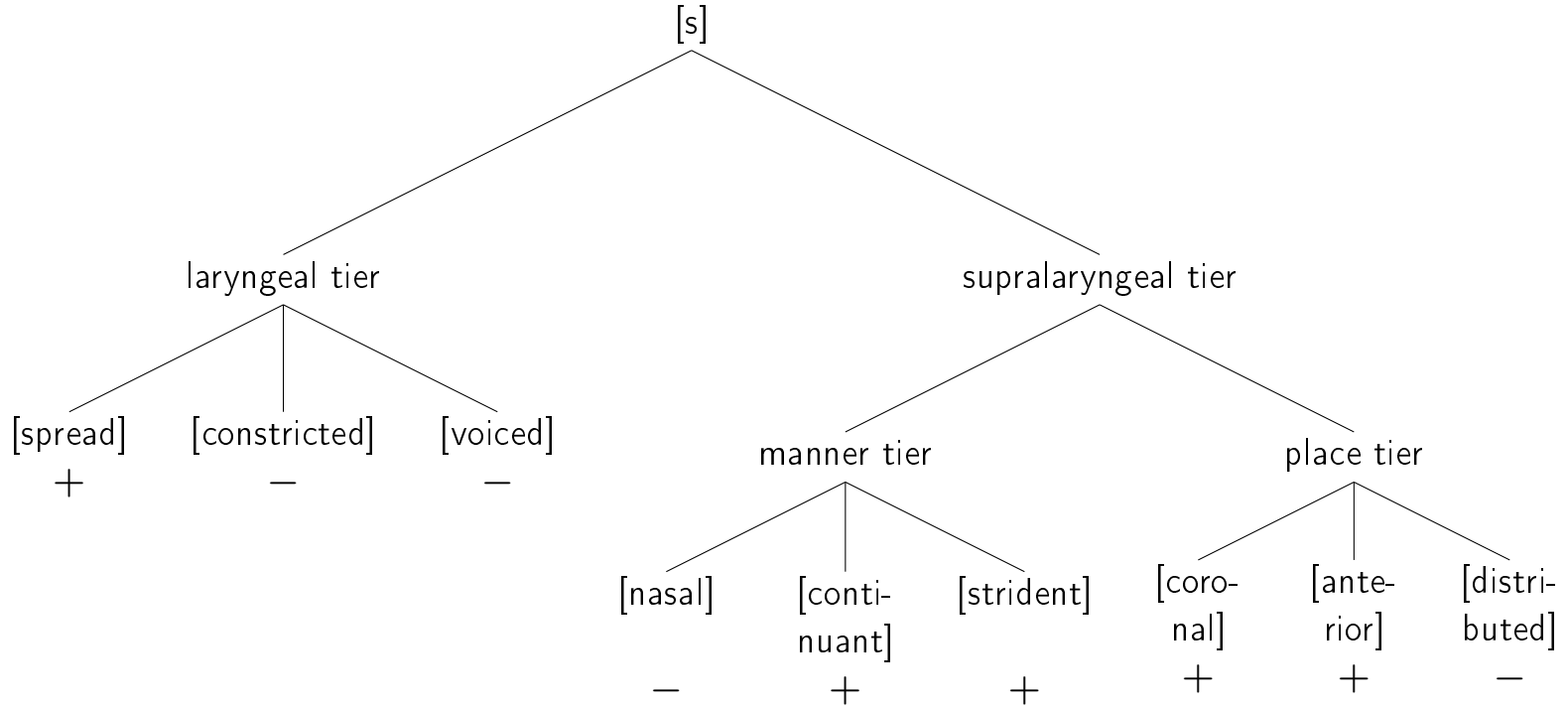
Form (alak)



(b) $[_S [_{NP} \text{Det } N] [_{VP} V \text{ NP }]]$

(c) `\Tree [.S [.NP Det N] [.VP V NP]]`

1. ábra. Non-linear and linearized representations of the syntactic tree. Graph (a) is often represented by linguists as the „string” (b), still slightly non-linear due to the important difference between the baseline and the subscript. String (c) is a linear \LaTeX code (making use of the `qtree` package), which is a string over the set of the ascii characters.



2. ábra. Partial representation of segment [s], as suggested by Clements 1985.

Candidate (jelölt)

- Alakok által alkotott $(u, s) \in \mathcal{U} \times \mathcal{S}$ pár.
- Vagy alakok által alkotott hosszabb sorozat: Id. OT variánsai.
- Stb.

NB: A *felszíni alak* és a *jelölt* közt mi szisztematikusan különbséget fogunk tenni. Ez különbségtétel nem alapvető mindenki számára.

Gen

- Egy függvény, amely a bemeneti alakokat leképezi a jelöltek egy halmazára:

$$\text{Gen} : \mathcal{U} \rightarrow \mathcal{U} \times \mathcal{S}$$

- Bemeneti alak sok minden lehet:
pl. mögöttes reprezentáció fonológiában, logikai forma szintaxisban, felszíni vagy fonetikai alak a szemantikában, stb.
- Candidate set: a $\text{Gen}(u)$ halmaz, bármely $u \in \mathcal{U}$ -ra.
- $\text{Gen}(u)$ jelöltek felszíni alakjai: néha azon alakok, amelyek véges számú *elemi lépésben* ($\mathcal{S} \rightarrow \mathcal{S}$ elemi transzformációk, újraírások véges számú rekurzív alkalmazásával) elérhetőek u -ból.

Constraint (megszorítás, korlát)

Két perspektíva:

- A konsztrént, mint szűrő:

A jelöltek egy halmazát leképezi ennek optimális részhalmazára.

- $F_i : \mathcal{P}(\text{Gen}(u)) \rightarrow \mathcal{P}(\text{Gen}(u))$ úgy hogy
 - Ha X jelöltek egy halmaza ($X \subseteq \text{Gen}(u)$), akkor $F_i(X) \subseteq X$, és
 - $F_i(F_i(X)) = F_i(X)$.
 - $F_i(X) \neq \emptyset$ (soft/violable constraint)
 - Milyen más feltételt kell még itt szabni?

Constraint (megszorítás, korlát)

Két perspektíva:

- A konztrént, mint elemi függvény:
Az egyes jelölteket képezi le megszorítássértésekre.
- Legyen \mathcal{V} a sértések egy *jólrendezett* halmaza.
Legegyszerűbb esetben $\mathcal{V} = \mathbb{N}_0$ (a természetes számok halmaza a 0-val).
A sértések \mathcal{V}_i halmaza konztréntenként változhat.
- Ekkor $C_i : \text{Gen}(u) \rightarrow \mathcal{V}$.
Egy konztrént minden jelölthöz hozzárendel egy sértésértéket.

Constraint (megszorítás, korlát)

Két perspektíva:

- A konsztréntek, mint szűrők.
- A konsztréntek, mint elemi függvények.

Állítás: Az elemi függvények-perspektívából levezethető a szűrő-perspektíva.

Bizonyítás: \mathcal{V} jólrendezett halmaz.

Ellenkező irányban nem igaz. De a gyakorlatban a konsztrénteket szinte mindig függvényként értelmezzük (és jó lenne explicit formában is így tenni).

Az Optimalitáselmélet (OT) alapaxiómája

- Nyelvtan = konztréntek véges sorozata:
 (F_1, F_2, \dots, F_n) , avagy (C_1, C_2, \dots, C_n) .
- Ezen nyelvtan szerint az u bemenethez tartozó grammatikus alak:

$$\text{SF}(u) = \text{vagy} \in F_n(\dots F_2(F_1(\text{Gen}(u))))).$$

$$\text{SF}(u) = \text{vagy} \in \arg \text{opt}_{x \in \text{Gen}(u)} (C_1(x), C_2(x), \dots, C_n(x))$$

a lexikografikus rendezés szerint.

- Az optimalizálandó célfüggvény: $H(x) = (C_1(x), C_2(x), \dots, C_n(x))$.

Az Harmónianyelvten (HG) alapaxiómája

- Nyelvten = valósértékű konsztréntekhez rendelt súlyok rendszere: (C_1, C_2, \dots, C_n) -hez tartozik (w_1, w_2, \dots, w_n) .
- Az optimalizálandó célfüggvény: $H(x) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot C_i(x)$.
- Ezen nyelvten szerint az u bemenethez tartozó grammatikus alak:
 $SF(u) = \text{vagy} \in \arg \text{opt}_{x \in \text{Gen}(u)} \sum_{i=1}^n w_i \cdot C_i(x)$
a valós számok körében értelmezett „kisebb mint” reláció szerint.
- A szűrő-perspektívának nincs értelme.

Összefoglalás: Optimalizáció a nyelvészetben

$$\text{SF}(u) = \arg \text{opt}_{c \in \text{Gen}(u)} H(c)$$

Harmony Grammar:
opt:

$$H(c) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot C_i(c)$$

min for $<$ on \mathbb{R} .

Optimality Theory:
opt:

$$H(c) = (C_1(c), C_2(c), \dots, C_n(c))$$

lexicographical order on \mathbb{R}^n .

Principles and Parameters:
opt:

$$H(c) = \bigwedge_{i=1}^n (w_i \vee C_i(c))$$

false „more optimal” than true.

Jövő hétre:

- Tamás Biró: Elephants and Optimality Again: SA-OT accounts for pronoun resolution in child language. In: B. Plank, E. Tjong Kim Sang and T. Van de Cruys (eds.). *Computational Linguistics in the Netherlands 2009*. LOT, 2009, pp. 9-24.
- Egy kis szintaxis-szemantika (kis kitérővel a bidirekcionális OT felé), valamint az implementáció jelentősége.
- Következő órán én prezentálom a Harmonic Mind „lényegét”, majd azt összevetem a saját megközelitésemmel.
- Ezt követően: ki vállal prezentációt?

Viszlát jövő pénteken!

