هوش مصنوعی

فصل ۲۳

زبان طبیعی برای برقراری ارتباط

Natural Language for Communication

کاظم فولادی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه تهران

http://courses.fouladi.ir/ai

هوش مصنوعی

زبان طبیعی برای برقراری ارتباط

۱

مقدمه

زبان و برقراری ارتباط

LANGUAGE AND COMMUNICATION

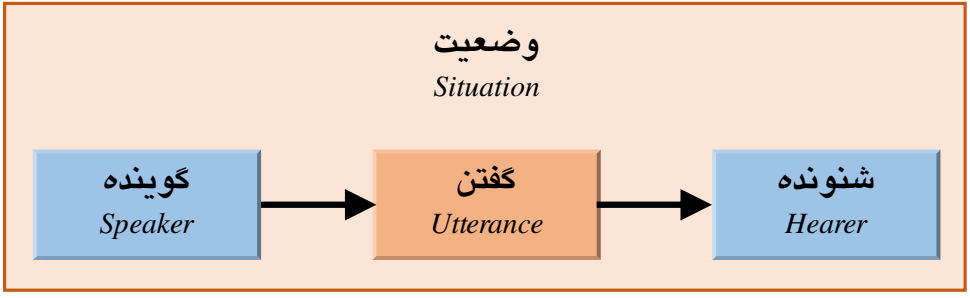
دیدگاه‌های موجود به زبان	
دیدگاه کلاسیک *Classical View*	**دیدگاه مدرن** *Modern View*
زبان متشکل از جملاتی است که **true** یا **false** هستند. (قابل مقایسه با منطق)	زبان صورتی از کنش است.

Wittgenstein (1953) **Philosophical Investigations**
Austin (1962) **How to Do Things with Words**
Searle (1969) **Speech Acts**

هدف از «گفتن» (utter): تغییر کنش عامل‌های دیگر

کنش‌های گفتاری

SPEECH ACTS



کنش‌های گفتاری

SPEECH ACTS

کنش‌های گفتاری برای رسیدن به **هدف‌های گوینده** هستند		
اطلاع دادن	Inform	"There's a pit in front of you"
پرسش کردن	Query	"Can you see the gold?"
فرمان دادن	Command	"Pick it up"
قول دادن	Promise	"I'll share the gold with you"
تأیید کردن	Acknowledge	"OK"

کنش‌های گفتاری

طرح‌ریزی با کنش‌های گفتاری

SPEECH ACT PLANNING

طرح‌ریزی با کنش‌های گفتاری نیازمند دانایی در موارد زیر است:

وضعیت *Situation*	**قراردادها** *Conventions*	**شنونده** *Hearer*
موقعیت اعمال کنش‌ها	قراردادهای معنایی و نحوی	اهداف شنونده پایگاه دانایی شنونده رسیونالیته‌ی شنونده

مراحل برقراری ارتباط

اطلاع دادن

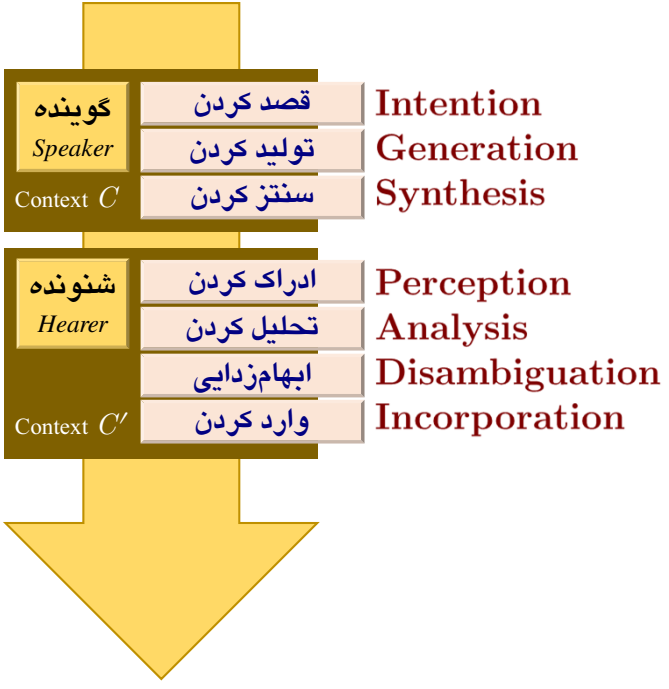
STAGES IN COMMUNICATION (INFORMING)

قصد کردن	**Intention**	S wants to inform H that P
تولید کردن	**Generation**	S selects words W to express P in context C
سنتز کردن	**Synthesis**	S utters words W
ادراک کردن	**Perception**	H perceives W' in context C'
تحلیل کردن	**Analysis**	H infers possible meanings $P_1, \ldots P_n$
ابهام‌زدایی	**Disambiguation**	H infers intended meaning P_i
وارد کردن	**Incorporation**	H incorporates P_i into KB

مراحل برقراری ارتباط

مشکلات

STAGES IN COMMUNICATION (INFORMING)



عدم صمیمیت
Insincerity
عدم باور S به P

شکست بازشناسی گفتار
Speech Recognition Failure
شنونده درست نشنود

گفته‌ی مبهم
Ambiguous Utterance
چند برداشت از ظاهر گفته

عدم تطابق بستر
Context Mismatching
درک متفاوت دو طرف از بستر $C \neq C'$

گرامر و زبان صوری

GRAMMAR AND FORMAL LANGUAGE

گرامر
Grammar

گرامر ساختار ترکیب‌بندی پیام‌های پیچیده را مشخص می‌کند.

یک گرامر با مجموعه‌ای از قواعد بازنویسی مشخص می‌شود.

زبان صوری
Formal Language

یک زبان صوری، مجموعه‌ای از رشته‌ها از نمادهای پایانه است.

هر رشته در زبان می‌تواند توسط گرامر تحلیل / تولید شود.

گرامر

مثال

GRAMMAR

قواعد بازنویسی *Rewrite Rules*	$S \rightarrow NP\ VP$ $Article \rightarrow \boldsymbol{the} \mid \boldsymbol{a} \mid \boldsymbol{an} \mid \ldots$
پایانه‌ها *Terminals*	$\boldsymbol{the}, \boldsymbol{a}, \boldsymbol{an}$
ناپایانه‌ها *Non-terminals*	S, NP, VP
نماد جمله *Sentence Symbol*	S

انواع گرامر

GRAMMAR TYPES

گرامر منظم Regular: $nonterminal \rightarrow \boldsymbol{terminal}[nonterminal]$

$$S \rightarrow \boldsymbol{a}S$$
$$S \rightarrow \Lambda$$

گرامر مستقل از متن Context-free: $nonterminal \rightarrow anything$

$$S \rightarrow \boldsymbol{a}S\boldsymbol{b}$$

گرامر حساس به متن Context-sensitive: more nonterminals on right-hand side

$$ASB \rightarrow AA\boldsymbol{a}BB$$

گرامر شمارش‌پذیر بازگشتی Recursively enumerable: no constraints

زبان‌های طبیعی تا حد زیادی مستقل از متن هستند ⇐ پارس بلادرنگ

گرامر

مثال: دنیای اژدها: لغت‌نامه

WUMPUS LEXICON

$$
\begin{aligned}
\textit{Noun} &\rightarrow \textit{stench} \mid \textit{breeze} \mid \textit{glitter} \mid \textit{nothing} \\
&\quad \mid \textit{wumpus} \mid \textit{pit} \mid \textit{pits} \mid \textit{gold} \mid \textit{east} \mid \ldots \\
\textit{Verb} &\rightarrow \textit{is} \mid \textit{see} \mid \textit{smell} \mid \textit{shoot} \mid \textit{feel} \mid \textit{stinks} \\
&\quad \mid \textit{go} \mid \textit{grab} \mid \textit{carry} \mid \textit{kill} \mid \textit{turn} \mid \ldots \\
\textit{Adjective} &\rightarrow \textit{right} \mid \textit{left} \mid \textit{east} \mid \textit{south} \mid \textit{back} \mid \textit{smelly} \mid \ldots \\
\textit{Adverb} &\rightarrow \textit{here} \mid \textit{there} \mid \textit{nearby} \mid \textit{ahead} \\
&\quad \mid \textit{right} \mid \textit{left} \mid \textit{east} \mid \textit{south} \mid \textit{back} \mid \ldots \\
\textit{Pronoun} &\rightarrow \textit{me} \mid \textit{you} \mid \textit{I} \mid \textit{it} \mid \textit{S/HE} \mid \textit{Y'ALL} \ldots \\
\textit{Name} &\rightarrow \textit{John} \mid \textit{Mary} \mid \textit{Boston} \mid \textit{UCB} \mid \textit{PAJC} \mid \ldots \\
\textit{Article} &\rightarrow \textit{the} \mid \textit{a} \mid \textit{an} \mid \ldots \\
\textit{Preposition} &\rightarrow \textit{to} \mid \textit{in} \mid \textit{on} \mid \textit{near} \mid \ldots \\
\textit{Conjunction} &\rightarrow \textit{and} \mid \textit{or} \mid \textit{but} \mid \ldots \\
\textit{Digit} &\rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9
\end{aligned}
$$

تقسیم لغت‌نامه به دو طبقه‌ی بسته و باز

closed **open**

گرامر

مثال: دنیای اژدها: گرامر

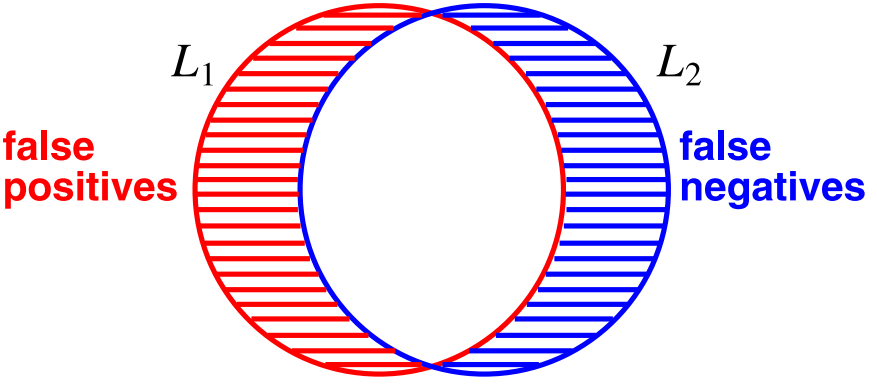
WUMPUS GRAMAMR

S	$\rightarrow$	$NP\ VP$	I + feel a breeze
	$\mid$	$S\ Conjunction\ S$	I feel a breeze + and + I smell a wumpus
NP	$\rightarrow$	$Pronoun$	I
	$\mid$	$Noun$	pits
	$\mid$	$Article\ Noun$	the + wumpus
	$\mid$	$Digit\ Digit$	3 4
	$\mid$	$NP\ PP$	the wumpus + to the east
	$\mid$	$NP\ RelClause$	the wumpus + that is smelly
VP	$\rightarrow$	$Verb$	stinks
	$\mid$	$VP\ NP$	feel + a breeze
	$\mid$	$VP\ Adjective$	is + smelly
	$\mid$	$VP\ PP$	turn + to the east
	$\mid$	$VP\ Adverb$	go + ahead
PP	$\rightarrow$	$Preposition\ NP$	to + the east
$RelClause$	$\rightarrow$	$\boldsymbol{that}\ VP$	that + is smelly

داوری گرامری

GRAMMATICALITY JUDGEMENTS

زبان صوری L_1 ممکن است متفاوت با زبان طبیعی L_2 باشد.



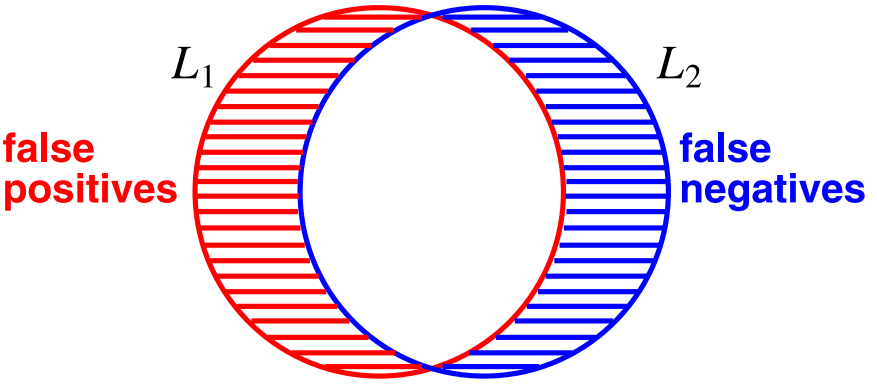
تنظیم زبان صوری L_1 برای موافقت با زبان طبیعی L_2 یک مسئله‌ی یادگیری است!

توافق بیناذهنیتی کم و بیش قابل اعتماد است، مستقل از معناشناسی!

داوری گرامری

مثال: گرامر دنیای اژدها

GRAMMATICALITY JUDGEMENTS



* the gold grab the wumpus
* I smell the wumpus the gold
I give the wumpus the gold
* I donate the wumpus the gold

درخت پارس

(درخت تجزیه)

PARSE TREE

درخت پارس
Parse Tree

درخت پارس، ساختار گرامری یک جمله را نشان می‌دهد.

درخت پارس

مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۱ از ۵)

PARSE TREE

I shoot the wumpus

درخت پارس

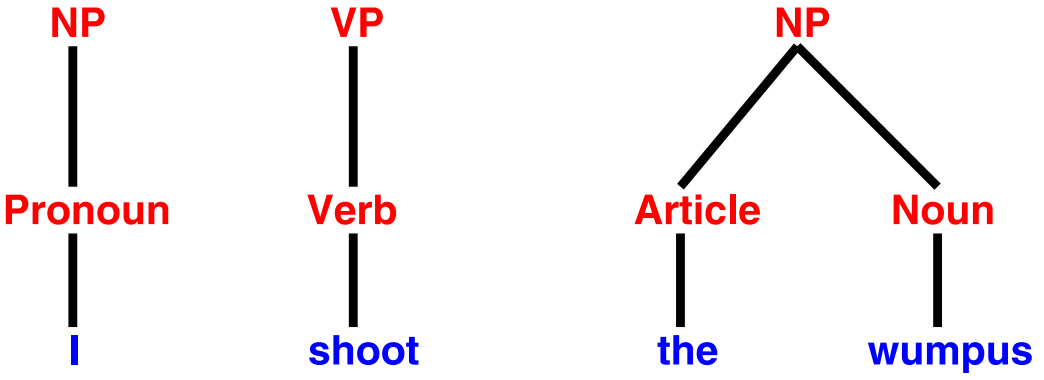
مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۲ از ۵)

PARSE TREE

درخت پارس

مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۳ از ۵)

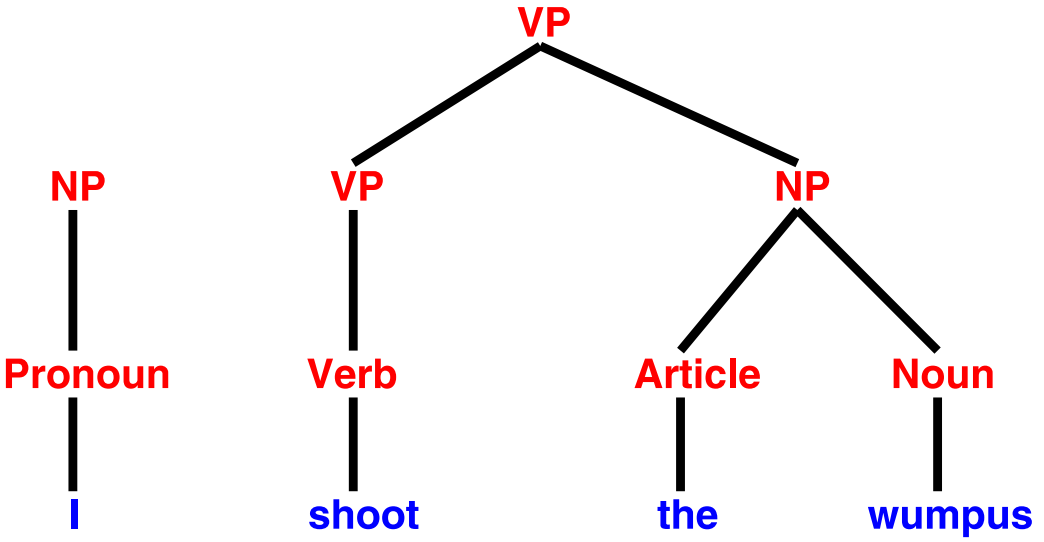
PARSE TREE



درخت پارس

مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۴ از ۵)

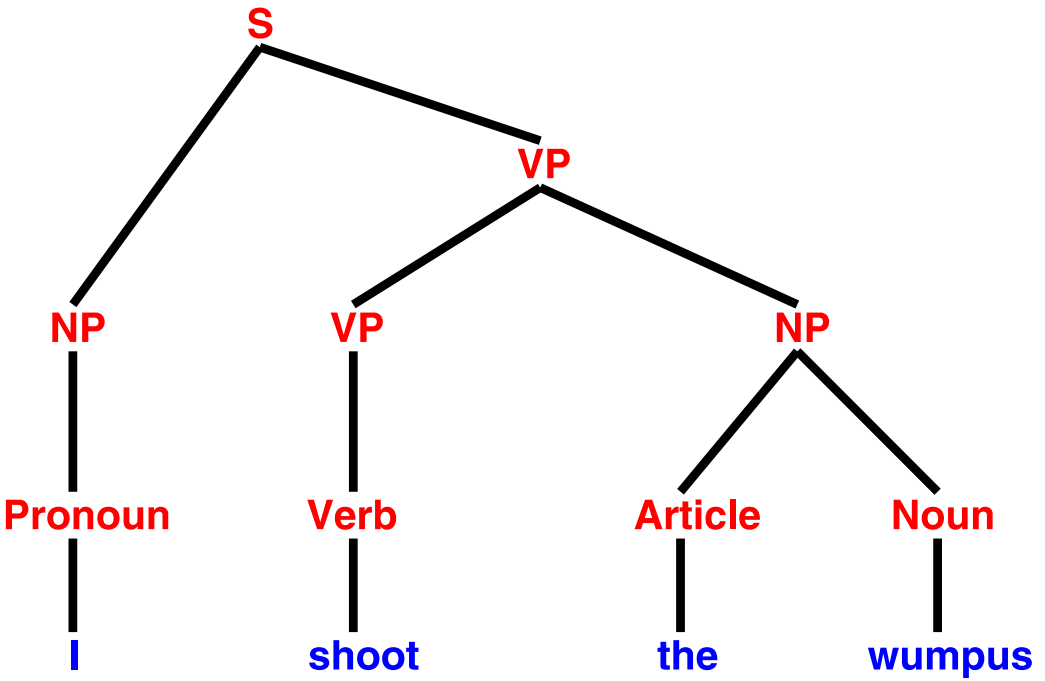
PARSE TREE



درخت پارس

مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۵ از ۵)

PARSE TREE



نحو در پردازش زبان طبیعی

SYNTAX IN NLP

ساختار نحوی اغلب به‌عنوان یک گام ضروری برای درک معنی دیده می‌شود.

برای مثال:

"Mary hit John" ≠ "John hit Mary"

با این وجود:

جمله‌های غیرگرامری می‌توانند فهمیده شوند	همه‌ی جمله‌های گرامری به‌سادگی فهمیده نمی‌شوند.
برای مثال:	برای مثال:
And since I was not informed—as a matter of fact, since I did not know that there were excess funds until we, ourselves, in that checkup after the whole thing blew up, and that was, if you'll remember, that was the incident in which the attorney general came to me and told me that he had seen a memo that indicated that there were no more funds.	Wouldn't the sentence 'I want to put a hyphen between the words Fish and And and And and Chips in my Fish-And-Chips sign' have been clearer if quotation marks had been placed before Fish, and between Fish and and, and and and And, and And and and, and and and And, and And and and, and and and Chips, as well as after Chips?

پارس مستقل از متن

CONTEXT-FREE PARSING

روش پارس پایین به بالا:
با جایگزینی هر زیررشته‌ای که با سمت راست یک قاعده‌ی تولید مطابقت می‌یابد، با سمت چپ آن قاعده کار می‌کند.

الگوریتم‌های کارآمد پارس برای زبان‌های مستقل از متن (مانند *Chart Parsing, Early, CYK*)

$$O(n^3)$$

برای گرامرهای واقعی، با سرعت هزاران کلمه بر ثانیه اجرا می‌شوند.

پارس مستقل از متن $\equiv$ ضرب ماتریسی بولی

$\Downarrow$

یافتن الگوریتم‌های عملی سریع‌تر بعید است

گرامرهای منطقی

LOGICAL GRAMMARS

محدودیت‌های نمادگذاری BNF برای گرامرها

– دشواری در اضافه کردن «شرط‌های جانبی» (مثل توافق عددی و ...)
– دشواری در اتصال نحو به معنا

ایده‌ی جایگزین

بیان قواعد گرامر در قالب منطق

برای مثال:

$$X \rightarrow YZ \quad \text{becomes} \quad Y(s_1) \wedge Z(s_2) \Rightarrow X(Append(s_1, s_2))$$
$$X \rightarrow \textbf{\textit{word}} \quad \text{becomes} \quad X([\text{“}\textbf{\textit{word}}\text{”}])$$
$$X \rightarrow Y \mid Z \quad \text{becomes} \quad Y(s) \Rightarrow X(s) \quad Z(s) \Rightarrow X(s)$$

$X(s)$ means that string s **can be interpreted** as an X

گرامرهای منطقی

مثال

LOGICAL GRAMMARS

گرامرهای منطقی: با افزودن قواعد منطق به قواعد تولید گرامر

$$NP(s_1) \wedge EatsBreakfast(Ref(s_1)) \wedge VP(s_2) \Rightarrow NP(Append(s_1, [\text{“}\boldsymbol{who}\text{”}], s_2))$$

$$NP(s_1) \wedge Number(s_1, n) \wedge VP(s_2) \wedge Number(s_2, n) \Rightarrow S(Append(s_1, s_2))$$

گرامرهای منطقی

مثال

LOGICAL GRAMMARS

the car that I saw
* the car who I saw
the chimp who I saw
* the cockroach who I saw

$$NP(s_1) \wedge EatsBreakfast(Ref(s_1)) \wedge VP(s_2) \Rightarrow NP(Append(s_1, [\text{“}\boldsymbol{who}\text{”}], s_2))$$

John eats
* John eat
Penguins eat

$$NP(s_1) \wedge Number(s_1, n) \wedge VP(s_2) \wedge Number(s_2, n) \Rightarrow S(Append(s_1, s_2))$$

گرامرهای منطقی

کاهش مسئله‌ی پارسینگ به استنتاج منطقی

LOGICAL GRAMMARS: PARSING IS REDUCED TO LOGICAL INFERENCE

$$\text{ASK}(KB,\ S([\text{“}\boldsymbol{I}\text{”}\ \text{“}\boldsymbol{am}\text{”}\ \text{“}\boldsymbol{a}\text{”}\ \text{“}\boldsymbol{wumpus}\text{”}]))$$

(می‌توان آرگومان‌های زیادی را اضافه کرد تا روال ساختار پارس و معنا را برگرداند)

تولید جمله، به طور ساده نیازمند یک پرسش با متغیرهای نمونه‌سازی‌نشده است:

$$\text{ASK}(KB,\ S(x))$$

اگر آرگومان‌هایی را به ناپایانه‌ها اضافه کنیم تا معنای جمله‌ها را بسازد،
تولید در NLP می‌تواند از یک جمله‌ی منطقی داده شده انجام شود:

$$\text{ASK}(KB,\ S(x, At(Robot, [1, 1]))$$
$$Yes; \{x = \text{"The robot is at [1,1]"}\}$$

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ابهام *Ambiguity*	ارجاع *Anaphora*	شاخص‌داری *Indexicality*	سربستگی *Vagueness*
ساختار گفتمانی *Discourse Structure*	مَجاز/کنایه *Metonymy*	استعاره *Metaphor*	ناترکیبی *Noncompositionality*

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ابهام

ابهام
Ambiguity

امکان برداشت‌های مختلف از یک ظاهر
(ابهام در: سطح لغوی (polysemy)، نحوی، معنایی، ارجاعی)

برای مثال:

Squad helps dog bite victim
Helicopter powered by human flies
American pushes bottle up Germans
I ate spaghetti with meatballs
salad
abandon
a fork
a friend

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ارجاع

ارجاع
Anaphora

استفاده از ضمیرها برای ارجاع به موجودیت‌هایی که تاکنون در متن معرفی شده‌اند.

برای مثال:

After Mary proposed to John, **they** found a preacher and got married.

For the honeymoon, **they** went to Hawaii

Mary saw a ring through the window and asked John for **it**

Mary threw a rock at the window and broke **it**

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

شاخص‌داری

شاخص‌داری
Indexicality

جمله‌های شاخص‌دار به وضعیت بیان (مکان/زمان/فرد خاص/...) ارجاع می‌دهند.

برای مثال:

I am over **here**

Why did **you** do **that**?

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

مَجاز/کنایه

مَجاز/کنایه
Metonymy

استفاده از یک عبارت اسمی برای قرارگیری به‌جای دیگر

برای مثال:

I've read **Shakespeare**

Chrysler announced record profits

The **ham sandwich** on Table 4 wants another beer

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

استعاره

استعاره
Metaphor

استفاده‌ی «غیرلفظی» از کلمات و عبارات (اغلب نظام‌مند است)

برای مثال:

I’ve tried killing the process but it won’t die. Its parent keeps it alive.

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ناترکیبی

ناترکیبی
Noncompositionality

عدم ترکیب معنی الحاق دو کلمه از معنی تک تک آنها

برای مثال:

Far cry	بسیار مشکل
Miss the boat	از دست دادن شانس
On the ball	فهمیدن خوب یک وضعیت
Ball is in your court	نوبت تصمیم‌گیری با شماست

ناترکیبی: مثال

Meaning of $Word_1 Word_2$ composed from meanings of $Word_1$, $Word_2$?

basketball shoes
baby shoes
alligator shoes
designer shoes
brake shoes

red book
red pen
red hair
red herring

small moon
large molecule
mere child
alleged murderer
artificial grass

کاربردهای پردازش زبان طبیعی

بازیابی اطلاعات *Information Retrieval*	استخراج اطلاعات *Information Extraction*	پاسخ به پرسش *Question Answering*	بازشناسی گفتار *Speech Recognition*	واسط کاربر زبان طبیعی *NL User Interface*
جستجو در وب *Web Searching*	طبقه‌بندی متون *Text Classification*	ترجمه‌ی ماشینی *Machine Translation*	تبدیل متن به گفتار *Text to Speech Convertion (TTS)*	خلاصه‌سازی متن *Text Summarization*

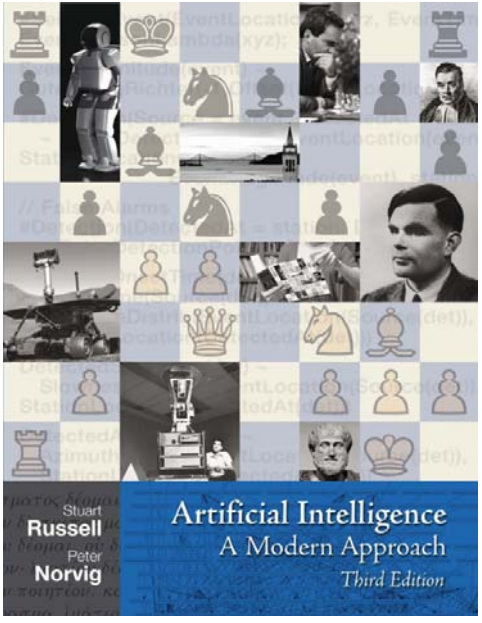
هوش مصنوعی

زبان طبیعی برای برقراری ارتباط

۲

منابع، مطالعه، تکلیف

منبع اصلی



Stuart Russell and Peter Norvig,
Artificial Intelligence: A Modern Approach,
3rd Edition, Prentice Hall, 2010.

Chapter 23

23 NATURAL LANGUAGE FOR COMMUNICATION

In which we see how humans communicate with one another in natural language, and how computer agents might join in the conversation.

COMMUNICATION
SIGN

Communication is the intentional exchange of information brought about by the production and perception of **signs** drawn from a shared system of conventional signs. Most animals use signs to represent important messages: food here, predator nearby, approach, withdraw, let's mate. In a partially observable world, communication can help agents be successful because they can learn information that is observed or inferred by others. Humans are the most chatty of all species, and if computer agents are to be helpful, they'll need to learn to speak the language. In this chapter we look at language models for communication. Models aimed at deep understanding of a conversation necessarily need to be more complex than the simple models aimed at, say, spam classification. We start with grammatical models of the phrase structure of sentences, add semantics to the model, and then apply it to machine translation and speech recognition.

23.1 PHRASE STRUCTURE GRAMMARS

The n-gram language models of Chapter 22 were based on sequences of words. The big issue for these models is **data sparsity**—with a vocabulary of, say, 10^5 words, there are 10^{15} trigram probabilities to estimate, and so a corpus of even a trillion words will not be able to supply reliable estimates for all of them. We can address the problem of sparsity through generalization. From the fact that "black dog" is more frequent than "dog black" and similar observations, we can form the generalization that adjectives tend to come before nouns in English (whereas they tend to follow nouns in French: "chien noir" is more frequent). Of course there are always exceptions; "galore" is an adjective that follows the noun it modifies.

LEXICAL CATEGORY
SYNTACTIC CATEGORIES
PHRASE STRUCTURE

Despite the exceptions, the notion of a **lexical category** (also known as a **part of speech**) such as *noun* or *adjective* is a useful generalization—useful in its own right, but more so when we string together lexical categories to form **syntactic categories** such as *noun phrase* or *verb phrase*, and combine these syntactic categories into trees representing the **phrase structure** of sentences: nested phrases, each marked with a category.

888