هوش مصنوعی

فصل ۲۳

پردازش زبان طبیعی

برای برقراری ارتباط

Natural Language Processing for Communication

کاظم فولادی قلعه

دانشکده مهندسی، دانشکدگان فارابی

دانشگاه تهران

http://courses.fouladi.ir/ai

هوش مصنوعی

پردازش زبان طبیعی برای برقراری ارتباط

۱

مقدمه

زبان و برقراری ارتباط

LANGUAGE AND COMMUNICATION

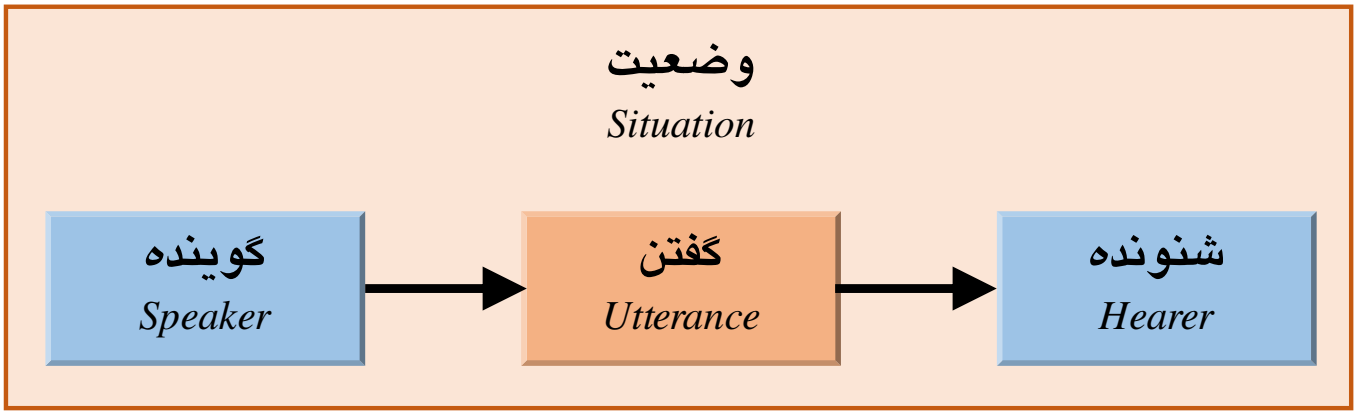
دیدگاه‌های موجود به زبان	
دیدگاه کلاسیک *Classical View*	**دیدگاه مدرن** *Modern View*
زبان متشکل از جملاتی است که **true** یا **false** هستند. (قابل مقایسه با منطق)	زبان صورتی از کنش است.

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

هدف از «گفتن [سخن 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

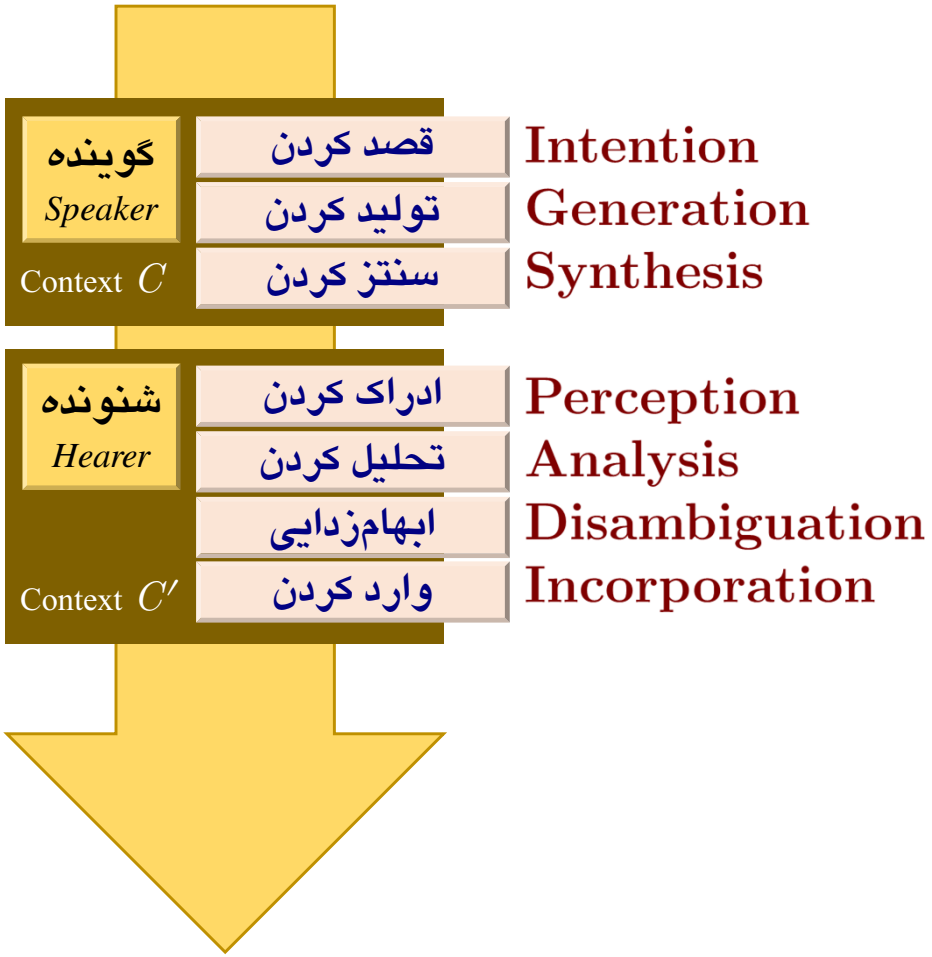
STAGES IN COMMUNICATION (INFORMING)

Intention	S wants to inform H that P
Generation	S selects words W to express P in context C
Synthesis	S utters words W
Perception	H perceives W' in context C'
Analysis	H infers possible meanings $P_1, \ldots P_n$
Disambiguation	H infers intended meaning P_i
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

$$S \rightarrow NP\ VP$$
$$Article \rightarrow \textbf{\textit{the}} \mid \textbf{\textit{a}} \mid \textbf{\textit{an}} \mid \ldots$$

پایانه‌ها
Terminals

$$\textbf{\textit{the}}, \textbf{\textit{a}}, \textbf{\textit{an}}$$

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

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

تقسیم لغت‌نامه به دو طبقه‌ی بسته و باز

closed **open**

گرامر

مثال: دنیای اژدها: گرامر

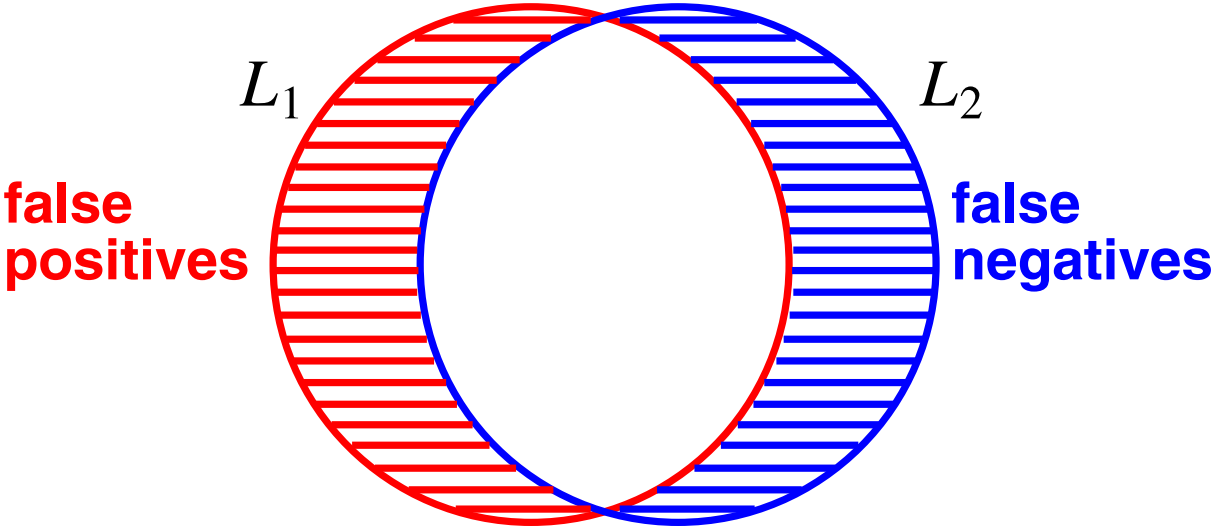
WUMPUS GRAMAMR

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.



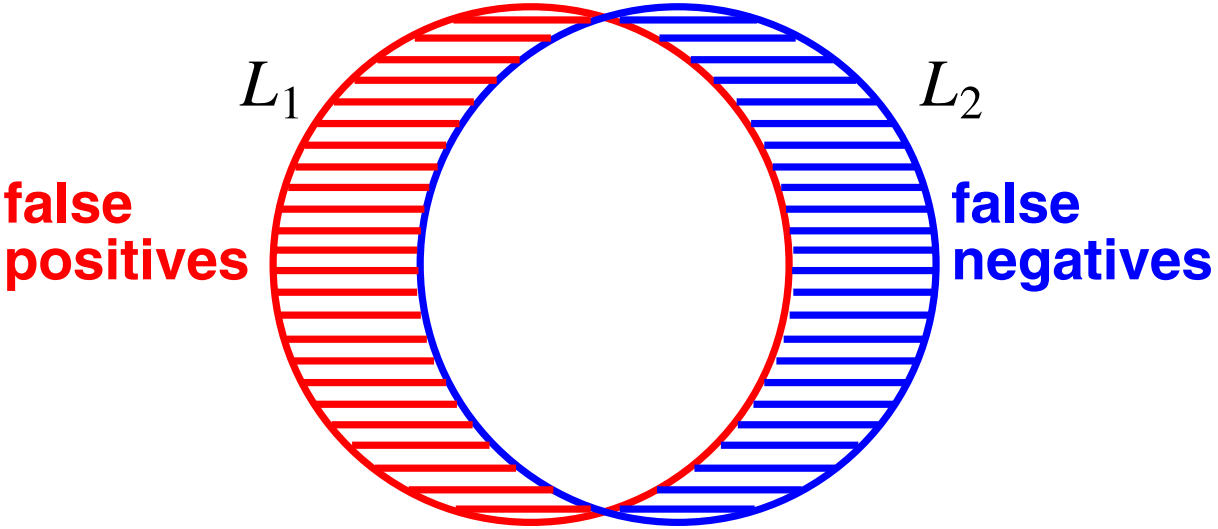
تنظیم زبان صوری L_1 برای موافقت با زبان طبیعی L_2 یک مسئله‌ی یادگیری است!

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

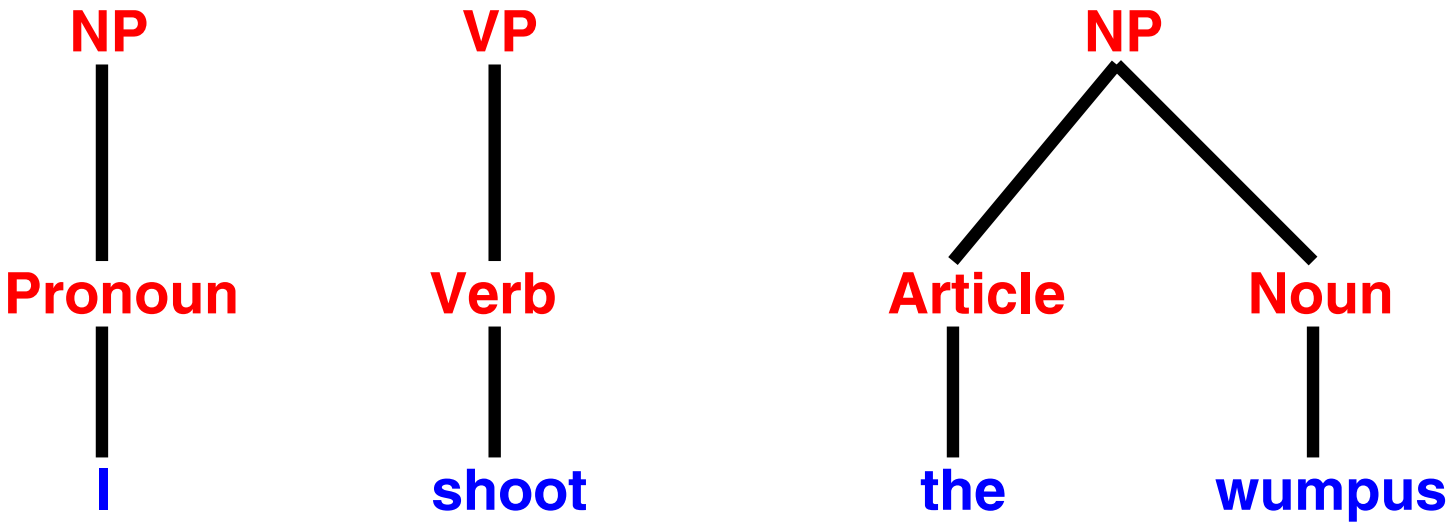
مثال: یک جمله با گرامر دنیای اژدها (۲ از ۵)

PARSE TREE

درخت پارس

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

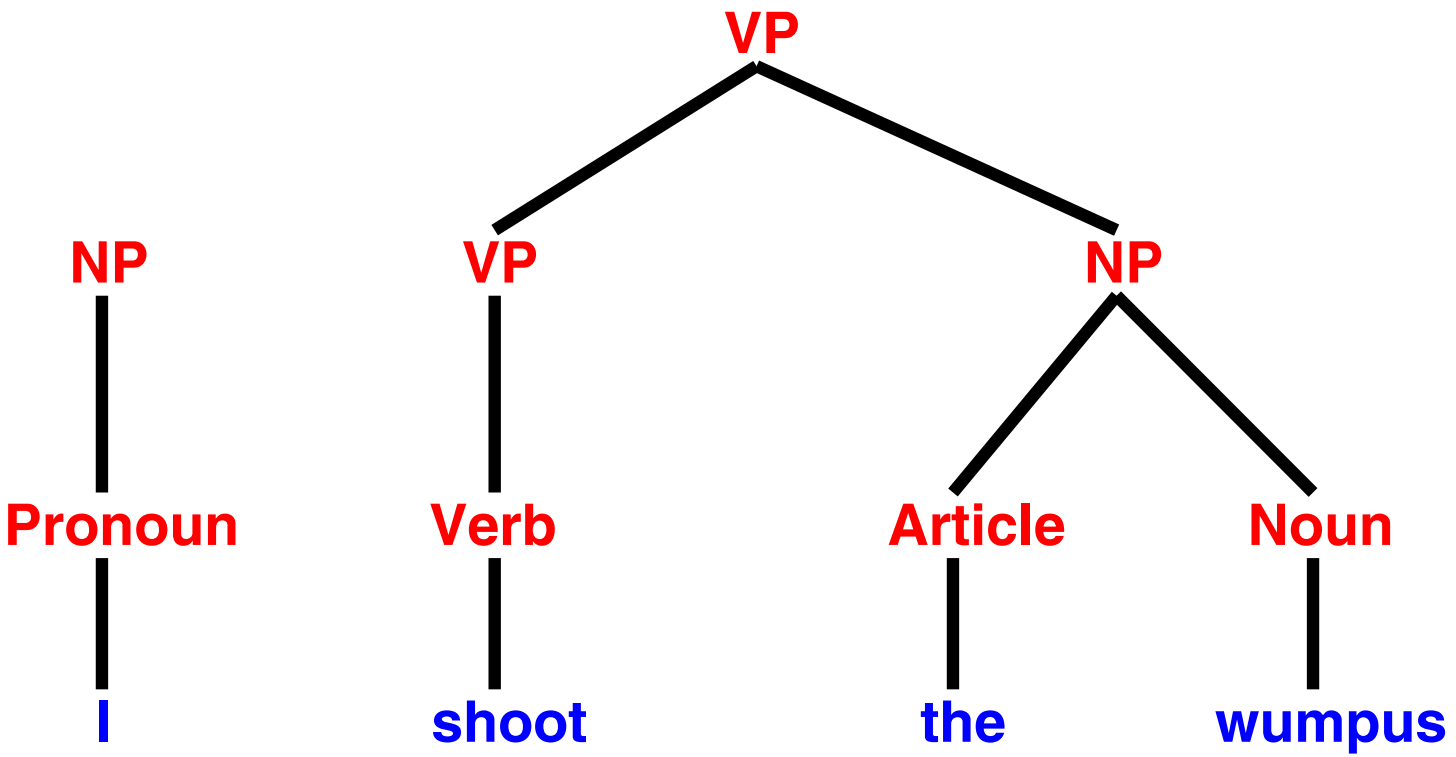
PARSE TREE



درخت پارس

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

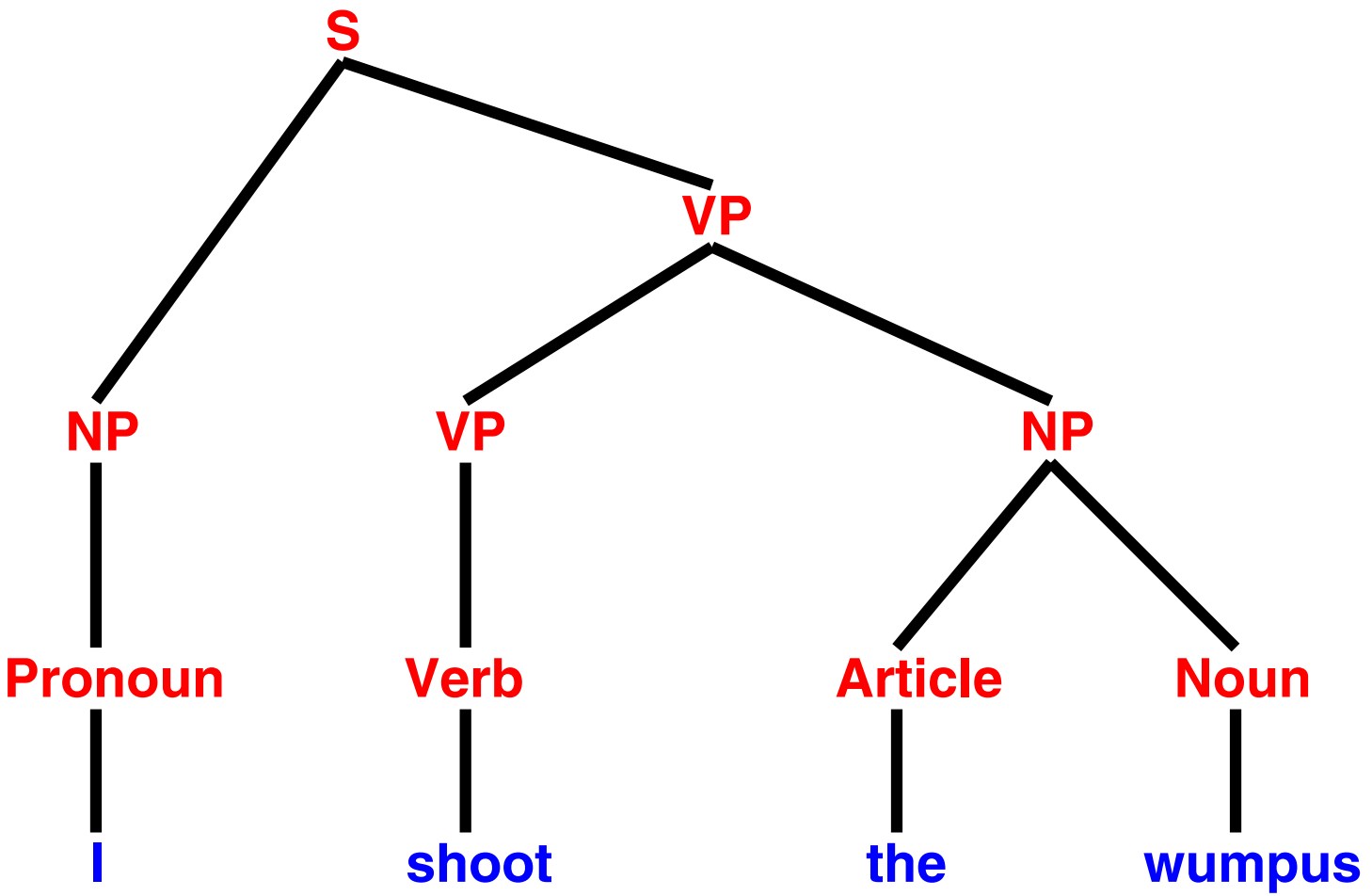
PARSE TREE



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

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

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*

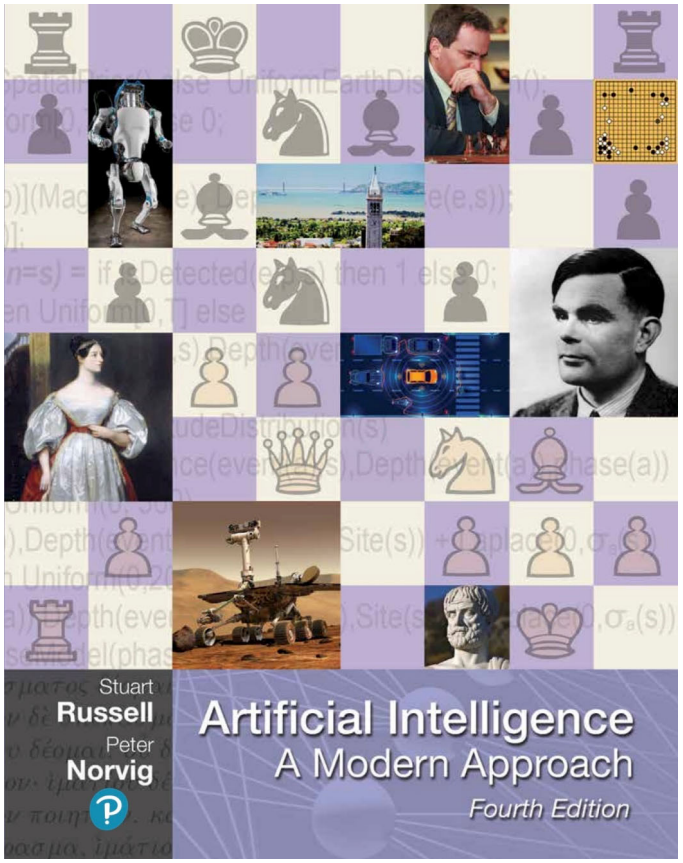
هوش مصنوعی

پردازش زبان طبیعی برای برقراری ارتباط

۲

منابع، مطالعه، تکلیف

منبع اصلی



Stuart Russell and Peter Norvig,
Artificial Intelligence: A Modern Approach,
4th Edition, Prentice Hall, 2020.

Chapter 23

CHAPTER 23

NATURAL LANGUAGE PROCESSING

In which we see how a computer can use natural language to communicate with humans and learn from what they have written.

About 100,000 years ago, humans learned how to speak, and about 5,000 years ago they learned to write. The complexity and diversity of human language sets *Homo sapiens* apart from all other species. Of course there are other attributes that are uniquely human: no other species wears clothes, creates art, or spends two hours a day on social media in the way that humans do. But when Alan Turing proposed his test for intelligence, he based it on language, not art or haberdashery, perhaps because of its universal scope and because language captures so much of intelligent behavior: a speaker (or writer) has the **goal** of communicating some **knowledge**, then **plans** some language that **represents** the knowledge, and **acts** to achieve the goal. The listener (or reader) **perceives** the language, and **infers** the intended meaning. This type of communication via language has allowed civilization to grow; it is our main means of passing along cultural, legal, scientific, and technological knowledge. There are three primary reasons for computers to do **natural language processing** (**NLP**):

Natural language processing (NLP)

- To **communicate** with humans. In many situations it is convenient for humans to use speech to interact with computers, and in most situations it is more convenient to use natural language rather than a formal language such as first-order predicate calculus.
- To **learn**. Humans have written down a lot of knowledge using natural language. Wikipedia alone has 30 million pages of facts such as "Bush babies are small nocturnal primates," whereas there are hardly any sources of facts like this written in formal logic. If we want our system to know a lot, it had better understand natural language.
- To advance the **scientific understanding** of languages and language use, using the tools of AI in conjunction with linguistics, cognitive psychology, and neuroscience.

In this chapter we examine various mathematical models for language, and discuss the tasks that can be achieved using them.

23.1 Language Models

Formal languages, such as first-order logic, are precisely defined, as we saw in Chapter 8. A **grammar** defines the syntax of legal sentences and **semantic rules** define the meaning. Natural languages, such as English or Chinese, cannot be so neatly characterized:

- Language judgments vary from person to person and time to time. Everyone agrees that "Not to be invited is sad" is a grammatical sentence of English, but people disagree on the grammaticality of "To be not invited is sad."