

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



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



مقدمه

زبان و برقراری ارتباط

LANGUAGE AND COMMUNICATION

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

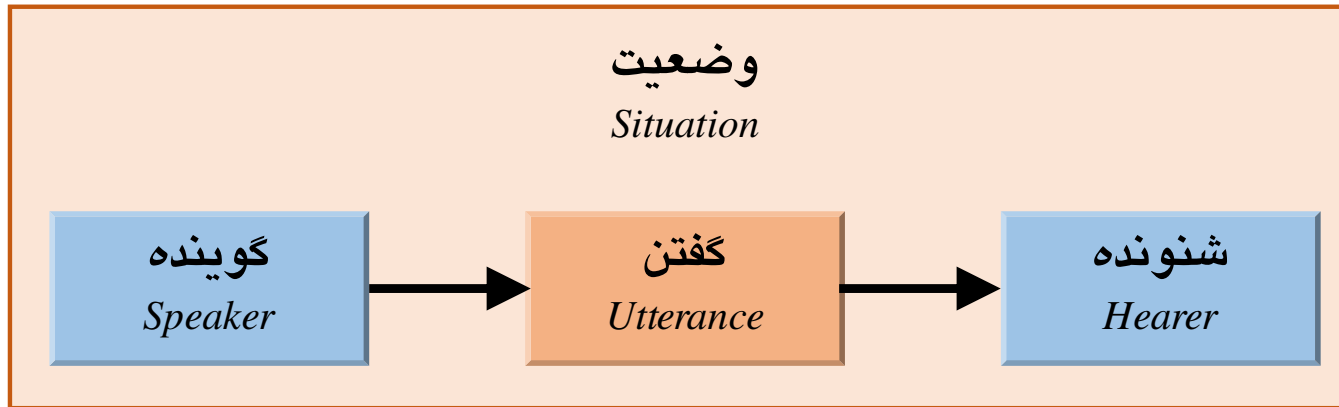
Wittgenstein (1953) **Philosophical Investigations**

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

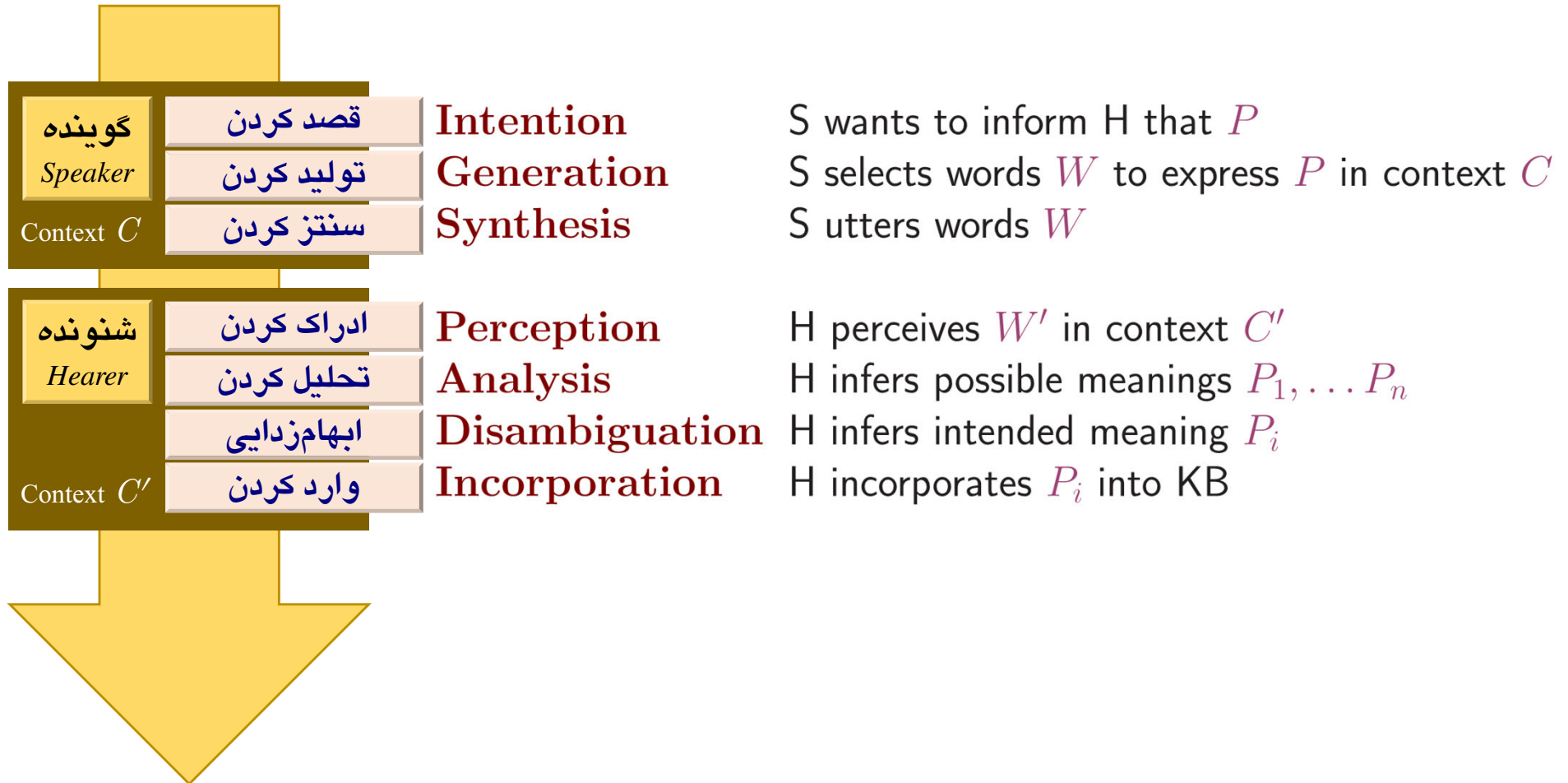
طرح‌ریزی با کنش‌های گفتاری نیازمند دانایی در موارد زیر است:

شنونده <i>Hearer</i>	قراردادها <i>Conventions</i>	وضعیت <i>Situation</i>
اهداف شنونده پایگاه دانایی شنونده رسیونالیت‌های شنونده	قراردادهای معنایی و نحوی	موقعیت اعمال کنش‌ها

مراحل برقراری ارتباط

اطلاع دادن

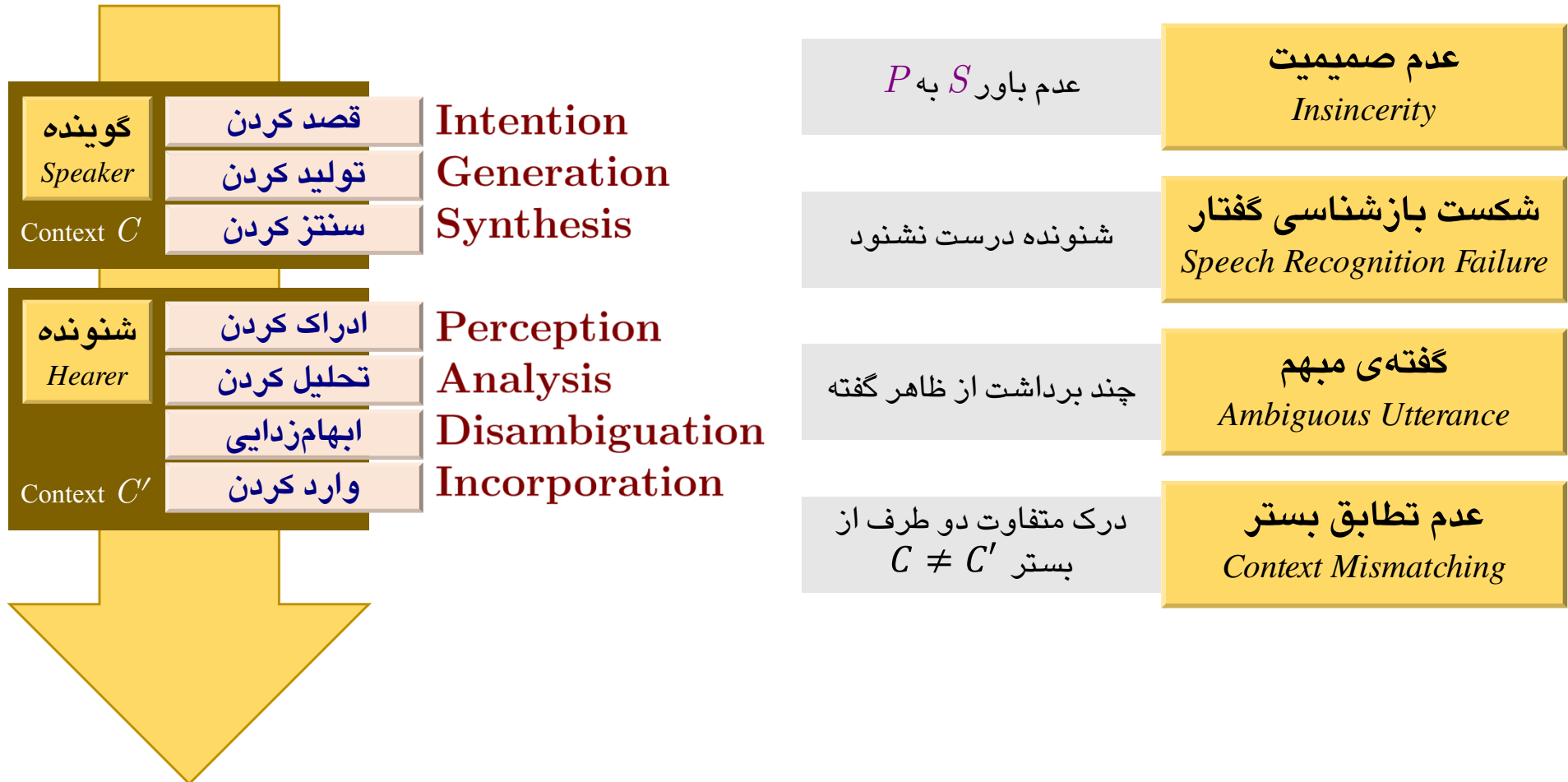
STAGES IN COMMUNICATION (INFORMING)



مراحل برقراری ارتباط

مشکلات

STAGES IN COMMUNICATION (INFORMING)



گرامر و زبان صوری

GRAMMAR AND FORMAL LANGUAGE

گرامر ساختار ترکیب بندی پیام های پیچیده را مشخص می کند.
یک گرامر با مجموعه ای از قواعد باز نویسی مشخص می شود.

گرامر
Grammar

یک زبان صوری، مجموعه ای از رشته ها از نمادهای پایانه است.
هر رشته در زبان می تواند توسط گرامر تحلیل / تولید شود.

زبان صوری
Formal Language

گرامر

مثال

GRAMMAR

قواعد بازنویسی

Rewrite Rules $S \rightarrow NP VP$ $Article \rightarrow the \mid a \mid an \mid \dots$

پایانه‌ها

Terminals the, a, an

ناپایانه‌ها

Non-terminals S, NP, VP

نماد جمله

Sentence Symbol S

انواع گرامر

GRAMMAR TYPES

گرامر منظم

Regular: *nonterminal* \rightarrow *terminal*[*nonterminal*]

$$S \rightarrow aS$$

$$S \rightarrow \Lambda$$

گرامر مستقل از متن

Context-free: *nonterminal* \rightarrow *anything*

$$S \rightarrow aSb$$

گرامر حساس به متن

Context-sensitive: more nonterminals on right-hand side

$$ASB \rightarrow AAaBB$$

گرامر شمارش پذیر بازگشتی

Recursively enumerable: no constraints

زبان‌های طبیعی تا حد زیادی مستقل از متن هستند \Leftarrow پارس بلادرنگ

گرامر

مثال: دنیای اژدها: لغتنامه

WUMPUS LEXICON

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

تقسیم لغتنامه به دو طبقه‌ی بسته و باز

open closed

گرامر

مثال: دنیای اژدها: گرامر

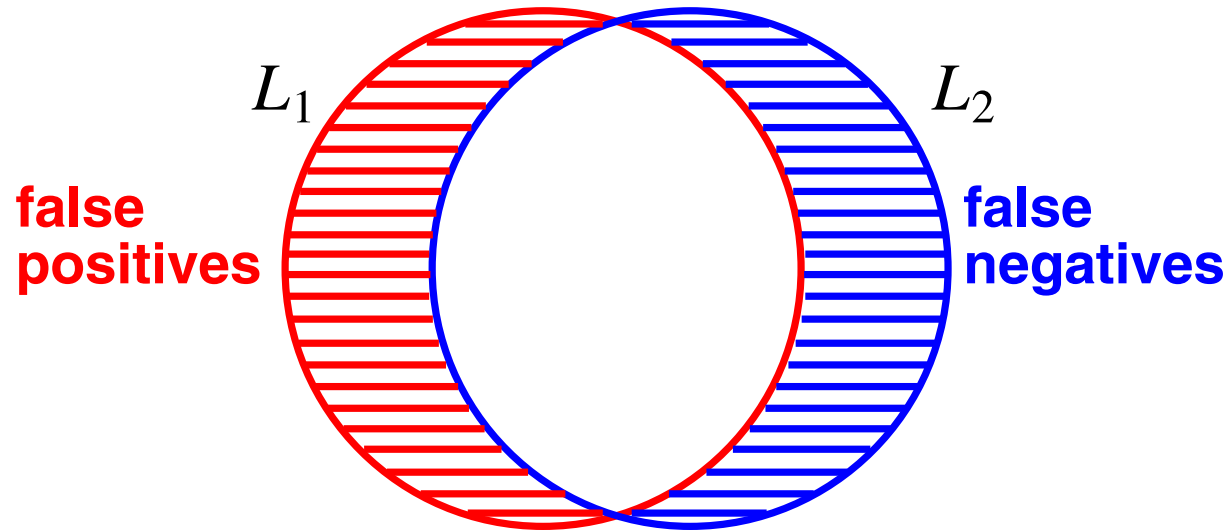
WUMPUS GRAMMAR

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

داوری گرامری

GRAMMATICALITY JUDGEMENTS

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

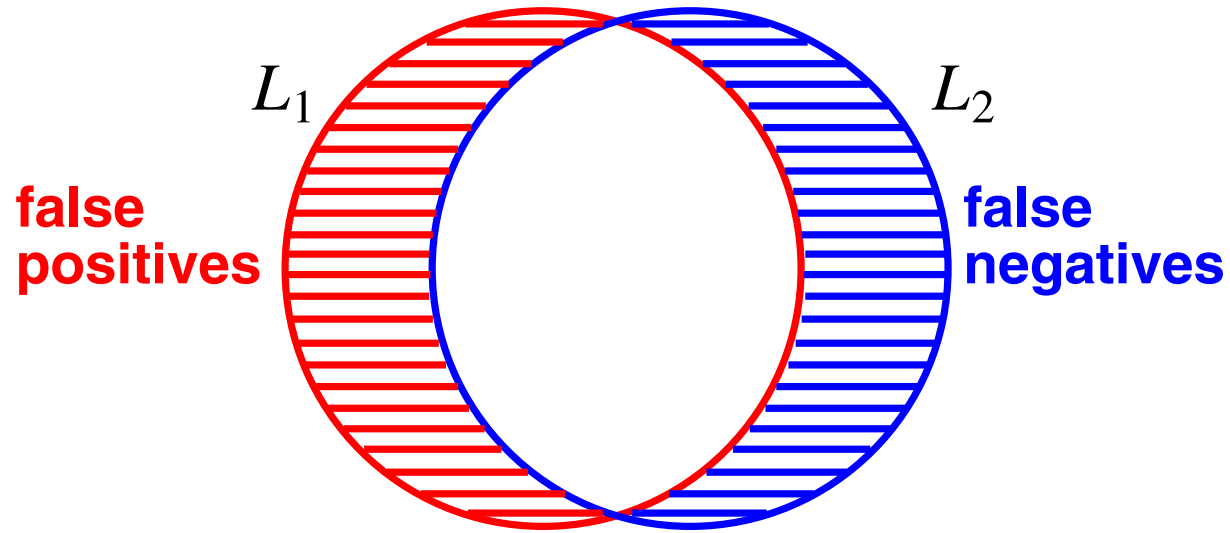


تنظیم زبان صوری L_1 برای موافقت با زبان طبیعی L_2 یک مسئله یادگیری است!

توافق بین‌ذهنی 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، ساختار گرامری یک جمله را نشان می دهد.

درخت پارس

Parse Tree

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**Pronoun**

I

Verb

shoot

Article

the

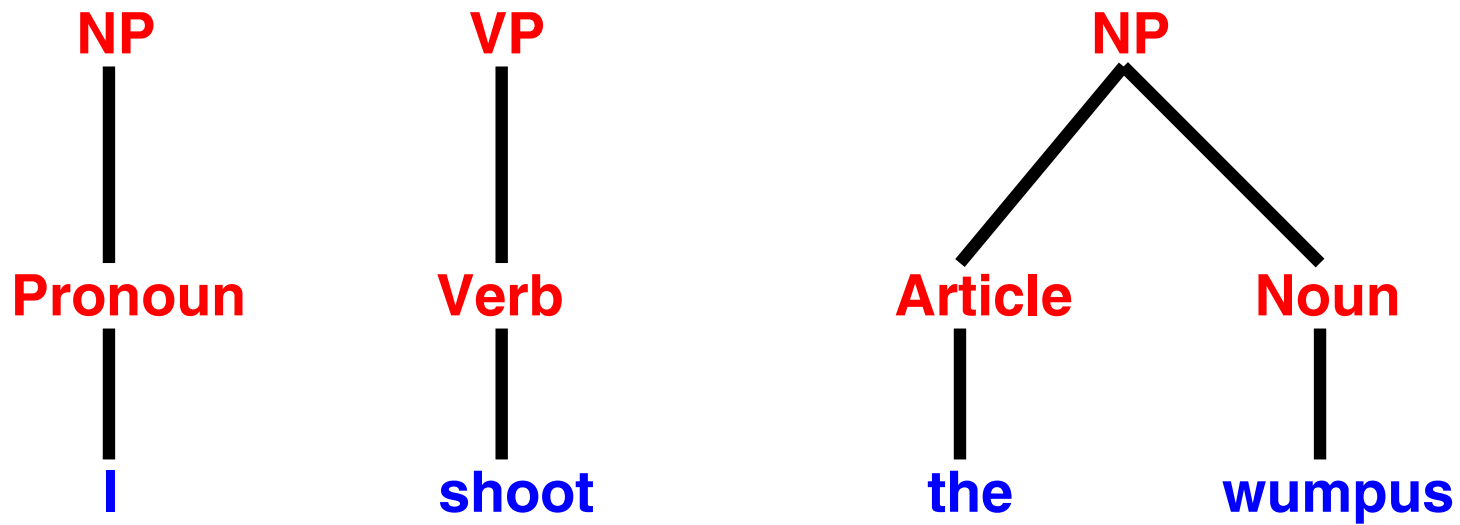
Noun

wumpus

درخت پارس

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

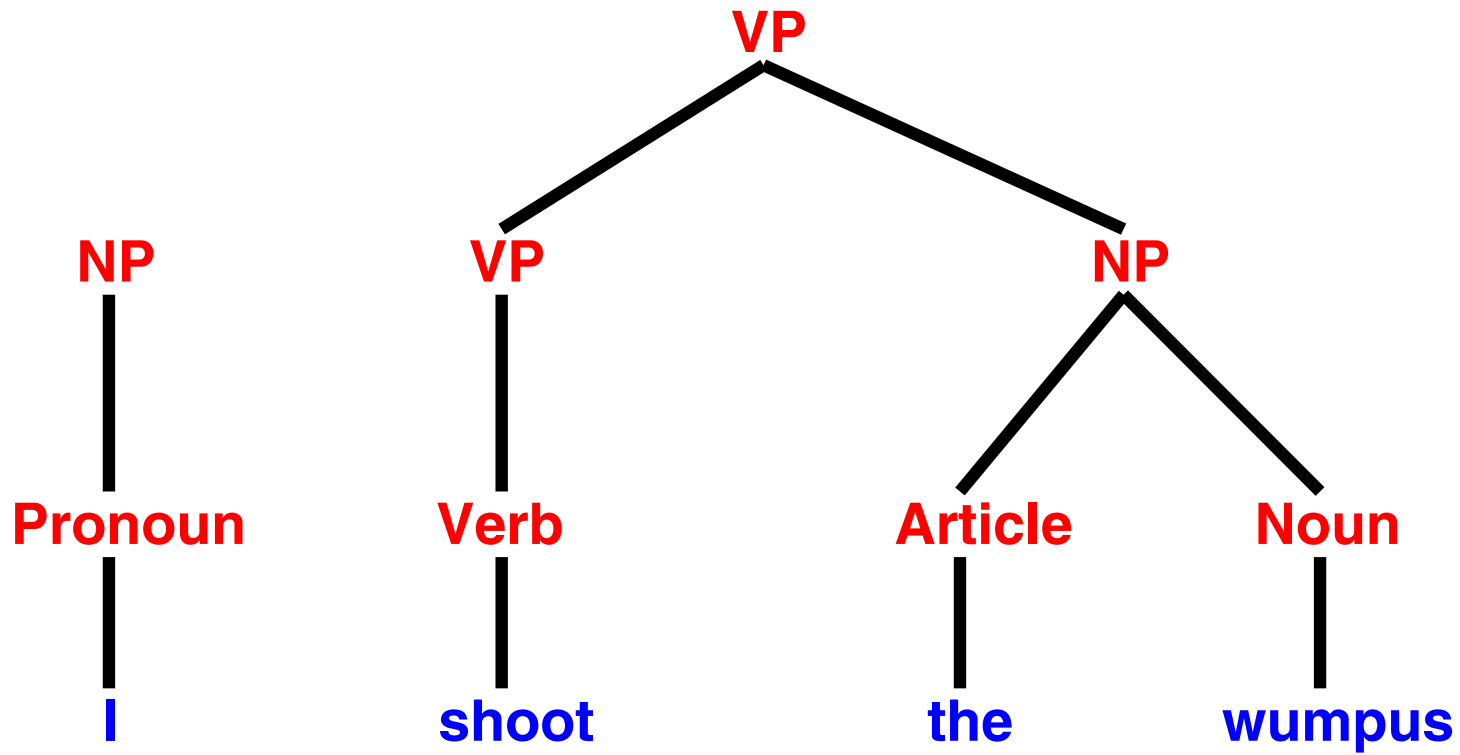
PARSE TREE



درخت پارس

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

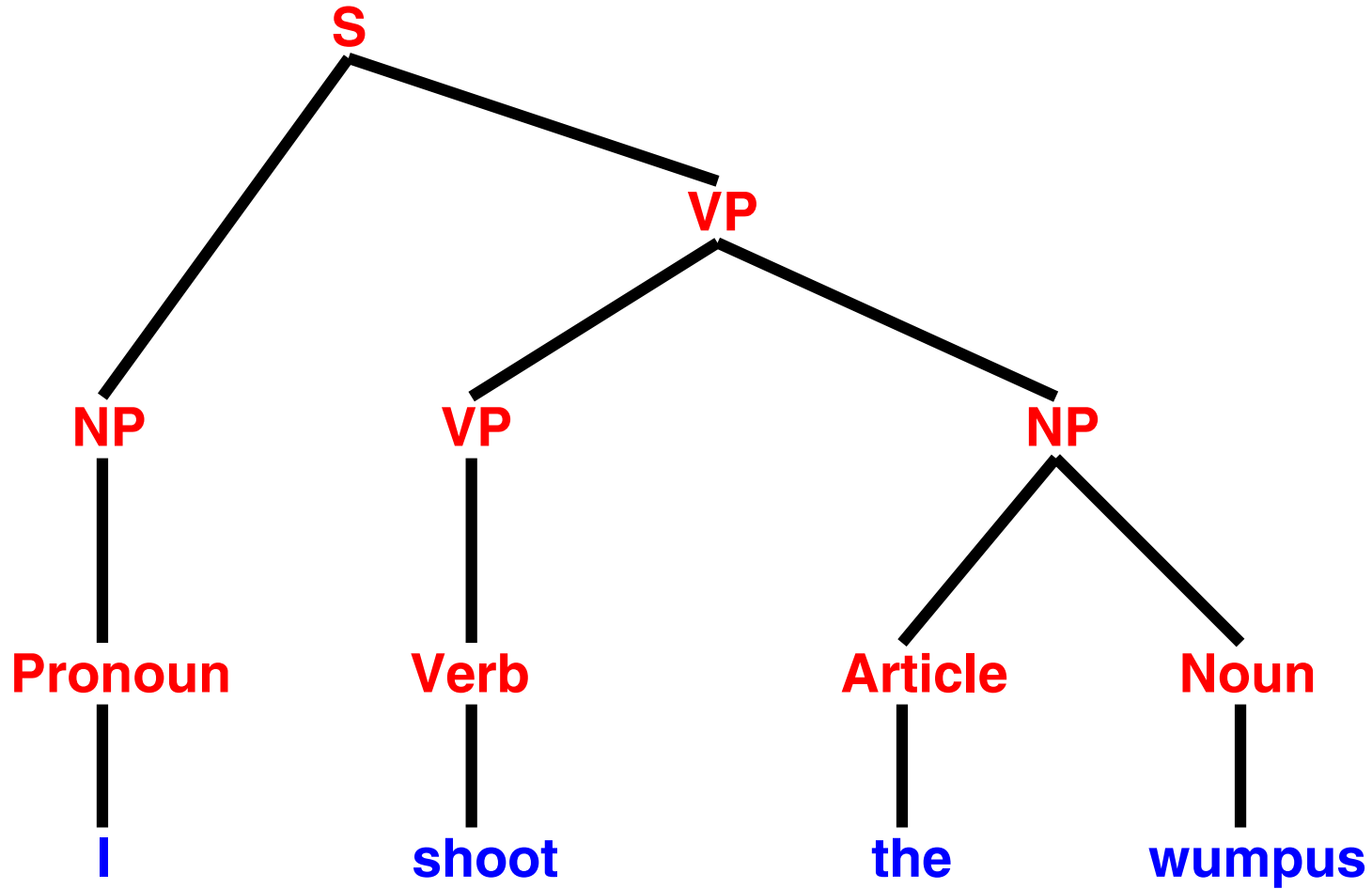
PARSE TREE



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 به عنوان یک گام ضروری برای درک معنی دیده می‌شود.

برای مثال:

“Mary hit John” \neq “John hit Mary”

با این وجود:

همه‌ی جمله‌های گرامری
به سادگی فهمیده نمی‌شوند.

برای مثال:

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?

جمله‌های غیرگرامری
می‌توانند فهمیده شوند

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.

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



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:

$X \rightarrow YZ$ becomes $Y(s_1) \wedge Z(s_2) \Rightarrow X(\text{Append}(s_1, s_2))$

$X \rightarrow \textit{word}$ becomes $X([\textit{word}])$

$X \rightarrow Y \mid Z$ becomes $Y(s) \Rightarrow X(s) \quad Z(s) \Rightarrow X(s)$

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

گرامرهای منطقی

مثال

LOGICAL GRAMMARS

گرامرهای منطقی: با افزودن قواعد منطقی به قواعد تولید گرامر

$$NP(s_1) \wedge EatsBreakfast(Ref(s_1)) \wedge VP(s_2) \\ \Rightarrow NP(Append(s_1, ["who"], s_2))$$

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

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

$$NP(s_1) \wedge EatsBreakfast(Ref(s_1)) \wedge VP(s_2) \\ \Rightarrow NP(Append(s_1, ["who"], s_2))$$

- 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

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

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

تولید جمله، به طور ساده نیازمند یک پرسش با متغیرهای نمونه‌سازی نشده 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:

$$\text{ASK}(KB, S(x, \text{At}(\text{Robot}, [1, 1])))$$

$$\text{Yes; } \{x = \text{"The robot is at [1,1]"}\}$$

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

سربستگی
Vagueness

شاخص‌داری
Indexicality

ارجاع
Anaphora

ابهام
Ambiguity

ناترکیبی
Noncompositionality

استعاره
Metaphor

مجاز/ کنایه
Metonymy

ساختار گفتمانی
Discourse Structure

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ابهام

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

ابهام
Ambiguity

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

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

ارجاع
Anaphora

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

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

شاخص‌داری
Indexicality

برای مثال:

I am over **here**

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

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

مجاز/کنایه

استفاده از یک عبارت اسمی برای قرارگیری به جای دیگر

مجاز/کنایه
Metonymy

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

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

استعاره
Metaphor

برای مثال:

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

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ناترکیبی

عدم ترکیب معنی الحاق دو کلمه از معنی تک تک آنها

ناترکیبی
Noncompositionality

برای مثال:

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

مسائل زبان‌های طبیعی در NLP

ناترکیبی: مثال

Meaning of $Word_1Word_2$ 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

واسط کاربر
زبان طبیعی

*NL User
Interface*

بازشناسی
گفتار

*Speech
Recognition*

پاسخ به
پرسش

*Question
Answering*

استخراج
اطلاعات

*Information
Extraction*

بازیابی
اطلاعات

*Information
Retrieval*

خلاصه‌سازی
متن

*Text
Summarization*

تبدیل
متن به گفتار

*Text to Speech
Conversion (TTS)*

ترجمه‌ی
ماشینی

*Machine
Translation*

طبقه‌بندی
متون

*Text
Classification*

جستجو
در وب

Web Searching

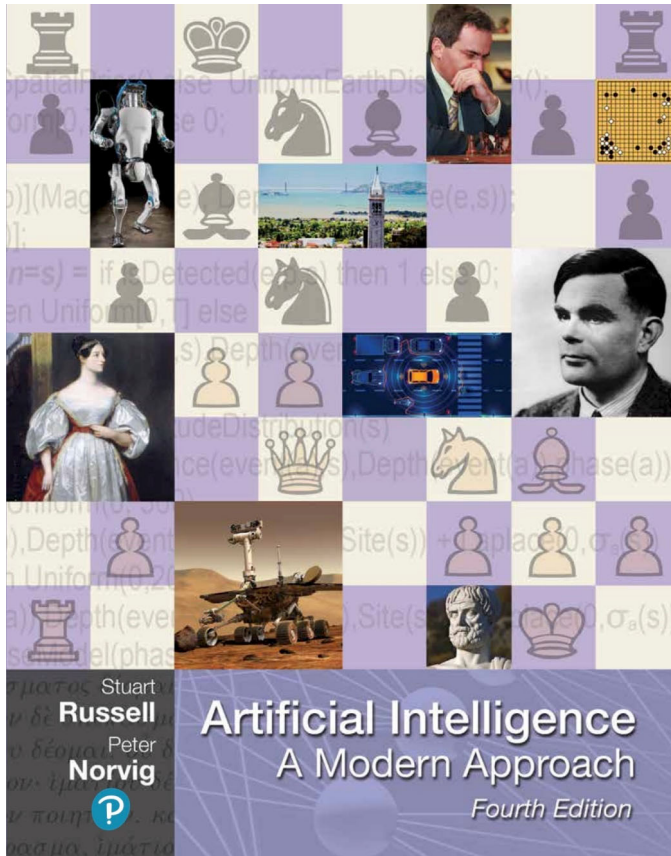
هوش مصنوعی

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.”