

نظریه زبان ها و ماشین

دانشگاه آل طه

رشته کامپیوتر

درس تخصصی

پاییز 1404

رئوس مطالب

□ هدف درس:

- معرفی مفاهیم پایه در نظریه محاسبات
- معرفی مدل های صوری مختلف در نظریه محاسبات
- روشن کردن محدودیت های مدل های مختلف محاسباتی

□ سرفصل:

- اتوماتای متناهی ، زبان های منظم و گرامر های منظم
- زبان ها و گرامر های مستقل از متن و اتومانای پشته ای
- زبان ها و گرامر های حساس به متن
- ماشین تورینگ و گرامر نامقید
- تصمیم پذیری
- پیچیدگی محاسباتی

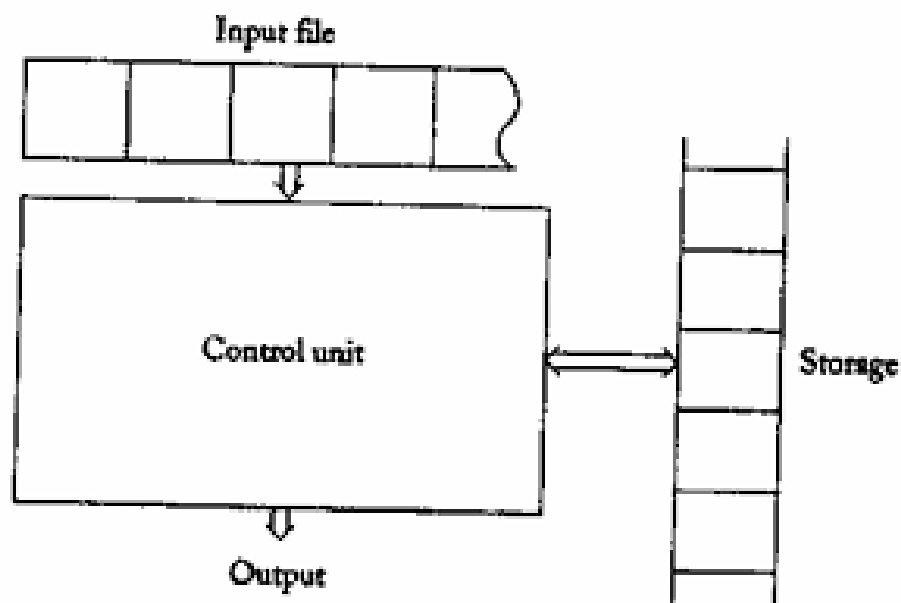
جلسه سوم

□ ماشین ها

□ یک ماشین، یک مدل انتزاعی از یک کامپیوتر رقمی است.

□ هر ماشین (چه واقعی مثل کامپیوتر، چه انتزاعی مثل ماشین تورینگ) از چند جزء اصلی تشکیل شده:

اجزای ماشین



شکل ۱-۳

نوار (Tape یا حافظه)

- مثل حافظه‌ی ماشین است که داده‌ها روی آن نوشته می‌شوند.
- به سلول‌هایی تقسیم می‌شود، هر سلول فقط یک نماد را نگه می‌دارد (مثل 0، 1 یا علامت خاص).
- نوار می‌تواند در بعضی ماشین‌ها محدود باشد (مثل ماشین‌های متناهی یا پشته‌ای) و در بعضی دیگر بی‌نهایت فرض شود (مثل ماشین تورینگ)
- ویژگی‌ها:
 - در هر لحظه فقط یک سلول از نوار خوانده یا نوشته می‌شود
 - سلول فعلی را هد می‌خواند.
 - هد می‌تواند به چپ یا راست حرکت کند.

واحد کنترل (Control Unit)

- مغز ماشین است که تصمیم می‌گیرد با توجه به نماد فعلی که از نوار خوانده شده و حالت فعلی ماشین چه کاری باید انجام شود. ویژگی‌ها:
- حالت‌های محدودی دارد (مثلاً q_0 ، q_1 ، q_2 و ...).
- مشخص می‌کند در هر گام باید:
 - چه نمادی نوشته شود،
 - هد به کدام سمت برود (چپ یا راست)،
 - ماشین وارد چه حالتی شود.

ورودی (Input) و خروجی (Output)

ورودی

- رشته‌ای از نمادهاست که روی نوار نوشته می‌شود.
- ماشین شروع به پردازش آن می‌کند تا تشخیص دهد که آیا این رشته متعلق به زبان مورد نظر هست یا نه.

خروجی

- نتیجه‌ی محاسبه یا تصمیم ماشین است.
- در ماشین‌های تشخیص زبان، خروجی معمولاً “پذیرفته می‌شود” یا “رد می‌شود” است.
- در ماشین‌های محاسبه‌گر (مثل تورینگ)، ممکن است خروجی به صورت تغییر در نوار ظاهر شود.

مجموعه حالت‌ها (Set of States)

□ ماشین در هر لحظه در یکی از حالت‌هاست.

□ یکی از حالت‌ها حالت شروع است.

□ ممکن است چند حالت پذیرش accept و حالت مردود reject وجود داشته باشد.

تابع انتقال (Transition Function)

□ قوانین حرکت ماشین را مشخص می کند.

□ به ماشین می گوید: اگر در حالت q بودی و نماد a را دیدی، چه کن؟

برای مثال:

اگر در حالت q_1 هستی و 0 دیدی $\rightarrow 1$ بنویس، به راست برو، وارد حالت q_2 شو.

جمع بندی

مثال در کامپیوتر واقعی	وظیفه	جزء
Hard Disk یا RAM	حافظه یا محل ذخیره‌ی داده‌ها	نوار
CPU pointer	ابزار خواندن/نوشتن داده	هد
CPU Control Unit	تصمیم‌گیرنده‌ی اصلی	واحد کنترل
کیبورد یا فایل ورودی	داده‌ی اولیه	ورودی
نمایشگر یا فایل خروجی	نتیجه‌ی محاسبه	خروجی
CPU State register	وضعیت‌های مختلف ماشین	مجموعه حالت‌ها
دستورالعمل‌های CPU	قانون تغییر حالت	تابع انتقال

اتوماتاها (Automata)

- واژه‌ی Automaton از یونانی میاد، به معنی "خودکار"
- اتوماتا: مدل یا ماشینی انتزاعی که به صورت خودکار رشته‌ای از نمادها را می‌خواند و بر اساس یک سری قوانین، تصمیم می‌گیرد که آن رشته را بپذیرد یا رد کند.

اجزای اصلی هر اتوماتا

1. $Q \rightarrow$ مجموعه‌ای از حالت‌ها (States)
2. Σ (Sigma) $\rightarrow$ الفبای ورودی (Input alphabet)، یعنی نمادهایی که ماشین می‌تونه بخونه (مثل $\{0,1\}$)
3. δ (Delta) $\rightarrow$ تابع انتقال (Transition function)، که میگه در هر حالت با دیدن هر نماد، به کدام حالت برو
4. $q_0 \rightarrow$ حالت شروع (Start state)
5. $F \rightarrow$ مجموعه‌ای از حالت‌های پذیرش (Final/Accepting states)

یک اتوماتا = $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$

هدف اتوماتا

□ هر اتوماتا زبانی را تشخیص می‌دهد.
یعنی اگر رشته‌ای را به عنوان ورودی بدهی، اتوماتا بررسی می‌کند:

- اگر رشته متعلق به زبانش باشد → پذیرفته می‌شود ✓
- اگر نباشد → رد می‌شود ✗

انواع اصلی اتوماتا

- 1. ☐ اتوماتای متناهی (Finite Automata – FA)
- 2. ☐ اتوماتای پشته‌ای (Pushdown Automaton – PDA)
- 3. ☐ ماشین تورینگ (Turing Machine – TM)

اتوماتای متناهی (Finite Automata – FA)

□ ساده‌ترین نوع اتوماتاست. دارای تعداد محدودی حالت است.

دو نوع دارد:

- DFA (Deterministic Finite Automaton): قطعی → در هر حالت فقط یک مسیر ممکن دارد.
- NFA (Non-deterministic Finite Automaton): غیرقطعی → ممکن است چند مسیر داشته باشد.

📌 کاربرد: تشخیص زبان‌های منظم (Regular Languages)

مثلاً:

زبانی که همه رشته‌هایش با 01 تمام می‌شوند.

اتوماتای پشته‌ای (Pushdown Automaton – PDA)

- نسبت به DFA قوی‌تر است چون حافظه‌ی پشته (Stack) دارد.
- DFA فقط ورودی را می‌خواند. PDA می‌تواند داده‌هایی را در پشته ذخیره کند و بعداً بخواند.
- کاربرد: تشخیص زبان‌های ساده مستقل از متن (Context-Free Languages)
- مثلاً: رشته‌هایی که تعداد پرانتزهای باز و بسته برابر دارند.

ماشین تورینگ (Turing Machine – TM)

- قوی‌ترین نوع اتوماتا.
دارای نوار بی‌نهایت است و می‌تواند بخواند، بنویسد و حرکت کند.
- کاربرد: تشخیص زبان‌های قابل محاسبه (Recursively Enumerable Languages)
یعنی زبان‌هایی که می‌توان با الگوریتم تصمیم گرفت یا تولیدشان کرد.

مقایسه کلی

نوع ماشین	حافظه	قدرت محاسباتی	نوع زبان
DFA / NFA	ندارد	کم	منظم (Regular)
PDA	پشته دارد	متوسط	مستقل از متن
Turing Machine	نوار بی‌نهایت دارد	زیاد	قابل محاسبه

