

انواع ماشین تورینگ

حمیدرضا محمدی مجد

9912223452

ماشین تورینگ چیست؟

- ماشین تورینگ (Turing machine) یک دستگاه فرضی است که روی نشان‌های روی یک قطعه نوار بر اساس جدول قوانین دستکاری انجام می‌دهد. با وجود اینکه مکانیزم ماشین تورینگ مقدماتی است، مفهومی برای پوشش عملکردهای بسیار پیچیده کافی و گسترده است. ماشین تورینگ می‌تواند برای شبیه‌سازی هر الگوریتم کامپیوتری و توضیح نحوه عملکرد یک واحد پردازشگر مرکزی به کار آید. حافظه این ماشین ساختاری بسیار ساده دارد. یعنی می‌تواند به صورت یک آرایه یک بعدی از عناصر (سلولها) باشد که هر یک می‌توانند حافظه تنها یک نماد باشند. این آرایه از هر دو طرف باز و نامحدود است (حافظه بینهایت) و اطلاعات آن می‌توانند به هر ترتیبی فراخوانی شوند. یک ماشین محاسبه تورینگ یک متغیر محاسباتی خاص را با استفاده از رشته‌ای از داده‌ها از طریق الفبای (صفر و یک) آن محاسبه می‌کند. از این لحاظ، این ماشین مانند یک کامپیوتر با برنامه ثابت عمل می‌نماید؛ اما، می‌توان جدول عملگرهای هر ماشین تورینگ را به صورت رشته‌ای از داده‌ها رمزگذاری نمود؛ بنابراین می‌توان ماشین محاسبه تورینگ را ساخت که بر روی نوار ذخیره اطلاعات آن رشته‌ای از داده‌ها برای توصیف جدول عملگرها به همراه رشته‌ای برای توصیف نوار ورودی وجود داشته باشد و نواری را که ماشین تورینگ رمزگذاری کرده است، محاسبه نماید. تورینگ در مقاله سال ۱۹۳۶ خود این ساختار را با جزئیات کامل توصیف نمود: "این امکان وجود دارد که ماشینی را اختراع نمود تا بتواند هر تابع قابل محاسبه‌ای را محاسبه نماید. اگر این ماشین (U) دارای نواری باشد که در ابتدای آن توضیحات استاندارد (S.D) از جدول عملگرهای بعضی از ماشینهای محاسبه M نوشته شده باشد بنابراین U یعنی ماشین می‌تواند همان تابع را به عنوان M محاسبه نماید.

ماشین تورینگ متناوب

- در نظریه پیچیدگی محاسباتی، یک ماشین تورینگ متناوب (Alternating Turing machine)، ماشین تورینگ غیر قطعی است و شامل قانونی برای پذیرش محاسباتی است که قوانین استفاده شده در تعریف کلاس‌های پیچیدگی NP و co-NP را کلیت می‌بخشد. مفهوم ATM توسط Chandra و Stockmeyer و مستقلاً توسط Kozen در سال ۱۹۷۶، و سپس به صورت مشترک، با انتشار در یک مجله در سال ۱۹۸۱ مطرح شد.

ماشین تورینگ کوانتومی

- یک ماشین تورینگ کوانتومی (quantum Turing machine) که به آن ماشین تورینگ جهانی نیز می‌گویند یک ماشین انتزاعی است که برای مدل کردن تأثیرات یک کامپیوتر کوانتومی استفاده می‌شود. این ماشین یک مدل بسیار ساده را ارائه می‌کند که قدرت محاسبات کوانتومی را نشان می‌دهد. هر الگوریتم کوانتومی می‌تواند به صورت رسمی توسط یک ماشین تورینگ کوانتومی بیان شود. این نوع ماشین تورینگ نخستین بار توسط دانشمند فیزیکدان دانشگاه اکسفورد David Deutsch در سال ۱۹۸۵ ارائه شد. وی پیشنهاد کرد که گیت‌های کوانتومی می‌توانند همانند گیت‌های منطقی دودویی کلاسیک عمل کنند. معمولاً ماشین‌های تورینگ کوانتومی برای آنالیز کردن محاسبات کوانتومی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و معمولاً از مدل مدارات کوانتومی که مدل‌های رایج‌تری هستند استفاده می‌شود و این مدل‌ها با یکدیگر معادل هستند. ماشین‌های تورینگ کوانتومی می‌توانند توسط ماتریس‌های انتقال با ماشین تورینگ‌های احتمالی کلاسیک معادل شوند. Iriyama، Ohya و Volovich مدل دیگری از ماشین تورینگ کوانتومی را تحت عنوان ماشین تورینگ کوانتومی خطی (LQTM) ارائه دادند. این نوع ماشین تورینگ حالتی کلی از ماشین‌های تورینگ کوانتومی کلاسیک هستند که توابع انتقال غیرقابل برگشت را مدل می‌کنند. این مسئله باعث می‌شود که بتوان اندازه‌گیری‌های کوانتومی را بدون نتیجه خروجی کلاسیک بیان کرد.

ماشین تورینگ غیرقطعی

- در علوم کامپیوتر نظری، ماشین تورینگ نظری یک ماشین است که در آزمایش‌های فکری برای آزمایش توانایی‌ها و محدودیت‌های کامپیوتر استفاده می‌شود. در اصل، ماشین تورینگ به صورت یک کامپیوتر ساده تصور می‌شود که با دنبال کردن مجموعه‌ای از قوانین، نمادها را در واحد زمان می‌خواند و بر روی یک نوار بی‌پایان می‌نویسد؛ و با توجه به وضعیت جاری نمادی که دیده است، تعیین می‌کند چه عملی باید انجام دهد. یک مثال از قوانین ماشین تورینگ: «اگر در وضعیت ۲ هستید و نماد A' دیدید، آن را به B' تغییر دهید و به چپ بروید.» در ماشین تورینگ قطعی، مجموعه قوانین به ازای هر وضعیت داده شده، حداکثر یک حرکت را مجاز می‌کند. ماشین تورینگ غیرقطعی (Non-deterministic Turing machine) برخلاف ماشین تورینگ قطعی، دارای مجموعه قوانینی است که به ازای هر وضعیت، بیشتر از یک حرکت را مجاز می‌کند. برای مثال، ماشین تورینگ غیرقطعی ممکن است هر دو قوانین «اگر در وضعیت ۲ هستید و نماد A' دیدید، آن را به B' تغییر دهید و به چپ بروید.» و «اگر در وضعیت ۲ هستید و نماد A' دیدید، آن را به C' تغییر دهید و به راست بروید» را در مجموعه قوانینش داشته باشد. ماشین تورینگ معمولی (قطعی - DTM) دارای تابع انتقال است که برای وضعیت داده شده و نمادی که روی نوار به آن اشاره می‌شود، ۳ چیز را مشخص می‌کند: نمادی که باید روی نوار نوشته شود، جهت حرکت هد (چپ، راست یا هیچکدام) و وضعیت بعدی ... برای مثال، X روی نوار در وضعیت ۳ ممکن است DTM را وادار به نوشتن Y روی نوار، حرکت هد به راست و انتقال به وضعیت ۵ کند. تفاوت ماشین تورینگ غیرقطعی (NTM) این است که وضعیت داده شده و نماد روی نوار ۳ چیز منحصر به فرد را مشخص نمی‌کند، بلکه برای ترکیب مشابه از وضعیت و نماد ممکن است انتقال‌های متفاوتی انجام شود. برای مثال، X روی نوار در وضعیت ۳ ممکن است به ماشین اجازه دهد Y را روی نوار بنویسد، به راست برود و به وضعیت ۵ برود یا X را بنویسد، به چپ برود و در وضعیت ۳ بماند.

- ماشین تورینگ چندمسیره (Multi-track Turing machine) یا چندمجرائی نوع خاصی از ماشین تورینگ چندنواره است. در یک ماشین تورینگ استاندارد با n نوار، n کلاهک به صورت مستقل در امتداد n مسیر حرکت می‌کنند. در یک ماشین تورینگ چند مجرائی با n مجرای یک کلاهک روی تمام مجراها عمل خواندن و نوشتن را به صورت هم‌زمان انجام می‌دهد. هر موقعیت در این ماشین تورینگ شامل n نماد از حروف الفبا می‌باشد. این ماشین تورینگ، معادل ماشین تورینگ استاندارد است و زبان‌های شمارا را، که به صورت بازگشتی تعریف شده‌اند، می‌پذیرد. با توجه به پیچیدگی برنامه‌های کامپیوتری، ماشین محاسبه تورینگ چند نوازی در مقایسه با ماشین‌هایی که آن‌ها را شبیه‌سازی می‌کند، فقط دارای عامل لگاریتمی است که عملکرد آن را آهسته‌تر می‌نماید. هنگامیکه آلن تورینگ به نظریه ساخت دستگاه محاسباتی خود رسید در ذهنش فقط مدل محاسباتی ساده و قوای برای محاسبه تمامی عملگرهای ممکن داشت. کلود شانون ابتدا به صراحت در سال ۱۹۵۶ مسئله اختراع کوچکترین ماشین محاسباتی تیورینگ را مطرح نمود. وی نشان داد تا زمانی که دو حالت مورد استفاده قرار گیرند دو نماد کافی هستند و همیشه این امکان وجود داشت که علائم به جای حالات بکار گرفته شوند. «ماروین مینسکی» با استفاده از سیستم‌های داده‌ای دو حرفی، ماشین محاسبه تورینگ با ۷ حالت و ۴ علامت کشف نمود. از آن زمان سایر ماشین‌های محاسباتی تورینگ توسط «یوری روگوژین» و سایرین با استفاده از روش شبیه‌سازی سیستم حروف به وجود آمدند. اگر m را حالات و n را علائم در نظر بگیریم، مجموعه‌های زیر یافت می‌شوند: (۲، ۱۵)، (۳، ۹)، (۴، ۶)، (۵، ۵)، (۶، ۴)، (۳، ۹) و (۲، ۱۸). ماشین (۶، ۴) «روگوژین» فقط ۲۲ دستورالعمل دارد و هیچ معیار UTM کوچکتر در آن وجود ندارد؛ ولیکن، با تعمیم معیار مدل ماشین محاسبه تورینگ حتی ماشین‌های محاسباتی کوچکتر نیز قابل پذیرش هستند. چنین تعمیمی تکرار یک کلمه نامحدود را بر یک طرف یا دو طرف ورودی ماشین می‌سازد، و موجب گسترش فراگیری آن و در نتیجه شناخت آن به عنوان «نیمه ضعیف» یا «ضعیف» می‌گردد. در ماشین محاسبه تورینگ کوچک و ضعیفی که قانون ۱۱۰ دستگاه‌های هدایت خودکار تلفن‌های همراه را شبیه‌سازی می‌کند از مجموعه‌های دو تایی (۶، ۲)، (۳، ۳) و (۲، ۴) استفاده می‌شود. ماشین محاسبه تورینگ ۲ حالت ۳ علامتی وولفریم با استفاده از قراردادن حروف ابتدایی، ضعف این فراگیری را بیشتر نشان می‌دهد. سایر متغیرها در الگوی استاندارد ماشین محاسبه تورینگ از UTM های کوچک استفاده می‌کردند از جمله ماشین‌هایی با نوارهای متعدد ذخیره اطلاعات یا نوارهای چند بعدی و ماشین‌هایی با دستگاه‌های هدایت خودکار محدود.

ماشین خواندنی تورینگ

- ماشین‌های خواندنی تورینگ یا ماشین‌های تعیین‌پذیر حالات متناهی ۲ مسیره (Read-only Turing machine یا Two-way deterministic finite-state automaton) رده‌ای از مدل‌های محاسبه‌پذیری هستند که مانند یک ماشین تورینگ استاندارد عمل می‌کنند و می‌توانند در هر ۲ جهت روی نوار حرکت کنند اما نمی‌توانند چیزی بنویسند. در حقیقت این ماشین‌ها از نظر قدرت محاسباتی معادل یک ماشین تعیین‌پذیر حالات متناهی هستند که فقط می‌توانند عمل تجزیه و تحلیل را روی یک زبان منظم انجام دهند.