

نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها

مؤلف : فرشید شیرافکن

دانشجوی دکترای بیوانفورماتیک دانشگاه تهران

ناشر: سازمان علمی آموزش فرادرس

بزرگترین پلتفرم آموزش آنلاین ایران

وب: www.faradars.org

تقدیم به:

روح پاک پدرم

- فرشید شیرافکن

سخن ناشر

در عین تمام نقدهای وارد شده به کنکور، هنوز راه‌حلی عملی که در جمیع جوانب، بهتر از سبک کوتاه و چند گزینه‌ای سوالات باشد؛ ارائه نشده است. همین موضوع، کنکور را به ویژه کنکور کارشناسی ارشد به عنوان یک آزمون متمرکز و سراسری، از اهمیت دوچندانی برخوردار می‌کند.

یکی از آسیب‌های همراه با این آزمون سراسری این است که فضای رقابتی آن با ایجاد مؤسسات گوناگون، به سرعت از فضای یک رقابت علمی تبدیل به فضای رقابت اقتصادی می‌شود؛ به گونه‌ای که هزینه سرسام آور کلاس‌ها، دوره‌ها و منابع مرتبط با آزمون، از عهده بسیاری از دانشجویان خارج می‌شود. دانشجویانی که در عین استعداد تحصیلی بالا، در میدان رقابت مالی تحمیلی، در عین تمام شایستگی‌های خود، قدرت ادامه مسیر را از دست می‌دهند یا به نتیجه‌ای که در فضای مساوی مالی برای همه باید به آن می‌رسیدند، دست نمی‌یابند.

یکی از اهداف و آرمان‌های فرادرس به عنوان بزرگ‌ترین پروژه آموزش دانشگاهی اجرا شده بر بستر وب کشور، ایجاد دسترسی همگانی و یکسان به آموزش و دانش؛ مستقل از جغرافیا، زمان و سطح مالی دانشجویان بوده است. سیاست کاری فرادرس در راستای این آرمان، انتشار آموزش‌های ویدئویی تخصصی و دانشگاهی رایگان و یا بسیار کم هزینه، با تدریس مجرب‌ترین اساتید داخل و خارج کشور بوده است.

ما با انتشار رایگان این کتاب (به همراه نزدیک به ده کتاب رایگان دیگر) یکی از گام‌های دیگر خود را در راستای آرمان فرادرس برداشتیم. کتاب حاضر که حاصل نزدیک به یک دهه تدریس و پژوهش و تألیف مؤلف و مدرس فرادرس می‌باشد؛ در عین هزینه‌های بالای تألیف و آماده‌سازی، به جای انتشار و فروش؛ با تأمین مالی و سرمایه‌گذاری فرادرس به عنوان ناشر، به صورت کاملاً رایگان منتشر می‌شود. ما در گام‌های بعدی نیز تلاش خواهیم کرد که تا هر جا بتوانیم، حتی شده یک کتاب مرجع دیگر و بیشتر را با پرداخت هزینه، آزادسازی کرده و به صورت رایگان منتشر کنیم.

مؤلفین و ناشرینی که تمایل به واگذاری حق انتشار کتاب خود به فرادرس را دارند، می‌توانند با ایمیل ebooks@faradars.org مکاتبه نمایند. ما این کتاب‌ها را با پرداخت هزینه تألیف به مدرس و ناشر، به صورت رایگان منتشر خواهیم کرد تا همه دانشجویان مستقل از سطح مالی، به منابع مفید آزمون دسترسی داشته باشند. همچنین اگر ایده و نظری در خصوص کتاب‌های رایگان فرادرس داشته باشید، خوشحال می‌شویم که آن را با ایمیل ebooks@faradars.org مطرح نمایید.



سازمان علمی آموزش فرادرس

بزرگترین پلتفرم آموزش آنلاین ایران

وب: www.faradars.org

<http://faradars.org/computer-engineering-exam>

دانلود رایگان مجموعه کتب ارشد کامپیوتر

منبع مطالعاتی تکمیلی مرتبط با این کتاب

آموزش نظریه زبانها و ماشینها



در این درس با سه موضوع "زبان، گرامر و ماشین" آشنا می‌شوید. این درس پیش نیاز درس طراحی کامپایلر است. با یادگیری زبانها و گرامرها می‌توانید نحوه کار کامپایلر و همچنین طراحی زبانهای برنامه‌سازی را متوجه شد. یادگیری این درس بدون مدرس کار ساده‌ای نمی‌باشد و ما در این آموزش تجربه حداقل پانزده سال تدریس این درس را در اختیار شما گذاشته‌ایم. به امید اینکه دعای خیری برای ما شود.

مدرس: مهندس فرشید شیرافکن

مدت زمان: ۹ ساعت

faradars.org/fvsft110

[جهت مشاهده آموزش ویدئویی این آموزش – کلیک کنید](#)

درباره مدرس

مهندس فرشید شیرافکن کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار است و در حال حاضر دانشجوی دکتری بیوانفورماتیک دانشگاه تهران هستند. ایشان از مدرسین نمونه در زمینه ارائه و آموزش دروس دانشگاهی انتخاب شده‌اند.



ایشان مشاور کنکور هستند و بیش از ۳۰ کتاب در زمینه کنکور رشته کامپیوتر تألیف نموده‌اند. ایشان در حال حاضر به عنوان یکی از برترین مدرسین فرادرس از جهت کمیت و کیفیت دروس ارائه شده، نزدیک به ۲۰ عنوان درسی را در قالب آموزش ویدئویی از طریق فرادرس منتشر کرده‌اند. این مجموعه دروس تا کنون مورد استفاده ده‌ها هزار دانشجوی سراسر کشور قرار گرفته‌اند.

مشاهده همه آموزش‌های تدریسی و تالیفی توسط مؤلف کتاب – [کلیک کنید](#).

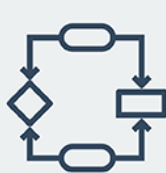
کتب رایگان دیگر از این مجموعه آموزشی

۱. [آموزش زبان برنامه سازی C++ - کلیک کنید \(+\)](#)
۲. [آموزش شیءگرایی در سی پلاس پلاس - کلیک کنید \(+\)](#)
۳. [آموزش پایگاه داده ها - کلیک کنید \(+\)](#)
۴. [آموزش ساختمان داده ها - کلیک کنید \(+\)](#)
۵. [آموزش سیستم عامل - کلیک کنید \(+\)](#)
۶. [آموزش ذخیره و بازیابی اطلاعات - کلیک کنید \(+\)](#)

برای دانلود رایگان این مجموعه کتب، به لینک زیر مراجعه کنید:

<http://faradars.org/computer-engineering-exam>

دسته‌بندی موضوعی آموزش‌های فرادرس، در ادامه آمده است:

 مهندسی برق الکترونیک و رباتیک مهندسی برق الکترونیک و رباتیک - کلیک (+)	 هوش مصنوعی و یادگیری ماشین هوش مصنوعی و یادگیری ماشین - کلیک (+)	 آموزش‌های دانشگاهی و تخصصی آموزش‌های دانشگاهی و تخصصی - کلیک (+)	 برنامه‌نویسی برنامه‌نویسی - کلیک (+)
 نرم‌افزارهای تخصصی نرم افزارهای تخصصی - کلیک (+)	 مهارت‌های دانشگاهی مهارت‌های دانشگاهی - کلیک (+)	 مباحث مشترک مباحث مشترک - کلیک (+)	 دروس دانشگاهی دروس دانشگاهی - کلیک (+)
 آموزش‌های عمومی آموزش‌های عمومی - کلیک (+)	 طراحی و توسعه وب طراحی و توسعه وب - کلیک (+)	 نرم‌افزارهای عمومی نرم افزارهای عمومی - کلیک (+)	 مهندسی نرم‌افزار مهندسی نرم افزار - کلیک (+)

فهرست مطالب

فصل ۱ : عبارت منظم- زبان منظم

عبارت منظم

زبان

اجتماع و اشتراک

اتصال

معکوس

مکمل

بستار

هم ریختی

تقسیم راست

زبان منظم

بسته بودن زبان های منظم

لم تزریق

فصل ۲ : گرامر -گرامر منظم

گرامر

انواع گرامر

زبان تولید شده توسط گرامر

گرامر منظم

فصل ۳ : اتوماتای متناهی (DFA , NFA)

انواع ماشین

ماشین های متناهی

پذیرنده متناهی معین (dfa)

زبان ها و dfa ها

حالت دام (تله)

مکمل dfa

پذیرنده متناهی نامعین (nfa)

هم ارزی dfa و nfa

ارتباط گرامر منظم با ماشین متناهی

کاهش تعداد حالات در ماشین های متناهی

نحوه تشخیص منظم بودن یک زبان

فصل ۴ : زبان و گرامر مستقل از متن

گرامر مستقل از متن

گرامر ساده

بسته بودن زبان های مستقل از متن

لم تزریق برای زبان های مستقل از متن

لم تزریق برای زبان های خطی

فصل ۵ : ابهام- ساده سازی گرامر- فرمهای نرمال

ابهام در گرامر و زبان
 ساده سازی گرامرهای مستقل از متن
 حذف متغیرها و قوانین بی فایده
 حذف قوانین
 حذف قوانین واحد
 فرم های نرمال گرامر مستقل از متن
 فرم نرمال چامسکی
 فرم نرمال گریباخ

فصل ۶ : اتوماتای پشته ای (DPDA,NPDA)

اتوماتای پشته ای نامعین
 تابع انتقال
 پیکر بندی لحظه ای
 اتوماتای پشته ای معین
 تشخیص مستقل از متن بودن یک زبان
 زبان مستقل از متن معین
 ساخت اتوماتای پشته ای با استفاده از گرامر در فرم گریباخ

فصل ۷ : ماشین های تورینگ (TM)

ماشین تورینگ استاندارد
 ماشین تورینگ در نقش پذیرنده زبان
 ماشین تورینگ به عنوان مترجم
 مدل های دیگر ماشین تورینگ

سکون دار

با نوار نیمه نامتناهی

آف لاین

با حافظه پیچیده تر

چند نواره

چند بعدی

نامعین

آتاماتای کراندار خطی (LBA)

فصل ۸ : زبان های بازگشتی-گرامر بدون محدودیت و حساس به متن

زبان های بازگشتی و بازگشتی شمارش پذیر

گرامر بدون محدودیت

گرامر حساس به متن

ارتباط بین زبان ها، گرامرها و ماشین ها

سلسله مراتب چامسکی

بررسی بسته بودن زبان ها تحت عملگرها

فصل ۹ : تصمیم پذیری – کاهش پذیری

زبان های تصمیم نا پذیر

زبان های تصمیم پذیر

تصمیم پذیری در زبان های منظم

برشمارنده-

کاهش پذیری

فصل ۱

عبارت منظم - زبان منظم

در این کتاب، سه مفهوم اصلی یعنی زبان، گرامر (ابزار تولید زبان) و ماشین (ابزار پذیرش زبان) بررسی خواهند شد. مطالبی که بررسی می شوند عبارتند از:

۱- زبان و گرامر منظم و ماشین پذیرنده رشته‌های زبان منظم یعنی ماشین متناهی (FA)

۲- زبان و گرامر مستقل از متن و ماشین پذیرنده رشته‌های زبان مستقل از متن یعنی ماشین پشته‌ای (PDA)

۳- زبان و گرامر حساس به متن و ماشین تورینگ (TM) و

عبارت منظم

قبل از ورود به بحث زبان، عبارت منظم را بررسی می کنیم. عبارت منظم، ترکیبی از سمبل‌ها (از قبیل الفبا، پرانتز، عملگر بستار، عملگر الحاق) می باشد. عبارت منظم با انجام متوالی برخی قوانین بازگشتی روی اجزاء پایه ای ایجاد می شود.

به طور نمونه a^+b یک عبارت منظم در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ می باشد، که معرف رشته‌هایی است که با یک یا چند حرف a شروع شده و به b ختم می شوند. مانند ab ، aab و $aaab$.

به عنوان مثالی دیگر عبارت منظم ab^+ ، معرف رشته‌هایی است که با یک حرف a شروع شده و به یک یا چند b ختم می شوند. مانند ab ، abb و abb . اگر به جای بستار مثبت از بستار ستاره استفاده شده بود، یعنی عبارت منظم به صورت ab^* باشد، آنگاه، معرف رشته‌هایی است که با یک حرف a شروع شده و به صفر یا یک یا چند b ختم می شوند. یعنی از b می توان استفاده نکرد و رشته a را تولید کرد که توسط ab^+ قابل تولید نبود.

تعریف

Σ را الفبای مفروض در نظر می گیریم. آنگاه:

۱- λ و ϕ و $a \in \Sigma$ همگی عبارات منظم هستند. این عبارات را عبارات منظم پایه می خوانیم.

۲- اگر r_1 و r_2 عبارات منظمی باشند، آنگاه r_1^* ، $r_1.r_2$ ، $r_1 + r_2$ و (r_1) نیز عبارات منظم خواهند بود.

۳- یک رشته فقط و فقط در صورتی عبارت منظم است که با بکارگیری تعداد محدودی از قوانین بند (۲)، از عبارات منظم پایه بدست آیند.

چنانچه Σ یک الفبا باشد، آنگاه از Σ^+ برای نمایش مجموعه رشته‌های بدست آمده از الحاق چند سمبل دیگر و از Σ^* برای نمایش مجموعه رشته‌های بدست آمده از الحاق صفر یا بیشتر سمبل دیگر استفاده می‌کنیم. مجموعه Σ^* همواره حاوی λ خواهد بود. به عبارتی: $\Sigma^* = \Sigma^+ + \{\lambda\}$.

همواره Σ^+ و Σ^* نامتناهی هستند.

مثال

اگر الفبا شامل یک حرف a باشد، یعنی $\Sigma = \{a\}$ ، آنگاه:

$$\Sigma^+ = \{a, aa, aaa, \dots\} \quad \Sigma^* = \{\lambda, a, aa, aaa, \dots\}$$

چند نکته:

۱- در عبارت منظم اولویت ستاره از همه بیشتر است، سپس اولویت اتصال بیشتر بوده، و در نهایت اجتماع قرار دارد، مگر اینکه از پرانتز برای تغییر اولویت استفاده شود.

۲- تعداد سمبل‌های موجود در رشته را طول رشته می‌گویند. طول رشته w با $|w|$ نشان داده می‌شود.

۳- رشته تهی (λ)، رشته‌ای است که هیچ سمبلی ندارد. برای هر رشته w داریم: $\lambda.w = w.\lambda = w$

۴- طول رشته تهی که با λ نشان داده می‌شود، برابر صفر است. ($|\lambda| = 0$)

۵- اگر r یک عبارت منظم باشد، آنگاه: $r.\lambda = r$

۶- اگر r یک عبارت منظم باشد، آنگاه: $r + \phi = r$

مثال

آیا رشته‌های aa و $abbba$ و $abab$ را می‌توان از عبارت منظم ab^*a تولید کرد؟

حل: aa : بله - به علت استفاده از بستار ستاره برای b ، می‌توان از b استفاده نکرد.

$abbba$: بله - به علت استفاده از بستار ستاره برای b ، می‌توان چند بار از b استفاده کرد.

$abab$: خیر. ■

مثال

آیا رشته‌های aa و aba و $abbbba$ را می‌توان از عبارت منظم $a(bb)^*a$ تولید کرد؟

حل: aa : بله - از bb داخل پرانتز، استفاده نمی‌کنیم.

aba : خیر - تعداد b های تولید شده توسط عبارت منظم، باید زوج باشد.

$abbbba$: بله - از bb داخل پرانتز، دو مرتبه استفاده می‌کنیم. ■

مثال

رشته‌های تولید شده با حداکثر طول ۴، توسط عبارت منظم a^+b و a^*b عبارتند از:

$$a^+b = \{ab, aab, aaab\}, \quad a^*b = \{b, ab, aab, aaab\}$$



مثال

رشته‌های تولید شده با طول ۳ توسط عبارت منظم $(a+b)^+$ عبارتند از:

$$(a+b)^+ = \{aaa, aab, aba, abb, baa, bab, bba, bbb\}$$



مثال

آیا رشته $aaaabbaa$ از عبارت منظم $(ab^*aa)^+$ قابل تولید است؟

حل: بله - به علت استفاده از بستر مثبت برای کل عبارت داخل پرانتز، می‌توان چند بار از این عبارت استفاده کرد. در بار

اول aaa و در بار دوم $abbaa$ را تولید می‌کنیم. ■

مثال

نحوه تولید رشته‌های $abaa$ و $aaabaab$ و $aaabababba$ به کمک عبارت منظم $(ab + ab^*a)^+$ را مشخص کنید.

حل: عبارت داده شده دارای دو قسمت ab و ab^*a می‌باشد که به علت استفاده از بستر مثبت می‌توان چندین بار از آن استفاده کرد.

$abaa$: انتخاب ab از قسمت اول عبارت منظم و aa از قسمت دوم.

$aaabaab$: انتخاب aa از قسمت دوم، سپس aba از قسمت دوم و ab از قسمت اول.

$aaabababba$: انتخاب aa از قسمت دوم، سپس $abab$ با دو بار استفاده از قسمت اول و در نهایت $abba$ از قسمت

دوم. ■

روابط مقابل برقرارند: $(a^+)^* = (a^*)^+ = (a^*)^* = a^*$

روابط زیر برقرارند:

$$\phi^+ = \phi, \phi^* = \{\lambda\}, \lambda^* = \lambda, \lambda^* - \phi^* = \phi, \lambda - \phi^* = \phi, \lambda^* \phi^* = \lambda$$

به جای $(\alpha + \beta)^*$ هر یک از عبارتهای زیر را می توان قرار داد:

$$(\alpha^* + \beta)^*, (\alpha + \beta^*)^*, (\alpha^* + \beta^*)^*, \alpha^*(\alpha + \beta)^*, \alpha^*(\alpha + \beta)^*\beta^*$$

$$(\alpha^*\beta^*)^*, \beta^*(\alpha\beta^*)^*, \alpha^*(\beta\alpha^*)^*, (\beta^*\alpha^*)^*$$

مثال

معادل عبارت $(a^* + b)^* (a^* + b)^*$ را بدست آورید.حل: می توان به جای $(a^* + b)^*$ و $(a^* + b)^*$ از $(a + b)^*$ استفاده کرد:

$$(a + b)^* (a + b)^* = (a + b)^*$$

مثال

معادل عبارت $((a^* b^*)^* (b^* a^*)^*)^*$ را بدست آورید.حل: می توان به جای $(a^* b^*)^*$ و $(b^* a^*)^*$ از $(a + b)^*$ استفاده کرد:

$$((a + b)^* (a + b)^*)^* = ((a + b)^*)^* = (a + b)^*$$

مثال

آیا رابطه $(ab)^* a = a(ba)^*$ برقرار است؟

حل: بله - تمام رشته های قابل تولید توسط هر کدام، به کمک دیگری نیز قابل تولید است. ■

مثال

فرض کنید a و b عبارت های منظم باشند. آیا رابطه زیر برقرار است؟

$$(a + b)^* a (a + b)^* = b^* a (a + b)^* = (a + b)^* a b^*$$

حل: بله - تمام رشته های قابل تولید توسط هر کدام، به کمک دیگری نیز قابل تولید است. ■

مثال

آیا رابطه $(a + b)^* = (a^* b + a b^*)^*$ برقرار است؟

حل: بله - تمام رشته های قابل تولید توسط هر کدام، به کمک دیگری نیز قابل تولید است. ■

اگر Σ شامل n عنصر باشد، آنگاه Σ^* دارای n^k رشته به طول k است. 

معکوس عبارت منظم

برای پیدا کردن معکوس (متمم) یک عبارت منظم، از روابط زیر استفاده می کنیم:

$$(\alpha^*)^R = (a^R)^* (\alpha + \beta)^R = \alpha^R + \beta^R \quad (\alpha\beta)^R = \beta^R \alpha^R$$

مثال

معکوس عبارت منظم $ab(c + de)$ را مشخص کنید.

حل:
$$= (ed + c).ba = (c^R + (de)^R).(b.a) = (c + de)^R.(ab)^R [(ab).(c + de)]^R$$

تذکر: در واقع برای پیدا کردن معکوس یک عبارت منظم، می توان عبارت را از انتها به ابتدا نوشت. ■

مثال

معکوس $(a^* + b)ba^*$ را مشخص کنید.

■ حل: کافی است عبارت را معکوس نوشت: $(a^* + b)ba^* \Rightarrow a^*b(b + a^*)$

زبان

هر مجموعه از رشته‌های روی یک الفبای Σ را یک زبان می‌گویند. عملیات قابل انجام بر روی زبان‌ها عبارتند از: اجتماع، اشتراک، تفاضل، اتصال، معکوس، مکمل (متمم)، همریختی و تقسیم راست.

مثال

مجموعه $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ ، یک زبان بر روی الفبا $\Sigma = \{a, b\}$ است که شامل رشته‌هایی با تعداد برابر a و b می‌باشد. مانند: $\{\lambda, ab, aabb, aaabbb, \dots\}$

اجتماع و اشتراک

از آنجا که زبان‌ها، مجموعه هستند، اجتماع و اشتراک دو زبان، به راحتی قابل تعریف است.

مثال

اجتماع و اشتراک $L_1 = \{a^n b^m : n \geq 0, m \geq 0\}$ و $L_2 = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ را مشخص کنید.

حل: چند جمله از هر زبان را مشخص می‌کنیم:

$$L_1 = \{\lambda, ab, a^5 b^2, a^7 b^7, \dots\}, \quad L_2 = \{\lambda, ab, a^2 b^2, a^5 b^5, a^7 b^7, \dots\}$$

واضح است که زبان L_2 زیر مجموعه L_1 است. در نتیجه اشتراک آنها L_2 و اجتماع آنها L_1 است.

مثال

اشتراک و اجتماع دو زبان $L_1 = \{a^n b^k : n \neq k\}$ و $L_2 = \{a^n b^k : n \geq 0, k \geq 0\}$ را مشخص کنید.

حل: چند جمله از هر زبان را مشخص می‌کنیم:

$$L_1 = \{\lambda, a^5 b^2, a^7 b^4, \dots\}$$

$$L_2 = \{\lambda, ab, a^7 b^4, a^5 b^5, a^4 b^4, a^5 b^2, \dots\}$$

واضح است که زبان L_1 زیر مجموعه L_2 است ($L_1 \subseteq L_2$)، پس حاصل $L_1 \cap L_2$ همان L_1 و حاصل $L_1 \cup L_2$ همان L_2 است. ■

مثال

اشتراک L_1 و L_2 را مشخص کنید.

$$L_1 = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

حل: چند جمله از هر زبان را مشخص می‌کنیم:

$$L_1 = \{\lambda, abc, abc^5, a^6 b^6 c^2, a^4 b^4 c^4, \dots\}$$

$$L_2 = \{\lambda, abc, a^4 b^5 c^5, a^4 b^4 c^4, a^3 b^6 c^6, \dots\}$$

بنابراین اشتراک این دو زبان، شامل جمله‌هایی است که در آنها تعداد a و b و c برابر است،

$$\text{یعنی: } L_1 \cap L_2 = \{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$$

مثال

اجتماع دو زبان زیر را مشخص کنید.

$$L_1 = \{a^n b^m c^n : n \geq m \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^m c^n : m > n \geq 0\}$$

حل: اجتماع دو زبان برابر است با:

$$L_1 \cup L_2 = \{a^n b^m c^n : n \geq 0, m \geq 0\}$$



مثال

اشتراک سه زبان زیر را مشخص کنید.

$$L_1 = \{a^n b^m a^n b^p : n, m, p \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^n a^m b^p : n, m, p \geq 0\}$$

$$L_3 = \{a^n b^m a^p b^n : n, m, p \geq 0\}$$

$$L_1 \cap L_2 \cap L_3 = \{a^n b^n a^n b^n : n \geq 0\} \quad \text{حل: اشتراک این سه زبان برابر است با:}$$



مثال

اشتراک $L_1 = \{a^n b^m : n \geq 0, m \geq 0\}$ و $L_2 = \{b^n a^n : n \geq 0\}$ را مشخص کنید.

$$\text{حل: } L_1 \cap L_2 = \{a^n : n \geq 0\} \cup \{b^m : m \geq 0\}$$

فرادرس

اتصال

اتصال (الحاق) دو زبان به صورت زیر تعریف می شود:

$$L_1 L_2 = \{xy : x \in L_1, y \in L_2\}$$

مثال

تعداد اعضای اتصال $L_1 = \{10,1\}$ و $L_2 = \{01,011,11\}$ را تعیین کنید.

$$L_1 L_2 = \{1001,10011,1011,10111,1111\}$$

بنابراین $L_1 L_2$ دارای پنج عضو می باشد. (1011 که دو بار تکرار شده را یکبار شمارش می کنیم.)

L^n به معنای اتصال L به تعداد n بار با خودش می باشد و $L^0 = \{\lambda\}$.

مثال

اگر $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ ، آنگاه L^2 برابر است با :

$$L^2 = \{a^n b^n a^k b^k : n \geq 0, k \geq 0\}$$

توجه کنید که n و k ارتباطی به هم ندارند و رشته $aabbab$ (یعنی $n=2, k=1$) در L^2 موجود است. ■

مثال

با فرض اینکه $L = \{awa : w \in \{a,b\}^*\}$ ، آنگاه L^2 برابر است با :

$$L^2 = \{aw_1 aaw_2 a : w_1, w_2 \in \{a,b\}^*\}$$

■

اتصال دو رابطه خاصیت جابجایی ندارد، یعنی: $L_1 L_2 \neq L_2 L_1$

عمل اتصال نسبت به اجتماع خاصیت پخشی دارد اما نسبت به اشتراک ندارد:

$$L_1 (L_2 \cup L_3) = L_1 L_2 \cup L_1 L_3, \quad L_1 (L_2 \cap L_3) \neq L_1 L_2 \cap L_1 L_3$$

معکوس

معکوس زبان L به صورت $L^R = \{w^R : w \in L\}$ تعریف می شود. روابط زیر برقرار می باشند:

$$\text{الف- } (L^R)^R = L \quad \text{ب- } (L^R)^n = (L^n)^R \quad \text{ج- } (L^n)^R = L^n \quad \text{د- } (L_1 L_2)^R = L_2^R L_1^R$$

مثال

معکوس $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ ، برابر است با:

$$L^R = \{b^n a^n : n \geq 0\}$$



مکمل

مکمل (متمم) زبان L به صورت $\bar{L} = \Sigma^* - L$ تعریف می شود.

مثال

مکمل زبان $L = \{aa, bb\}$ ، را مشخص کنید. ($\Sigma = \{a, b\}$)

حل: زبان داده شده دارای دو رشته به طول ۲ است. مکمل این زبان، شامل همه رشته ها با طول صفر، یک، دو (به غیر از aa و bb)، سه و بزرگتر از سه است. این زبان را به صورت زیر نمایش می دهیم.

$$\bar{L} = \{\lambda, a, b, ab, ba\} \cup \{w \in \{a, b\}^* : |w| \geq 3\}$$

مثال

با فرض $\Sigma = \{a, b\}$ ، مکمل زبان $L = \{a^n b^n : n \in N\}$ برابر است با: $\bar{L} = \{a^x b^y : x \neq y\}$

مثال

با فرض $\Sigma = \{0, 1\}$ مکمل $L = \{0^n 1^n 0^n : n \in N\}$ برابر است

$$\bar{L} = \{0^n 1^m 0^k : n \neq m \neq k\}$$

بستار

برروی زبان L دو عمل بستار ستاره ای و بستار مثبت قابل انجام است:

$$L^* = L^0 U L^1 U L^2 \dots = \bigcup_{i \geq 0} L^i$$

$$L^+ = L^1UL^2UL^3... = \bigcup_{i \geq 1} L^i$$

چند نکته:

۱- عملگر بستار نسبت به هیچیک از عملگرهای "اجتماع ، اشتراک ، تفاضل و الحاق" خاصیت پخشی ندارد. به عنوان نمونه : $(L_1 \cup L_2)^* \neq L_1^* \cup L_2^*$.

۲- برای هر زبان L داریم $\lambda \in L^*$ بنابراین : $\lambda \notin \overline{L^*}$

۳- هیچ زبانی وجود ندارد که در آن $\overline{L^*} = \overline{L}$.

۴- برای هر زبان L داریم : $\overline{L^*} \subset \overline{L}$.

هم ریختی

همریختی (homomorphism) یک نوع جایگزینی است که در آن به جای یک سمبل، از یک رشته استفاده می شود. با فرض اینکه Σ و Γ دو الفبا باشند، آنگاه تابع $h: \Sigma \rightarrow \Gamma^*$ همریختی نامیده می شود. تصویر همریختی زبان L به صورت $h(L) = \{h(w) : w \in L\}$ تعریف می شود.

مثال

با فرض $\Sigma = \{a, b\}$ و $\Gamma = \{a, b, c\}$ ، تابع h را بصورت $h(a) = ab$ و $h(b) = bbc$ تعریف می کنیم. مطلوب است $h(aba)$.

حل: کافی است در aba به جای a رشته ab و به جای b رشته bbc را قرار دهیم: $h(aba) = abbbcab$ ■

مثال

با فرض $\Sigma = \{a, b\}$ و $\Gamma = \{b, c, d\}$ ، h را به صورت $h(a) = bc$ و $h(b) = bdc$ تعریف می کنیم. اگر L زبان منظمی باشد که عبارت منظم $r = a^*(a + b^*)$ آن را معرفی کند، آنگاه عبارت منظمی که زبان منظم $h(L)$ را معرفی کند را مشخص کنید.

حل: کافی است در عبارت منظم داده شده، به جای a از رشته bc و به جای b از رشته bdc استفاده کرد:

$$(bc)^*(bc + (bdc)^*)$$

خانواده زبانهای منظم تحت همریختی بسته است. به عبارتی اگر h یک همریختی و L یک زبان منظم باشد، آنگاه $h(L)$ ، منظم خواهد بود. 

تقسیم راست

با فرض اینکه L_1, L_2 زبان های تعریف شده بر روی یک الفبای یکسان باشند، آنگاه تقسیم راست L_1 به L_2 به صورت زیر تعریف می شود:

$$L_1 / L_2 = \{x : y \in L_2 \text{ برای برخی } xy \in L_1\}$$

برای تعیین L_1 / L_2 ، تمام رشته های موجود در L_1 با پسوندهای متعلق به L_2 را در نظر می گیریم. هر رشته با این فرض، پس از حذف مذکور، متعلق به L_1 / L_2 خواهد بود.

مثال

حاصل $\frac{L_1}{L_2}$ را تعیین کنید.

$$L_1 = \{0011010101010011100101010\}$$

$$L_2 = \{01, 10\}$$

حل: باید در رشته های L_1 ، پیشوندهایی را انتخاب کنیم که به 01 یا 10 ختم شوند. در زیر این پیشوندها خط کشیده شده است:

$$L_1 = \{\underline{001101}, \underline{0101010}, 011100, \underline{101010}\}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$L_1 / L_2 = \{0011, 01010101010\}$$



مثال

حاصل تقسیم راست L_1 / L_2 را تعیین کنید.

الف- $L_2 = L(ab^*)$, $L_1 = L(a^*baa^*)$

ب- $L_2 = L(aba^*)$, $L_1 = L(a^*baa^*)$

پ- $L_2 = L(b^*c)$, $L_1 = L(a^*b^*c)$

حل: باید در رشته های L_1 ، پیشوندهایی را انتخاب کنیم که به L_2 ختم شوند.

الف : $\{a^*ba^*\}$ ب : $\{a^*\}$ پ : $\{a^*b^*\}$ ■

اگر L_1 و L_2 زبان های منظم باشند، آنگاه L_1 / L_2 نیز منظم خواهد بود. پس خانواده زبانهای منظم تحت تقسیم راست، بسته است.

زبان منظم

اگر بتوان برای زبانی، یک عبارت منظم نوشت، آن زبان منظم است. به ازای هر زبان منظم، یک عبارت منظم و به ازای هر عبارت منظم، یک زبان منظم وجود دارد. به عبارتی اگر L یک زبان منظم باشد، آنگاه عبارت منظمی به ازای L وجود خواهد داشت، بطوریکه $L = L(r)$.

برای بیان عبارت منظم یک زبان، دو شرط زیر باید برقرار باشد:

۱- هر رشته ای که عبارت منظم بیان می کند، شرط توصیف را داشته باشد.

۲- هر رشته ای که شرط توصیف را دارد، توسط عبارت منظم قابل بیان باشد.

با فرض اینکه r_1 و r_2 عبارت منظم و $L(r)$ ، زبان مربوط به عبارت منظم Γ باشد، خواهیم داشت:

الف- $L(r_1^*) = (L(r_1))^*$

ب- $L(r_1.r_2) = L(r_1).L(r_2)$

ج- $L(r_1 + r_2) = L(r_1) \cup L(r_2)$

مثال

عبارت منظم $r = (a + b)^*(a + bb)$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، به چه زبانی اشاره دارد؟

حل: بخش $(a + b)^*$ به معنای هر رشته ای از a ها و b ها است. بخش $(a + bb)$ ، بیانگر یک a یا دو b می باشد. در نتیجه ، $L(r)$ مجموعه تمام رشته هایی است که به یک a یا یک bb ختم می شوند.

$$L(r) = \{a, bb, aa, abb, ba, bbb, \dots\}$$



مثال

عبارت منظم $r = (aa)^*(bb)^*b$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، به چه زبانی اشاره دارد؟

حل: به مجموعه تمام رشته هایی با تعداد زوج a که قبل از تعداد فردی از b ها می آیند:

$$L(r) = \{a^{2n}b^{2k+1} : n \geq 0, k \geq 0\}$$



فرادرس

مثال

عبارت منظم $r = a^+(bb)^+$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، چه زبانی را توصیف می کند؟

$$L(r) = \{a^n b^{2k} : n \geq 1, k \geq 1\}$$



مثال

عبارت منظم $r = abbb^+(a+b)^+$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، به چه زبانی اشاره دارد؟

■ حل: $L = \{ab^n w : n \geq 3, w \in \{a, b\}^+\}$

مثال

عبارت منظم زبان $L = \{a^n b^m : (n+m) \text{ is even}\}$ را بنویسید.

حل: برای اینکه مجموع تعداد a ها و b ها زوج باشد، باید تعداد هر دو زوج و یا تعداد هر دو فرد باشد.

$$r = (aa)^*(bb)^* + (aa)^*a(bb)^*b$$



مثال

عبارت منظم زبان $L = \{a^n b^m : (n+m) \text{ is odd}\}$ را بنویسید.

حل: برای اینکه مجموع تعداد a ها و b ها فرد باشد، باید تعداد a فرد و b زوج و یا تعداد a زوج و b فرد باشد.

$$r = (aa)^*a(bb)^* + (aa)^*(bb)^*b$$

مثال

عبارت منظمی برای $L = \{w : |w| \bmod 3 = 0\}$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، بنویسید.

حل: برای اینکه طول رشته مضرب ۳ باشد، تمام رشته های ممکن با طول سه را ایجاد و تکرار می کنیم:

$$r = ((a+b)(a+b)(a+b))^*$$

■ می توان عبارت را به صورت $(\Sigma \Sigma \Sigma)^*$ نیز نشان داد.

مثال

عبارت منظمی برای $L = \{w_1bw_2 : |w_1| \bmod 2 = |w_2| \bmod 2, w_1, w_2 \in \{a\}^*\}$ ، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ بنویسید.

حل: رشته های این زبان شامل یک b و تعداد زوجی a هستند:

$$r = (aa)^*b(aa)^* + a(aa)^*ba(aa)^*$$

مثال

عبارت منظمی برای زبان $L = \{a^n b^m : n \geq 4, m \leq 3\}$ ارائه دهید.

حل: مساله را به حالت های $m=0,1,2,3$ تقسیم می کنیم. تعداد ۴ یا بیشتر a تولید کرده و پس از آن به تعداد لازم b قرار می دهیم: $r = aaaaa^*(\lambda + b + bb + bbb)$ ■

مثال

عبارت منظمی برای $L = \{vww : v, w \in \{a, b\}^+, |v| = 2\}$ بنویسید.

حل: تمام حالت های با ضابطه $|v| = 2$ را شمارش می کنیم:

$$r = aa(a+b)^*aa + ab(a+b)^*ab + ba(a+b)^*ba + bb(a+b)^*bb \quad \blacksquare$$

برای هر زبان، تعداد نامحدودی عبارت منظم وجود دارد. 

مثال

عبارت های منظمی در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ برای هر یک از حالات زیر بنویسید.

الف- با aa شروع یا به bb ختم شود.

ب- با aa شروع و به bb ختم شود.

پ- به b یا ba ختم شوند.

ت- سومین نماد از راست b باشد.

ث- تعداد a بر ۳ بخش پذیر باشد.

ج- قبل یا بعد از هر a یک b باشد.

حل: منظور از x در حل این مثال، همان $(a + b)$ است.

الف: $aax^* + x^*bb$ ب: aax^*bb

پ: $x^*(b + ba)$ ت: x^*bxx

ث: $b^*(ab^*ab^*ab^*)^+$ ج: $(ab + ba + b + aba)^*$ ■

مثال

عبارت‌های منظمی در الفبای $\Sigma = \{0,1\}$ برای هر یک از حالات زیر بنویسید.

الف- شامل 0 نباشد.

ب- دقیقاً دو تا 1 داشته باشد.

پ- با 1 شروع شده و شامل دو 0 متوالی نباشد.

ت- تعداد زوجی 0 داشته باشد.

ث- دارای هیچ دو 0 متوالی نباشد.

حل:

الف : 1^*

ب : $0^*10^*10^*$

پ : $(1+10)^*$

ت : $(1^*01^*01^*)^* + 1^*$

ث : $(1+01)^*(0+1^*)$ یا $(1+01)^*(0+\lambda)$

مثال

عبارت‌های منظمی در الفبای $\Sigma = \{0,1\}$ برای هر یک از حالات زیر بنویسید.

الف- حداقل یک عدد 1 داشته باشد.

ب- حداقل دو تا 1 داشته باشد.

پ- حداقل دو تا 1 متوالی داشته باشد.

ت- دارای زیر رشته 001 باشد.

ث- به 101 ختم شود.

ج- تعداد 0 و تعداد 1، زوج باشد.

حل: منظور از x همان $(0+1)$ است.

الف: x^*1x^* ب: $x^*1x^*1x^*$ پ: x^*11x^*

ت: x^*001x^* ث: x^*101 ج: $(00+11+(01+10)(00+11)^*(01+10))^*$

مثال

یک عبارت منظم برای هر یک از حالت‌های زیر در الفبای $\Sigma = \{a,b,c\}$ بنویسید.

الف- طول رشته زوج است. ب- طول رشته مضرب سه است.

پ- نماد شروع و پایان یکی باشد. ت- حداقل شامل یکی از سمبل‌های الفبا باشد.

حل: در حل این مثال، منظور از x همان $(a+b+c)$ است.

الف: $(xx)^*$

ب: $(xxx)^*$

پ: $a+b+c+ax^*a+bx^*b+cx^*c$

ت:

$$x^*ax^*bx^*cx^* + x^*ax^*cx^*bx^* + x^*bx^*ax^*cx^* + x^*bx^*cx^*ax^* + x^*cx^*ax^*bx^* + x^*cx^*bx^*ax^* \quad \blacksquare$$

مثال

یک عبارت منظم بنویسید که نمایش یک عدد صحیح یا اعشاری بدون علامت باشد.

حل: با فرض $D = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ ، عبارت به صورت $D^+ + D^+.D^* + D^*.D^+$ است. مثال هایی از این رشته ها عبارتند از: 04, 3, 2.254, 12 $\blacksquare$

مجموعه تمام اعداد حقیقی در زبان برنامه نویسی C، یک زبان منظم است. 

مثال

آیا زبان $L = \{a^n b^k : n, k \geq 0\}$ منظم است؟

حل: بله- چون زبان L همان a^*b^* است. $\blacksquare$

مثال

کدام یک از زبان های زیر منظم هستند؟

$$L_1 = \{uww^Rv : u, v, w \in \{a, b\}^+\}$$

$$L_2 = \{uww^Rv : u, v, w \in \{a, b\}^+, |u| \geq |v|\}$$

حل: فقط زبان L_1 منظم است. چون می توان یک عبارت منظم برای آن نوشت:

$$r_1 = (a+b)^+(aa+bb)(a+b)^+$$

 $\blacksquare$

مثال

کدام یک از زبان های زیر منظم هستند؟

$$L_1 = \{ww^R : w \in \{a\}^*\}$$

$$L_2 = \{ww^R : w \in \{a, b\}^*\}$$

حل: زبان L_1 منظم است.



مثال

کدام یک از زبان‌های زیر منظم هستند؟

$$L_1 = \{a^n b^m a^k : n + m + k > 5\}$$

$$L_2 = \{a^n b^m a^k : n > 5, m > 3, k \leq m\}$$

حل: فقط زبان L_1 منظم است. برای اثبات منظم بودن زبان L_1 ، کافی است آن را به حالت‌هایی مثل $m = 0, k = 0, n > 5$ تقسیم کرد. در اینصورت می‌توان برای هر یک عبارات منظمی ارائه داد. در ادامه منظم نبودن L_2 را به کمک لم تزریق نشان می‌دهیم. ■

چند نکته:

۱- این مساله که یک زبان به مقدار نامحدود حافظه نیاز دارد، الزاما به معنی نامنظم بودن آن نیست. زبان‌هایی وجود دارند که تعداد نامحدودی موقعیت دارند ولی منظم هستند. مانند:

$$L = \{w : w \text{ دارای تعداد مساوی از زیر رشته های } 01 \text{ و } 10 \text{ می باشد.}\}$$

۲- اگر L منظم باشد، آنگاه $L - \{\lambda\}$ منظم است.

۳- اگر L منظم باشد، آنگاه $L \cup \{a\}$ منظم است. (به ازای تمام $a \in \Sigma$)

۴- هر زبان متناهی، منظم است.

بسته بودن زبان های منظم

در حالت کلی یک مجموعه نسبت به عملی بسته است اگر اجرای آن عمل روی اعضای آن مجموعه، عضوی از همان مجموعه را نتیجه بدهد. مسئله بسته بودن یک زبان منظم روی یک عملگر، یعنی آیا زبان حاصل در اثر اعمال عملگر، باز هم منظم خواهد بود؟

اگر L زبان منظمی باشد، آنگاه $\bar{L}$ و L^* و L^R منظم خواهند بود. یعنی خانواده زبان های منظم تحت مکمل گیری، بستار ستاره ای و معکوس، بسته هستند.

اگر L_1 و L_2 منظم باشند، آنگاه $L_1 \cup L_2$ ، $L_1 \cap L_2$ ، $L_1.L_2$ ، $L_1 - L_2$ منظم خواهند بود. یعنی خانواده زبان های منظم تحت اجتماع، اشتراک، الحاق و تفاضل بسته هستند.

مثال

نشان دهید خانواده زبان های منظم تحت تفاضل بسته هستند.

حل: تفاضل را می توان بر اساس اشتراک به صورت $L_1 - L_2 = L_1 \cap \overline{L_2}$ تعریف کرد. حال از آنجا که L_2 منظم است، $\overline{L_2}$ نیز منظم خواهد بود و چون زبانهای منظم تحت اشتراک بسته هستند، $L_1 \cap \overline{L_2}$ نیز منظم خواهد بود. ■

مثال

با فرض اینکه L_1, L_2 زبانهای منظم هستند، کدام یک از زبانهای $L_3 = L_1 \cap L_2^R$ و $L_4 = \overline{L_1} \cap \overline{L_2}$ منظم است؟

حل: هر دو زبان منظم هستند، چون زبانهای منظم نسبت به وارون، متمم و اشتراک بسته هستند. ■

مثال

با فرض اینکه زبانهای L_1, L_2 روی الفبای Σ تعریف شده باشند، آنگاه کدام گزاره درست است؟

الف) اگر $L_1 \cap L_2, L_1$ منظم باشند، آنگاه L_2 منظم است.

ب) اگر $L_1 \cup L_2, L_1$ منظم باشند، آنگاه L_2 منظم است.

پ) اگر $L_1 - L_2, L_1$ منظم باشند، آنگاه L_2 منظم است.

حل: از آنجا که ϕ و Σ ، زبانهای منظم هستند، دلیلی نادرستی گزاره ها عبارتند از:

الف: با فرض $L_1 = \phi$ ، آنگاه $L_1 \cap L_2 = \phi$ است و L_2 می تواند هر نوع زبانی باشد.

ب: با فرض $L_1 = \Sigma$ ، آنگاه $L_1 \cup L_2 = \Sigma$ است و L_2 می تواند هر نوع زبانی باشد.

پ: با فرض $L_1 = \phi$ ، آنگاه $L_1 - L_2 = \phi$ است و L_2 می تواند هر نوع زبانی باشد. ■

مثال

آیا اجتماع دو زبان نامنظم، می تواند منظم باشد؟

حل: بله- به طور نمونه، زبان های $L_1 = \{a^n b^m : n \leq m\}$ و $L_2 = \{a^n b^m : n > m\}$ هر دو نامنظم هستند، اما اجتماع آنها یعنی $L(a^* b^*)$ ، منظم است. ■

اگر L_1 و L_2 زبان های نامنظمی باشند، آنگاه $L_1 \cup L_2$ ممکن است منظم باشد.

مثال

با فرض $L_i = a^i b^i$ ، آیا حاصل اجتماع نامتناهی L_i به ازای $(i = 0, 1, 2, 3, \dots)$ ، منظم است؟

حل: خیر- اجتماع این زبان ها برابر $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ است که منظم نیست. (به ازای هر i ، L_i متناهی و در نتیجه منظم است). ■

مجموعه زبان های منظم، نسبت به اجتماع نامتناهی بسته نیستند.

مثال

آیا زبان $L = \{w : n_a(w) \neq n_b(w)\}$ منظم است؟

حل: خیر- می دانیم که زبان های منظم تحت مکمل گیری بسته هستند. بنابراین اگر L منظم باشد، باید مکمل آن هم منظم باشد. اما چون $\bar{L} = \{w : n_a(w) = n_b(w)\}$ ، منظم نیست، بنابراین L نیز منظم نمی باشد. ■

مثال

اگر L_1 و L_2 زبان های منظمی باشند، آیا $L = \{w : w \in L_1, w^R \in L_2\}$ لزوماً منظم است؟

حل: زبان L را می توان به صورت $L = \{w : w \in L_1, w \in L_2^R\}$ نوشت که همان $L_1 \cap L_2^R$ است. بنابراین چون زبان های منظم تحت معکوس و اشتراک بسته هستند، زبان $L_1 \cap L_2^R$ منظم است. ■

مثال

آیا زبان $L = \{w_1 c w_2 : w, w_2 \in \{a, b\}^*, w_1 \neq w_2\}$ منظم است؟

حل: فرض کنیم L منظم باشد، آنگاه متمم آن نیز منظم است. از آنجا که زبان های منظم تحت اشتراک بسته هستند، پس $\bar{L} \cap \{a^* c a^*\}$ باید منظم باشد. اما حاصل این اشتراک زبان $\{a^n c a^n\}$ است که منظم نیست. پس فرض خلف نادرست است و زبان L منظم نیست. ■

لم تزریق

یک زبان در صورتی منظم است که در جریان پردازش رشته ها، اطلاعاتی که باید در هر مرحله به خاطر آورده شوند، کاملاً محدود باشد. این گفته درست است، اما باید قبل از هر نوع استفاده ای به دقت اثبات شود. یکی از راه های اثبات نامنظم بودن یک زبان، استفاده از لم تزریق (پمپاژ) است.

اگر L یک زبان منظم نامتناهی باشد، آنگاه عدد صحیح مثبت m وجود دارد بطوریکه هر $w \in L$ با شرط $|w| \geq m$ ، را می‌توان به صورت $w = xyz$ تجزیه کرد، با فرض $|xy| \leq m$ و $|y| \geq 1$ بطوریکه $w_i = xy^i z$ به ازای تمام $i = 0, 1, 2, \dots$ عضو L باشد.

به طور خلاصه:

تمامی رشته‌های طولانی L را می‌توان به سه بخش تقسیم نمود، بطوریکه تعداد دلخواهی از تکرارهای بخش میانی، رشته دیگری را در L ایجاد کند. (می‌گوییم رشته میانی تزریق شده است).

توسط  لم پمپاژ فقط می‌توان منظم نبودن یک زبان را بررسی کرد و برای بررسی اینکه آیا یک زبان منظم هست از لم پمپاژ نمی‌توان استفاده کرد.

 لم pumping یک شرط کافی برای منظم نبودن یک زبان ارائه می‌دهد.

مثال

آیا زبان $L = \{a^n b^n : n > 0\}$ منظم است؟

حل: فرض کنیم که L منظم باشد. حال رشته $w = a^n b^n$ متعلق به L را به ۳ قسمت تجزیه می‌کنیم:

$$x = a^{n-1}, y = a, z = b^n$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $xy^i z$ متعلق به L باشد، ولی مثلاً به ازای $i=2$ این چنین نیست: $a^{n-1} a^2 b^n = a^{n+1} b^n \notin L$

بنابراین زبان داده شده منظم نیست. ■

مثال

آیا زبان $L = \{a^n b^m c^k : k = n + m\}$ منظم است؟

حل: فرض کنیم که L منظم باشد. حال رشته $w = a^n b^{n+1} c^{2n+1}$ متعلق به L را به ۳ قسمت تجزیه می‌کنیم:

$$x = a^{n-1} \quad z = b^{n+1} c^{2n+1} \quad \text{و} \quad y = a$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $xy^i z$ متعلق به L باشد، ولی مثلاً به ازای $i=2$ این چنین نیست:

$$a^{n-1} a^2 b^{n+1} c^{2n+1} = a^{n+1} b^{n+1} c^{2n+1} \notin L$$

بنابراین زبان داده شده منظم نیست. چون: $(n+1) + (n+1) \neq 2n+1$ ■

مثال

آیا زبان $\{a^n : n \geq 2\}$ منظم است؟

حل: فرض کنیم که L منظم باشد. حال رشته $w = a^k$ با فرض اول بودن k ، متعلق به L را به ۳ قسمت تجزیه می‌کنیم:

$$x = a^{k-t-h} \quad z = a^h \quad \text{و} \quad y = a^t$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $xy^i z$ ، متعلق به L باشد، ولی مثلاً به ازای $i=k+1$ این چنین

$$a^{k-t-h} a^{t(k+1)} a^h = a^k a^{tk} = a^{(1+t)k} \notin L \quad \text{نیست:}$$

مقدار $(1+t)k$ اول نیست، چون به k و $1+t$ بخش پذیر است. بنابراین زبان داده شده منظم نیست. ■

تمرین‌های فصل ۱

۱- رشته‌های تولید شده توسط عبارت منظم $(a+bb)^*(b+aa)^*$ با طول ۳ یا کمتر، را بنویسید.

۲- در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، درستی تساوی‌های زیر را بررسی کنید.

الف- $(a+b)^* = a^*(ba)^*$

ب- $(a+b)^* = a^* + b^*$

۳- در الفبای $\Sigma = \{0, 1\}$ ، درستی تساوی‌های زیر را بررسی کنید.

الف- $1 + 0(0+10)^*11 = (00^*1)^*1$

ب- $0(0+10)^*11 = (0^*10)^*1$

پ- $1^*0^* + (0+1)^*01(0+1)^* = 0^*1^*$

۴- هر یک از عبارات منظم زیر در الفبای $\Sigma = \{0, 1\}$ ، چه نوع رشته‌هایی را تولید می‌کنند؟

الف- $(0+1)^*(0+11)+1+\lambda$

ب- $0^*(1+1000^*)^*(\lambda+10)$

پ- $(1+01)^*(0+\lambda)$

۵- هر یک از عبارات منظم زیر، در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ ، چه نوع رشته‌هایی را تولید می‌کنند؟

الف- $(a+ba^*b)^*ba^*$

ب- $(b+ab+aab)^*(a+aa+\lambda)$

۶- عبارت منظم $100(000)^*1$ ، نشان دهنده چه مجموعه‌ای است؟

۷- آیا دو عبارت منظم زیر برابرند؟

$$r_1 = b^*(\lambda + ab^*ab^*)(\lambda + ab^*)$$

$$r_2 = (\lambda + b^*a)(\lambda + b^*ab^*a)b^*$$

۸- عبارت منظمی بنویسید که زبان $L = \{a^n b^{3m} c^{2k} : n \geq 1, m \geq 1, k \geq 1\}$ را توصیف کند.

۹- عبارت منظمی بنویسید که زبان $L = \{a^n b^m : n \geq 2, m \leq 3\}$ را توصیف کند.

۱۰- اگر زبان L به وسیله عبارت منظم $ba(b^*(ab)^* + a^*(bb)^*)ba$ توصیف شده باشد، وارون L را مشخص کنید.

۱۱- منظم بودن زبانهای زیر را بررسی کنید.

الف- $\{a^n b^n (a+b)^* : n \geq 0\}$

ب- $\{a^* a^n b^n b^* : n \geq 0\}$

پ- $\{a^n b^m : n, m \geq 0\} - \{a^n b^m : n \neq m\}$

ت- $\{a^n b^m : n \geq 0, m \geq 0\} \cup \{a^n : n \geq 0\}$

ث- $\{w : n_a(w) \neq n_b(w)\} \cap \{a^* b^*\}$

۱۲- اگر L زبان نامنظم روی الفبای Σ باشد، آیا $(\Sigma^* - L)$ منظم است؟

۱۳- اگر L_1 و L_2 زبان های نامنظم روی الفبای Σ باشند، آیا $L_1 \cup L_2$ می تواند منظم باشد؟

۱۴- با توجه به زبان های زیر، عبارت $(L_1 \cup L_2)L_3^*$ معرف چه زبانی است؟

$$L_1 = \{a, b\}$$

$$L_2 = \{aa, ab, ba, bb\}$$

$$L_3 = \{aaa, aab, aba, abb, baa, bab, bba, bbb\}$$

۱۵- تابع $f : N \rightarrow N$ به صورت زیر می باشد. آیا زبان $L_f = \{0^n 1^{f(n)} : n \in N\}$ ، منظم است؟ ($L_f \subseteq \{0,1\}^*$)

$$f(n) = \begin{cases} 2n & \text{زوج } n \\ 2n+1 & \text{فرد } n \end{cases}$$

۱۶- آیا به ازای هر زبان منظم A ، زبان نامنظم B وجود دارد به گونه‌ای که $B \subseteq A$ ؟

۱۷- آیا به ازای هر زبان منظم A ، زبان نامنظم B وجود دارد به گونه‌ای که $A \subseteq B$ ؟

۱۸- اگر L_1 و L_2 زبان‌هایی منظم باشند و $L_1 \subseteq L \subseteq L_2$. آیا L منظم است؟

۱۹- آیا زبان منظم، می‌تواند ذاتا مبهم باشد؟

۲۰- لم تزریق برای منظم نبودن یک زبان شرط کافی است یا لازم؟

۲۱- نشان دهید $(L_1.L_2)^* \subset L_2^*$.

$$L_1 = \{a^n : n = 9k, k = 0, 1, 2, \dots\}$$

$$L_2 = \{a^n : n = 3k, k = 0, 1, 2, \dots\}$$

۲۲- اگر $L - \Sigma^* = \varnothing$ باشد، آنگاه L چه زبانی می‌تواند باشد؟

۲۳- اگر $L_1 = \{10, 1\}$ و $L_2 = \{011, 11\}$ باشد، حاصل $L_1.L_2$ را مشخص کنید.

۲۴- حاصل تقسیم راست L_1 / L_2 را تعیین کنید.

$$L_1 = \{0, 01, 111\}$$

$$L_2 = \{0, 1, 11\}$$

۲۵- اگر L یک زبان روی مجموعه Σ باشد، نمایشی برای $((L^R)^n)^R$ بنویسید.

۲۶- آیا اگر $s \in \text{palindrome}$ باشد، آنگاه $s^n \in \text{palindrome}$ است؟

$$\text{palindrome} = \{\lambda \text{ and all strings } s \text{ such that } \text{reverse}(s) = s\}$$

۲۷- درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف- اگر L یک زبان منظم فاقد λ باشد، آنگاه $\text{truncate}(L)$ منظم خواهد بود.

ب - اگر L منظم باشد، $chop2(L) = \{w : vw \in L, |v| = 2\}$ هم منظم خواهد بود.

پ - اگر L منظم باشد، آنگاه $even(L) = \{even(w) : w \in L\}$ هم منظم خواهد بود.

۲۸- عبارت منظمی برای زبان $L = \{w : n_a(w) \bmod 3 > 0\}$ روی الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ بنویسید.

۲۹- عبارت منظمی روی الفبای $\Sigma = \{a, b, c, d\}$ بنویسید که بیانگر تمام رشته هایی باشد که طول تمام دنباله های a آنها، مضرب ۳ باشد.

۳۰- عبارت منظمی روی الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ بنویسید که بیانگر تمام رشته هایی باشد که شامل دنباله ای از a ها با طول بیشتر از ۲ نباشد.

۳۱- عبارت منظمی برای زبان $L = \{a^n b^m : n \geq 1, m \geq 1, nm \geq 3\}$ بنویسید.

۳۲- عبارت منظمی روی الفبای $\Sigma = \{a, b, c\}$ بنویسید که بیانگر تمام رشته هایی باشد که حداکثر دو تا a دارند.

۳۳- به کمک لم تزریق نشان دهید زبان $L = \{a^n b^p : n \leq p\}$ منظم نیست؟

۳۴- به کمک لم تزریق نشان دهید که زبان $L = \{n_a(w) = n_b(w)\}$ منظم نیست؟

حل تمرین فصل ۱

۱- رشته های تولید شده عبارتند از:

$\lambda, a, bb, ab, aaa, bbb, b, aa, aab, abb, bba$

۲- هر دو گزاره نادرست هستند:

الف: رشته b توسط سمت چپ تولید می شود اما توسط سمت راست تولید نمی شود.

ب: رشته aba توسط سمت چپ تولید می شود اما توسط سمت راست تولید نمی شود.

۳- هر سه گزاره نادرست هستند:

الف: رشته 1 توسط سمت چپ تولید می شود اما توسط سمت راست تولید نمی شود.

ب: رشته 011 توسط سمت چپ تولید می شود اما توسط سمت راست تولید نمی شود.

پ: رشته 10 توسط سمت چپ تولید می شود اما توسط سمت راست تولید نمی شود.

۴- حل هر گزاره در زیر آورده شده است:

الف: همه رشته هایی که به 01 ختم نمی شوند.

ب: تمام رشته هایی که شامل 101 نباشد.

پ: دارای یک زوج صفر متوالی نباشند.

۵- حل هر گزاره در زیر آورده شده است:

الف: دارای تعدادی فرد از کاراکتر b می باشند.

ب: همه رشته هایی که شامل سه تا a پشت سرهم نباشند.

۶- عبارت داده شده نشان دهنده مجموعه $\{n \geq 1 : \langle 8^n + 1 \rangle_2 < 8^n\}$ می باشد. به طور نمونه:

$$n=1 \rightarrow 8^n + 1 = 9 \rightarrow 1001$$

$$n=2 \rightarrow 8^n + 1 = 65 \rightarrow 1000001 = 100(000)1$$

$$n=3 \rightarrow 8^n + 1 = 513 \rightarrow 1000000001 = 100(000)^2 1$$

۷- دو عبارت منظم داده شده برابرند:

$$r_1 = b^* + b^*ab^* + b^*ab^*ab^* + b^*ab^*ab^*ab^*$$

$$r_2 = b^* + b^*ab^*ab^* + b^*ab^* + b^*ab^*ab^*ab^*$$

۸- با توجه به زبان داریم:

الف- حداقل یک a باید داشت.

ب- حداقل تعداد b ها باید سه یا مضربی از سه باشد.

ج- حداقل تعداد c ها باید دو یا مضربی از دو باشد.

بنابراین عبارت منظمی که زبان L را توصیف کند برابر است با: $a^+(bbb)^+(cc)^+$

۹- جواب $aaa^*(\lambda + b + bb + bbb)$ است.

۱۰- برای بدست آوردن وارون، عبارت را از انتها به ابتدا می خوانیم:

$$L = ba(b^*(ab)^* + a^*(bb)^*)ba \Rightarrow L^R = ab((bb)^*a^* + (ba)^*b^*)ab$$

۱۱- بررسی گزاره ها:

الف: بله- از الحاق $a^n b^n$ با $(a+b)^*$ ، زبان $(a+b)^*$ حاصل می شود که منظم است.

ب: بله- عبارت $a^* a^n$ برابر a^* و عبارت $b^n b^*$ برابر b^* می باشد. پس زبان $a^* b^*$ بوده که منظم است.

پ: خیر- حاصل $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ است که منظم نمی باشد.

ت: بله- زبان به صورت $a^* b^* + a^* = a^* b^*$ است، که منظم است.

ث: خیر- این زبان برابر $\{a^n b^m : n \neq m\}$ است که منظم نیست، چون باید نابرابری a ها و b ها چک شود.

۱۲- خیر- چون اگر L نامنظم باشد، آنگاه مکمل آن یعنی $L - \Sigma^*$ حتما نامنظم است.

۱۳- بله- زبان $L_1 = \{a^n b^k : n \neq k\}$ نامنظم و زبان $L_2 = \{a^n b^k : n, k \geq 0\}$ منظم است، اما اجتماع آنها یعنی $\{a^n b^k : n, k \geq 0\}$ منظم است.

مثالی دیگر: زبان $L_1 = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ نامنظم و در نتیجه مکمل آن یعنی $L_2 = \overline{L_1}$ هم نامنظم خواهد بود. اما اجتماع آن ها یعنی $a^* b^*$ ، منظم است.

۱۴- با توجه به زبان های داده شده، می توان نوشت:

$$L_1 = \Sigma, L_2 = \Sigma^2, L_3 = \Sigma^3$$

از آنجا که عبارت $(\Sigma \cup \Sigma^2)(\Sigma^3)^*$ معرف مجموعه رشته هایی است که طول آنها مضرب ۳ نمی باشند، می توان عبارت داده شده را به صورت زیر بیان کرد:

$$L = \{w : w \in \{a.b\}^*, |w| \bmod 3 \geq 1\}$$

۱۵- خیر- تابع $f(n)$ یک به یک است، پس زبان منظم نیست.

۱۶- خیر- فرض کنید A برابر تهی باشد که زبانی منظم است. هیچ زبانی نمی توان پیدا کرد که زیر مجموعه تهی باشد.

۱۷- خیر- فرض کنید A برابر Σ^* باشد که زبانی منظم است. هیچ زبانی نمی توان پیدا کرد که Σ^* ، زیر مجموعه آن باشد.

۱۸- خیر- چون با فرض $L_1 = \phi$ و $L_2 = \Sigma^*$ ، برای زبان L چه منظم باشد و چه نامنظم، رابطه $L_1 \subseteq L \subseteq L_2$ برقرار است.

۱۹- خیر- زبان های منظم نمی توانند ذاتاً مبهم باشند.

۲۰- لم تزریق، یک شرط کافی برای منظم نبودن یک زبان است. چون اگر زبانی در لم تزریق صدق نکند، آنگاه حتما نامنظم است.

۲۱- زبان های L_1 و L_2 را می توان به صورت زیر نوشت:

$$L_1 = \{\lambda, a^9, a^{18}, \dots\}$$

$$L_2 = \{\lambda, a^3, a^6, a^9, \dots\}$$

نتیجه الحاق این دو زبان برابر است با:

$$L_1.L_2 = \{\lambda, a^3, a^6, a^9, a^{12}, a^{15}, a^{18}, \dots\}$$

$$(L_1.L_2)^* \subset L_2^*$$

۲۲- عبارت $L - \Sigma^*$ را می توان به صورت $L \cap \phi$ نشان داد:

$$L - \Sigma^* = L \cap (\overline{\Sigma^*}) = L \cap \phi$$

که طبق صورت سؤال این مقدار برابر تهی است. از آنجا که اشتراک هر زبانی با زبان تهی، زبانی تهی می باشد، بنابراین زبان L می تواند هر زبانی باشد.

۲۳- نتیجه الحاق این دو زبان برابر است با:

$$L_1.L_2 = \{10,1\}\{011,11\} = \{10011,1011,101,111\}$$

$$\{ \lambda, 0, 1, 11 \} \quad 24-$$

۲۵- از آنجا که روابط $(L^R)^R = L$ و $(L^n)^R = (L^R)^n$ برقرار می باشند، داریم:

$$((L^R)^n)^R = ((L^R)^R)^n = L^n$$

که L^n به صورت $\{w_1 w_2 \dots w_n \mid w_i \in L\}$ نمایش داده می شود.

۲۶- بله- رشته پالیندروم، رشته ای است که با معکوس اش یکی باشد. بنابراین اگر s یک رشته پالیندروم باشد، s^n نیز یک رشته پالیندروم است و برعکس. مثلاً $s = radar$ و $s^2 = radarradar$.

۲۷- هر سه گزاره درست هستند.

الف- زبان $\text{truncate}(L)$ ، از حذف آخرین سمبل سمت راست هر رشته از زبان L بوجود می آید.

ب- زبان $\text{chop2}(L)$ ، از حذف دو سمبل انتهایی سمت چپ هر رشته ای از زبان L بوجود می آید.

پ- زبان $\text{even}(w)$ ، از استخراج حروف واقع در موقعیت های زوج w بدست می آید.

$$r = (b^* ab^* ab^* ab^*)^* (a(a + \lambda)b^* ab^*) \quad -28$$

$$r = (aaa + b + c + d)^* \quad -29$$

$$r = (b^* + (a + \lambda)(a + \lambda)b)^* . (a + \lambda) . (a + \lambda) \quad -30$$

$$r = a^+ bbb^+ + aaa^+ b^+ + aa^+ bb^+ \quad -31$$

$$r = (b + c)^* (a + \lambda)(b + c)^* (a + \lambda)(b + c)^* \quad -32$$

۳۳- فرض کنیم که L منظم باشد. حال رشته $w = a^m b^m$ متعلق به L را به ۳ قسمت تجزیه کرد:

$$w = a^{m-t-k} a^t a^k b^m \Rightarrow x = a^{m-t-k}, y = a^t, z = a^k . b^m$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $xy^i z$ ، متعلق به L باشد، ولی مثلاً به ازای $i=2$ این چنین

$$a^{m-t-k} (a^t)^2 a^k b^m = a^{m+t} b^m \notin L \quad \text{نیست:}$$

بنابراین زبان داده شده منظم نیست. ($t \geq 1$)

۳۴- فرض کنیم که L منظم باشد. حال رشته $w = a^m b^m$ متعلق به L را به ۳ قسمت تجزیه کرد:

$$w = a^{m-t-k} a^t a^k b^m \Rightarrow x = a^{m-t-k}, y = a^t, z = a^k . b^m$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $xy^i z$ ، متعلق به L باشد، ولی مثلاً به ازای $i=0$ این چنین

$$a^{m-t-k} (a^t)^0 a^k b^m = a^{m-t} b^m \notin L \quad \text{نیست:}$$

بنابراین زبان داده شده منظم نیست.

فرادرس

فصل ۲

گرامر - گرامر منظم

گرامر

گرامر G به صورت چهار تایی $G = (V, T, S, P)$ تعریف می شود که:

V : مجموعه متناهی از اشیاء به نام متغیرها

T : مجموعه متناهی از اشیاء به نام سمبل های پایانی (ترمینال)

S : سمبل ویژه ای به نام متغیر شروع ($S \in V$)

P : مجموعه متناهی از قوانین

تذکر: مجموعه های V و T غیر تهی و جدا از هم می باشند.

قوانین گرامر به شکل $x \rightarrow y$ می باشند که در آن $x \in (V \cup T)^+$ و $y \in (V \cup T)^*$ می باشد.

مثال

مجموعه V و T را در گرامر با قوانین، را مشخص کنید.

$$S \rightarrow Aab$$

$$A \rightarrow Aab$$

$$A \rightarrow a$$

حل: مجموعه V یا همان متغیرها برابر $V = \{S, A\}$ است. مجموعه T یا همان ترمینالها برابر $T = \{a, b\}$ است. متغیرها با حروف بزرگ و ترمینالها با حروف کوچک نمایش داده می‌شوند. ■

انواع گرامر

گرامرها را به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

۱- منظم

گرامری که همه قواعد آن به صورت $A \rightarrow Bx$ یا $A \rightarrow xB$ باشد. ($x \in T^*$ و $A, B \in V$)

۲- مستقل از متن

گرامری که در سمت چپ کلیه قواعد آن، فقط یک متغیر باشد.

۳- حساس به متن

گرامری که تمامی قوانین آن به فرم $x \rightarrow y$ باشند که در آن x و y عضو $(V + T)^+$ باشند و $|x| \leq |y|$.

۴- بدون محدودیت

هیچ شرط و محدودیتی برای قواعد تولید ندارد. تنها محدودیت این است که λ نباید در سمت چپ قواعد تولید باشد.

مثال

نوع گرامر زیر را مشخص کنید.

1. $S \rightarrow AB$
2. $A \rightarrow aAb$
3. $bB \rightarrow bbbB$
4. $aAb \rightarrow aa$
5. $B \rightarrow \lambda$

حل: گرامر داده شده از نوع بدون محدودیت است.

این گرامر مستقل از متن نیست، چون در سمت چپ همه قواعد باید فقط یک متغیر باشد. در دو قانون ۳ و ۴ این چنین نیست.

این گرامر چون مستقل از متن نیست، پس حتما منظم نمی باشد.

این گرامر حساس به متن نیست، چون طول سمت چپ باید از سمت راست بیشتر باشد. در دو قانون ۴ و ۵ این چنین نیست. ■

زبان تولید شده توسط گرامر

با استفاده از گرامرها می توان بوسیله بکار بردن قوانین با ترکیب های مختلف، رشته های متعددی تولید کرد. مجموعه این رشته های پایانی، زبانی است که بوسیله گرامر تولید می شود.

فرض کنیم که $G = (V, T, S, P)$ یک گرامر باشد. آنگاه مجموعه $L(G) = \{w \in T^* : S \Rightarrow^* w\}$ ، زبانی است که توسط G تولید می شود.

تذکر: عبارت $S \Rightarrow^* w$ یعنی w از S با تعداد نامشخص (حتی صفر) مشتق می شود.

مثال

گرامر منظم $\lambda \mid S \rightarrow aS$ ، زبان منظم a^* را تولید می کند. نحوه تولید رشته aa به کمک این گرامر:

$$S \Rightarrow aS \Rightarrow aaS \Rightarrow aa$$

■

مثال

گرامر منظم $S \rightarrow aS \mid a$ ، زبان منظم a^+ را تولید می کند. نحوه تولید رشته aa به کمک این گرامر:

$$S \Rightarrow aS \Rightarrow aa$$



مثال

گرامر منظم $S \rightarrow abS \mid a$ ، زبان منظم $(ab)^*a$ را تولید می کند. نحوه تولید رشته $ababa$:

$$S \Rightarrow abS \Rightarrow ababS \Rightarrow ababa$$

مثال

گرامر منظم زیر، چه زبانی را تولید می کند؟

$$S \rightarrow Aab$$

$$A \rightarrow Aab \mid a$$

حل: زبان منظم $a(ab)^+$ را تولید می کند. ■

مثال

گرامر مستقل از متن $S \rightarrow aSb \mid \lambda$ ، چه زبانی را تولید می کند؟

حل: زبان $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ یعنی رشته های شروع شونده با a که تعداد a و b در آنها برابر است تولید می شود. نحوه تولید رشته $aabb$ به کمک این گرامر:

$$S \Rightarrow aSb \Rightarrow aaSbb \Rightarrow aabb$$



مثال

زبان گرامر مستقل از متن زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow XY$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$

$$Y \rightarrow cY \mid \lambda$$

حل: قوانین خط ۲ رشته هایی به فرم $a^n b^n$ و قوانین خط ۳ رشته هایی به فرم c^m تولید می کنند. در نهایت به علت وجود قانون ۱، رشته هایی به فرم $a^n b^n c^m$ تولید می شود. بنابراین :

$$L = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

نحوه تولید رشته $a^2 b^2 c$ توسط این گرامر: $(n=2, m=1)$

$$S \Rightarrow XY \Rightarrow aXbY \Rightarrow aaXbbY \Rightarrow aabbY \Rightarrow aabbcY \Rightarrow aabbc$$



مثال

گرامر حساس به متن زیر چه زبانی را تولید می کند؟

$$S \rightarrow abc \mid aAbc$$

$$Ab \rightarrow bA$$

$$Ac \rightarrow Bbcc$$

$$bB \rightarrow Bb$$

$$aB \rightarrow aa \mid aaA$$

حل: زبان حساس به متن $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ را تولید می کند. نحوه تولید رشته $a^2 b^2 c^2$:

$$S \Rightarrow aAbc \Rightarrow abAc \Rightarrow abBbcc \Rightarrow aBbbcc \Rightarrow aabbbcc$$



گرامر منظم (regular)

گرامری که همه قواعد آن به صورت $A \rightarrow Bx \mid x$ باشد را خطی از چپ و گرامری که همه قواعد آن به صورت $A \rightarrow xB \mid x$ باشد را خطی از راست می گویند. $(x \in T^*, A, B \in V)$. گرامری که خطی از راست یا خطی از چپ باشد را گرامر منظم می گویند.

مثال

زبان منظم تولید شده توسط هر یک از گرامرهای منظم را مشخص کنید.

الف	ب
$S \rightarrow aA \mid ab$ $A \rightarrow bS$	$S \rightarrow aA \mid \lambda$ $A \rightarrow bS$

حل: الف: $(ab)^*$ ب: $(ab)^*$

مثال

زبان منظم تولید شده توسط هر یک از گرامرهای منظم را مشخص کنید.

الف	ب
$S \rightarrow aA \mid a$ $A \rightarrow aA \mid bA \mid a \mid b$	$S \rightarrow aA \mid a$ $A \rightarrow aA \mid bA \mid b$

حل: الف: $a + a(a+b)^*b$ ب: $a(a+b)^*$ ■

مثال

زبان منظم تولید شده توسط هر یک از گرامرهای منظم را مشخص کنید.

الف	ب	پ	ت
$S \rightarrow aaS \mid aA \mid bA$ $A \rightarrow bA \mid \lambda$	$S \rightarrow bS \mid aA$ $A \rightarrow bA \mid \lambda$	$S \rightarrow aS \mid aB \mid bB \mid \lambda$ $B \rightarrow bB \mid \lambda$	$S \rightarrow aS \mid aB$ $B \rightarrow bB \mid b$

حل: الف: $(aa)^*(a+b)b^*$ ب: b^*ab^* پ: a^*b^* ت: a^+b^+

مثال

زبان منظم تولید شده توسط هر یک از گرامرهای منظم را مشخص کنید.

الف	ب	پ
$S \rightarrow aaS \mid aX$ $X \rightarrow bX \mid bb$	$S \rightarrow aS \mid abX$ $X \rightarrow bX \mid \lambda$	$S \rightarrow aS \mid abS \mid \lambda$

حل: الف: $(aa)^* ab^+ b$ ب: $a^* abb^*$ پ: $(a+ab)^*$

مثال

زبان منظم تولید شده توسط هر یک از گرامرهای منظم را مشخص کنید.

الف	ب	پ	ت
$S \rightarrow aaS \mid abbX$ $X \rightarrow baX \mid \lambda$	$S \rightarrow aaaS \mid aX$ $X \rightarrow bbbbX \mid bbbb$	$S \rightarrow aaS \mid aaaX$ $X \rightarrow bbX \mid b$	$S \rightarrow aaS \mid aaabbX$ $X \rightarrow baX \mid \lambda$

حل:

الف: $(aa)^* abb(ba)^*$ ب: $(aaa)^* a(bbbb)^+ b$

پ: $(aa)^+ a(bb)^* b$ ت: $(aa)^+ abb(ba)^*$

مثال

گرامر منظمی برای زبان $L = \{a^n b^m : n \geq 2, m \geq 3\}$ بنویسید.

حل:

$S \rightarrow aaA$
 $A \rightarrow aA \mid bbbB$
 $B \rightarrow bB \mid \lambda$

مثال

در الفبای $\Sigma = \{a\}$ ، گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : |w| \bmod 3 = 0\}$ را بنویسید.

حل: گرامر تولید کننده رشته هایی با حرف a که طول آنها مضرب ۳ باشد برابر است با:

$$S \rightarrow aaaS \mid \lambda$$



مثال

در الفبای $\Sigma = \{a\}$ ، گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : |w| \bmod 3 = 2\}$ را بنویسید.

حل: $S \rightarrow aaaS \mid aa$ ■

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : |w| \bmod 3 > 0\}$ را بنویسید. ($\Sigma = \{a\}$)

حل: باقیمانده تقسیم صحیح هر عدد به 3، برابر 0 یا 1 یا 2 است. با توجه به شرط، حالت 0 مطرح نیست. توسط $S \rightarrow S_1$ حالتی که باقیمانده برابر 1 است و توسط $S \rightarrow S_2$ ، حالتی که باقیمانده برابر 2 است، تولید می شود.

$$S \rightarrow S_1 \mid S_2$$

$$S_1 \rightarrow aaaS_1 \mid a$$

$$S_2 \rightarrow aaaS_2 \mid aa$$



مثال

گرامر منظمی بنویسید که زبان $\{a^m b^n : m, n \text{ هر دو زوج هستند}\}$ را تولید کند.

حل:

$$S \rightarrow aaS \mid X$$

$$X \rightarrow bbX \mid \lambda$$



مثال

گرامر منظمی بنویسید که زبان $\{a^m b^n : m, n \text{ هر دو فرد هستند}\}$ را تولید کند.

حل:

$$S \rightarrow aaS \mid aY$$

$$Y \rightarrow bbY \mid b$$



مثال

گرامر منظمی بنویسید که زبان $\{a^n b^m : n+m \text{ زوج است}\}$ را تولید کند.

حل: برای اینکه جمع n و m زوج باشد، باید هر دو فرد یا هر دو زوج باشند. این دو حالت در مثالهای قبل بررسی شدند و کافی است با دستور $S \rightarrow S_1 \mid S_2$ ، آنها را با هم ترکیب کرد.

$$S \rightarrow S_1 \mid S_2$$

$$S_1 \rightarrow aaS_1 \mid X$$

$$X \rightarrow bbX \mid \lambda$$

$$S_2 \rightarrow aaS_2 \mid aY$$

$$Y \rightarrow bbY \mid b$$



تمرین‌های فصل ۲

۱- نحوه تولید رشته $w = acaacabbdbde$ توسط گرامر زیر را نشان دهید.

$$S \rightarrow acBdeA \mid BAB$$

$$B \rightarrow aSb \mid ae \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aAb \mid b \mid \lambda$$

۲- نحوه تولید رشته $w = a^5$ توسط گرامر زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow ACaB$$

$$Ca \rightarrow aaC$$

$$CB \rightarrow DB$$

$$CB \rightarrow E$$

$$aD \rightarrow Da$$

$$AD \rightarrow AC$$

$$aE \rightarrow Ea$$

$$AE \rightarrow a$$

۳- نحوه تولید رشته $w = a^6$ توسط گرامر زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow ABC$$

$$B \rightarrow DBE \mid \lambda$$

$$DE \rightarrow EFaa$$

$$aE \rightarrow Ea$$

$$aC \rightarrow Ca$$

$$FE \rightarrow EFa$$

$$FC \rightarrow C$$

$$AE \rightarrow A$$

$$AC \rightarrow \lambda$$

۴- نحوه تولید رشته $((:a)), a$ توسط گرامر زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow F \mid (S, SH)$$

$$F \rightarrow ((:F)) \mid a$$

$$H \rightarrow ,SH \mid \lambda$$

۵- نحوه تولید رشته $babba$ توسط گرامر زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow aA \mid Aa$$

$$A \rightarrow aA \mid bA \mid \lambda$$

۶- کدام گرامر منظم می‌باشند؟

$$G1: S \rightarrow aSb \mid ab$$

$$G2: S \rightarrow Ab \mid ab$$

$$G3: S \rightarrow aA \mid ab, \quad A \rightarrow Sa$$

۷- عبارت منظمی معادل با هر یک از گرامرهای زیر بنویسید.

الف	ب	پ
-----	---	---

$S \rightarrow aA \mid bA$ $A \rightarrow aA \mid bA \mid \lambda$	$S \rightarrow aB \mid cB$ $B \rightarrow abB \mid cbB \mid acB \mid \lambda$	$S \rightarrow bS \mid aA \mid \lambda$ $A \rightarrow bA \mid aB$ $B \rightarrow bB \mid aS$
---	--	---

۸- عبارت منظمی معادل با هر یک از گرامرهای زیر بنویسید.

پ	ب	الف
$S \rightarrow A$ $A \rightarrow 0B \mid 0$ $B \rightarrow 1C$ $C \rightarrow 1A$	$S \rightarrow 0B \mid A$ $A \rightarrow 1A \mid S$ $B \rightarrow 1S \mid 1$	$S \rightarrow 00S \mid X$ $X \rightarrow 11X \mid \lambda$

۹- عبارت منظمی معادل با هر یک از گرامرهای زیر بنویسید.

پ	ب	الف
$S \rightarrow T \mid D$ $T \rightarrow aT \mid bD$ $D \rightarrow bD \mid aT \mid \lambda$	$S \rightarrow aaS \mid abbX$ $X \rightarrow baX \mid bbY$ $Y \rightarrow aY \mid \lambda$	$S \rightarrow bS \mid aA \mid \lambda$ $A \rightarrow bA \mid aB$ $B \rightarrow bB \mid aS$

۱۰- آیا هر گرامر خطی، گرامر منظم است؟

۱۱- یک گرامر خطی راست برای زبان $(aab^*ab)^*$ بنویسید.

پاسخ تمرین فصل ۲

۱- نحوه تولید:

$S \Rightarrow acBdeA$
 $\Rightarrow acaSbdeA$
 $\Rightarrow acaacBdeAbdeA$
 $\Rightarrow acaacaSbdeAbdeA$
 $\Rightarrow acaacaBABbdeAbdeA$
 $\Rightarrow acaacaAbdeAbdeA$
 $\Rightarrow acaacabbdbde$

۲- اگر اشتقاق زیر را دنبال کنیم به $aaaaa$ می‌رسیم:

$S \Rightarrow ACaB \Rightarrow AaaCB \Rightarrow AaaDB \Rightarrow AaDaB \Rightarrow ADaaB \Rightarrow ACaaB$
 $\Rightarrow AaaCaB \Rightarrow AaaaaCB \Rightarrow AaaaaE \Rightarrow AaaaEa \Rightarrow AaaEaa \Rightarrow AaEaaa$
 $\Rightarrow AEaaaa \Rightarrow aaaaa$

۳- نحوه تولید:

$S \Rightarrow ABC \Rightarrow ADBEC \Rightarrow ADDBEEC \Rightarrow ADDEEC$
 $\Rightarrow ADEFaaEC \Rightarrow AEFaaFaaEC \Rightarrow AFaaFaaEC$
 $\Rightarrow AFaaFaEaC \Rightarrow AFaaFEaaC \Rightarrow AFaaEFaaaC$
 $\Rightarrow AFaEaFaaaC \Rightarrow AFEaaFaaaC \Rightarrow AEFaaaFaaaC$
 $\Rightarrow AFaaaFaaaC \Rightarrow AFaaaFaaCa \Rightarrow AFaaaFaCaa$
 $\Rightarrow AFaaaFCaaa \Rightarrow AFaaaCaaa \Rightarrow AFaaCaaaa$
 $\Rightarrow AFaCaaaaa \Rightarrow AFCaaaaaa \Rightarrow ACaaaaaa$
 $\Rightarrow aaaaaa$

زبان گرامر به صورت $\{a^{n(n+1)} : n \geq 0\}$ است.

۴- نحوه تولید:

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow (S, SH) \Rightarrow (F, SH) \Rightarrow (((:F)), SH) \Rightarrow (((:F)), FH) \Rightarrow (((:a)), FH) \\ &\Rightarrow (((:a)), a) \end{aligned}$$

۵- نحوه تولید:

$$S \Rightarrow Aa \Rightarrow bAa \Rightarrow baAa \Rightarrow babAa \Rightarrow babbAa \Rightarrow babba$$

۶- گرامر G_2 منظم است. در گرامر منظم، همه قواعد خطی راست یا خطی چپ می باشند.

۷- عبارت منظم هر یک از گرامرها برابرند با:

الف- $(b^*ab^*ab^*a)^*b^*$

ب- $(a+c)(ab+cb+ac)^*$

پ- $(a+b)(a+b)^*$

۸- عبارت منظم هر یک از گرامرها برابرند با:

الف- $(00)^*(11)^*$

ب- $1^*(01^+)^+$

پ- $(011)^*0$

۹- عبارت منظم هر یک از گرامرها برابرند با:

الف- $(a+b)^2(a+b)^+$

ب- $(aa)^*abb(ba)^*bba^*$

پ- $(a^*b + \lambda)b^*(aa^*bb^*)^*$

۱۰- خیر- گرامری منظم است که همه قواعد آن، خطی چپ یا خطی راست باشند. در گرامر خطی، ممکن است تعدادی از قواعد خطی چپ و تعدادی خطی راست باشند.

۱۱- گرامر :

$S \rightarrow aaA \mid \lambda$
 $A \rightarrow bA \mid abS$

فصل ۳

اتوماتای متناهی

ماشین‌ها (اتوماتا) ابزارهایی هستند برای تشخیص رشته‌های زبان که رشته را از چپ به راست بررسی کرده و نهایتاً اعلام می‌کنند که آیا رشته متعلق به زبان هست یا نه. ماشین‌ها را می‌توان به عنوان مدل‌های ریاضی برای کامپیوترهای واقعی در نظر گرفت.

انواع ماشین

یک دسته بندی برای اتوماتا به صورت زیر است:

۱- متناهی (FA)

ماشین پذیرنده‌ای که حافظه ندارد و خروجی آن دارای دو حالت پذیرش یا عدم پذیرش است.

۲- پشته‌ای (PDA)

ماشین پذیرنده‌ای که حافظه آن به صورت پشته بوده و خروجی آن دارای دو حالت پذیرش یا عدم پذیرش است.

۳- کراندار خطی (LBA)

ماشینی دارای حافظه از دو سر محدود با قابلیت خواندن و نوشتن است.

۴- تورینگ (TM)

ماشینی دارای حافظه نامحدود با قابلیت خواندن و نوشتن است.

نکات:

۱- ماشین متناهی، قادر به پذیرش زبان منظم است.

۲- ماشین پشته‌ای، قادر به پذیرش زبان مستقل از متن است.

۳- ماشین کراندار خطی، قادر به پذیرش زبان حساس به متن است.

۴- ماشین تورینگ تشخیص دهنده، قادر به پذیرش زبان بازگشتی شمارش پذیر است.

در این فصل ماشین متناهی را بررسی می کنیم. ماشین های دیگر در فصل های بعدی بررسی خواهند شد.

ماشین های متناهی

یکی از ساده ترین انواع ماشین ها، ماشین متناهی می باشد که از آن در شناخت زبان های منظم استفاده می شود. اتوماتای متناهی مدل مناسبی برای کامپیوتر با محدودیت شدید حافظه است. ماشین های متناهی (FA)، به دو دسته معین (DFA) و نامعین (NFA) تقسیم می شوند.

DFA : Deterministic Finite Acceptor

NFA : Nondeterministic Finite Acceptor

پذیرنده متناهی معین (DFA)

ماشین متناهی قطعی (معین) بوسیله پنج تایی $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ تعریف می شود که در آن:

Q : مجموعه متناهی از حالات داخلی

Σ : مجموعه متناهی از علائمی به نام الفبای ورودی

δ : تابع انتقال $(Q \times \Sigma \rightarrow Q)$

q_0 : حالت شروع

F : مجموعه حالات پایانی

یک dfa، مانند همه اتوماتاها دارای حالت های داخلی، قوانینی برای انتقال از یک حالت به حالت دیگر، تعدادی ورودی و همچنین روشهایی برای تصمیم گیری هستند.

نحوه عملکرد ماشین:

اتوماتا ابتدا در حالت شروع و هد خواندن از نوار ورودی، روی آخرین سمبل از سمت چپ رشته ورودی قرار دارد. با هر یک از حرکت های اتوماتا، هد یک موقعیت به راست می رود. اگر با رسیدن به پایان رشته، اتوماتا در یکی از حالت های پایانی قرار داشته باشد، رشته پذیرفته می شود.

انتقال از یک حالت داخلی به حالت داخلی دیگر، توسط تابع انتقال انجام می شود. بعنوان مثال $\delta(q_i, a) = q_j$ ، یعنی اگر dfa در حالت q_i باشد و هد بر روی a باشد، آنگاه ماشین به حالت q_j تغییر حالت می دهد.

هد نوار در ماشین متناهی، فقط به سمت راست حرکت می کند.

مثال

نمودار تغییر وضعیت DFA زیر را به کمک شکل نشان دهید.

$$\Sigma = \{a, b\}, \quad Q = \{q_0, q_1\}, \quad F = \{q_1\}$$

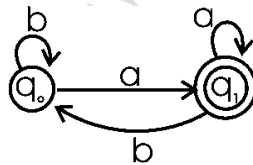
$$\delta(q_0, a) = q_1$$

$$\delta(q_0, b) = q_0$$

$$\delta(q_1, b) = q_0$$

$$\delta(q_1, a) = q_1$$

حل: این ماشین دارای دو حالت q_0 و q_1 است که q_0 حالت شروع و q_1 حالت پایانی است. طبق تابع انتقال‌های داده شده، ماشین اگر در حالت q_0 باشد و هد a را بخواند به حالت q_1 می‌رود و اگر b را بخواند در همان حالت q_0 باقی می‌ماند. همچنین اگر ماشین در حالت q_1 باشد و هد b را بخواند به حالت q_0 رفته و اگر a را بخواند در همان حالت q_1 باقی می‌ماند. نمودار تغییر وضعیت DFA این مثال در شکل زیر نشان داده شده است:

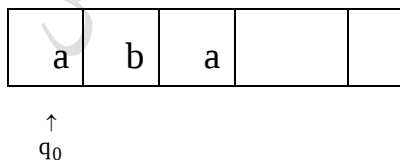


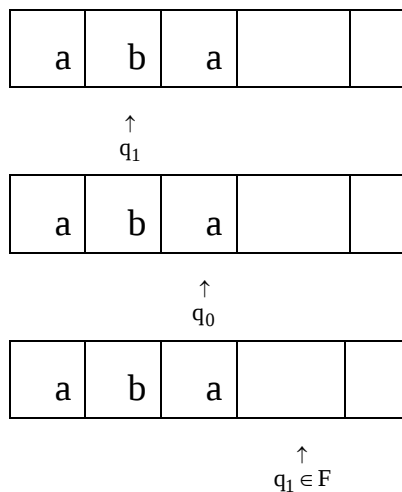
حالت نهایی به صورت دوایری دو خطی نمایش داده می‌شود. ■

مثال

آیا رشته $W=aba$ توسط ماشین مثال قبل، پذیرفته می‌شود؟

حل: بله - نمایش تعلق رشته aba به زبان ماشین:





نحوه پذیرش رشته توسط ماشین: با شروع از حالت q_0 ، ابتدا سمبل a را می خواند. با توجه به یال های گراف ماشین به حالت q_1 می رود. سپس، سمبل b خوانده شده و ماشین به حالت q_0 می رود. در نهایت سمبل a خوانده شده و ماشین به حالت q_1 می رود. در این لحظه، هم در پایان رشته و هم در حالت پایانی قرار داریم. بنابراین رشته aba پذیرفته می شود. نشان دهید ماشین رشته abb را نمی پذیرد. ■

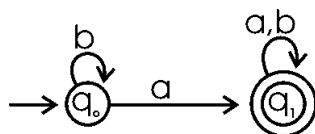
زبان ها و dfa ها

زبان مجموعه ای از تمام رشته های پذیرفته شده توسط اتومات می باشد. زبان پذیرفته شده توسط dfa $M = (q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ ، مجموعه تمام رشته های روی Σ است که توسط M پذیرفته می شوند. فرم صوری آن به صورت $L(M) = \{w \in \Sigma^* : \delta^*(q_0, w) \in F\}$ است. dfa پس از پردازش هر یک از رشته های Σ^* ، یا آنها را می پذیرد و یا رد می کند. عدم پذیرش به این معنی است که dfa در یکی از حالت های غیر پایانی متوقف شود.

مثال

عبارت منظم مربوط به DFA زیر را مشخص کنید؟

(q_0 حالت شروع و q_1 حالت پایانی است.)

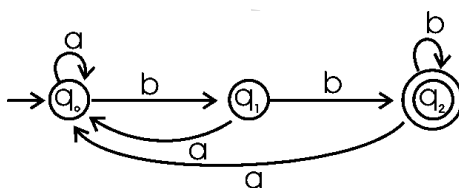


حل: $b^* a(a+b)^*$

مثال

برای عبارت منظم $bb(a+b)^*$ ، یک DFA رسم کنید. $\Sigma = \{a, b\}$

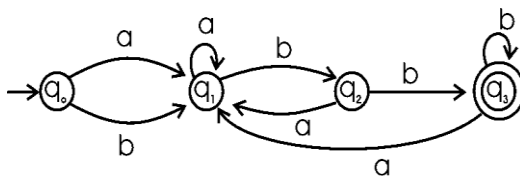
حل:



مثال

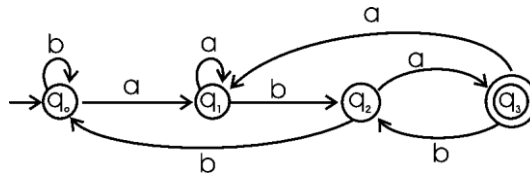
برای عبارت منظم $bb(a+b)^+$ ، یک DFA رسم کنید. $\Sigma = \{a, b\}$

حل:



مثال

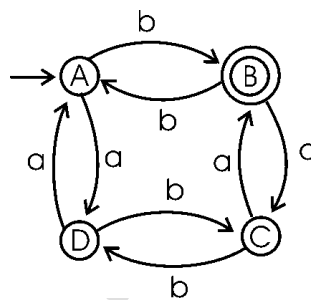
عبارت منظم مربوط به DFA زیر را مشخص کنید؟ $\Sigma = \{a, b\}$



حل: $(a+b)^* aba$ (رشته هایی که به aba ختم می شوند). ■

مثال

ماشین زیر چه نوع رشته هایی را می پذیرد؟ $\Sigma = \{a, b\}$

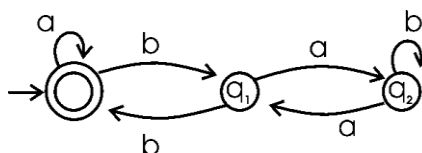


حل: رشته هایی با تعداد زوجی a و تعداد فردی b .

این مثال را با تغییر حالت پایانی به حالت های دیگر، بررسی کنید. به طور نمونه اگر C حالت پایانی بود (به جای B)، آنگاه چه زبانی را می پذیرفت؟ ■

مثال

عبارت منظم مربوط به DFA زیر را مشخص کنید؟ $\Sigma = \{a, b\}$

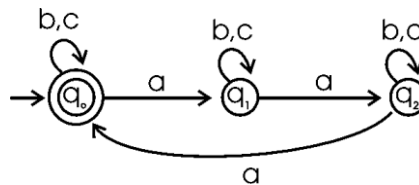


حل: $(a + b(ab^*a)^*b)^*$.

رشته λ نیز پذیرفته می شود، چون حالت شروع، حالت پایانی نیز می باشد. ■

مثال

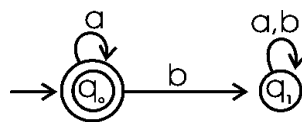
ماشین DFA زیر چه نوع رشته هایی را می‌پذیرد؟ $\Sigma = \{a, b, c\}$



حل: رشته هایی که تعداد a در آنها، مضرب 3 باشد. ■

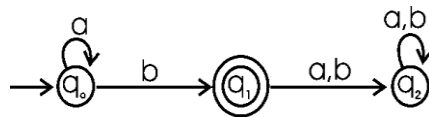
حالت دام یا تله (trap state)

می‌خواهیم ماشینی رسم کنیم که زبان a^* را روی الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ بپذیرد. برای این کار یک DFA با یک حالت رسم می‌کنیم که هم حالت شروع و هم حالت پایانی است به طوری که یال با برچسب a از آن حالت خارج شده و به همان حالت وارد می‌شود. در این ماشین اگر قبل یا بعد از حرف a ، حرف b ظاهر شود، رشته نباید پذیرفته شود، بنابراین یک حالت دیگر به نام q_1 رسم کرده و با یالی با برچسب b به آن حالت می‌رویم که خروج از آن ممکن نمی‌باشد. در شکل زیر این DFA رسم شده که وضعیت q_1 همان وضعیت تله است:



مثال

در DFA زیر، حالت trap را مشخص کنید.

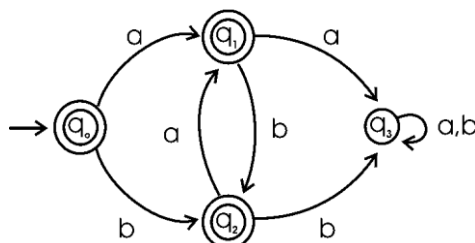


حل: حالت q_2 . (زبان ماشین a^*b است.) ■

مثال

DFA پذیرنده زبانی که رشته های آن شامل aa یا bb نباشد را رسم کنید.

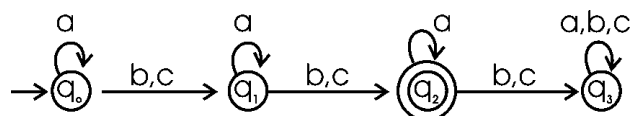
حل: حالت q_3 ، trap است.



مثال

در الفبای $\Sigma = \{a, b, c\}$ ، DFA پذیرنده زبانی که در رشته های آن تعداد کل b ها و c ها برابر ۲ باشد را رسم کنید.

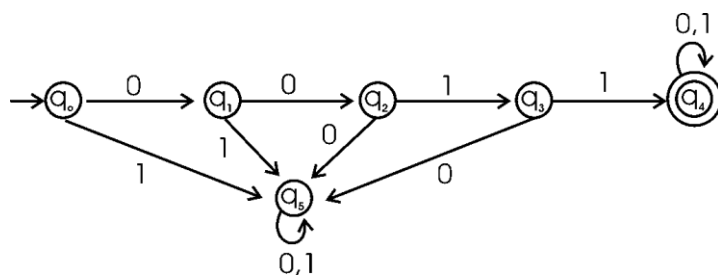
حل: حالت q_3 ، trap است.



مثال

در الفبای $\Sigma = \{0,1\}$ ، DFA پذیرنده زبانی که رشته های آن با زیر رشته 0011 آغاز شود را رسم کنید.

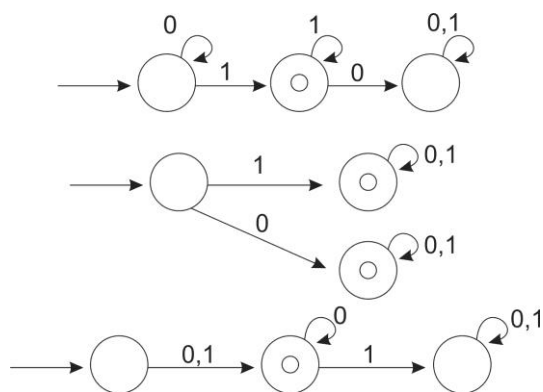
حل: حالت q_5 ، trap است.



مثال

برای هر یک از زبان های $1(0+1)^*$ و $(0+1)^*0$ یک DFA رسم کنید.

حل: dfa هر کدام به ترتیب از بالا به پایین رسم شده است:



اصلاح: در شکل وسط، حالت پایینی، حالت trap است. ■

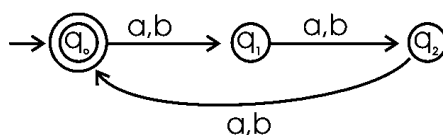
مکمل DFA

برای رسم مکمل یک DFA، کافی است که کلیه حالت‌های غیر پایانی را به حالت پایانی و کلیه حالات پایانی را به حالات غیر پایانی تبدیل کنیم. (جهت یالها و مقدار برچسب آنها تغییری نمی‌کند).

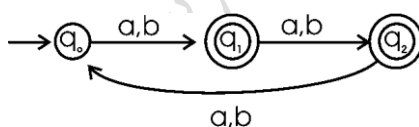
مثال

ای DFA رسم کنید که رشته‌هایی که طول آنها مضربی از 3 نباشد را بپذیرد. ($\Sigma = \{a, b\}$)

حل: ابتدا DFA می‌کنیم که رشته‌هایی را بپذیرد که طول آنها مضربی از 3 باشد:



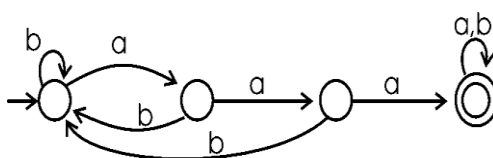
سپس DFA بالا را مکمل می‌کنیم:



مثال

ای DFA رسم نمایید که زبان $\{aaa\}$ در آن وجود ندارد را بپذیرد. ($\Sigma = \{a, b\}$)

حل: ابتدا DFA می‌کنیم که زبان $\{aaa\}$ زیر رشته‌ای از w باشد را بپذیرد:



سپس DFA بالا را مکمل می‌کنیم. ■

اگر $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ و $\hat{M} = (Q, \Sigma, \delta, q_0, Q - F)$ دو DFA باشند، آنگاه:

$$\overline{L(M)} = L(\hat{M})$$

برای به دست آوردن مکمل یک NFA از روی نمودار حالت، باید ابتدا NFA را به DFA تبدیل کرده و سپس مکمل DFA را بدست آورد.

پذیرنده های متناهی نامعین (NFA)

اگر به ازای هر حالت ماشین و هر نماد ورودی به صورت منحصر بفردی حالت بعدی مشخص باشد به آن معین (Deterministic) می گویند. در یک ماشین نامعین (Nondeterministic) در هر لحظه ممکن است چندین انتخاب مختلف موجود باشد. پذیرنده های متناهی نامعین (غیرقطعی)، پیچیده تر از انواع معین خود هستند. ماشین نامعین می تواند به ازای دریافت یک ورودی در هر حالت، به چندین حالت مختلف تغییر حالت دهد.

تعریف

یک پذیرنده متناهی نامعین (NFA) بوسیله پنج تایی $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ تعریف می شود که در آن Q و Σ و q_0 و F همانند DFA تعریف می شوند، ولی تابع انتقال به صورت $Q \times \Sigma \cup \{\lambda\} \rightarrow 2^Q$ تعریف می شود. برد این تابع مجموعه ای از حالات مجاز برای ماشین می باشد.

سه تفاوت عمده بین تعریف NFA و تعریف DFA وجود دارد. در NFA:

۱- محدوده تابع δ در مجموعه توانی 2^Q است. مثلاً اگر وضعیت فعلی q_0 باشد و حرف a خوانده شود، آنگاه هریک از حالت های q_1, q_2 می تواند وضعیت بعدی باشد:

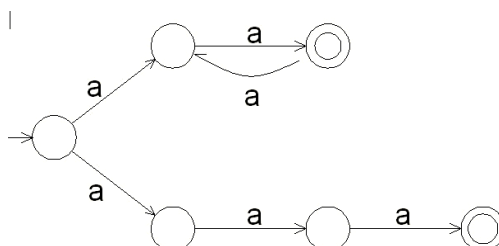
$$\delta(q_0, a) = \{q_1, q_2\}$$

۲- λ بعنوان ورودی قابل قبول است. یعنی NFA می تواند بدون استفاده از سمبل ورودی، دست به انتقال بزند. هد می تواند در بعضی انتقال ها حرکت نکند.

۳- $\delta(q_i, a)$ می تواند تهی باشد، یعنی هیچ انتقالی برای این وضعیت خاص تعریف نشده است.

مثال

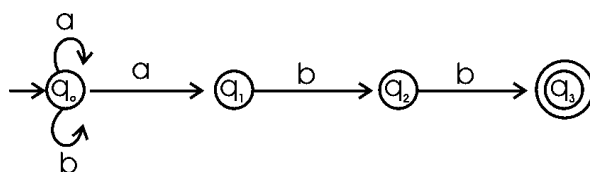
آیا ماشین زیر یک NFA می باشد؟



حل: بله- چون دو انتقال با برچسب a از حالت شروع دارد. اولین انتخاب منجر به پذیرش تمام رشته های دارای تعداد زوجی از a می شود و دومین انتخاب منجر به پذیرش رشته a^3 می شود. زبان پذیرفته شده توسط این ماشین، $L = \{a^{2n} : n \geq 1\} \cup \{a^3\}$ می باشد. ■

مثال

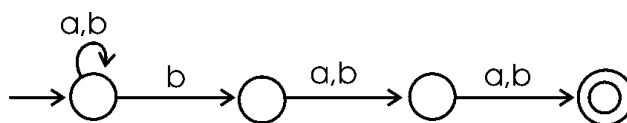
ماشین NFA زیر چه زبانی را می پذیرد؟ $\Sigma = \{a, b\}$



حل: رشته هایی را که به زیر رشته abb ختم شوند. (این ماشین dfa نیست. به طور نمونه، در حالت q_1 ، دریافت a پیش بینی نشده است یا در q_0 با دریافت a ، دو تغییر حالت ممکن است). ■

مثال

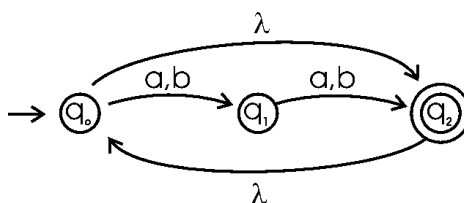
ماشین NFA زیر چه زبانی را می پذیرد؟



حل: رشته های که سومین نماد از سمت راست آنها، b باشد. ■

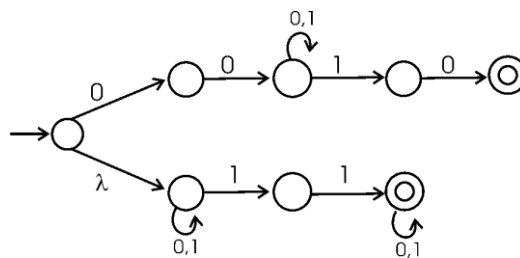
مثال

ماشین NFA زیر چه زبانی را می پذیرد؟



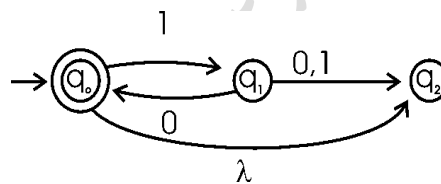
حل: ماشین داده شده، رشته‌هایی با طول زوج را می‌پذیرد. (در تعریف NFA اجازه داشتن یال با برچسب λ را داریم. به عبارتی λ بعنوان ورودی قابل قبول است. یعنی ماشین می‌تواند بدون استفاده از سمبل ورودی، دست به انتقال بزند. هد می‌تواند در بعضی انتقال‌ها حرکت نکند). ■

مثال

ماشین NFA زیر چه زبانی را می پذیرد؟ $\Sigma = \{0,1\}$ 

حل: رشته‌هایی که با 00 شروع و به 10 ختم شوند یا شامل زیر رشته 11 باشند. ■

مثال

زبان پذیرفته شده توسط اتومات شکل زیر چیست؟ $\Sigma = \{0,1\}$ 

حل: اتومات زبان $L = \{(10)^n : n \geq 0\}$ را می پذیرد. ■

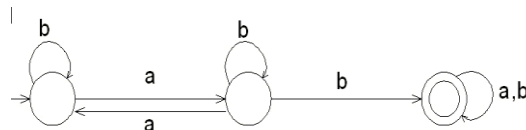
مثال

می دانیم که یک DFA داده شده با 4 حالت، رشته ای به طول 6 را می پذیرد. آیا تعداد اعضای زبان پذیرش شده توسط این ماشین، متناهی است؟

حل: خیر- چون طول رشته پذیرفته شده، از تعداد حالت‌های ماشین بیشتر است، بنابراین دارای حلقه می باشد. ماشینی که دارای حلقه است، تعداد اعضای زبان پذیرش شده آن، نامتناهی می باشد. ■

مثال

پذیرنده حالت متناهی غیر قطعی زیر چه زبانی را می پذیرد.



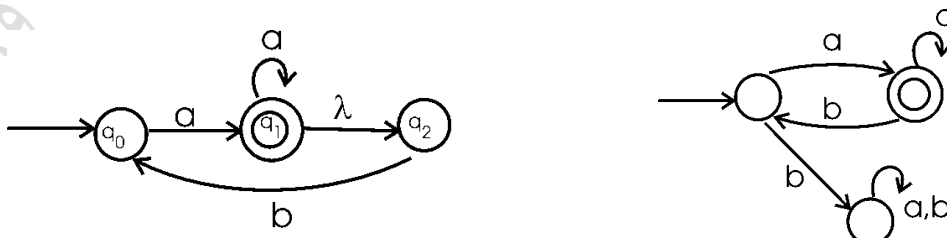
■ حل: $(b + ab^*a)^* ab^*b(a+b)^*$

هم ارزی DFA و NFA

دو ماشین متناهی را هم ارز می گویند اگر هر دو زبانی یکسان را بپذیرند. چون به ازای هر زبان معمولاً تعداد زیادی پذیرنده وجود دارد، بنابراین هر dfa یا nfa نیز تعداد زیادی پذیرنده هم ارز دارد.

مثال

در شکل زیر دو ماشین هم ارز نشان داده شده است (شکل سمت راست dfa و سمت چپ nfa است)



چند نکته:

- ۱- به ازای هر زبانی که توسط یک NFA پذیرفته می شود، یک DFA هم وجود دارد که آن را می پذیرد.
- ۲- کلاس های DFA ها و NFA ها دارای قدرت یکسان می باشند.
- ۳- برای هر NFA با هر تعداد دلخواه حالت پایانی، یک DFA با فقط یک حالت پایانی، هم ارز با آن NFA وجود دارد.
- ۴- اگر L یک زبان غیر تهی باشد بطوریکه هر w عضو L دارای حداقل طول n باشد، آنگاه هر DFA که L را بپذیرد، باید حداقل $n+1$ حالت داشته باشد.

ارتباط گرامر منظم با ماشین متناهی

می توان با داشتن انتقالات یک ماشین متناهی، گرامر منظم مربوط به زبان تولید شده توسط ماشین را مشخص کرد (و بر عکس). به طور نمونه انتقال $\delta(q_i, a) = q_j$ به قانون $q_i \rightarrow aq_j$ تبدیل می شود.

مثال

گرامر منظمی برای زبان $\{n_b(w), n_a(w)\}$ هر دو زوج هستند: $L = \{w\}$ روی $\{a, b\}$ که DFA آن به صورت زیر است، بنویسید. (q_0 حالت شروع و پایانی است).

$$\delta(q_0, a) = q_1, \delta(q_0, b) = q_2$$

$$\delta(q_1, a) = q_0, \delta(q_1, b) = q_3$$

$$\delta(q_2, a) = q_3, \delta(q_2, b) = q_0$$

$$\delta(q_3, a) = q_2, \delta(q_3, b) = q_1$$

حل: از روی انتقالات ماشین، گرامر را می نویسیم:

$$q_0 \rightarrow aq_1 \mid bq_2 \mid \lambda$$

$$q_1 \rightarrow aq_0 \mid bq_3$$

$$q_2 \rightarrow aq_3 \mid bq_0$$

$$q_3 \rightarrow aq_2 \mid bq_1$$

مثال

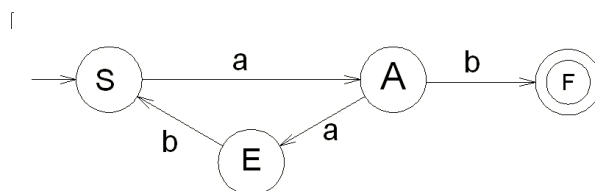
ماشین متناهی بسازید که زبان تولید شده بوسیله گرامر زیر را بپذیرد.

$$S \rightarrow aA$$

$$A \rightarrow abS \mid b$$

حل:

گراف انتقالی با سه راس S و A و F ایجاد می کنیم. یالی با برچسب a بین S و A ایجاد می نماییم. سپس راس E را به گونه ای ایجاد می کنیم که مسیری با برچسب ab بین A و S وجود داشته باشد. در نهایت یالی با برچسب b بین A و F ایجاد می کنیم تا ماشین شکل زیر بدست آید.



زبان تولید و پذیرفته شده توسط این گرامر، زبان منظم $L((aab)^*ab)$ خواهد بود. ■

مثال

ماشین متناهی متناظر با گرامر منظم زیر را بدست آورید.

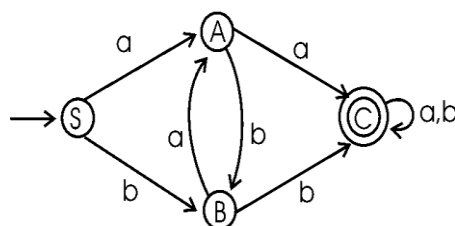
$$S \rightarrow aA \mid bB$$

$$A \rightarrow aC \mid bB \mid a$$

$$C \rightarrow aC \mid bC \mid a \mid b$$

$$B \rightarrow aA \mid bC \mid b$$

حل:



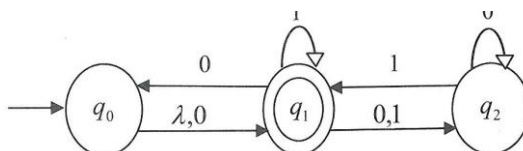
روال تبدیل NFA به DFA



- ۱- گراف مفروض G_D با راس $\{q_0\}$ را ایجاد کرده و آن راس را بعنوان راس شروع در نظر بگیرید.
- ۲- تا زمانی که همه یال ها در نظر گرفته نشده اند، مراحل زیر را تکرار کنید:
 - الف- هر یک از رئوس $\{q_i, q_j, \dots, q_k\}$ از G_D را در نظر بگیرید که برای $a \in \Sigma$ آن هیچ یالی خارج نشود.
 - ب- $\delta_N^*(q_i, a), \delta_N^*(q_j, a), \dots, \delta_N^*(q_k, a)$ را محاسبه کنید.
 - ج- اجتماع همه این δ_N^* ها را تشکیل دهید. در نتیجه مجموعه $\{q_1, q_m, \dots, q_n\}$ بدست می آید.
 - د- در صورت عدم وجود راسی با برچسب $\{q_1, q_m, \dots, q_n\}$ در G_D ، این راس را ایجاد کنید. یالی از $\{q_i, q_j, \dots, q_k\}$ به $\{q_1, q_m, \dots, q_n\}$ به نام a به G_D اضافه کنید.
- ۳- تمامی حالت های G_D که برچسب آن حاوی حداقل یک $q_f \in F_N$ باشد، بعنوان راس پایانی شناخته می شود.
- ۴- اگر nfa λ را بپذیرد، راس $\{q_0\}$ در G_D نیز، راس پایانی می باشد.

مثال

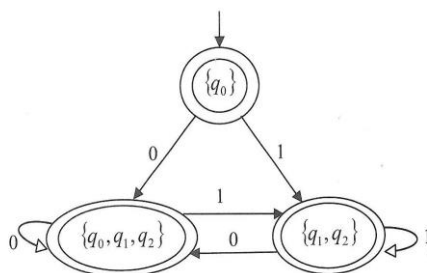
NFA زیر را به DFA تبدیل کنید.



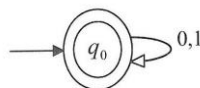
حل:

$$\begin{aligned} \delta(\{q_0\}, 0) &= \{q_0, q_1, q_2\} & , & \delta(\{q_0\}, 1) = \{q_1, q_2\} \\ \delta(\{q_1, q_2\}, 0) &= \{q_0, q_1, q_2\} & , & \delta(\{q_1, q_2\}, 1) = \{q_1, q_2\} \\ \delta(\{q_0, q_1, q_2\}, 0) &= \{q_0, q_1, q_2\} & , & \delta(\{q_0, q_1, q_2\}, 1) = \{q_1, q_2\} \end{aligned}$$

بنابراین داریم:



اما nfa حاصل λ را هم می پذیرد. پس q_0 هم باید وضعیت نهایی باشد در این صورت dfa حاضر همه رشته ها را می پذیرد و به طور خلاصه به شکل روبه رو در می آید:



کاهش تعداد حالات در ماشین های متناهی

هر dfa یک زبان منحصر بفرد را تعریف می کند، اما عکس این جمله صحیح نیست، یعنی برای یک زبان ممکن است چند dfa وجود داشته باشد. در عمل ممکن است از بین چند dfa که برای یک زبان وجود دارد، یکی را انتخاب کرد. معمولاً این dfa دارای حالات کمتری می باشد. در dfa می توان حالتی که دسترس پذیر نباشد را حذف کرد و بعضی از حالتها را که ادغام پذیر هستند را با هم ادغام کرد.

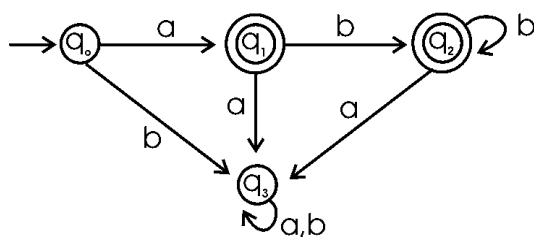
دو حالت q و p یک dfa، در صورتی ادغام پذیر هستند که به ازای هر $w \in \Sigma^*$ داشته باشیم:

$$\delta^*(q, w) \in F \Rightarrow \delta^*(p, w) \in F, \quad \delta^*(q, w) \notin F \Rightarrow \delta^*(p, w) \notin F$$

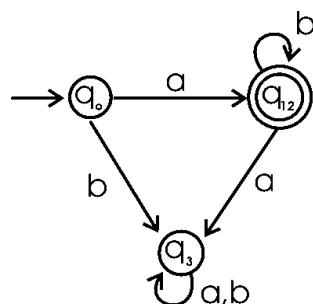
اگر p و q ادغام پذیر بوده و q و p هم ادغام پذیر باشند، آنگاه p و q ادغام پذیر هستند و در نتیجه هر سه حالت هم ادغام پذیر هستند. به عبارتی ادغام پذیر بودن یک رابطه هم ارزی است. (ادغام ناپذیر بودن، اینطور نیست).

مثال

DFA زیر را کمینه نمایید.

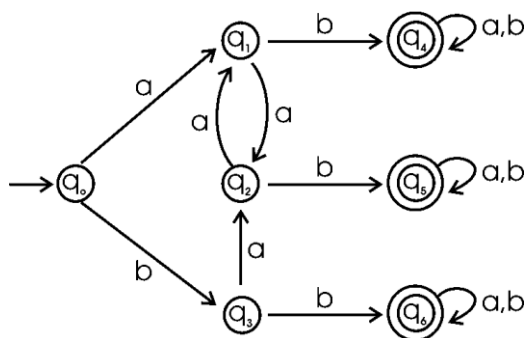


حل: حالت q_1 و q_2 ادغام پذیرند و به جای آنها حالت q_{12} را قرار می‌دهیم:

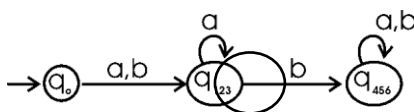


مثال

DFA زیر را کمینه نمایید.



حل: حالت های q_1 و q_2 و q_3 ادغام پذیرند و به جای آنها حالت q_{123} را قرار می‌دهیم. همچنین حالت های q_4 و q_5 و q_6 ادغام پذیرند و به جای آنها حالت q_{456} را قرار می‌دهیم.



نحوه تشخیص منظم بودن یک زبان

در فصل های قبل برای اینکه نشان دهیم یک زبان منظم است، عبارت منظم یا گرامر منظم برای آن ارائه دادیم. یک راه دیگر این است که بتوان برای آن یک ماشین متناهی پیدا کرد.

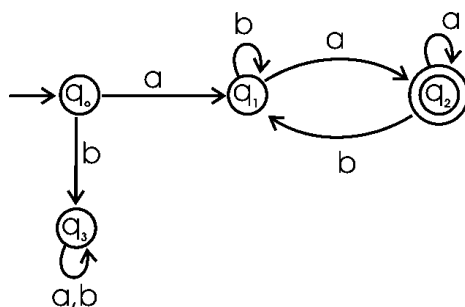
زبان L منظم است اگر و فقط اگر یک DFA مانند M وجود داشته باشد به طوریکه $L = L(M)$.

فرض کنیم r یک عبارت منظم باشد. آنگاه یک NFA وجود دارد که $L(r)$ را می پذیرد. در نتیجه $L(r)$ یک زبان منظم است.

مثال

نشان دهید که زبان $L = \{awa : w \in \{a,b\}^*\}$ منظم است.

حل: برای اثبات منظم بودن زبان داده شده، کافی است که یک DFA برای آن پیدا کنیم. زبان L رشته هایی را می پذیرد که با حرف a شروع شده و با حرف a نیز تمام می شود. بین این دو حرف a می تواند هیچ یا تعداد نامحدودی حرف a یا b ظاهر شود.

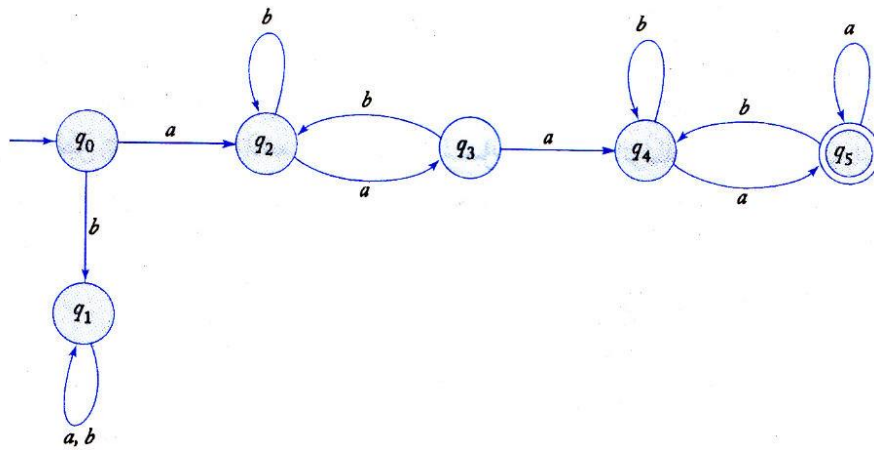


وضعیت q_3 یک تله است و اگر رشته با حرف b شروع شود، ماشین به این حالت می رود.

مثال

با فرض اینکه $L = \{awa : w \in \{a,b\}^*\}$ ، نشان دهید که زبان L^2 منظم است.

حل: زبان L^2 برابر $L^2 = \{aw_1aaw_2a : w_1, w_2 \in \{a,b\}^*\}$ است. با رسم یک DFA برای این زبان می توان نشان داد که L^2 نیز منظم است.

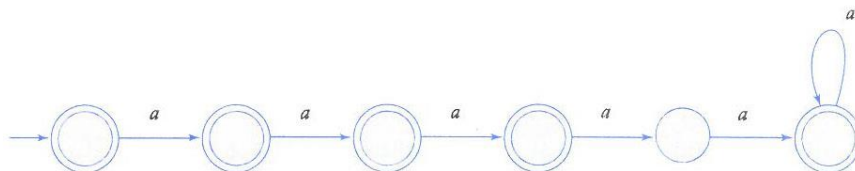


اگر زبان مفروض L منظم باشد، L^2 و L^3 و ... هم منظم خواهد بود.

مثال

نشان دهید که زبان $L = \{a^n : n \geq 0, n \neq 4\}$ منظم است؟ ($\Sigma = \{a\}$)

حل: برای اثبات منظم بودن زبان داده شده، کافی است که یک DFA برای آن پیدا کنیم:





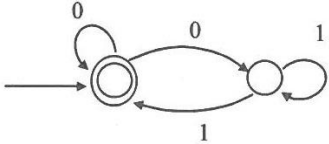
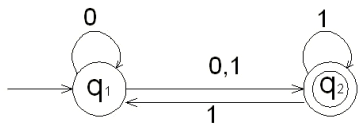
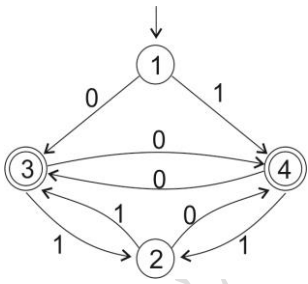
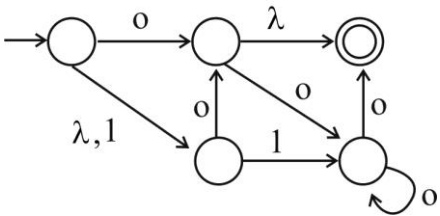
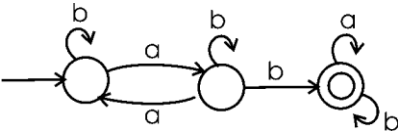
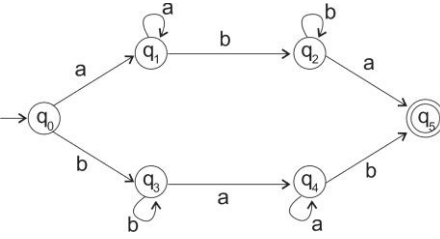
فرادرس

فرادرس

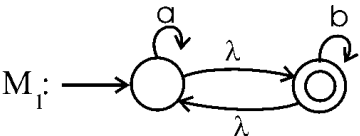
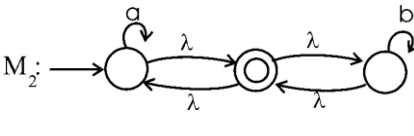
فرادرس

تمرین‌های فصل ۳

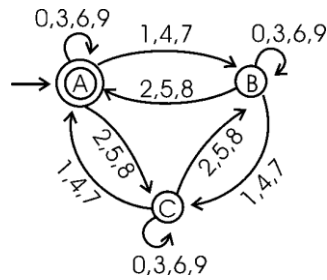
۱- عبارت منظمی معادل زبان هر یک از ماشین‌های زیر را بنویسید.

الف:	ب:
	
پ:	ت:
	
ث:	ج:
	

۲- چه رابطه‌ای بین $L(M_2)$ و $L(M_1)$ است؟

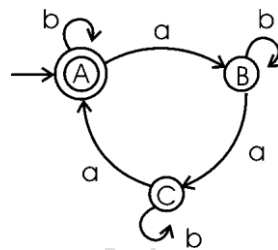
M_1 : 	M_2 : 
---	--

۳- چه رشته‌های توسط ماشین زیر پذیرفته می شوند؟

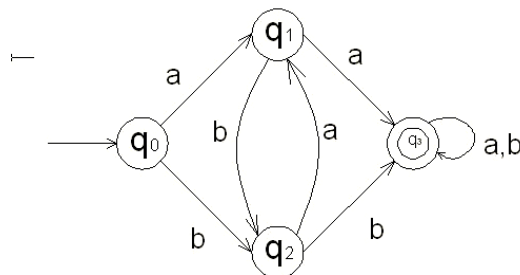


۴- یک DFA برای زبان منظم $(a^*(b + \lambda)a^*)^*$ رسم کنید.

۵- گرامر هم ارز با پذیرنده زیر را بنویسید.



۶- گرامر متناظر با ماشین زیر را بنویسید.



۷- آیا زبان $\{a^n b^m a^k : n + m + k > 3\}$ منظم است؟

۸- کدام یک از زبان‌های زیر منظم هستند؟

$$L_1 = \{a^n : n \text{ یا ضریب سه است یا ضریب پنج}\}$$

$$L_2 = \{a^n : n \text{ ضریب سه است و ضریب پنج نیست}\}$$

$$L_3 = \{a^n : n = 2^k, k \leq 2000\}$$

۹- آیا زبان زیر منظم است؟

$L = \{w \in (0,1)^* : \text{تعداد } 0 \text{ ها و } 1 \text{ ها برابر مقدار ثابت } n \geq 0 \text{ باشد.}\}$

۱۰- آیا زبان $L = \{a^n : n = i + jk\}$ منظم است؟ (i و k ثابت و $j = 0,1,2,\dots$)

۱۱- آیا زبان زیر منظم است؟

A یک DFA است و در مسیر پذیرش w از چند حالت معین A عبور نمی شود. $L = \{w \in L(A) :$

۱۲- آیا زبان زیر منظم است؟

$L = \{x^n y^n : x \in (0+1)^*, y \in (0+1)^*, n \geq 0\}$

۱۳- اگر $m(L)$ تعداد حالات DFA مینیمال متناظر با زبان $L \subseteq \{0,1\}^*$ باشد، $m(L)$ چه رابطه ای با $m(L^R)$ دارد؟

۱۴- آیا هر زبان منظمی، معین (قطعی) است؟

۱۵- برای $L(a\phi)$ و $L(\phi^*)$ یک NFA رسم کنید.

۱۶- ثابت کنید که تمام زبانهای متناهی، منظم هستند.

۱۷- منظور از dfa ناقص چیست؟

۱۸- کدام گزاره صحیح است؟

الف- اگر L یک زبان منظم فاقد λ باشد، یک NFA بدون انتقال λ و فقط با یک حالت پایانی وجود دارد که L را می پذیرد.

ب- فرض کنیم r یک عبارت منظم باشد. آنگاه یک NFA وجود دارد که $L(r)$ را می پذیرد. در نتیجه $L(r)$ یک زبان منظم است.

پ- به ازای هر NFA با چندین حالت شروع، یک NFA با دقیقا یک حالت شروع وجود دارد که همان زبان را می پذیرد.

۱۹- رشته‌های تولید شده توسط گرامر زیر چه خاصیتی دارند؟

$$S \rightarrow aA \mid bB$$

$$A \rightarrow bbA \mid baB \mid aS \mid b$$

$$B \rightarrow abA \mid aaB \mid bS \mid a$$

تمرین:

۱- یک dfa طراحی کنید که زبان پذیرفته شده توسط گرامر زیر را تولید کند.

$$S \rightarrow abA$$

$$A \rightarrow baB$$

$$B \rightarrow aA|bb$$

۲- در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ برای هر یک از موارد زیر یک dfa طراحی کنید.

الف- تمام رشته هایی که حداقل یک a و دقیقاً دو تا b دارند.

ب- سمت چپ ترین علامت با سمت راست ترین علامت یکی نباشد.

پ - طول هر دنباله از a ها برابر ۲ یا ۳ باشد.

۳- در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ برای هر یک از زبان های زیر یک ماشین متناهی طراحی کنید.

$$L = \{a^3\} \cup \{a^{2n} : n \geq 1\} \text{ - الف}$$

$$L = \{aba^n : n \geq 0\} \cup \{abab^n : n \geq 0\} \text{ - ب}$$

$$L = \{a^n b : n \geq 0\} \cup \{b^n a : n \geq 1\} \text{ - پ}$$

$$L = \{a^n b^m : n \geq 2, m \leq 2\} \text{ - ت}$$

۴- در الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ برای هر یک از زبان های زیر یک ماشین متناهی طراحی کنید.

$$L = \{ab^3wb^2 : w \in \{a, b\}^*\} \text{ - الف}$$

$$L = \{w : w = b^n a + ub : u \in \Sigma^+, n_a(u) \neq 0, n \geq 0\} \text{ - ب}$$

پ- $L = \{w : n_a(w) \bmod 3 > n_b(w) \bmod 3\}$

ت- $L = \{vww : v, w \in \{a, b\}^*, |v| = 2\}$

ث- $L = \{uww^Rv : u, v, w \in \{a, b\}^+\}$

پاسخ تمرین فصل ۳

۱- عبارت منظم معادل با هر ماشین برابر است با:

الف- $(0 + 01^*1)^*$

ب- $0^*(0+1)1^*(10^*(0+1)1^*)^*$

پ- $0 + (00+1+11)0^*0$

ت- $(0+1)(0+10+11)^*$

ث- $(a^+b^+a + b^+a^+b)(a+b)^*$

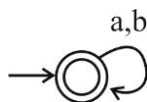
ج- $(b + ab^*a)^*ab^*b(a+b)^*$

۲- هر دو ماشین، زبان $(a+b)^*$ را می پذیرند.

۳- ماشین اعداد بخش پذیر بر ۳ را می پذیرد. مانند ۹۷۵، ۶۴۷۱، ۳۱۵

۴- زبان داده شده را می توان ساده کرد:

$$(a^*(b+\lambda)a^*)^* = ((a^*b + a^*)a^*)^* = (a^*ba^* + a^*)^* = (a+b)^*$$



بنابراین ماشین به صورت زیر است:

۵- گرامر به صورت زیر است:

$$A \rightarrow bA \mid aB \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bB \mid aC$$

$$C \rightarrow bC \mid aA$$

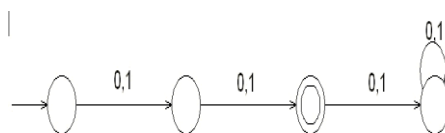
۶- گرامر به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} q_0 &\rightarrow aq_1 \mid bq_2 \\ q_1 &\rightarrow bq_2 \mid aq_3 \mid a \\ q_2 &\rightarrow aq_1 \mid bq_3 \mid b \\ q_3 &\rightarrow aq_3 \mid bq_3 \mid a \mid b \end{aligned}$$

۷- بله- چون می توان برای آن یک NFA رسم کرد.

۸- همه زبان های داده شده منظم هستند، چون برای هر یک از آنها می توان یک DFA رسم کرد.

۹- بله- چون مقدار n ثابت است و می توان برای آن یک DFA طراحی کرد. به طور مثال اگر $n=2$ ، به کمک DFA زیر می توان رشته های زبان را پذیرفت:



۱۰- بله- می توان dfa برای آن رسم کرد. چون i و k ثابت هستند، بنابراین تعداد وضعیت ها مشخص و عددی ثابت و متناهی می باشد. ($a^{i+jk} = a^i \cdot a^{jk}$)

۱۱- بله- چون برای آن یک DFA طراحی شده است.

۱۲- بله- چند رشته از زبان:

$$L = \{ \lambda, 0^5 1^5, 1^2 0^2, (011)^2 (10)^2, (10)^3 (0)^3, \dots \}$$

۱۳- اگر ماشین DFA ای که زبان L را می پذیرد، به ماشینی که معکوس زبان L (یعنی L^R) را بپذیرد، تبدیل کنیم، ممکن است ماشین به NFA تبدیل شود. بنابراین برای قطعی کردن ماشین، تعداد حالات یعنی $m(L)$ به صورت توانی زیاد می شود. بنابراین $m(L) \leq 2^{m(L^R)}$.

۱۴- بله- چون می توان برای آن یک DFA رسم کرد.

۱۵- ماشین های NFA به صورت زیر است:

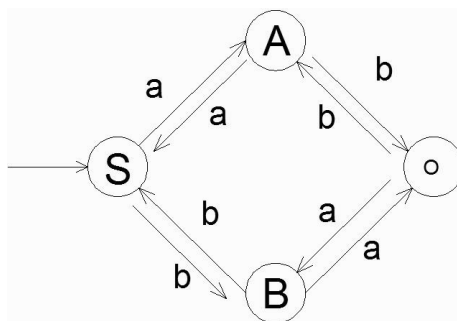


۱۶- کافی است یک NFA برای آنها طراحی کنیم. یک q_0 مشترک برای همه رشته های عضو وجود دارد و سپس هر رشته به صورت مجزا برای خود یک وضعیت نهایی دارد که مسیر رسیدن با این وضعیت نهایی معادل خود رشته خواهد بود.

۱۷- nfa ای که در آن هیچ انتقال λ وجود ندارد و به ازای هر $q \in Q$ و هر $a \in \Sigma$ ، $\delta(q, a)$ حاوی حداکثر یک عضو باشد را dfa ناقص می گویند. در این dfa، برای برخی انتقال ها نمی توان حرکتی کرد.

۱۸- همه گزاره ها صحیح هستند.

۱۹- شامل تعداد فردی a و تعداد فردی b هستند. البته می توان FA را رسم کرد و با توجه به آن زبان را تشخیص داد.



منتخبی از عناوین آموزشی منتشر شده بر روی فرادرس

برنامه نویسی	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
مبانی برنامه نویسی - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
برنامه نویسی - C کلیک کنید (+)	۱۳ ساعت
آموزش برنامه نویسی ++C	۲۰ ساعت
برنامه نویسی کاربردی سی شارپ - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
آموزش جامع شی گرایی در سی شارپ - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
برنامه نویسی جاوا - کلیک کنید (+)	۲۳ ساعت
آموزش برنامه نویسی - PHP کلیک کنید (+)	۲۸ ساعت
آموزش فریمورک PHP کدایگنایتر - (CodeIgniter) کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش اسکریپت برنامه نویسی - jQuery کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش ویژوال بیسیک دات نت - (Visual Basic.NET) کلیک کنید (+)	۱۳ ساعت
آموزش تکمیلی ویژوال بیسیک دات نت - (Visual Basic.NET) کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت
آموزش برنامه نویسی با روش سه لایه به زبان VB.Net - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
برنامه نویسی اسمال بیسیک یا Small Basic - کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت
آموزش ساخت بازی ساده در ویژوال بیسیک - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش کاربردی - SQL Server کلیک کنید (+)	۱۱ ساعت
آموزش آشنایی با LINQ to SQL در - #C کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش برنامه نویسی با روش سه لایه به زبان سی شارپ - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش برنامه نویسی تحت شبکه با سی شارپ در قالب پروژه - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش Cryptography در دات نت - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
برنامه نویسی (ادامه از صفحه قبل)	

عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
آموزش قفل نرم افزاری در سی شارپ از طریق رجیستری	۴ ساعت
آموزش ساخت اپلیکیشن کتاب و کار با داده‌ها در اندروید - کلیک کنید (+)	۱۳ ساعت
آموزش ارتباط با دیتابیس سمت سرور در اندروید - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
آموزش ساخت روبات و کنترل آن با اندروید - کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت
آموزش ساخت اپلیکیشن دیکشنری صوتی دو زبانه با قابلیت تشخیص صوت کاربر - کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش مدیریت بانک اطلاعاتی اوراکل - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آموزش مدیریت بانک اطلاعاتی اوراکل پیشرفته - کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش راه اندازی اوراکل ۱۲c در لینوکس	۱ ساعت
آموزش دیتاگارد در اوراکل - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
برنامه نویسی متلب - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
متلب برای علوم و مهندسی - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
برنامه نویسی متلب پیشرفته - کلیک کنید (+)	۷ ساعت
طراحی رابط های گرافیکی (GUI) در متلب - کلیک کنید (+)	۸ ساعت
آموزش برنامه نویسی R و نرم افزار RStudio - کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش تکمیلی برنامه نویسی R و نرم افزار RStudio - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش برنامه نویسی پایتون ۱ - کلیک کنید (+)	۲۰ ساعت
آموزش برنامه نویسی پایتون ۲ - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش گرافیک کامپیوتری با OpenGL - کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت

راه اندازی و مدیریت وبسایتها و سرورها	
عنوان فرادرس	مدت زمان تقریبی
آموزش برنامه نویسی - PHP کلیک کنید (+)	۲۸ ساعت
آموزش فریمورک PHP کدایگنایتر - (CodeIgniter) کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش طراحی وب با - HTML کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش طراحی وب با - CSS کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش پروژه محور HTML و - CSS کلیک کنید - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش جاوا اسکریپت - (JavaScript) کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آموزش کار با - cPanel کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش مدیریت هاست با - DirectAdmin کلیک کنید - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
راه اندازی سایت و کار با وردپرس - کلیک کنید (+)	۷ ساعت
راه اندازی فروشگاه دیجیتالی با وردپرس و - Easy Digital Downloads کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش راه اندازی سایت شخصی با وردپرس - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش ترجمه قالب وردپرس - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش راه اندازی سایت خبری با وردپرس - کلیک کنید (+)	۲ ساعت

علوم کامپیوتر	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
ساختمان داده‌ها - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
آموزش ساختمان داده‌ها (مرور - تست کنکور ارشد) - کلیک کنید (+)	۲۰ ساعت
آموزش نظریه زبان‌ها و ماشین‌ها - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آموزش نظریه زبان‌ها و ماشین (مرور - تست کنکور ارشد) - کلیک کنید (+)	۸ ساعت
آموزش سیستم‌های عامل - کلیک کنید (+)	۱۱ ساعت
آموزش سیستم عامل (مرور اجمالی و تست کنکور) - کلیک کنید (+)	۱۲ ساعت
آموزش پایگاه داده‌ها - کلیک کنید (+)	۸ ساعت
آموزش پایگاه داده‌ها (مرور - تست کنکور ارشد) - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش طراحی و پیاده سازی زبان‌های برنامه سازی - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
آموزش طراحی و پیاده سازی زبان‌های برنامه سازی (مرور - تست کنکور ارشد) - کلیک کنید (+)	۱۲ ساعت
آموزش روش‌های حل روابط بازگشتی - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش روش تقسیم و حل در طراحی الگوریتم - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش ذخیره و بازیابی اطلاعات - کلیک کنید (+)	۸ ساعت
آموزش ساختمان گسسته با رویکرد حل مساله - کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت
آموزش جامع مدارهای منطقی - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
آموزش معماری کامپیوتر با رویکرد حل مسأله - کلیک کنید (+)	۲۰ ساعت
آموزش ساختمان گسسته (مرور و حل تست‌های کنکور کارشناسی ارشد) - کلیک کنید (+)	۱۲ ساعت
آموزش طراحی الگوریتم - کلیک کنید (+)	۸ ساعت

آموزش شبکه های کامپیوتری ۱ - کلیک کنید (+)	۱۹ ساعت
علوم کامپیوتر (ادامه از صفحه قبل)	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
آموزش نظریه گراف و کاربردها - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
آموزش نتورک پلاس - (+Network) کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
آموزش مدل سازی UML با نرم افزار Rational Rose - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش پردازش ویدئو - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
پردازش تصویر در متلب - کلیک کنید (+)	۱۶ ساعت
آموزش پردازش تصویر با OpenCV - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت

هوش مصنوعی	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
الگوریتم ژنتیک در متلب - کلیک کنید (+)	۱۴ ساعت
الگوریتم PSO در متلب - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) گسسته باینری - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
ترکیب الگوریتم ژنتیک و PSO در متلب - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
حل مسأله فروشنده دوره گرد با استفاده از الگوریتم ژنتیک - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
الگوریتم مورچگان در متلب - کلیک کنید (+)	۶ ساعت
الگوریتم رقابت استعماری در متلب - کلیک کنید (+)	۱۳ ساعت
طراحی سیستم های فازی عصبی یا ANFIS با استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری و تکاملی - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
الگوریتم فرهنگی یا Cultural Algorithm در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت

هوش مصنوعی (ادامه از صفحه قبل)	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
شبیه سازی تبرید یا Simulated Annealing در متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
جستجوی ممنوع یا Tabu Search در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
الگوریتم کرم شب تاب یا Firefly Algorithm در متلب - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
بهینه سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی یا BBO در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
جستجوی هارمونی یا Harmony Search در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
کلونی زنبور مصنوعی یا Artificial Bee Colony در متلب - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
الگوریتم زنبورها یا Bees Algorithm در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
الگوریتم تکامل تفاضلی - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
الگوریتم بهینه سازی علف هرز مهاجم یا IWO در متلب - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر یادگیری یا TLBO - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
الگوریتم بهینه سازی جهش قورباغه یا SFLA در متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
بهینه سازی چند هدفه در متلب - کلیک کنید (+)	۱۹ ساعت
بهینه سازی مقید در متلب - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
شبکه های عصبی مصنوعی در متلب - کلیک کنید (+)	۲۸ ساعت
آموزش کاربردی شبکه های عصبی مصنوعی - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آموزش استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با نروسولوشن - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
شبکه عصبی GMDH در متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
شبکه های عصبی گازی به همراه پیاده سازی عملی در متلب - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
طبقه بندی و بازشناسی الگو با شبکه های عصبی LVQ در متلب - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش پیاده سازی الگوریتم های تکاملی و فراابتکاری در سی شارپ - کلیک کنید (+)	۸ ساعت

آمار و داده کاوی	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
گنجینه فرادرس های یادگیری ماشین و داده کاوی - کلیک کنید (+)	۸۸ ساعت
گنجینه فرادرس های محاسبات هوشمند - کلیک کنید (+)	۷۱ ساعت
آموزش یادگیری ماشین - کلیک کنید (+)	۲۴ ساعت
داده کاوی یا Data Mining در متلب - کلیک کنید (+)	۲۴ ساعت
آموزش داده کاوی در - RapidMiner کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش وب کاوی - کلیک کنید (+)	۱۷ ساعت
شبکه های عصبی مصنوعی در متلب - کلیک کنید (+)	۲۸ ساعت
آموزش کاربردی شبکه های عصبی مصنوعی - کلیک کنید (+)	۹ ساعت
شبکه عصبی GMDH در متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
شبکه های عصبی گازی به همراه پیاده سازی عملی در متلب - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
طبقه بندی و بازشناسی الگو با شبکه های عصبی LVQ در متلب - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
خوشه بندی با استفاده از الگوریتم های تکاملی و فراابتکاری - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
تخمین خطای کلاسیفایر یا - Classifier کلیک کنید (+)	۲ ساعت
انتخاب ویژگی یا - Feature Selection کلیک کنید (+)	۲ ساعت
انتخاب ویژگی با استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری و تکاملی - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
کاهش تعداد رنگ تصاویر با استفاده از روش های خوشه بندی هوشمند - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش پردازش سیگنال های واقعی در متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
مبانی و کاربردهای راهبرد تلفیق داده یا - Data Fusion کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آمار و احتمال مهندسی - کلیک کنید (+)	۱۳ ساعت
آزمون های فرض مربوط به میانگین جامعه نرمال در - SPSS کلیک کنید (+)	۳ ساعت

آمار و داده کاوی (ادامه از صفحه قبل)	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
آموزش محاسبات آماری در اکسل - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش کنترل کیفیت آماری - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش کنترل کیفیت آماری با - SPSS کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش مدل سازی معادلات ساختاری با - Amos کلیک کنید (+)	۷ ساعت
تجزیه و تحلیل اطلاعات با نرم افزار - SAS کلیک کنید (+)	۴ ساعت

مهندسی برق	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
طراحی دیجیتال با استفاده از وریلوگ یا - Verilog کلیک کنید (+)	۷ ساعت
آموزش جامع مدارهای منطقی - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
آموزش مروری طراحی و پیاده سازی مدارات منطقی - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش میکروکنترلر AVR و نرم افزار - CodevisionAVR کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش تکمیلی میکروکنترلر AVR و نرم افزار - CodevisionAVR کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آشنایی با PLC های ساخت شرکت های Omron و - Keyence کلیک کنید (+)	۶ ساعت
میکروکنترلر PIC با کامپایلر - CCS کلیک کنید (+)	۹ ساعت
آموزش تحلیل و طراحی مدارات الکترونیکی با - Proteus کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش شبیه سازی و تحلیل مدارهای الکتریکی و الکترونیکی با پی اسپایس (PSpice) - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش مقدماتی - ADS کلیک کنید (+)	۳ ساعت

۲ ساعت	آموزش تکمیلی آنالیز مدار با نرم افزار - ADS کلیک کنید (+)
مهندسی برق (ادامه از صفحه قبل)	
مدت زمان تقریبی	عنوان آموزش
۲ ساعت	آموزش تحلیل ریاضی مدارات الکتریکی با - OrCAD کلیک کنید (+)
۲ ساعت	آموزش شبیه سازی مدارات الکترونیکی با - Orcad Capture کلیک کنید (+)
۸ ساعت	آموزش برنامه نویسی آردوینو () - (Arduino) کلیک کنید (+)
۷ ساعت	آموزش تکمیلی برنامه نویسی آردوینو - (Arduino) کلیک کنید (+)
۷ ساعت	آموزش طراحی برد مدار چاپی به کمک نرم افزار - Altium Designer کلیک کنید (+)
۵ ساعت	آموزش مبانی ربات های برنامه پذیر - کلیک کنید (+)
۱۶ ساعت	آموزش ساخت روبات و کنترل آن با اندروید - کلیک کنید (+)
۹ ساعت	آموزش مدارهای الکتریکی ۱ - کلیک کنید (+)
۱۱ ساعت	آموزش مدارهای الکتریکی ۲ - کلیک کنید (+)
۱۰ ساعت	آموزش سیستم های کنترل خطی - کلیک کنید (+)
۱۳ ساعت	آموزش مکترونیک کاربردی ۱ - کلیک کنید (+)
۳ ساعت	آموزش کامسول (مباحث منتخب) - کلیک کنید (+)
۳ ساعت	آموزش سینماتیک مستقیم و معکوس ربات ها - کلیک کنید (+)
۲۷ ساعت	آموزش تجزیه و تحلیل سیگنال ها و سیستم ها - کلیک کنید (+)
۸ ساعت	آموزش متلب با نگرش تحلیل آماری، تحلیل سری های زمانی و داده های مکانی - کلیک کنید (+)
۴ ساعت	پردازش سیگنال های دیجیتال با استفاده از نرم افزار متلب - کلیک کنید (+)
۴ ساعت	شبیه سازی سیستم با سیمولینک - کلیک کنید (+)
۱۱ ساعت	آموزش سیستم های قدرت در سیمولینک و متلب - کلیک کنید (+)
۲ ساعت	آنالیز پایداری و کنترل سیستم های قدرت با استفاده از جعبه ابزارهای نرم افزار متلب - کلیک کنید (+)
۳ ساعت	آشنایی با SimPowerSystems در شبیه سازی سیستم های قدرت - کلیک کنید (+)

مهندسی برق (ادامه از صفحه قبل)	
عنوان آموزش	مدت زمان تقریبی
شبیه سازی ماشین های الکتریکی در تولباکس های Simulink و SimPowerSystem در نرم افزار متلب - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش الکترونیک قدرت - شبیه سازی در متلب و سیمولینک - کلیک کنید (+)	۸ ساعت
آموزش شبیه سازی عملکرد انواع ماشین های الکتریکی در سیمولینک متلب - کلیک کنید (+)	۱۰ ساعت
برنامه های پاسخگویی بار - کلیک کنید (+)	۴ ساعت
آموزش نرم افزار ETAP برای تحلیل سیستم های قدرت - کلیک کنید (+)	۲۱ ساعت
آموزش مقدماتی نرم افزار GAMS برای حل مسائل بازار برق - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
آموزش پخش بار اقتصادی (دیسپاچینگ اقتصادی) در - GAMS کلیک کنید (+)	۲ ساعت
کاربرد فازی در سیستم های قدرت - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش نرم افزار HFSS - کلیک کنید (+)	۵ ساعت
طراحی آنتن میکرواستریپ به کمک نرم افزار HFSS - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش طراحی و شبیه سازی آنتن های SIW با HFSS - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
آموزش بررسی کامل آنتن های میکرواستریپ و طراحی آن توسط CST - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
آموزش تجزیه سیگنال به مولفه های مود ذاتی یا Empirical Mode Decomposition - کلیک کنید (+)	۴۰ دقیقه
نمونه برداری و بازسازی اطلاعات در سیستم های کنترل دیجیتال - کلیک کنید (+)	۳ ساعت
بررسی پاسخ ورودی پله در شناسایی فرآیندهای صنعتی - کلیک کنید (+)	۱ ساعت
مدل سازی و شناسایی سیستم های دینامیکی با استفاده از مدل ARX و شبکه فازی عصبی - ANFIS کلیک کنید (+)	۱ ساعت
طراحی و تنظیم ضرایب کنترل کننده PID با منطق فازی - کلیک کنید (+)	۲ ساعت
آموزش کنترل سیستم چهار تانک - کلیک کنید (+)	۲ ساعت

فصل ۴

زبان و گرامر مستقل از متن

برای ساخت برنامه‌های قدرتمندتر باید تا حدی از قید محدودیت‌های موجود در گرامرهای منظم رها شویم. از زبان‌های مستقل از متن در طراحی زبان‌های برنامه‌سازی و ساخت کامپایلر استفاده می‌شود.

گرامر مستقل از متن

گرامر مفروض $G = (V, T, S, P)$ در صورتی مستقل از متن خوانده می‌شود که تمام قوانین P به فرم $A \rightarrow x$ باشند که در آن $A \in V$ و $x \in (V \cup T)^*$. به طور کلی شرط مستقل از متن بودن این است که در سمت چپ قوانین، فقط یک متغیر وجود داشته باشد.

زبان L مستقل از متن نامیده می‌شود، اگر و تنها اگر گرامر مستقل از متن G وجود داشته باشد بطوریکه $L = L(G)$.

گرامرهای منظم، مستقل از متن نیز هستند. هر زبان منظمی، یک زبان مستقل از متن نیز می‌باشد. 

خانواده زبان‌های منظم یکی از زیر مجموعه‌های محض خانواده زبان‌های مستقل از متن هستند. 

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 1\}$ را بنویسید.

حل: توسط این گرامر رشته‌های شروع شونده با a که تعداد a و b در آنها برابر است تولید می‌شود.

$$S \rightarrow aSb \mid ab$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ را بنویسید.

حل: $S \rightarrow aSb \mid \lambda$ ■

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^{n+1} : n \geq 0\}$ را بنویسید.حل: $S \rightarrow aSb \mid b$.

روش دوم: این زبان با زبان $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ فقط در یک b تفاوت دارد ($a^n b^n b$). بنابراین چون گرامر $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ را با قانون $S \rightarrow aSb \mid \lambda$ می توان تولید کرد، خواهیم داشت:

$$S \rightarrow Xb$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^{n+1} b^n : n \geq 0\}$ را بنویسید.حل: $S \rightarrow aSb \mid a$.روش دوم: این زبان با $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ فقط در یک a تفاوت دارد: $aa^n b^n$.

$$S \rightarrow aX$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^{n+3} b^n : n \geq 0\}$ را بنویسید.حل: $S \rightarrow aSb \mid aaa$.روش دوم: این مثال با $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ فقط در سه تا a تفاوت دارد: $aaaa^n b^n$.

$$S \rightarrow aaaX$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^{n-3} : n \geq 3\}$ را بنویسید.

حل: زبان را می توان به صورت $\{a^{k+3}b^k : k \geq 0\}$ نیز نشان داد. پس جواب، مانند مثال قبل است. ■

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^{2n} : n \geq 0\}$ را بنویسید.

حل: $S \rightarrow aSbb \mid \lambda$

روش دوم:

$S \rightarrow aSA \mid \lambda$

$A \rightarrow bB$

$B \rightarrow b$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^{n+2}b^{3n} : n \geq 0\}$ را بنویسید.

■ حل: $S \rightarrow aSbbb \mid aa$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n bc^{2n} : n \geq 0\}$ را بنویسید.

■ حل: $S \rightarrow aScc \mid b$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ را بنویسید. (ن مضمی از ۳ نیست)

■ حل: $S \rightarrow aaaSbbb \mid aabb \mid ab$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^{2n+2}b^{n+2} : n \geq 0\}$ را بنویسید.

حل:

$S \rightarrow aXb$

$X \rightarrow aaXb \mid ab$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n bc^m : n \neq m\}$ را بنویسید.

$$S \rightarrow aSc \mid aS \mid Sc \mid ab \mid bc$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^n a^k b^k : n \geq 0, k \geq 0\}$ را بنویسید.

حل:

$$S \rightarrow MM$$

$$M \rightarrow aMb \mid \lambda$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 0\} \cup \{b^n a^n : n \geq 0\}$ را بنویسید.

حل: کافی است با دستور $S \rightarrow S_1 \mid S_2$ ، گرامر $\{a^n b^n\}$ و گرامر $\{b^n a^n\}$ را با هم ترکیب کرد:

$$S \rightarrow S_1 \mid S_2$$

$$S_1 \rightarrow aS_1b \mid \lambda$$

$$S_2 \rightarrow bS_2a \mid \lambda$$



فرادرس

مثال

فرض کنید $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ باشد. گرامری برای زبان L^* بنویسید.

حل:

$$S \rightarrow SA \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aAb \mid \lambda$$



مثال

گرامری برای زبان $L = \{a^n b^k : 2n \leq k \leq 3n\}$ بنویسید. ($n \geq 0, k \geq 0$)

حل: با $S \rightarrow aSbb \mid \lambda$ زبان $\{a^n b^{2n} : n \geq 0\}$ و با $S \rightarrow aSbbb \mid \lambda$ زبان $\{a^n b^{3n} : n \geq 0\}$ را تولید می‌کنیم:

$$S \rightarrow aSbb \mid aSbbb \mid \lambda$$



مثال

با توجه به مثال قبل، نحوه تولید رشته $a^3 b^7$ را مشخص کنید.

حل:

$$S \Rightarrow aSbb \Rightarrow aaSbbb \Rightarrow aaaSbbbbbb \Rightarrow aaabbbbbbbt$$

دو بار از $S \rightarrow aSbb$ و یکبار از $S \rightarrow aSbbb$ و در آخر از $S \rightarrow \lambda$ استفاده می‌کنیم.



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^k : k > n\}$ را بنویسید. ($n \geq 0, k \geq 0$)

حل: توسط $X \rightarrow aXb$ به تعداد مساوی a و b و به کمک $B \rightarrow bB \mid b$ ، یک یا چند b تولید می‌شود:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow XB \\ X &\rightarrow aXb \mid \lambda \\ B &\rightarrow bB \mid b \end{aligned}$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n b^k : n > k\}$ را بنویسید. ($n \geq 0, k \geq 0$)

حل: توسط $A \rightarrow aA \mid a$ ، یک یا چند a و توسط $X \rightarrow aXb$ به تعداد مساوی a و b تولید می شود:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow AX \\ A &\rightarrow aA \mid a \\ X &\rightarrow aXb \mid \lambda \end{aligned}$$



مثال

یک گرامر مستقل از متن برای زبان $L = \{a^n b^k : n \neq k\}$ بنویسید.

حل: کافی است دو حالت $n > k$ و $k > n$ که در دو مثال قبل بررسی شد را با هم ترکیب کرد.

$$\begin{aligned} S &\rightarrow AX \mid XB \\ X &\rightarrow aXb \mid \lambda \\ A &\rightarrow aA \mid a \\ B &\rightarrow bB \mid b \end{aligned}$$



مثال

گرامری بنویسید که زبان $L = \{a^n b^n c^k : n > 0, k > 0\}$ را تولید کند.

حل: توسط $X \rightarrow aXb \mid ab$ زبان $\{a^n b^n : n > 1\}$ و توسط $Y \rightarrow cY \mid c$ زبان $\{c^k : k > 0\}$ را تولید می کنیم. با دستور $S \rightarrow XY$ این دو را کنار هم قرار می دهیم.

$$S \rightarrow XY$$

$$X \rightarrow aXb \mid ab$$

$$Y \rightarrow cY \mid c$$



مثال

گرامری بنویسید که زبان $L = \{a^k b^n c^n : n > 0, k > 0\}$ را تولید کند.

حل: توسط قانون $X \rightarrow aX \mid a$ زبان $\{a^k : k > 0\}$ و توسط $Y \rightarrow bYc \mid bc$ زبان $\{b^n c^n : n > 0\}$ را تولید می کنیم. با دستور $S \rightarrow XY$ این دو را کنار هم قرار می دهیم.

$$S \rightarrow XY$$

$$X \rightarrow aX \mid a$$

$$Y \rightarrow bYc \mid bc$$

مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : m \leq k\}$ بنویسید.

$$(n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0)$$

حل: توسط $A \rightarrow aA \mid \lambda$ زبان a^* و توسط دیگر قوانین $\{b^m c^k : m \leq k\}$ را می سازیم.

$$S \rightarrow AX$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

$$X \rightarrow bXc \mid Y$$

$$Y \rightarrow Yc \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k = n + m\}$ بنویسید. $(n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0)$

حل: می توان زبان را به صورت $a^n b^m c^m c^n$ نشان داد. قسمت $b^m c^m$ با X تولید می شود.

$$S \rightarrow aSc \mid X$$

$$X \rightarrow bXc \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : n = k + m\}$ بنویسید. $(n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0)$

حل: می توان زبان را به صورت $a^k a^m b^m c^k$ نشان داد. قسمت $a^m b^m$ با X تولید می شود.

$$S \rightarrow aSc \mid X$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : m = n + k\}$ بنویسید. $(n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0)$

حل: می توان زبان را به فرم $a^n b^n b^k c^k$ نشان داد. قسمت $a^n b^n$ با X و قسمت $b^k c^k$ با Y تولید می شود.

$$S \rightarrow XY$$

$$X \rightarrow aXb \mid \lambda$$

$$Y \rightarrow bYc \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k = |n - m|\}$ بنویسید. $(n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0)$

حل: شرط به معنی $k = n - m$ و $k = -(n - m)$ است. این دو حالت را می توان به ترتیب به صورت $n = k + m$ و $m = n + k$ نشان داد. این حالتها در مثالهای قبل بررسی شد و باید با هم ترکیب شوند.



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k > n + m\}$ بنویسید. ($n \geq 0, m \geq 0, k \geq 1$)

حل: کافی است زبان را به صورت $a^n b^m c^+ c^m c^n$ نشان داد. قسمت $b^m c^+ c^m$ با X تولید می شود.

$$S \rightarrow aSc \mid X$$

$$X \rightarrow bXc \mid cY$$

$$Y \rightarrow cY \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k < n + m\}$ بنویسید. ($n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0$)

حل: زبان را به صورت $a^n (a + b)^+ b^m c^m c^n$ نشان می‌دهیم.

$$S \rightarrow aSc \mid aS \mid aX \mid bX$$

$$X \rightarrow bXc \mid bX \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k \neq n + m\}$ بنویسید. ($n \geq 0, m \geq 0, k \geq 0$)

حل: شرط به معنی $k > n + m$ یا $k < n + m$ است. در نتیجه این دو حالت که در مثالهای قبل بررسی شد را با هم ترکیب می‌کنیم.



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^m c^k : k = n.m\}$ بنویسید.

حل: نمی‌توان یک گرامر مستقل از متن برای این زبان نوشت. پس این زبان مستقل از متن نیست. ■

مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{(ab)^n (cd)^n : n \geq 1\}$ بنویسید.

$$S \rightarrow aXd$$

$$X \rightarrow bSc \mid bc$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{(ab)^n (cde)^n : n \geq 1\}$ بنویسید.

$$S \rightarrow aXde$$

$$X \rightarrow bSc \mid bc$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{aa(bc)^n be(dde)^n : n \geq 0\}$ بنویسید.

$$S \rightarrow aaX$$

$$X \rightarrow bYe$$

$$Y \rightarrow cXdd \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{ab(bbaa)^n bba(ba)^n \mid n \geq 0\}$ بنویسید.

حل: در جملات این زبان ، تعداد bbaa با ba برابر است.

$$S \rightarrow abX$$

$$X \rightarrow bbYa$$

$$Y \rightarrow aaXb \mid \lambda$$



مثال

گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a^n b^k c^k d^n : n \geq 0, k \geq 1\}$ بنویسید.

$$S \rightarrow aSd \mid bXc \mid \lambda$$

$$X \rightarrow bXc \mid \lambda$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : n_a(w) = n_b(w)\}$ را بنویسید.

حل: زبان تولید شده شامل رشته‌هایی با تعداد a و b های برابر است. (جملات با a یا b شروع می‌شوند).

$$S \rightarrow SS \mid aSb \mid bSa \mid \lambda$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : n_a(w) = n_b(w) + 1\}$ را بنویسید.

حل: تعداد a ها یکی بیشتر از تعداد b ها می باشد.

$$S \rightarrow XaX$$

$$X \rightarrow XX \mid aXb \mid bXa \mid \lambda$$

به طور نمونه رشته $ababa$ را تولید می کند که شامل سه تا a و دو تا b است. نحوه تولید:

$$S \Rightarrow XaX \Rightarrow aXbaX \Rightarrow abaX \Rightarrow ababXa \Rightarrow ababa$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : n_a(w) > n_b(w)\}$ را بنویسید.

حل: تعداد a ها بیشتر از تعداد b ها می باشد.

$$S \rightarrow SS \mid aSb \mid bSa \mid aS \mid Sa \mid a$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w : |w| \bmod 3 \geq |w| \bmod 2\}$ را بنویسید. ($\Sigma = \{a\}$)

حل: طول رشته باید $6k$ ، $3k+1$ ، و یا $3k+2$ باشد.

$$S \rightarrow aX \mid aaX \mid Y$$

$$X \rightarrow aaaX \mid \lambda$$

$$Y \rightarrow aaaaaaY \mid \lambda$$



مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w \in \{a,b\}^* : ww^R\}$ را بنویسید.

حل: جمله های این زبان مانند abba است که نیمه دوم، معکوس نیمه اول است. ■ $S \rightarrow aSa \mid bSb \mid \lambda$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{w \in \{a,b\}^+ : ww^R\}$ را بنویسید.

حل: $S \rightarrow aSa \mid bSb \mid aa \mid bb$

■

مثال

گرامر تولید کننده زبان $\{w \in \{a,b\}^* : w = w^R\}$ را بنویسید.

حل: جمله های این زبان مانند aba است که از هر دو طرف یکسان خوانده می شوند.

$$S \rightarrow aX \mid bY \mid \lambda$$

$$X \rightarrow Sa \mid \lambda$$

$$Y \rightarrow Sb \mid \lambda$$

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{a^n ww^R b^n : n \geq 1, w \in \{a,b\}^*\}$ را بنویسید.

$$S \rightarrow aSb \mid aMb$$

$$M \rightarrow aMa \mid bMb \mid \lambda$$

■

مثال

گرامر تولید کننده زبان $L = \{uvw^R : u, v, w \in \{a,b\}^+, |u| = |w| = 2\}$ را بنویسید.

$$S \rightarrow XY$$

$$X \rightarrow aa \mid bb \mid ab \mid ba$$

$$Y \rightarrow aYa \mid bYb \mid aXa \mid bXb$$



مثال

گرامر مستقل از متن زیر چه زبانی را تولید می کند؟

$$S \rightarrow AB \mid \lambda$$

$$A \rightarrow 1A \mid S$$

$$B \rightarrow 0B \mid S$$

حل: زبان گرامر داده شده، زبان منظم $(1^*0^*)^+$ است. گرامر فوق یک گرامر مستقل از متن است که زبان

منظم تولید می کند. ■

مثال

گرامر مستقل از متن زیر چه زبانی را تولید می کند؟

$$S \rightarrow XYZ \mid \lambda$$

$$X \rightarrow aX \mid S$$

$$Y \rightarrow bY \mid S$$

$$Z \rightarrow cZ \mid S$$

حل: زبان گرامر داده شده، زبان منظم $(a^*b^*c^*)^+$ است. گرامر فوق یک گرامر مستقل از متن است که زبان

منظم تولید می کند. ■

گرامر منظم فقط زبان منظم تولید می کند، اما گرامر مستقل از متن علاوه بر زبان مستقل از متن، می تواند زبان منظم هم تولید کند. 

گرامر ساده (S-گرامر)

گرامر مستقل از متن $G = (V, T, S, P)$ در صورتی گرامر ساده نامیده می شود که تمامی قوانین آن به فرم $A \rightarrow aX$ باشند که در آن $X \in V^*$ و $a \in T$ و $A \in V$ و هر زوج (A, a) حداکثر یک بار در P وجود داشته باشد.

مثال

گرامر زیر یک گرامر ساده نمی باشد، چون زوج (S, a) در دو قانون ۱ و ۳ وجود دارد.

$$S \rightarrow aS$$

$$S \rightarrow bSS$$

$$S \rightarrow aSS$$

$$S \rightarrow c$$



مثال

یک s -گرامر برای $L = \{a^n b^n : n \geq 1\}$ بنویسید.

$$S \rightarrow aA$$

$$A \rightarrow aAB \mid b$$

$$B \rightarrow b$$



اگر G یک گرامر ساده باشد، آنگاه هر رشته w عضو $L(G)$ را می توان با مجموعه عملیات های متناسب با $|w|$ تجزیه کرد.

بسیاری از ویژگی های زبان های برنامه سازی، بوسیله گرامرهای ساده قابل توصیف هستند. در کامپایلرها بیشتر از گرامرهای LL و RR استفاده می شود.

بسته بودن زبان های مستقل از متن

خانواده زبان های مستقل از متن تحت اجتماع، الحاق، بستار ستاره ای، معکوس و هم ریختی بسته است و تحت اشتراک، مکمل گیری و تفاضل بسته نیست.

مثال

نشان دهید که خانواده زبان‌های مستقل از متن، تحت اشتراک بسته نیستند.

حل: دو زبان L_1 و L_2 مستقل از متن هستند، چون برای آنها می‌توان گرامر مستقل از متن نوشت:

$$L_1 = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

اما اشتراک این دو زبان یعنی $\{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ ، مستقل از متن نیست.

■

اگر L_1 مستقل از متن و L_2 یک زبان منظم باشد، آنگاه $L_1 \cap L_2$ مستقل از متن است. این خاصیت، بسته بودن تحت اشتراک منظم خوانده می‌شود.

مثال

آیا زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 0, n \neq 3\}$ مستقل از متن است؟

حل: می‌توان زبان L را به صورت $L = \{a^n b^n : n \geq 0\} \cap \overline{L_1}$ نوشت که $L_1 = \{a^3 b^3\}$ است. بنابراین زبان L از اشتراک یک زبان مستقل از متن با زبان منظم تشکیل شده که با توجه به نکته قبل، زبان L مستقل از متن است. (علت منظم بودن $\overline{L_1}$: زبان L_1 متناهی است، بنابراین منظم نیز هست. از طرفی زبان‌های منظم تحت مکمل‌گیری بسته هستند.) ■

مثال

آیا زبان $L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) = n_b(w) = n_c(w)\}$ ، مستقل از متن است؟

حل: خیر- اشتراک این زبان با زبان منظم $L(a^* b^* c^*)$ برابر $\{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ می‌باشد که می‌دانیم مستقل از متن نمی‌باشد. بنابراین L مستقل از متن نیست. (با توجه به قضیه اشتراک منظم) ■

مثال

آیا مکمل زبان $L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) = n_b(w) = n_c(w)\}$ ، مستقل از متن است؟

حل: بله - مکمل این زبان از اجتماع چهار حالت زیر تشکیل شده:

$$n_a(w) > n_c(w) - ۴ \quad n_a(w) < n_c(w) - ۳ \quad n_a(w) > n_b(w) - ۲ \quad n_a(w) < n_b(w) - ۱$$

قبلا نشان داده شد که تمامی این چهار حالت مستقل از متن هستند (برای آنها گرامر مستقل از متن نوشته شد). از آنجا که زبانهای مستقل از متن تحت اجتماع بسته هستند، اجتماع این چهار حالت نیز مستقل از متن است. ■

مثال

نشان دهید زبانهای مستقل از متن تحت متمم بسته نیستند.

حل: زبان های زیر و متمم آنها مستقل از متن هستند:

$$L_1 = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\} \quad L_2 = \{a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

بنابراین $L = \overline{L_1} \cup \overline{L_2}$ مستقل از متن است. متمم زبان L برابر است با:

$$\overline{L} = \overline{\overline{L_1} \cup \overline{L_2}} = L_1 \cap L_2$$

حاصل $L_1 \cap L_2$ برابر $\{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ است که مستقل از متن نیست. ■

مثال

فرض کنید $L = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ ، باشد که زبانی مستقل از متن است. آیا زبان L^* نیز مستقل از متن است؟

حل: بله - چون می توان برای آن یک گرامر مستقل از متن به صورت زیر نوشت:

$$S \rightarrow SA | \lambda$$

$$A \rightarrow aAb | \lambda$$

■

برای اینکه ثابت کنیم یک زبان مستقل از متن نیست، کافی است حاصل اجتماع آن با یک زبان مستقل از متن، مستقل از متن نباشد. چون زبانهای مستقل از متن نسبت به عمل اجتماع بسته هستند.

✍ اگر L_1 مستقل از متن و L_2 یک زبان منظم باشد، آنگاه $L_1 - L_2$ مستقل از متن است. این خاصیت، بسته بودن تحت تفاضل منظم خوانده می شود.

✍ اگر زبانی و متمم آن هر دو مستقل از متن باشند، آنگاه آن زبان لزوماً منظم نیست.

لم تزریق برای زبان های مستقل از متن

به کمک لم تزریق می توان تشخیص داد که یک زبان مستقل از متن نیست.

لم تزریق: فرض کنید L یک زبان مستقل از متن نامتناهی باشد. آنگاه عدد صحیح و مثبت m وجود دارد، بطوریکه هر w متعلق به L با فرض $|w| \geq m$ را می توان به صورت $w = uvxyz$ با شرایط $|vxy| \leq m$ و $|vy| \geq 1$ چنان تجزیه کرد که به ازای هر $i = 0, 1, 2, \dots$ داشته باشیم: $uv^i xy^i z \in L$

مثال

به کمک لم تزریق، نشان دهید که زبان $L = \{a^n b^n c^n : n > 0\}$ مستقل از متن نیست.

حل: فرض کنیم که L مستقل از متن باشد. حال رشته $w = a^n b^n c^n$ متعلق به L را به ۵ قسمت تجزیه کرد:

$$x = a^n, y = b, z = b^{n-2}, u = b, v = c^n$$

حال باید به ازای تمام $i \geq 0$ ، رشته $uv^i xy^i z \in L$ باشد، ولی به ازای $i=2$ این چنین

$$a^n b^i b^{n-2} b^i c^n = a^n b^2 b^{n-2} b^2 c^n = a^n b^{n+2} c^n \notin L \text{ نیست:}$$

تذکر مهم: با اعمال قوانین لم تزریق روی زبان $L = \{a^n b^n : n > 0\}$ ، متوجه می شویم که به ازای هر مقدار i ، رشته تزریق شده در L است. از این موضوع نمی توان نتیجه گرفت که L مستقل از متن است و فقط می توان گفت که از لم تزریق نتوانستیم نتیجه ای بگیریم.

مثال

توسط لم تزریق می توان نشان داد که زبانهای زیر مستقل از متن نمی باشند:

$\{ww : w \in \{a,b\}^*\}$	$\{a^n b^m : n \text{ اول است یا } m \text{ اول است}\}$
$\{ww^R w : w \in \{a,b\}^*\}$	$\{a^n b^m : n \text{ اول است و } m \text{ اول نیست}\}$
$\{w : n_a(w) < n_b(w) < n_c(w)\}$	$\{a^n b^m : m, n \text{ هر دو اول هستند}\}$

$\{w : n_a(w) / n_b(w) = n_c(w)\}$	$\{a^n b^m : n = m^2\}$
$\{w : n_a(w) = n_b(w) = n_c(w)\}$	$\{a^n b^m : n \leq m^2\}$
$\{w \in \{a, b, c\}^* : n_a^2(w) + n_b^2(w) = n_c^2(w)\}$	$\{a^n b^m c^k : k = mn\}$
$\{a^n : n \text{ یک عدد اول است}\}$	$\{a^n b^n c^m : n \neq m\}$
$\{a^{n!} : n > 0\}$	$\{a^n b^m c^k : k > n, k > m\}$
$\{a^{n^2} : n \geq 0\}$	$\{a^n b^m c^k : n < m, n \leq k \leq m\}$
$\{a^{nm} : m, n \text{ هر دو اول هستند}\}$	
$\{a^n b^m a^n b^m : n \geq 0, m \geq 0\}$	

گرامر خطی

گرامر خطی، گرامر مستقل از متنی است که در سمت راست تمام قواعد آن، حداکثر یک متغیر وجود داشته باشد. زبان مستقل از متن L در صورتی خطی خوانده می شود که گرامر مستقل از متن خطی G وجود داشته باشد، بطوریکه $L = L(G)$ باشد.

مثال

آیا زبان $\{a^n b^m : m \leq n \leq 2m - 1\}$ خطی است؟

حل: بله - چون می توان یک گرامر خطی برای آن نوشت:

$$S \rightarrow aAb \mid aaBb$$

$$A \rightarrow aAb \mid \lambda$$

$$B \rightarrow aaBb \mid aBb \mid ab \mid b$$



مثال

آیا زبان $\{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$ خطی است؟

حل: بله- چون می توان یک گرامر خطی برای آن نوشت:

$$S \rightarrow Sc \mid aAb \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aAb \mid \lambda$$



مثال

■ زبان $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ خطی است، چون می توان یک گرامر خطی برای آن نوشت.

مثال

نشان دهید زبان های خطی تحت اشتراک بسته نمی باشند.

حل: دو زبان زیر خطی هستند، چون می توان برای آنها یک گرامر خطی نوشت:

$$L_1 = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

اشتراک این دو زبان برابر است با:

$$L_1 \cap L_2 = \{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$$

این زبان خطی نیست. (حتی مستقل از متن هم نیست)



چند نکته:

۱- تمامی زبان های خطی، مستقل از متن هستند. اما راجع به حالت عکس، نمی توان با قاطعیت حرفی زد.

۲- خانواده زبان های خطی یکی از زیر مجموعه های مناسب خانواده زبان های مستقل از متن هستند.

۳- خانواده زبان های خطی، تحت اجتماع و هم ریختی و معکوس بسته است اما تحت اشتراک و الحاق بسته نیست.

۴- اگر L_1 خطی و L_2 منظم باشد، آنگاه $L_1 L_2$ یک زبان خطی است.

لم تزریق برای زبانهای خطی:

فرض کنید L یک زبان خطی نامتناهی باشد. آنگاه عدد صحیح و مثبت m وجود دارد، بطوریکه هر w متعلق به L با فرض $|w| \geq m$ را می توان به صورت $w = uvxyz$ با شرایط $|uvyz| \leq m$ و $|vy| \geq 1$ چنان تجزیه کرد که به ازای هر $i = 0, 1, 2, \dots$ داشته باشیم: $uv^i xy^i z \in L$

مثال

به کمک لم تزریق می توان نشان داد که زبان $\{w \in \{a, b\}^* : n_a(w) = n_b(w)\}$ خطی نمی باشد. ■

تمرین فصل ۴

۱- گرامر G و زبان L_1 به صورت زیر مفروض است. آیا $L_1 = L(G)$ ؟

$$G : S \rightarrow aSb \mid SS \mid \lambda$$

$$L_1 = \{w \in \{a,b\}^* : n_a(w) = n_b(w)\}$$

۲- آیا گرامرهای زیر هم ارز می باشند؟

$$G_1 : S \rightarrow aSb \mid bSa \mid SS \mid a$$

$$G_2 : S \rightarrow aSb \mid bSa \mid a$$

۳- گرامرهای زیر چه زبانی را تولید می کنند؟

الف	ب	پ	ت
$S \rightarrow AB$ $A \rightarrow xAy \mid \lambda$ $B \rightarrow zB \mid \lambda$	$S \rightarrow AB$ $A \rightarrow xAy \mid \lambda$ $B \rightarrow yBz \mid \lambda$	$S \rightarrow xSz \mid A$ $A \rightarrow yAz \mid \lambda$	$S \rightarrow Sz \mid Az$ $A \rightarrow xAy \mid xy$

۴- گرامرهای زیر چه زبانی را تولید می کنند؟

الف	ب	پ	ت
$S \rightarrow aSb \mid a \mid b$	$S \rightarrow AB$ $A \rightarrow xA \mid \lambda$ $B \rightarrow yBz \mid \lambda$	$S \rightarrow AM \mid MB$ $M \rightarrow aMb \mid \lambda$ $A \rightarrow aA \mid a$ $B \rightarrow bB \mid b$	$S \rightarrow aAb \mid bBa$ $A \rightarrow aaAb \mid ab$ $B \rightarrow bBa \mid a$

۵- گرامرهای زیر چه زبانی را تولید می کنند؟

الف	ب	پ	ت
$S \rightarrow aA$ $A \rightarrow bBaa$ $B \rightarrow ccAd \mid \lambda$	$S \rightarrow abA$ $A \rightarrow cdBb$ $B \rightarrow aAba \mid \lambda$	$S \rightarrow 0S1 \mid 1S0 \mid AA$ $A \rightarrow 0A \mid A1 \mid \lambda$	$S \rightarrow aSb \mid bY \mid Ya$ $Y \rightarrow aY \mid bY$

۶- گرامر زیر، چه زبانی را توصیف می کند؟

$$S \rightarrow ABC$$

$$A \rightarrow 0A1 \mid \lambda$$

$$B \rightarrow 1B \mid 1$$

$$C \rightarrow 1C0 \mid \lambda$$

۷- دو گرامر معادل با گرامر $S \rightarrow SS \mid (S) \mid \lambda$ بنویسید.

۸- یک گرامر مستقل از متن برای زبان زیر بنویسید.

$$L_1 = \{w \in \{a,b\}^* : n_a(v) \geq n_b(v) \text{ : } w \text{ پیشوند } v \text{ برای هر } v\}$$

$$L_2 = \{w \in \{a,b\}^* : n_a(w) = n_b(w), n_a(v) \geq n_b(v) \text{ : } w \text{ پیشوند } v \text{ برای هر } v\}$$

۹- آیا زبان زیر مستقل از متن است؟

$$L = \{a^n b^n : n \geq 0, \Pi \text{ مضربی از } 5 \text{ نیست}\}$$

۱۰- گرامری بنویسید که همه رشته های دارای حداقل سه a را تولید کند. $\Sigma = \{a,b\}$

۱۱- گرامر مستقل از متنی برای مجموعه تمام عبارات منظم روی الفبای $\{a,b\}$ بنویسید.

۱۲- گرامری برای مجموعه اعداد صحیح در C بنویسید. (بدون محدودیت برای تعداد ارقام)

۱۳- کدام یک از زبانهای زیر، مستقل از متن است؟

$$\text{الف- } L = \{a^n w w^R a^n : w \in (a+b)^*, n \geq 0\}$$

$$\text{ب- } L = \{a^m c b^n : m \neq n\} \cup \{a^m d b^{2m} : m \geq 0\}$$

$$\text{پ- } L = \{a^n b^m c^n : n \geq m \geq 0\} \cup \{a^i b^j c^i : j > i \geq 0\}$$

$$\text{ت- } L = \{a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0\} \cap \{a^{2n} b^{2n} c^{2m} : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$\text{ث- } L = \{a^* b^* c^*\} \cap \{w : w \in (a+b+c)^*, n_a(w) = n_b(w) = n_c(w)\}$$

۱۴- گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{(abc)^n (defg)^n : n \geq 1\}$ بنویسید.

۱۵- گرامر مستقل از متنی برای زبان $L = \{a(bcd)^n bce(fe)^n : n \geq 0\}$ بنویسید.

۱۶- گرامر تولید کننده هر زبان را بنویسید.

$$\text{الف- } (\Sigma = \{a\}) L = \{w : |w| \bmod 3 \neq |w| \bmod 2\}$$

$$\text{ب- } \Sigma = \{a, b\} \quad L = \{w : n_a(w) = 2n_b(w)\}$$

$$\text{پ- } \Sigma = \{a, b, c\} \quad L = \{w : n_a(w) = n_b(w) + 1\}$$

$$\text{ت- } L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) + n_b(w) < n_c(w)\}$$

$$\text{ث- } L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) + n_b(w) > n_c(w)\}$$

$$\text{ج- } L = \{a^n b^m c^k : n + 2m = k\}$$

$$\text{چ- } L = \{a^n b^m c^k : n = m \text{ or } m \leq k\}$$

$$\text{ح- } L = \{w_1 c w_2 : w_1, w_2 \in \{a, b\}^+, w_1 \neq w_2^R\}$$

۱۷- با توجه به زبان $L = \{a^m b^m : m \geq 0\}$ ، آیا $L^3 \cap L^4$ مستقل از متن است؟

۱۸- آیا $L_1 \cap L_2 \cap L_3$ ، مستقل از متن است؟

$$L_1 = \{a^p b^q a^p b^s : p, q, s \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^p b^p a^r b^s : p, r, s \geq 0\}$$

$$L_3 = \{a^p b^q a^r b^p : p, q, r \geq 0\}$$

۱۹- آیا زبان L ، مستقل از متن است؟

$$L = \{a^i b^j c^k : i, j, k \geq 0\} \cap \{w \in \{a, b, c\}^* : |w|_a = |w|_b\}$$

۲۰- آیا متمم زبان $L = \{0^n 1^n 0^n : n \in N\}$ مستقل از متن است؟

۲۱- با توجه به زبان $L = \{(ab)^n (cd)^n : n \geq 0\}$ ، آیا L^* مستقل از متن است؟

۲۲- با فرض اینکه $L \subseteq \{1\}^*$ یک زبان باشد، در مورد نوع زبان L چه می توان گفت؟

۲۳- فرض کنید L_1 زبانی منظم و L_2, L_3 زبان های مستقل از متن باشند، آیا زبان $(L_2 \cup L_3) - L_1$ مستقل از متن است؟

۲۴- آیا زبان $L = \{a^i b^j c^k : i, j, k \geq 1, k \leq \max(i, j)\}$ مستقل از متن است؟

۲۵- زبان های منظم A و B را روی حروف الفبای Σ در نظر بگیرید. اگر تعریف کنیم $L = \bigcup_{n=1}^{\infty} (A^n \cap B^n)$ ،

آیا در رابطه با L چه می توان گفت؟

۲۶- اگر L_1 مستقل از متن و L_2 چنین نباشد، آیا $L_1 \cap L_2$ مستقل از متن است؟

۲۷- آیا زبان $L = \{a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$ خطی است؟

۲۸- آیا زبان $L = \{a^m b^n c^k : m > 5, n + k = 3t\}$ ، مستقل از متن است؟ $(m, n, k, t \in N)$

۲۹- اگر زبان تولید شده توسط گرامر زیر را L بنامیم، آیا رابطه $L = L^*$ برقرار است؟

$$\begin{aligned} S &\rightarrow Ab \\ A &\rightarrow aAb \mid \lambda \end{aligned}$$

۳۰- اگر زبان تولید شده توسط گرامر زیر را L بنامیم، آیا رابطه $L = L^*$ برقرار است؟

$$S \rightarrow SS \mid aSb \mid bSa \mid \lambda$$

۳۱- اگر $L = \{a^n b^m : n \geq 0, n < m\}$ باشد، آنگاه گرامری برای L^2 بنویسید.

۳۲- اگر $L = \{a^n b^m : n \geq 0, n < m\}$ باشد، آنگاه گرامری برای L^* بنویسید.

۳۳- یک گرامر که مجموعه اعداد صحیح در زبان C را تولید می کند را بنویسید.

۳۴- گرامر زیر چه زبانی را تولید می کند.

$$S \rightarrow bN \mid BN \mid AM$$

$$N \rightarrow aN \mid bN \mid \lambda$$

$$B \rightarrow aBb \mid b$$

$$A \rightarrow aAb \mid a$$

$$M \rightarrow aN \mid \lambda$$

۳۵- کدام یک از زبانهای زیر، مستقل از متن است؟ (Γ و Q دو عدد صحیح و ثابت و مثبت می باشند).

$$L = \{1^{r+mq} 0^{rq} : m \geq 0\} \text{ - الف}$$

$$L = \{1^{r+mq} 0^{rm} : m \geq 0\} \text{ - ب}$$

۳۶- آیا زبان $L = \{a^n b^m a^p b^q : n + m \leq p + q\}$ مستقل از متن است؟

۳۷- کدام یک از زبانهای زیر خطی و کدام یک معین می باشند؟

$$L_1 = \{w \in \{a, b\}^* : n_a(w) = n_b(w)\}$$

$$L_2 = \{a^n b^n : n > 0\} \cup \{a^n b^{2n} : n > 0\}$$

۳۸- مثالی از ترکیبات زبان C بزنید، که توسط گرامر مستقل از متن، قابل توصیف نباشد.

۳۹- نشان دهید که برای هر گرامر مستقل از متن، یک گرامر معادل وجود دارد که قوانین آن به صورت $A \rightarrow aBC$ یا $A \rightarrow \lambda$ باشند.

$$A, B, C \in V$$

$$a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$$

۴۰- گرامر تولید کننده زبان را بنویسید.

$$L = \{w \in \{a, b\}^* : n_a(w) = n_b(w) \text{ و } w \text{ شامل زیر رشته } aab \text{ نیست}\}$$

فرادرس

فرادرس

فرادرس

پاسخ تمرین فصل ۴

۱- خیر، گرامر G رشته‌هایی را تولید می‌کند که تعداد a و b در آنها برابر است و حتماً باید با a شروع شوند که این موضوع در زبان L_1 قید نشده است، بنابراین L_1 با $L(G)$ برابر نیست.

۲- خیر، چون رشته aa توسط گرامر اول تولید می‌شود، اما توسط گرامر دوم تولید نمی‌شود.

۳- زبان هر گرامر به صورت زیر است:

$$\text{الف- } L = \{x^n y^n z^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

قانون $A \rightarrow xAy$ رشته‌هایی به فرم $x^n y^n$ و قانون $B \rightarrow zB$ رشته‌هایی به فرم z^m تولید می‌کنند. در نهایت به علت وجود قانون $S \rightarrow AB$ ، رشته‌هایی به فرم $x^n y^n z^m$ تولید می‌شود.

$$\text{ب- } L = \{x^n y^k z^m : k = n + m, n \geq 0, m \geq 0\}$$

قانون $A \rightarrow xAy$ رشته‌هایی به فرم $x^n y^n$ و قانون $B \rightarrow yBz$ رشته‌هایی به فرم $y^m z^m$ تولید می‌کنند. در نهایت به علت وجود قانون $S \rightarrow AB$ ، رشته‌هایی به فرم $x^n y^n y^m z^m$ تولید می‌شود.

$$\text{پ- } L = \{x^n y^m z^t : t = n + m, n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$\text{ت- } L = \{x^n y^n z^k : n \geq 1, k \geq 1\}$$

۴- زبان هر گرامر برابر است با:

$$\text{الف- } L = \{a^n b^{n+1} : n \geq 1\} \cup \{a^{n+1} b^n : n \geq 1\}$$

$$\text{ب- } L = \{x^m y^n z^n : n \geq 0, m \geq 0\}$$

قانون $A \rightarrow xA$ رشته‌هایی به فرم x^m و قانون $B \rightarrow yBz$ رشته‌هایی به فرم $y^n z^n$ تولید می‌کنند. در نهایت به علت وجود قانون $S \rightarrow AB$ ، رشته‌هایی به فرم $x^m y^n z^n$ تولید می‌شود.

$$\text{پ- } L = \{a^n b^m : n \neq m\} \text{ (یا } a^+ a^n b^n + a^n b^n b^+ \text{)}$$

ت- $L = \{a^2 a^{2k} b^k b^2 : k \geq 0\} \cup \{b^t a^{t+1} : t \geq 1\}$ رشته‌هایی که به کمک قوانین $S \rightarrow aAb, A \rightarrow aaAb \mid ab$ تولید می‌شود به فرم $a^2 a^{2k} b^k b^2$ می‌باشد ($k \geq 0$) و رشته‌هایی که به کمک قوانین $S \rightarrow bBa, B \rightarrow bBa \mid a$ تولید می‌شود به فرم $b^t a^{t+1}$ می‌باشد. ($t \geq 1$).

۵- زبان هر گرامر برابر است با:

$$\text{الف- } L = \{a(bcc)^n baa(daa)^n : n \geq 0\}$$

$$\text{ب- } L = \{ab(cda)^n cdb(bab)^n : n \geq 0\}$$

$$\text{پ- } 0^n AA1^n + 1^n AA0^n = 0^n (0+1)^* 1^n + 1^n (0+1)^* 0^n = (0+1)^*$$

ت- $\{a^n b^n : n \geq 0\}$ یعنی تمامی رشته‌ها در $\{a, b\}^*$ به غیر از $\{a^n b^n : n \geq 0\}$.

۶- قانون $\lambda \mid A \rightarrow 0A1$ زبان $0^n 1^n$ ، قانون $\lambda \mid B \rightarrow 1B$ زبان 1^+ و قانون $\lambda \mid C \rightarrow 1C0$ ، زبان $1^m 0^m$ را تولید می‌کنند. در نهایت به علت وجود $S \rightarrow ABC$ ، این گرامر زبان زیر را تولید می‌کند:

$$\{0^n 1^{n+1} 1^m 0^m\} = \{0^n 1^{n+m+t} 0^m : t > 0, n \geq 0, m \geq 0\}$$

که می‌توان آن را به صورت $L = \{0^i 1^j 0^k : j > i + k\}$ نشان داد.

۷- دو گرامر زیر با گرامر $\lambda \mid S \rightarrow SS \mid (S)$ معادل هستند:

$$G1: S \rightarrow S(S) \mid \lambda$$

$$G2: S \rightarrow S(SS) \mid \lambda$$

۸- گرامر برای L_1 :

$$G1: S \rightarrow aS \mid aSbS \mid \lambda$$

گرامر برای L_2 :

$$G2: S \rightarrow aSb \mid SS \mid \lambda$$

۹- بله- چون می‌توان برای آن یک گرامر مستقل از متن به صورت زیر نوشت:

$$S \rightarrow a^5 S b^5 \mid a^4 b^4 \mid a^3 b^3 \mid a^2 b^2 \mid ab$$

۱۰- ابتدا سه a تولید کرده و سپس تعداد دلخواهی a و b را در هر جای دلخواه از رشته اضافه می کنیم:

$$S \rightarrow XaXaXaX$$

$$X \rightarrow aX \mid bX \mid \lambda$$

۱۱- گرامر مورد نظر عبارت است از:

$$E \rightarrow E + E \mid E.E \mid E^* \mid (E) \mid \lambda \mid \phi \mid a \mid b$$

۱۲- گرامر مورد نظر عبارت است از:

$$S \rightarrow AB$$

$$A \rightarrow + \mid - \mid \lambda$$

$$B \rightarrow D \mid DB$$

$$D \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9$$

۱۳- بررسی گزاره ها:

الف- بله، چون می توان یک گرامر مستقل از متن برای آن ارائه داد:

$$S \rightarrow aSa \mid bMb$$

$$M \rightarrow aMa \mid bMb \mid \lambda$$

ب- بله، چون می توان یک گرامر مستقل از متن برای آن ارائه داد:

$$S \rightarrow A \mid B$$

$$A \rightarrow aAb \mid aA \mid Ab \mid ac \mid cb$$

$$B \rightarrow aBbb \mid d$$

پ- زبان L به صورت $\{a^n b^k c^n : n, k \geq 0\}$ است که مستقل از متن می باشد.

ت- این زبان به صورت $L = \{a^{2n} b^{2n} c^{2m} : n \geq 0, m \geq 0\}$ است، که مستقل از متن می باشد.

ث- زبان L برابر $\{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ است، که مستقل از متن نمی باشد.

۱۴- این گرامر به صورت زیر است:

$$S \rightarrow abXefg$$

$$X \rightarrow cSd \mid cd$$

۱۵- این گرامر به صورت زیر است:

$$S \rightarrow aX$$

$$X \rightarrow bcYe$$

$$Y \rightarrow dXf \mid \lambda$$

۱۶- گرامر تولید کننده هر زبان را بنویسید.

الف- طول رشته نباید $6k+1$ ، $6k$ باشد.

$$S \rightarrow aaaaaaS \mid aa \mid aaa \mid aaaa \mid aaaaa$$

ب- گرامر به صورت زیر است:

$$S \rightarrow SS \mid \lambda$$

$$S \rightarrow aabS \mid aaSb \mid aSab \mid Saab$$

$$S \rightarrow abaS \mid abSa \mid aSba \mid Saba$$

$$S \rightarrow baaS \mid baSa \mid bSaa \mid Sbaa$$

پ-

$$S \rightarrow NXNaNXN$$

$$X \rightarrow aXb \mid bXa \mid XN \mid NX \mid \lambda$$

$$N \rightarrow cN \mid \lambda$$

ت-

$$S \rightarrow aSc \mid bSc \mid cSa \mid cSb \mid SS \mid XS \mid c$$

$$X \rightarrow cX \mid \lambda$$

ث-

$$S \rightarrow aSc \mid bSc \mid cSa \mid cSb \mid SS \mid AS \mid BS \mid a \mid b$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bB \mid \lambda$$

ج-

$$S \rightarrow aSc \mid A$$

$$A \rightarrow bAcc \mid \lambda$$

چ-

$$S \rightarrow ND \mid AMD$$

$$N \rightarrow aNb \mid \lambda$$

$$M \rightarrow bMc \mid \lambda$$

$$D \rightarrow cD \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

ح-

$$S \rightarrow A \mid c$$

$$A \rightarrow aAa \mid bAb \mid aMb \mid bMa \mid aNc \mid bNc \mid cNa \mid cNb$$

$$M \rightarrow aM \mid bM \mid cN$$

$$N \rightarrow aN \mid bN \mid \lambda$$

۱۷- بله- زبان L^3 و L^4 به صورت زیر می باشند:

$$L^3 = \{a^m b^m a^n b^n a^p b^p : m, n, p \geq 0\}$$

$$L^4 = \{a^m b^m a^n b^n a^p b^p a^k b^k : m, n, p, k \geq 0\}$$

اشتراک آنها برابر L^3 است که مستقل از متن است.

۱۸- هر ۳ زبان مستقل از متن است، اما اشتراک آنها $\{a^n b^n a^n b^n : n \geq 0\}$ مستقل از متن نمی باشد.

۱۹- بله- زبان L حاصل اشتراک یک زبان مستقل از متن و یک زبان منظم است، بنابراین مستقل از متن است.

۲۰- متمم زبان داده شده یعنی $\{0^n 1^m 0^k : n \neq m \neq k\}$ مستقل از متن است. (خود زبان L مستقل از متن نیست).

۲۱- بله- زبان L مستقل از متن می باشد و چون زبان مستقل از متن تحت بستار بسته است، بنابراین L^* نیز مستقل از متن است.

۲۲- این زبان حتما مستقل از متن نیست. مانند $L = \{1^n : n > 0\}$. البته اگر بدانیم L مستقل از متن است، آنگاه L حتما منظم خواهد بود.

۲۳- بله- زبان $(L_2 \cup L_3) - L_1$ را به صورت $(L_2 \cup L_3) \cap \bar{L}_1$ می نویسیم. می دانیم که:

الف- زبانهای مستقل از متن نسبت به اجتماع بسته هستند، پس $L_2 \cup L_3$ مستقل از متن است.

ب- زبان منظم نسبت به عمل متمم بسته است، پس $\bar{L}_1$ منظم است.

ج- اشتراک یک زبان مستقل از متن با یک زبان منظم، زبانی است مستقل از متن.

در نتیجه زبان $(L_2 \cup L_3) \cap \bar{L}_1$ مستقل از متن است.

۲۴- بله- زبان L با شرط $k \leq \max(i, j)$ ، از اجتماع دو زبان با شرطهای $k \leq i$ و $k \leq j$ تشکیل شده:

$$L = \{a^i b^j c^k : i, j, k \geq 1, k \leq i\} \cup \{a^i b^j c^k : i, j, k \geq 1, k \leq j\}$$

بنابراین چون این دو زبان مستقل از متن بوده و زبان های مستقل از متن تحت اجتماع بسته هستند، زبان L نیز مستقل از متن می باشد.

۲۵- بله- چون A و B منظم هستند، آنگاه برای هر n عبارت $(A^n \cap B^n)$ منظم بوده ولی چون زبانهای منظم تحت اجتماع نامتناهی یعنی $L = \bigcup_{n=1}^{\infty} (A^n \cap B^n)$ ، بسته نمی باشند، زبان L لزوما منظم نیست ولی حتما مستقل از متن می باشد.

۲۶- اگر L_1 مستقل از متن و L_2 منظم باشد، آنگاه $L_1 \cap L_2$ مستقل از متن است. اما در این گزینه در مورد زبان L_2 اطلاعی نداریم و در نتیجه $L_1 \cap L_2$ ممکن است مستقل از متن باشد و ممکن است نباشد.

۲۷- بله- چون می توان یک گرامر خطی برای آن نوشت:

$$S \rightarrow aS \mid bAc \mid \lambda$$

$$A \rightarrow bAc \mid \lambda$$

۲۸- با توجه به محدودیت های داده شده (تعداد a بیشتر از 5 و مجموع تعداد b ها و c ها مضرب 3 باشد)، زبان داده شده منظم است، و در نتیجه مستقل از متن نیز هست.

۲۹- خیر- زبان گرامر برابر $L = \{a^n b^{n+1} : n \geq 0\}$ است که شامل λ نیست. پس $L \neq L^*$.

۳۰- بله- زبان گرامر برابر $L = \{w : n_a(w) = n_b(w)\}$ است. اگر L^* را به واحدهای شامل یک L تقسیم کنیم، در هر کدام از آنها تعداد a با b برابر است. پس $L = L^*$.

۳۱- زبان L^2 برابر $L^2 = \{a^n b^m a^p b^q : n \geq 0, n < m, p \geq 0, p < q\}$ است. گرامر آن برابر است با:

$$S \rightarrow XX$$

$$X \rightarrow aXb \mid bY$$

$$Y \rightarrow bY \mid \lambda$$

۳۲- گرامر برابر است با:

$$S \rightarrow SS \mid X \mid \lambda$$

$$X \rightarrow aXb \mid bY$$

$$Y \rightarrow bY \mid \lambda$$

۳۳- گرامر برابر است با:

$$S \rightarrow IDA$$

$$I \rightarrow + \mid - \mid \lambda$$

$$D \rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid \dots \mid 9$$

$$A \rightarrow DA \mid \lambda$$

۳۴- متمم زبان $L = \{a^n b^m : n \geq 0\}$.

۳۵- بررسی زبان ها:

الف-خیر، با فرض اینکه $r=2, q=3$ داریم: $L = \{1^{2+3m} 0^6 : m \geq 0\}$. در این صورت، تعداد صفرها ثابت شده و وابستگی به تعداد 1 ها ندارد. پس زبان منظم می باشد.

ب- بله، با فرض اینکه $r=2, q=3$ داریم: $L = \{1^{2+3m}0^{2m} : m \geq 0\}$. در این صورت، 0 و 1 به یکدیگر وابسته هستند و در نتیجه زبان مستقل از متن است.

زبان را می توان به صورت $(0^r)^m 1^r (1^q)^m$ نشان داد. به علت وابستگی توانی و محدود نبودن m ، نمی توان یک گرامر منظم طراحی کرد. اما می توان یک گرامر مستقل از متن برای آن طراحی کرد.

۳۶- بله- چون می توان برای آن یک گرامر مستقل از متن نوشت:

$$S \rightarrow aSb \mid Sb \mid bAa \mid aBa \mid \lambda$$

$$A \rightarrow bAa \mid Aa \mid \lambda$$

$$B \rightarrow aBa \mid bAa \mid Ba \mid \lambda$$

۳۷- زبان مستقل از متن L_1 معین است ولی خطی نیست. زبان L_2 خطی است ولی معین نیست.

۳۸- تعریف توابع در C ، توسط گرامر مستقل از متن، قابل توصیف نیست، چون ترتیب توابع در این زبان مهم نیست.

۳۹- هر گرامر مستقل از متن را می توان به فرم نرمال چامسکی در آورد. پس ابتدا گرامر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کرده و سپس قواعد به فرم $A \rightarrow a$ را حذف کرده و به جای آن قواعد زیر را قرار می دهیم:

$$A \rightarrow aMN$$

$$M \rightarrow \lambda$$

$$N \rightarrow \lambda$$

قواعد دیگر نیازی به تغییر ندارند، چون قواعد به فرم $A \rightarrow BC$ در فرم مطلوب هستند. a در قواعد $A \rightarrow aBC$ می تواند λ باشد.

فصل ۵

ابهام - ساده سازی گرامر - فرمهای نرمال

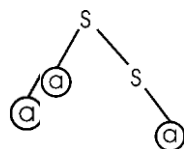
ابهام در گرامر و زبان

گرامر مستقل از متن G در صورتی مبهم خوانده می شود که یک رشته $w \in L(G)$ وجود داشته باشد که حداقل دو درخت اشتقاق مجزا داشته باشد. به بیان دیگر، ابهام به طور ضمنی به معنای وجود دو یا چند اشتقاق چپ ترین یا راست ترین، نیز می باشد.

مثال

آیا گرامر $S \rightarrow aS \mid aa \mid a$ مبهم است؟

حل: بله - چون به طور نمونه برای تولید رشته aa ، دو درخت اشتقاق وجود دارد:



مثال

آیا گرامر زیر مبهم است؟

$$S \rightarrow AB \mid aaB$$

$$A \rightarrow a \mid Aa$$

$$B \rightarrow b$$

حل: بله- چون به طور نمونه برای تولید رشته abb ، دو اشتقاق چپ وجود دارد:

$$1: S \Rightarrow aaB \Rightarrow aab$$

$$2: S \Rightarrow AB \Rightarrow AaB \Rightarrow aaB \Rightarrow aab$$



مثال

آیا گرامر $S \rightarrow aSbS \mid bSaS \mid \lambda$ مبهم است؟

حل: بله- چون به طور نمونه برای تولید رشته $abab$ ، دو اشتقاق چپ وجود دارد:

$$1: S \Rightarrow aSbS \Rightarrow abSaSbS \Rightarrow abaSbS \Rightarrow ababS \Rightarrow abab$$

$$2: S \Rightarrow aSbS \Rightarrow abS \Rightarrow abaSbS \Rightarrow ababS \Rightarrow abab$$



مثال

آیا گرامر $S \rightarrow aSb \mid SS \mid \lambda$ مبهم است؟

حل: بله- چون به طور نمونه برای تولید رشته ab ، دو اشتقاق چپ وجود دارد:

$$1: S \Rightarrow aSb \Rightarrow ab$$

$$2: S \Rightarrow SS \Rightarrow aSbS \Rightarrow abS \Rightarrow ab$$

مثال

آیا زبان تولید شده توسط گرامر مبهم $S \rightarrow aSb \mid SS \mid \lambda$ ، مبهم است؟

حل: خیر- چون می توان یک گرامر غیر مبهم نظیر این گرامر نوشت:

$$S \rightarrow A \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aAb \mid ab \mid AA$$



مثال

آیا گرامر زیر مبهم است؟

$$S \rightarrow aB \mid A$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bB \mid a$$

حل: بله- چون به طور نمونه برای تولید رشته aa، دو اشتقاق چپ وجود دارد:

$$1: S \Rightarrow A \Rightarrow aA \Rightarrow aaA \Rightarrow aa$$

$$2: S \Rightarrow aB \Rightarrow aa$$

بنابراین گرامر منظم نیز می تواند مبهم باشد.



خانواده زبان های مستقل از متن غیر مبهم، تحت اجتماع بسته نمی باشند.

مثال

نشان دهید زبان $L = \{a^n b^n c^m : n, m \geq 0\} \cup \{a^n b^m c^m : n, m \geq 0\}$ ، یک زبان مستقل از متن ذاتا مبهم است. (این زبان را می توان به صورت $L = \{0^i 1^j 2^k : i = j \text{ or } j = k\}$ نیز نشان داد).

حل: گرامر این زبان به صورت زیر است. زبان $\{a^n b^n c^m : n, m \geq 0\}$ توسط $S \rightarrow S_1$ و زبان $\{a^n b^m c^m : n, m \geq 0\}$ توسط $S \rightarrow S_2$ تولید می شود.

$$S \rightarrow S_1 \mid S_2$$

$$S_1 \rightarrow S_1 c \mid A$$

$$A \rightarrow aAb \mid \lambda$$

$$S_2 \rightarrow aS_2 \mid B$$

$$B \rightarrow bBc \mid \lambda$$

این گرامر مبهم است، چون برای رشته $a^n b^n c^n$ دو اشتقاق مجزا وجود دارد.

تذکره: هر دو زبان $\{a^n b^n c^m : n, m \geq 0\}$ و $\{a^n b^m c^m : n, m \geq 0\}$ مستقل از متن غیر مبهم هستند. ■

اگر L مستقل از متن بوده و هر گرامر تولید کننده L ، مبهم باشد، آنگاه این زبان ذاتا مبهم است.

زبان‌های منظم نمی توانند ذاتا مبهم باشند.

تمام S -گرامرها، فاقد ابهام هستند.

ساده سازی گرامرهای مستقل از متن

در تعریف گرامرهای مستقل از متن، هیچ محدودیتی برای سمت راست قانون در نظر گرفته نشده است که این آزادی در برخی استدلال‌ها، مشکل ایجاد می کند. در بسیاری موارد بهتر است محدودیت شدیدی قائل شویم.

حذف متغیرها و قوانین بی فایده

یک متغیر مفید است اگر و تنها اگر در حداقل یک اشتقاق حضور داشته باشد. عوامل غیرمفید بودن یک متغیر عبارتند از:

۱- قابل دسترس نبودن از طریق متغیر شروع گرامر

۲- ناتوانی در اشتقاق یک رشته پایانی

قانونی که شامل یک متغیر بی فایده باشد، قانون بی فایده نامیده می شود.

گرامر $G = (V, T, S, P)$ را یک گرامر مستقل از متن فرض کنید. آنگاه گرامر هم ارز $\bar{G} = (\bar{V}, \bar{T}, S, \bar{P})$ وجود دارد که شامل هیچ متغیر یا قانون بی فایده نمی باشد.

مثال

در گرامر زیر متغیر B بی فایده می باشد، چون از طریق متغیر شروع یعنی S، قابل دسترس نمی باشد:

$$S \rightarrow A$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bA$$

پس قانون $B \rightarrow bA$ بی فایده است و می توان آن را حذف کرد، بدون اینکه تغییری در زبان ایجاد کند. ■

مثال

در گرامر زیر، کدام متغیر بی فایده است؟

$$S \rightarrow aSb \mid A \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aA$$

حل: متغیر A بی فایده است، چون نمی تواند رشته ای از پایانی ها را تولید کند. بنابراین قانون

$$A \rightarrow aA \text{ و } S \rightarrow A \text{ را می توان حذف کرد، بدون اینکه تغییری در زبان ایجاد شود.} \quad \blacksquare$$

مثال

در گرامر زیر کدام متغیرها بی فایده هستند.

$$S \rightarrow aS \mid A \mid C$$

$$A \rightarrow a$$

$$B \rightarrow aa$$

$$C \rightarrow aCb$$

حل: متغیر C بی فایده است، چون یک رشته پایانی را تولید نمی کند. همچنین متغیر B بی فایده است،

چون از متغیر شروع قابل دستیابی نمی باشد. بنابراین می توان متغیرهای C و B و قوانین مربوط به آنها را

حذف کرد. گرامر نهایی به صورت زیر می باشد:

$$S \rightarrow aS \mid A$$

$$A \rightarrow a$$

■

مثال

گرامر زیر را ساده کنید.

$$S \rightarrow aAb \mid bBa \mid bCa$$

$$A \rightarrow aaAb \mid ab$$

$$B \rightarrow bBa \mid a$$

حل: در گرامر داده شده، متغیر C، غیر مفید است و قاعده هایی که از C استفاده می کنند را می توان از گرامر حذف کرد. بنابراین گرامر به صورت زیر می باشد:

$$S \rightarrow aAb \mid bBa$$

$$A \rightarrow aaAb \mid ab$$

$$B \rightarrow bBa \mid a$$



مثال

در گرامر زیر متغیرهای بی فایده را حذف کنید.

$$S \rightarrow AC \mid BS \mid B$$

$$A \rightarrow aA \mid aF$$

$$B \rightarrow CF \mid b$$

$$C \rightarrow cC \mid D$$

$$D \rightarrow aD \mid BD \mid C$$

$$E \rightarrow aA \mid BSA$$

$$F \rightarrow bB \mid b$$

حل: ابتدا متغیرهایی را که به رشته ای از الفبا نمی رسند یعنی C و D را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow BS \mid B$$

$$A \rightarrow aA \mid aF$$

$$B \rightarrow b$$

$$E \rightarrow aA \mid BSA$$

$$F \rightarrow bB \mid b$$

سپس متغیرهایی را که نمی‌توان از S به آنها رسید، یعنی A و E و F را حذف می‌کنیم:

$$S \rightarrow BS \mid B$$

$$B \rightarrow b$$



حذف قوانین λ

هر قانونی از یک گرامر مستقل از متن به فرم $A \rightarrow \lambda$ را قانون λ می‌گویند. این قوانین در بعضی مواقع نامطلوب می‌باشند. هر متغیر A که اشتقاق $\lambda \xRightarrow{*} A$ برای آن امکان پذیر باشد را متغیر میرا می‌نامند.

برخی گرامرها زبانهایی را تولید می‌کنند که هر چند فاقد λ هستند، تعدادی متغیر میرا یا قانون λ در آنها وجود دارند. در این موارد، می‌توان قوانین λ را حذف کرد.

به ازای هر گرامر مستقل از متن، یک گرامر هم‌ارز فاقد قانون λ ، وجود دارد.

مثال

گرامر زیر، زبان $\{a^n b^n : n \geq 1\}$ را تولید می‌کند. این زبان فاقد λ می‌باشد.

$$S \rightarrow aAb$$

$$A \rightarrow aAb \mid \lambda$$

برای حذف قانون $\lambda \rightarrow A$ ، دو قانون جدید که با جایگزینی λ در A های سمت راست بدست آمده اند را به گرامر اضافه می‌کنیم:

$$S \rightarrow aAb \mid ab$$

$$A \rightarrow aAb \mid ab$$



مثال

قوانین λ را در گرامر زیر حذف کنید.

$$S \rightarrow AB$$

$$A \rightarrow aA \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bB \mid \lambda$$

حل: ابتدا $A \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow AB \mid B$$

$$A \rightarrow aA \mid a$$

$$B \rightarrow bB \mid b$$

سپس $B \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow AB \mid A \mid B \mid \lambda$$

$$A \rightarrow aA \mid a$$

$$B \rightarrow bB \mid b$$

تذکر مهم: نیازی به حذف قانون $S \rightarrow \lambda$ نمی باشد، چون S ، متغیر شروع است. ■

مثال

در گرامر زیر، قوانین λ را حذف کنید؟

$$S \rightarrow ABaC$$

$$A \rightarrow BC$$

$$B \rightarrow b \mid \lambda$$

$$C \rightarrow D \mid \lambda$$

$$D \rightarrow d$$

حل: ابتدا $B \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow ABaC \mid AaC$$

$$A \rightarrow BC \mid C$$

$$B \rightarrow b$$

$$C \rightarrow D \mid \lambda$$

$$D \rightarrow d$$

سپس $C \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow ABaC \mid AaC \mid ABa \mid Aa$$

$$A \rightarrow BC \mid C \mid B \mid \lambda$$

$$B \rightarrow b$$

$$C \rightarrow D$$

$$D \rightarrow d$$

در نهایت $A \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow ABaC \mid AaC \mid ABa \mid Aa \mid BaC \mid aC \mid Ba \mid a$$

$$A \rightarrow BC \mid B \mid C$$

$$B \rightarrow b$$

$$C \rightarrow D$$

$$D \rightarrow d$$



حذف قوانین واحد

هر قانونی از یک گرامر مستقل از متن به فرم $A \rightarrow B$ که در آن $A, B \in V$ ، قانون واحد یا یک نامیده می شود. این قوانین گاهی اوقات نامطلوب هستند و باید حذف شوند.

مثال

از گرامر زیر قوانین واحد را حذف کنید.

$$S \rightarrow Aa \mid B$$

$$B \rightarrow A \mid bb$$

$$A \rightarrow bc \mid a \mid B$$

حل:

$$S \rightarrow Aa \mid bc \mid a \mid bb$$

$$B \rightarrow bc \mid a \mid bb$$

$$A \rightarrow bc \mid a \mid bb$$

توجه کنید که در اثر حذف قوانین واحد، متغیر B و قوانین مربوط به آن بی فایده شده اند. ■

ممکن است حذف قوانین λ ، باعث تولید قوانین واحد شود که قبلاً وجود نداشته اند. ✓

زبان L را یک زبان مستقل از متن فاقد λ فرض کنید. آنگاه یک گرامر مستقل از متن وجود خواهد داشت که L را تولید کرده و فاقد هرگونه قانون بی فایده، قانون λ و قانون واحد باشد. ✓

مثال

در گرامر زیر قوانین λ را حذف کنید.

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aA \\ A &\rightarrow BB \\ B &\rightarrow aBb \mid \lambda \end{aligned}$$

حل: با حذف $B \rightarrow \lambda$ گرامر زیر بدست می آید:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aA \mid a \\ A &\rightarrow BB \mid B \\ B &\rightarrow aBb \mid ab \end{aligned}$$

در این گرامر قانون واحد $A \rightarrow B$ تولید شده که قبلاً وجود نداشت. ■

مثال

در گرامر زیر تمامی قوانین λ ، واحد و بی فایده را حذف کنید.

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aA \mid aBB \\ A &\rightarrow aaA \mid \lambda \\ B &\rightarrow bC \mid bbC \\ C &\rightarrow B \end{aligned}$$

حل: ابتدا قانون $A \rightarrow \lambda$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow aA \mid aBB \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid aa$$

$$B \rightarrow bC \mid bbC$$

$$C \rightarrow B$$

سپس قانون واحد $C \rightarrow B$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow aA \mid aBB \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid aa$$

$$B \rightarrow bC \mid bbC$$

$$C \rightarrow bC \mid bbC$$

نهایتاً اینکه B و C بی فایده هستند، بنابراین داریم:

$$S \rightarrow aA \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid aa$$

زبان تولید شده بوسیله این گرامر $L((aa)^* a)$ می باشد. ■

فرم‌های نرمال گرامر مستقل از متن

برای گرامر مستقل از متن، دو فرم نرمال چامسکی و گریباخ وجود دارد.

فرم نرمال چامسکی

یک گرامر مستقل از متن در صورتی در فرم نرمال چامسکی قرار دارد که تمام قوانین آن به یکی از دو فرم $A \rightarrow BC$ و یا $A \rightarrow a$ باشد. که در آن A, B, C عضو V بوده و a عضو T است.

مثال

گرامر زیر در فرم نرمال چامسکی قرار دارد:

$$S \rightarrow AS \mid BS \mid a$$

$$A \rightarrow SA \mid a$$

$$B \rightarrow SB \mid b$$



مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow ABa$$

$$A \rightarrow aab$$

$$B \rightarrow Ac$$

حل:

قدم اول : معرفی متغیرهای جدید X, Y, Z	قدم دوم : نرمال کردن قانون اول و سوم
$S \rightarrow ABX$	$S \rightarrow AT$

$X \rightarrow a$	$T \rightarrow BX$
$A \rightarrow XXY$	$A \rightarrow XF$
$Y \rightarrow b$	$F \rightarrow XY$
$B \rightarrow AZ$	$B \rightarrow AZ$
$Z \rightarrow c$	$X \rightarrow a, Y \rightarrow b, Z \rightarrow c$

مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow aAB$$

$$A \rightarrow aA \mid b$$

$$B \rightarrow bB \mid b$$

حل:

قدم اول	قدم دوم
$S \rightarrow TAB$	$S \rightarrow TK$
$T \rightarrow a$	$K \rightarrow AB$
$A \rightarrow TA \mid b$	$T \rightarrow a$
$B \rightarrow FB \mid b$	$A \rightarrow TA \mid b$
$F \rightarrow b$	$B \rightarrow FB \mid b$
	$F \rightarrow b$

مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow aAbB \mid ab$$

$$A \rightarrow ABS \mid a$$

$$B \rightarrow bb$$

حل:

قدم سوم	قدم دوم	قدم اول
$S \rightarrow TK \mid TF$ $K \rightarrow AX$ $X \rightarrow FB$ $A \rightarrow AU \mid a$ $U \rightarrow BS$ $B \rightarrow FF$ $T \rightarrow a$ $F \rightarrow b$	$S \rightarrow TK \mid TF$ $K \rightarrow AFB$ $A \rightarrow AU \mid a$ $U \rightarrow BS$ $B \rightarrow FF$ $T \rightarrow a$ $F \rightarrow b$	$S \rightarrow TAFB \mid TF$ $A \rightarrow ABS \mid a$ $B \rightarrow FF$ $T \rightarrow a$ $F \rightarrow b$

مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow abAB$$

$$A \rightarrow bAB \mid \lambda$$

$$B \rightarrow BAa \mid A \mid \lambda$$

حل: ابتدا قواعد λ را حذف می کنیم:

حذف $A \rightarrow \lambda$	حذف $B \rightarrow \lambda$
$S \rightarrow abAB \mid abB$ $A \rightarrow bAB \mid bB$ $B \rightarrow BAa \mid A \mid Ba \mid \lambda$	$S \rightarrow abAB \mid abB \mid abA \mid ab$ $A \rightarrow bAB \mid bB \mid bA \mid b$ $B \rightarrow BAa \mid A \mid Ba \mid Aa \mid a$

سپس قاعده یکه $B \rightarrow A$ را حذف می کنیم:

$$S \rightarrow abAB \mid abB \mid abA \mid ab$$

$$A \rightarrow bAB \mid bB \mid bA \mid b$$

$$B \rightarrow BAa \mid Ba \mid Aa \mid a \mid bAB \mid bB \mid bA \mid b$$

در نهایت گرامر را به فرم نرمال چامسکی در می آوریم:

قدم اول: معرفی متغیرهای جدید Y, X	قدم دوم: معرفی متغیرهای P, T, K, N, M جدید
$S \rightarrow XYAB \mid XYB \mid XYA \mid XY$ $A \rightarrow YAB \mid YB \mid YA \mid b$ $B \rightarrow BAX \mid BX \mid AX \mid a \mid YAB \mid YB \mid YA \mid b$ $X \rightarrow a$ $Y \rightarrow b$	$S \rightarrow XM \mid XN \mid XK \mid XY$ $M \rightarrow YT$ $T \rightarrow AB$ $N \rightarrow YB$ $A \rightarrow YT \mid YB \mid YA \mid b$ $B \rightarrow BP \mid BX \mid AX \mid a \mid YT \mid YB \mid YA \mid b$ $P \rightarrow AX$ $X \rightarrow a$ $Y \rightarrow b$

در فرم نرمال چامسکی، تولید رشته‌ای به طول n دارای اشتقاقی با طول $2n-1$ می باشد. ($n \geq 1$) (n اشتقاق

از $A \rightarrow a$ و $n-1$ اشتقاق از $A \rightarrow BC$)

فرض کنید G یک گرامر مستقل از متن (CFG) در فرم نرمال چامسکی با b متغیر باشد. در این صورت اگر G بتواند رشته ای را با تعداد گام های اشتقاق بیشتر از b تولید کند، آنگاه $L(G)$ نامحدود است.

فرم نرمال گریباخ

یک گرامر مستقل از متن در فرم نرمال گریباخ است هرگاه تمام قوانین آن به فرم $A \rightarrow aX$ باشند، که در آن،
 $x \in V^*, a \in T$.

مثال

گرامر $S \rightarrow abSb \mid aa$ را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

حل: متغیرهای جدید A و B را معرفی می کنیم که مترادف با a و b هستند:

$$S \rightarrow aBSB \mid aA$$

$$A \rightarrow a$$

$$B \rightarrow b$$



مثال

گرامر $S \rightarrow ab \mid aS \mid aaS$ را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

$$S \rightarrow aX \mid aS \mid aYS$$

$$X \rightarrow b$$

$$Y \rightarrow a$$



مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

$$S \rightarrow AB$$

$$A \rightarrow aA \mid bB \mid b$$

$$B \rightarrow b$$

حل: قاعده $S \rightarrow AB$ با تعریف فرم نرمال گریباخ مغایر است. بنابراین به جای A در این قانون از قوانین جایگزین آن استفاده می کنیم:

$$S \rightarrow aAB \mid bBB \mid bB$$

$$A \rightarrow aA \mid bB \mid b$$

$$B \rightarrow b$$



به ازای هر گرامر مستقل از متن در صورتیکه شامل λ نباشد، یک گرامر معادل به فرم نرمال گریباخ وجود دارد.

در فرم نرمال گریباخ، برای تولید رشته‌ای به طول n ، به اشتقاقی با طول n نیاز است. چون در هر مرحله یکی از نمادهای رشته ایجاد می‌شود.

مثال

گرامر زیر را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

$$S \rightarrow ABb \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid B$$

$$B \rightarrow bAb$$

حل: ابتدا قاعده $A \rightarrow B$ را حذف می‌کنیم:

$$S \rightarrow ABb \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid bAb$$

$$B \rightarrow bAb$$

سپس متغیر A در $B \rightarrow ABb$ را جایگزین می‌کنیم:

$$S \rightarrow aaABb \mid bAbBb \mid a$$

$$A \rightarrow aaA \mid bAb$$

$$B \rightarrow bAb$$

سپس به فرم نرمال گریباخ تبدیل می‌کنیم:

$$S \rightarrow aXABY \mid bAYBY \mid a$$

$$A \rightarrow aXA \mid bAY$$

$$B \rightarrow bAY$$

$$X \rightarrow a$$

$$Y \rightarrow b$$



فرادرس

فرادرس

فرادرس

تمرین فصل ۵

۱- درخت اشتقاق را تعریف کنید.

۲- با توجه به گرامر زیر، درخت اشتقاق برای تولید رشته $abbbb$ ، را رسم کنید.

$$S \rightarrow aAB$$

$$A \rightarrow bBb$$

$$B \rightarrow A \mid \lambda$$

۳- اگر G یک گرامر مستقل از متن باشد، آنگاه هر $w \in L(G)$ اشتقاق چپ دارد یا یک اشتقاق راست؟

۴- ترتیب حذف قواعد تولید λ ، بی فایده و واحد را از یک گرامر مستقل از متن که زبان آن فاقد λ است را مشخص کنید.

۵- از گرامر زیر، قوانین نامطلوب (λ ، واحد و بی فایده) را حذف کنید.

$$S \rightarrow aA \mid aBB$$

$$A \rightarrow aaA \mid \lambda$$

$$B \rightarrow bB \mid bbC$$

$$C \rightarrow B$$

۶- آیا حذف قوانین بی فایده لزوماً موجب تولید گرامرهای کمینه می‌شود؟

۷- قوانین بی فایده را از گرامر زیر حذف کنید.

$$S \rightarrow aA \mid a \mid B \mid C$$

$$A \rightarrow aB \mid \lambda$$

$$B \rightarrow Aa$$

$$C \rightarrow cCD$$

$$D \rightarrow ddd$$

۸- قوانین λ و بی فایده را از گرامر زیر حذف کنید.

$$S \rightarrow AaB \mid aaB$$

$$A \rightarrow \lambda$$

$$B \rightarrow aaA \mid \lambda$$

۹- گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow aSb \mid ab$$

۱۰- گرامر زیر را به فرم نرمال چامسکی تبدیل کنید.

$$S \rightarrow aSaA \mid A$$

$$A \rightarrow abA \mid b$$

۱۱- گرامر $S \rightarrow aSb \mid ab$ را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

۱۲- گرامر $S \rightarrow aSb \mid aS \mid aaS$ را به فرم نرمال گریباخ تبدیل کنید.

۱۳- توسط الگوریتم CYK که توسط کوک، یانگر و کسامی ابداع شد، چه موضوعی را می توان تصمیم گیری کرد؟ پیچیدگی این الگوریتم را مشخص کنید.

۱۴- اگر G گرامر مستقل از متنی باشد که هر یک از قوانین آن به فرم $A \rightarrow v$ بوده و $|v| > 1$ ، آنگاه محدوده ارتفاع درخت اشتقاق به ازای تمامی $w \in L(G)$ را مشخص کنید.

۱۵- فرض کنید $G=(V,T,S,P)$ یک گرامر مستقل از متن (CFG) بدون هیچ قانون λ یا قانون واحدی باشد. بعلاوه، فرض کنید K حداکثر تعداد سمبل های موجود در طرف راست قوانین P باشد. گرامر معادل در فرم نرمال چامسکی، حداکثر دارای چه تعداد قانون تولید است؟

۱۶- گرامر زیر را با BNF نمایش دهید.

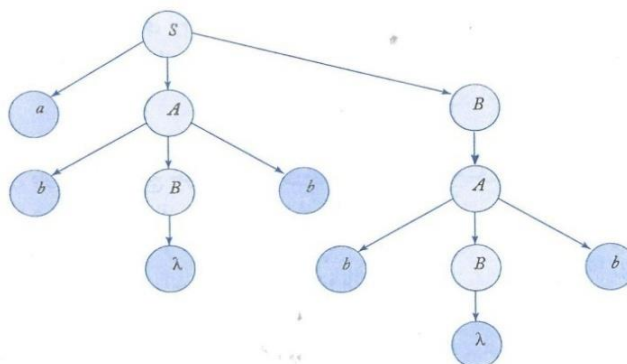
$$E \rightarrow T \mid E + T$$

$$T \rightarrow F \mid T * E$$

حل تمرین فصل ۵

- ۱- فرض کنید $G = (V, T, S, P)$ یک گرامر مستقل از متن باشد. یک درخت مرتب، درخت اشتقاقی برای G خواهد بود اگر و تنها اگر خواص زیر را داشته باشد:
- الف- ریشه دارای نام S است.
 - ب- هر یک از برگها دارای نامی از $T \cup \{\lambda\}$ باشد.
 - پ- هر یک از گره های میانی دارای نامی از V است.
 - ت- اگر یکی از گره ها دارای نام $A \in V$ بوده و فرزندان آن هم از چپ به راست به صورت $a_1, a_2, \dots, a_n$ نامگذاری شوند، آنگاه P باید قانونی به فرم $A \rightarrow a_1 a_2 \dots a_n$ داشته باشد.
 - ث- برگ های دارای نام λ ، هیچ خواهر و برادری ندارند.

۲- درخت اشتقاق تولید رشته $abbbb$:



در تمامی درختهای اشتقاق، با شروع از ریشه که با متغیر شروع گرامر نامگذاری می شود و خاتمه یافتن به برگ هایی که پایانی ها و یا λ هستند، درخت تکمیل می شود.

۳- اگر G یک گرامر مستقل از متن باشد، آنگاه هر $w \in L(G)$ یک اشتقاق چپ و یک اشتقاق راست دارد.

۴- ترتیب حذف برابر است با:

الف- قواعد تولید λ ب- قواعد واحد ج- قواعد بی فایده

۵- مراحل کار به صورت زیر است:

۱- حذف قوانین λ	۲- حذف قوانین واحد	۳- حذف قواعد بی فایده
$S \rightarrow aA \mid a \mid aBB$ $A \rightarrow aaA \mid aa$ $B \rightarrow bB \mid bbC$ $C \rightarrow B$	$S \rightarrow aA \mid a \mid aBB$ $A \rightarrow aaA \mid aa$ $B \rightarrow bB \mid bbC$ $C \rightarrow bB \mid bbC$	$S \rightarrow aA \mid a$ $A \rightarrow aaA \mid aa$

۶- خیر- به طور نمونه در گرامر $S \rightarrow aA; A \rightarrow a$ هیچ قانون بی فایده، قانون واحد یا قانون λ به چشم نمی خورد. اما چون $S \rightarrow aa$ یکی از گرامرهای متناظر است، گرامر فوق کمینه نمی باشد.

مثالی دیگر: گرامر زیر را در نظر بگیرید:

$$S \rightarrow aAb \mid ab$$

$$A \rightarrow aAb \mid ab$$

این گرامر زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 1\}$ را تولید می کند. اگر روال حذف قوانین بی فایده را روی این گرامر اجرا کنیم، هیچ یک از قواعد حذف نمی شود. از طرفی گرامر زیر که کمینه است، همین زبان را تولید می کند:

$$S \rightarrow aSb \mid ab$$

۷- متغیر D و قوانین متناظر با آن بی فایده است.

$$S \rightarrow aA \mid a \mid B$$

$$A \rightarrow aB \mid \lambda$$

$$B \rightarrow Aa$$

۸- گرامر بعد از حذف قوانین λ و بی فایده به صورت زیر در می آید:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aaB \mid aB \mid aa \mid a \\ B &\rightarrow aa \end{aligned}$$

۹- به جای a و b از متغیرهای M و N استفاده می کنیم:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow MAN \mid MN \\ M &\rightarrow a \\ N &\rightarrow b \end{aligned}$$

به جای AN از X استفاده می کنیم:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow MX \mid MN \\ X &\rightarrow AN \\ M &\rightarrow a \\ N &\rightarrow b \end{aligned}$$

۱۰- ابتدا قانون $S \rightarrow A$ را حذف می کنیم:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aSaA \mid abA \mid b \\ A &\rightarrow abA \mid b \end{aligned}$$

سپس گرامر را به فرم نرمال چامسکی در می آوریم:

$\begin{aligned} S &\rightarrow MSMA \mid MNA \mid b \\ A &\rightarrow MNA \mid b \\ M &\rightarrow a \\ N &\rightarrow b \end{aligned}$	$\begin{aligned} S &\rightarrow MX \mid MY \mid b \\ X &\rightarrow SMA \\ Y &\rightarrow NA \\ A &\rightarrow MY \mid b \\ M &\rightarrow a \\ N &\rightarrow b \end{aligned}$	$\begin{aligned} S &\rightarrow MX \mid MY \mid b \\ X &\rightarrow SK \\ K &\rightarrow MA \\ Y &\rightarrow NA \\ A &\rightarrow MY \mid b \\ M &\rightarrow a \\ N &\rightarrow b \end{aligned}$
--	---	---

۱۱- فرم نرمال گریباخ:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aSX \mid aX \\ X &\rightarrow b \end{aligned}$$

۱۲- فرم نرمال گریباخ:

$$S \rightarrow aSX \mid aS \mid aYS$$

$$X \rightarrow b$$

$$Y \rightarrow a$$

۱۳- می‌توان عضویت یا عدم عضویت یک رشته در زبانی که بوسیله گرامری که در فرم نرمال چامسکی تولید می‌شود را تصمیم‌گیری کرد. پیچیدگی این الگوریتم $|w|^3$ می‌باشد. این الگوریتم مساله را به بخش‌های کوچکتر تقسیم می‌کند. روش کار در کتاب لینز آورده شده است.

$$۱۴- ارتفاع در محدوده $\log_{|v|}^{|w|} \leq h \leq \frac{|w|-1}{|v|-1}$ است.$$

$$۱۵- حداکثر تعداد قانون تولید برابر است با: $(k-1)|P| + |T|$$$

۱۶- از فرمی به نام BNF برای تعریف گرامرها استفاده می‌شود.

$$\langle \text{expression} \rangle ::= \langle \text{term} \rangle \mid \langle \text{expression} \rangle + \langle \text{term} \rangle$$

$$\langle \text{term} \rangle ::= \langle \text{factor} \rangle \mid \langle \text{term} \rangle * \langle \text{factor} \rangle$$

فصل ۶

اتوماتای پشته‌ای

ماشین پشته‌ای (PDA (Push Down Automaton علاوه بر اجزاء ماشین متناهی (FA)، دارای یک پشته نیز می‌باشد. این ماشین، علاوه بر خواندن نوار ورودی از چپ به راست، قادر به نوشتن هر تعداد نماد درون یک پشته (push) و بازیابی آنها (pop) می‌باشد. ماشین‌های پشته‌ای پذیرنده زبانهای مستقل از متن می‌باشند. ماشین پشته‌ای از ماشین متناهی قویتر است، یعنی زبان‌های بیشتری را می‌پذیرد. اتوماتای پشته‌ای بر دو نوع معین (DPDA) و نامعین (NPDA) است.

اتوماتای پشته‌ای نامعین

پذیرنده پشته‌ای نامعین بوسیله هفت تایی $M = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, z, F)$ تعریف می‌شود:

Q : مجموعه متناهی از حالت‌های داخلی واحد کنترل

Σ : الفبای ورودی

Γ : الفبای پشته

δ : تابع انتقال

q_0 : حالت شروع واحد کنترل

z : سمبل ته پشته

F : مجموعه حالات پایانی

تعریف: زبان مورد پذیرش توسط یک npda، مجموعه تمام رشته هایی است که npda با رسیدن به انتهای آن رشته ها، می تواند در حالت پایانی قرار گیرد.

تابع انتقال

قانون $\delta(q_i, a, A) = (q_j, B)$ ، یعنی اگر ماشین در وضعیت q_i باشد و a مقابل هد نوار خوان باشد و A بالای پشته باشد، آنگاه ماشین به حالت q_j تغییر وضعیت داده و A را از پشته pop کرده و B را push می کند. تابع انتقال در ماشین پشته ای نامعین به صورت $Q \times (\Sigma \cup \{\lambda\}) \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma^*$ بیان می شود.

یعنی این تابع ۳ ورودی و دو خروجی دارد. ورودی های آن به ترتیب برابرند با: حالت جاری ماشین، سمبل خوانده شده از نوار یا λ و سمبل بالای پشته. خروجی های نیز عبارتند از: حالت بعدی ماشین و سمبلی که در بالای پشته push می شود.

تفسیر چند قانون نمونه:

۱- قانون $\delta(q_0, a, 0) = \{(q_1, 1)\}$ یعنی ماشین در وضعیت q_0 با خواندن a روی نوار به وضعیت q_1 رفته و ۰ از بالای پشته pop شده و ۱ در پشته push می شود. یعنی به جای ۰ مقدار ۱ قرار می دهیم.

۲- قانون $\delta(q_0, a, 0) = \{(q_1, 10)\}$ یعنی ماشین در وضعیت q_0 با خواندن a روی نوار به وضعیت q_1 رفته و ۰ بالای پشته با ۱۰ جایگزین می شود. در واقع ۱ در بالای پشته push می شود.

۳- قانون $\delta(q_0, a, 0) = \{(q_1, \lambda)\}$ یعنی ماشین در وضعیت q_0 با خواندن a روی نوار به وضعیت q_1 رفته و ۰ با λ جایگزین می شود. یعنی ۰ از بالای پشته pop می شود.

مثال

نحوه عملکرد $\delta(q_0, a, z) = \{(q_1, 1z)\}$ را تشریح کنید.

حل: هرگاه واحد کنترل در حالت q_0 قرار گیرد و سمبل ورودی خوانده شده a و سمبل واقع در بالای پشته z باشد، آنگاه واحد کنترل به حالت q_1 رفته و ۱ در پشته push می شود. ■

مثال

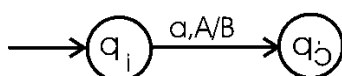
نحوه عملکرد $\delta(q_0, a, 0) = \{(q_1, 1), (q_2, \lambda)\}$ را تشریح کنید.

حل: هرگاه واحد کنترل در حالت q_0 قرار گیرد و سمبل ورودی خوانده شده a و سمبل واقع در بالای پشته 0 باشد، آنگاه یکی از دو حالت زیر اتفاق می افتد:

۱- واحد کنترل به حالت q_1 رفته و 0 از پشته pop شده و 1 به جای آن push می شود.

۲- واحد کنترل به حالت q_2 رفته و سمبل 0 از بالای پشته حذف می شود. ■

گراف انتقال برای $\delta(q_i, a, A) = (q_j, B)$ به صورت زیر می باشد:



مثال

ماشین npda با انتقالات زیر چه زبانی را می پذیرد؟

$$\Sigma = \{a, b\}, \Gamma = \{0, 1\}$$

$$\delta(q_0, a, z) = \{(q_1, 1z), (q_f, z)\}$$

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$

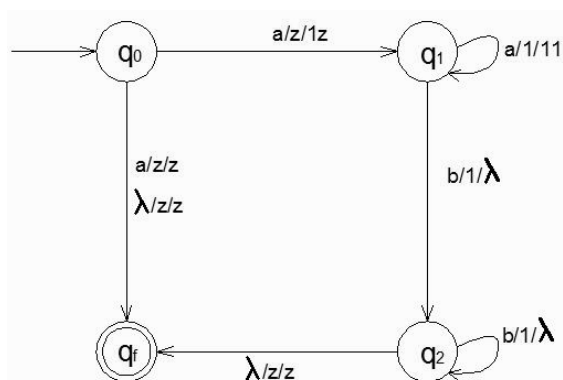
$$\delta(q_1, a, 1) = \{(q_1, 11)\}$$

$$\delta(q_1, b, 1) = \{(q_2, \lambda)\}$$

$$\delta(q_2, b, 1) = \{(q_2, \lambda)\}$$

$$\delta(q_2, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$

حل: شکل ماشین به صوت زیر است:



در صورتی npda به حالت نهایی می رود که رشته ورودی جزء زبان $L = \{a^n b^n : n \geq 0\} \cup \{a\}$ باشد. با ذکر دو مثال این ماشین را بررسی می کنیم:

۱- اگر ورودی aabb باشد، با خواندن اولین a به q_1 رفته و عدد 1 در پشته push می کند. سپس با خواندن a بعدی، عدد 1 دیگری در پشته push کرده و در q_1 باقی می ماند. با خواندن b، عدد 1 بالای پشته pop شده و به حالت q_2 می رود. با خواندن b بعدی، عدد 1 دیگری نیز pop شده و در q_2 باقی می ماند. در نهایت چون رشته ورودی تمام شده و پشته خالی است، به حالت نهایی q_f می رود.

بنابراین توسط انتقال $\delta(q_1, a, 1) = \{(q_1, 11)\}$ پس از خواندن یک سمبل a از ورودی، یک سمبل 1 به پشته اضافه می شود و در انتقال $\delta(q_2, b, 1) = \{(q_2, \lambda)\}$ ، به محض برخورد با یک b از ورودی، یک سمبل 1 از پشته حذف می کند. به کمک این دو انتقال، تعداد a ها شمارش شده و با تعداد b ها تطبیق داده می شود.

۲- اگر ورودی a باشد، ماشین از q_0 به حالت نهایی q_f می رود.

علت نامعین بودن این ماشین این است که در حالت q_0 ، با خواندن a، ماشین هم می تواند به q_1 برود و هم به q_3 .

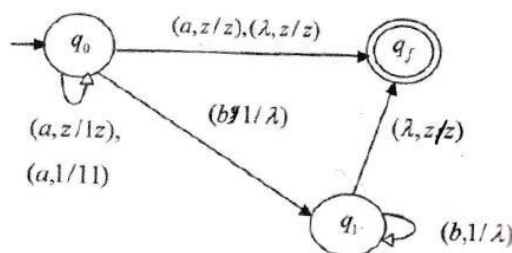
توجه: در یکی از شرایط زیر ورودی پذیرفته نمی شود:

۱- اگر زمانی که هنوز تعدادی b در ورودی مانده باشد و پشته خالی باشد.

۲- زمانی که b ها تمام شده و پشته خالی نباشد.

۳- در ورودی بعد از b ها، نماد a ظاهر شود.

این ماشین را با ۳ حالت به صورت زیر نیز می توان ساخت.



مثال

ماشین npda با انتقالات زیر چه زبانی را می پذیرد؟

$$\delta(q_0, a, z) = \{(q_0, 0z)\}$$

$$\delta(q_0, b, z) = \{(q_0, 1z)\}$$

$$\delta(q_0, a, 1) = \{(q_0, \lambda)\}$$

$$\delta(q_0, b, 0) = \{(q_0, \lambda)\}$$

$$\delta(q_0, a, 0) = \{(q_0, 00)\}$$

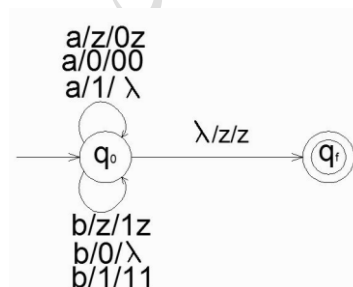
$$\delta(q_0, b, 1) = \{(q_0, 11)\}$$

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$

حل:

این ماشین زبان $L = \{w \in \{a, b\}^* : n_a(w) = n_b(w)\}$ را می پذیرد. یعنی رشته هایی که تعداد a ها با تعداد b ها در آن برابر است ولی فرقی ندارد با a شروع شود یا با b . به طور نمونه اگر رشته ورودی ba باشد، ماشین با خواندن b ، 1 در پشته $push$ می کند. با خواندن a ، مقدار 1 بالای پشته را pop می کند. در این حالت چون ورودی تمام شده و بالای پشته z است، به حالت نهایی می رود.

شکل این ماشین به صورت زیر است:



برای جواب دادن به این نوع سؤال ها، نیازی به رسم شکل نیست و برای فهم بهتر شکل رسم شد. ■

مثال

ای npda بسازید که زبان $L = \{a^n b^{2n} : n \geq 0\}$ را روی الفبای $\Sigma = \{a, b\}$ پذیرش کند؟

حل: با دیدن هر a ، دو تا 1 در پشته $push$ کرده و با دیدن هر b ، یک عدد 1 از پشته pop می کنیم.

$$\delta(q_0, a, z) = \{(q_1, 11z)\}$$

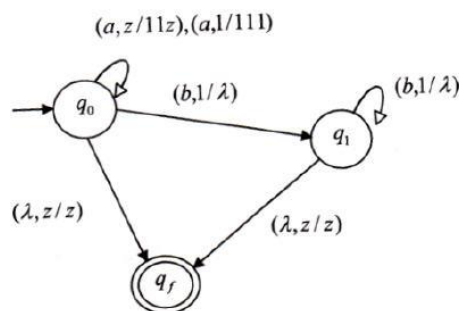
$$\delta(q_0, a, 1) = \{(q_1, 111)\}$$

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$

$$\delta(q_0, b, 1) = \{(q_1, \lambda)\}$$

$$\delta(q_1, b, 1) = \{(q_1, \lambda)\}$$

$$\delta(q_1, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$



مثال

ماشین npda با انتقالات زیر چه زبانی را می پذیرد؟

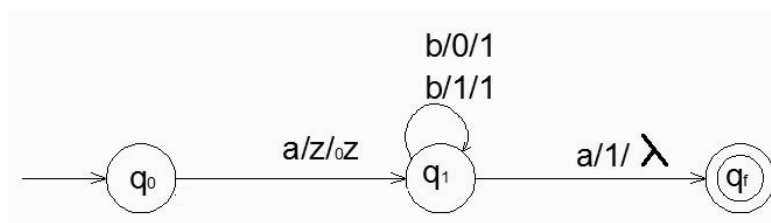
$$\delta(q_0, a, z) = \{(q_1, 0z)\}$$

$$\delta(q_1, b, 0) = \{(q_1, 1)\}$$

$$\delta(q_1, b, 1) = \{(q_1, 1)\}$$

$$\delta(q_1, a, 1) = \{(q_f, \lambda)\}$$

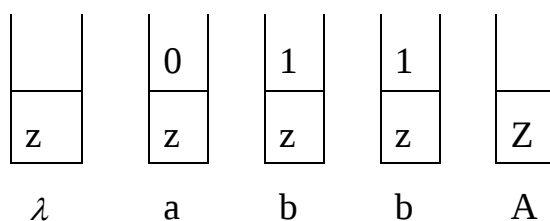
حل: شکل ماشین به صورت زیر است :



زبان مورد نظر ab^+a می باشد.

در این ماشین نیازی به تطبیق دادن تعداد a با b نیست و فقط باید توالی چک شود. یعنی باید ابتدا یک a ، سپس یک یا چند b و در نهایت یک a بی‌آید.

به طور نمونه اگر رشته ورودی $abba$ باشد، با خواندن اولین a ، عدد 0 را $push$ کرده و با خواندن b ، عدد 0 را pop و 1 را $Push$ می‌کند. با خواندن b بعدی تغییری در پشته نمی‌افتد. در نهایت با خواندن a ، عدد 1 بالای پشته pop شده و به حالت نهایی می‌رود:



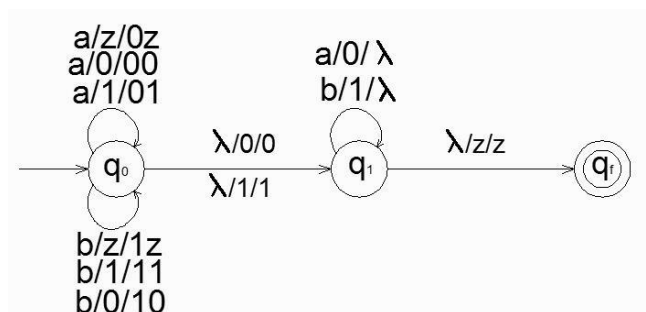
مثال

ماشین npda با انتقالات زیر چه زبانی را می‌پذیرد؟

$$\begin{aligned}
 \delta(q_0, a, z) &= \{(q_0, 0z)\} & \delta(q_0, a, 0) &= \{(q_0, 00)\} & \delta(q_0, a, 1) &= \{(q_0, 01)\} \\
 \delta(q_0, b, z) &= \{(q_0, 1z)\} & \delta(q_0, b, 0) &= \{(q_0, 10)\} & \delta(q_0, b, 1) &= \{(q_0, 11)\} \\
 \delta(q_1, a, 0) &= \{(q_1, \lambda)\} & \delta(q_1, b, 1) &= \{(q_1, \lambda)\} & \delta(q_1, \lambda, z) &= \{(q_f, z)\} \\
 \delta(q_0, \lambda, 0) &= \{(q_1, 0)\} & \delta(q_0, \lambda, 1) &= \{(q_1, 1)\} & &
 \end{aligned}$$

حل:

شکل این ماشین به صورت زیر است:



این ماشین زبان $L = \{ww^R : w \in \{a,b\}^+\}$ را می پذیرد. رشته $abba$ نمونه‌ای از رشته‌های این زبان است. این رشته از دو بخش w و w^R تشکیل شده است. برای پی بردن به نحوه عملکرد این ماشین تصور کنید که در وسط رشته، λ قرار دارد. (مثلا $ab\lambda ba$).

توسط قوانین $\delta(q_0, \lambda, 0) = \{(q_1, 0)\}$ ، $\delta(q_0, \lambda, 1) = \{(q_1, 1)\}$ می‌توان بدون خواندن ورودی و تغییر در پشته، فقط از حالت q_0 به q_1 رفت. از این ویژگی برای تشخیص وسط رشته استفاده شده است.

ماشین مورد نظر با دیدن a در ورودی، عدد 0 و با دیدن b عدد 1 را در پشته $push$ می‌کند. نکته این ماشین در این است که نباید تا انتهای رشته ورودی این عمل را انجام داد و باید در وسط رشته، از حالت q_0 به q_1 رفت. در حالت q_1 با دیدن a ، 0 بالای پشته pop می‌شود و با دیدن b ، 1 بالای پشته pop می‌شود. بعد از پایان ورودی، در صورتی که پشته خالی باشد، از q_1 به q_f رفته و رشته پذیرفته می‌شود. ■

پیکربندی لحظه ای

پیکربندی لحظه‌ای یک اتومات پشته‌ای، سه تایی (q, w, u) است که در آن، q حالت جاری واحد کنترل، w بخش خوانده نشده رشته ورودی و u محتویات پشته است (چپ ترین سمبل بیانگر بالای پشته است). انتقال از یک پیکربندی به پیکربندی دیگر را بوسیله $\mapsto$ نمایش می‌دهند.

به طور نمونه دنباله تغییرات پیکربندی برای پذیرش رشته $abba$ در ماشین پذیرنده زبان $L = \{ww^R : w \in \{a,b\}^+\}$ به صورت زیر است:

$$(q_0, abba, z) \mapsto (q_0, bba, 0z) \mapsto (q_0, ba, 10z) \mapsto (q_1, ba, 10z) \mapsto (q_1, a, 0z) \\ \mapsto (q_1, \lambda, z) \mapsto (q_f, z).$$

توجه شود که در حرکت سوم از ویژگی نامعین بودن اتومات برای تشخیص وسط رشته استفاده شد و بدون خواندن ورودی و تغییر در پشته، فقط از حالت q_1 به حالت q_f رفت.

اتوماتای پشته ای معین

اتومات پشته‌ای $M = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z, F)$ معین گفته می‌شود اگر هم در تعریف npda صدق کند و همچنین دارای محدودیت‌هایی به این شرح باشد که به ازای هر $a \in \Sigma \cup \{\lambda\}$, $b \in \Gamma$:

۱- $\delta(q, a, b)$ حداکثر یک عضو داشته باشد.

۲- اگر $\delta(q, \lambda, b)$ تهی نباشد، آنگاه $\delta(q, c, b)$ باید به ازای هر $c \in \Sigma$ تهی باشد.

اولین شرط فوق صرفاً مستلزم آن است که به ازای هر سمبل ورودی مفروض و هر عنصر بالای پشته، حداکثر یک حرکت قابل انجام باشد. بر اساس شرط دوم، چنانچه در یکی از پیکربندی‌های مفروض به یک انتقال λ برخورد کنیم، آنگاه هیچ حرکتی برای جلو بردن و مصرف ورودی امکان پذیر نمی‌باشد. به طور مثال اگر قانون $\delta(q_0, \lambda, Z) = \{(q_f, Z)\}$ داشته باشیم، آنگاه نباید قانونی مانند $\delta(q_0, a, Z) = \{(q_0, 0Z)\}$ وجود داشته باشد.

هیچ هم ارزی بین اتوماتای پشته‌ای معین و نامعین وجود ندارد. (بالعکس اتوماتای متناهی)

هر PDA قطعی، می‌تواند transition - λ داشته باشد. (بدون دریافت ورودی، بتواند تغییر حالت دهد).

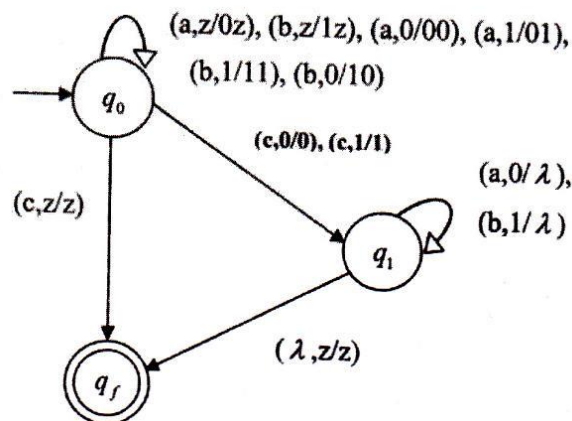
زبان مستقل از متن معین

زبان L یک زبان مستقل از متن معین (قطعی) نامیده می‌شود اگر و تنها اگر یک dpda به نام M وجود داشته باشد که $L = L(M)$.

مثال

آیا زبان مستقل از متن $L = \{wcw^R : w \in \{a,b\}^*\}$ ، معین است؟

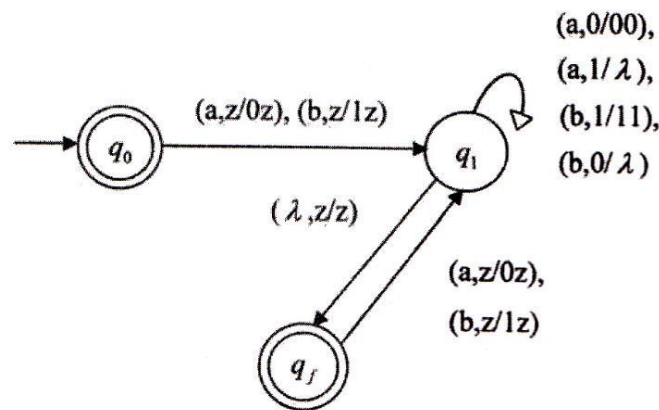
حل: بله- چون می‌توان یک dpda برای آن ساخت.



مثال

آیا زبان مستقل از متن $L = \{w \in \{a,b\}^* : n_a(w) = n_b(w)\}$ ، معین است؟

حل: بله- چون می‌توان برای آن یک dpda طراحی کرد:



مثال

آیا زبان مستقل از متن $L = \{a^n b^n : n \geq 0\} \cup \{a^n b^{2n} : n \geq 0\}$ ، معین است؟

حل: خیر - چون باید یک یا دو b را با هر یک از a ها تطابق دهد. اطلاعات موجود در ابتدای رشته چنان نیست که بتوان به کمک آن انتخاب خود را قطعی کرد. ■

مثال

آیا زبان مستقل از متن $L = \{ww^R : w \in \{a, b\}^*\}$ ، معین است؟

حل - خیر - چون وسط رشته باید با آزمایش و خطا حدس زده شود. ■

مثال

آیا زبان مستقل از متن $L = \{a^n b^n : n \geq 1\} \cup \{a\}$ ، معین است؟

حل: بله - چون می توان برای آن یک dpda طراحی کرد:

$$\delta(q_0, a, z) = \{(q_3, 1z)\}$$

$$\delta(q_3, a, 1) = \{(q_1, 11)\}$$

$$\delta(q_1, a, 1) = \{(q_1, 11)\}$$

$$\delta(q_1, b, 1) = \{(q_1, \lambda)\}$$

$$\delta(q_1, \lambda, z) = \{(q_2, z)\}$$

که q_2 و q_3 حالت های پایانی هستند.

در نگاه اول ممکن است فکر کنید که این زبان نامعین است. اما چون توانستیم یک dpda برای آن بسازیم، این زبان معین است. اگر اولین سمبل ورودی یک a باشد، ماشین به یکی از حالات پایانی رفته و در صورت وجود سمبل‌های بعدی، از این حالت خارج شده و $a^n b^n$ را می‌پذیرد. ■

چند نکته:

- ۱- خانواده زبان‌های مستقل از متن معین، تحت اجتماع، اشتراک و معکوس بسته نیستند.
- ۲- زبان‌های مستقل از متن معین، تحت عمل مکمل‌گیری بسته می‌باشند.
- ۳- خانواده زبان‌های مستقل از متن معین، تحت تفاضل منظم بسته است.
- ۴- اجتماع یک زبان مستقل از متن معین با یک زبان منظم، مستقل از متن معین می‌باشد.

چند نکته:

- ۱- تمامی زبان‌های منظم، مستقل از متن معین می‌باشند. چون هر زبان منظمی را می‌توان با یک dfa پذیرفت و چنین dfa یک dpda با پشته استفاده نشده است.
- ۲- زبان‌های مستقل از متن معین، هیچگاه ذاتا مبهم نیستند.
- ۳- به ازای هر npda به نام M ، یک npda به نام $\hat{M}$ حداکثر ۳ حالتی وجود دارد، بطوریکه:

$$L(M) = L(\hat{M})$$

البته می‌توان تعداد حالت‌ها را به ۲ حالت کاهش داد. (با قرار دادن یک سمبل در پشته)

ساخت اتوماتای پشته‌ای با استفاده از گرامر در فرم گریباخ

می‌توان با داشتن گرامر در فرم گریباخ برای یک زبان مستقل از متن، ماشین پشته‌ای برای آن طراحی کرد.

مثال

pda ای بسازید که زبان تولید شده بوسیله گرامر $S \rightarrow aSbb \mid a$ را پذیرش کند.

حل: ابتدا گرامر را به فرم گریباخ در می آوریم:

$$S \rightarrow aSA \mid a$$

$$A \rightarrow bB$$

$$B \rightarrow b$$

مراحل تبدیل گرامر به ماشین:

الف- قرار دادن متغیر شروع روی Z :

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_1, Sz)\}$$

ب- شبیه سازی قوانین:

$$S \rightarrow aSA \mid a : \delta(q_1, a, S) = \{(q_1, SA), (q_1, \lambda)\}$$

$$A \rightarrow bB : \delta(q_1, b, A) = \{(q_1, B)\}$$

$$B \rightarrow b : \delta(q_1, b, B) = \{(q_1, \lambda)\}$$

ج- با وقوع Z در ته پشته، کار اشتقاق تمام شده و ماشین بوسیله دستور زیر در حالت پایانی قرار می گیرد:

$$\delta(q_1, \lambda, z) = \{(q_f, \lambda)\}$$

این ماشین پشته ای زبان $L = \{a^{n+1}b^{2n} : n \geq 0\}$ را می پذیرد.

نحوه پذیرش رشته a^3b^4 توسط ماشین:

			S						
		S	A	A	B				
S	A	A	A	A	A	B			
z	z	z	z	z	z	z	z		

λ	a	a	a	b	b	b	b	λ
-----------	---	---	---	---	---	---	---	-----------



فرادرس

فرادرس

فرادرس

مثال

یک npda برای زبان $L = \{a^n b^{n+1} : n \geq 0\}$ پیدا کنید.

حل: گرامر آن به فرم $S \rightarrow aSb | b$ است. فرم گریباخ این گرامر برابر است با:

$$S \rightarrow aSB | b$$

$$B \rightarrow b$$

پس یک ماشین پشته ای با سه حالت q_0 و q_1 و q_f می سازیم. در صورتی می توان حالت q_1 را حذف کرد که از یک سمبل ویژه پشته مانند z_1 برای نشانه گذاری آن استفاده کرد:

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_0, Sz_1)\}$$

$$\delta(q_0, a, S) = \{(q_0, SB)\}$$

$$\delta(q_0, b, S) = \{(q_0, \lambda)\}$$

$$\delta(q_0, b, B) = \{(q_0, \lambda)\}$$

$$\delta(q_0, \lambda, z_1) = \{(q_f, \lambda)\}.$$



مثال

یک npda ای طراحی کنید که زبان تولید شده توسط گرامر $S \rightarrow aSbb | aab$ را بپذیرد.

حل: ابتدا گرامر $S \rightarrow aSbb | aab$ را به فرم گریباخ در می آوریم:

$$S \rightarrow aSA | aD$$

$$A \rightarrow bB$$

$$B \rightarrow b$$

$$D \rightarrow aB$$

سپس npda آن را طراحی می کنیم:

$$\delta(q_0, \lambda, z) = \{(q_1, Sz)\}$$

$$\delta(q_1, a, S) = \{(q_1, SA)\}$$

$$\delta(q_1, a, S) = \{(q_1, D)\}$$

$$\delta(q_1, a, D) = \{(q_1, B)\}$$

$$\delta(q_1, b, A) = \{(q_1, B)\}$$

$$\delta(q_1, b, B) = \{(q_1, \lambda)\}$$

$$\delta(q_1, \lambda, z) = \{(q_f, z)\}$$



تشخیص مستقل از متن بودن یک زبان

یکی از روش های تشخیص مستقل از متن بودن یک زبان، امکان طراحی یک ماشین پشته ای برای آن زبان است. قبلاً دیدیم که روش دیگر این است که بتوان برای آن زبان، یک گرامر مستقل از متن نوشت.

مثال

آیا $L = \{a^n b^m c^n d^m : m, n \geq 0\}$ مستقل از متن است؟

حل: خیر- ترتیب قرار گرفتن نمادها طوری است که نمی توان توسط یک پشته، تساوی تعداد a ها با تعداد c ها و همچنین تعداد b ها با تعداد d ها را کنترل کرد. ■

مثال

آیا $L = \{a^n b^n c^m d^m : m \geq n \geq 0\}$ مستقل از متن است؟

حل: خیر- می توان تساوی تعداد نمادهای a با b و تعداد c با d را چک کرد. اما با همان پشته دیگر نمی توان شرط $m \geq n$ را نیز چک کرد. ■

مثال

آیا زبان $\{a^{3n} b^{2n} a^{5n} : n \in N\}$ مستقل از متن است؟

حل: خیر- بعد از تطبیق تعداد a ها با b ها ، مقدار n فراموش شده و نمی توان تعداد a در a^{5n} را چک کرد. ■

گرامر LL

گرامرها در تمام جنبه‌های نحو زبان‌های برنامه‌سازی موفق نمی‌باشند. با تعمیم این گرامرها بطوری که قابلیت تجزیه را از دست بدهند، به گرامر LL می‌رسیم. L اول به معنای پویش از چپ به راست و L دوم به معنای ساخت اشتقاق‌های چپ‌ترین است. در این گرامرها، با نگاه به بخش محدودی از ورودی شامل سمبل خوانده شده بعلاوه تعداد متناهی از سمبل‌های بعد از آن، به راحتی قانون مناسب را می‌توان تعیین کرد.

مثال

گرامر $S \rightarrow aSb \mid ab$ یک $LL(2)$ است، چون با در اختیار داشتن سمبل جاری خوانده شده و پیش بینی سمبل بعدی، می‌توان قانون درست را انتخاب کرد. اگر سمبل خوانده شده a و سمبل بعدی b باشد، از قانون $S \rightarrow ab$ و در غیر اینصورت از $S \rightarrow aSb$ باید استفاده کرد. ■

مثال

یک گرامر برای زبان $L = \{a^n b^m c^{n+m} : n \geq 0, m \geq 0\}$ بسازید.

حل:

$$S \rightarrow aSc \mid X \mid \lambda$$

$$X \rightarrow bXc \mid \lambda$$

این گرامر $LL(1)$ است. چون اگر سمبل جاری خوانده شده a باشد، از $S \rightarrow aSc$ ، اگر b باشد از $S \rightarrow X$ و اگر c باشد از $S \rightarrow \lambda$ باید استفاده کرد. ■

مثال

یک گرامر برای زبان $L(a^*ba) \cup L(abbb^*)$ بسازید.

حل:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow S_1 \mid S_2 \\ S_1 &\rightarrow aS_1 \mid ba \\ S_2 &\rightarrow abbB \\ B &\rightarrow bB \mid \lambda \end{aligned}$$

این گرامر $LL(3)$ است. چون اگر سه سمبل اول، aaa یا aab یا aba باشد، آنگاه رشته در a^*ba و اگر abb باشد، رشته در $abbb^*$ وجود دارد. ■

چند نکته:

- ۱- گرامری که ساده باشد، حتما LL نیز می باشد.
- ۲- گرامر LL ، مبهم نمی باشد.
- ۳- زبان گرامری $LL(k)$ ، مستقل از متن معین است.
- ۴- یک گرامر به فرم نرمال گریباخ، در صورتی که LL باشد، الزاما $LL(1)$ خواهد بود.

تمرین فصل ۶

۱- کدام زبان مستقل از متن نیست؟

$$L_1 = \{a^n b^j a^k a^m : n + j \leq k + m\}$$

$$L_2 = \{a^n b^j a^k b^m : n \leq k, j \leq m\}$$

۲- آیا زبان $L = \{a^i b^j c^k d^t a^t b^k c^j d^i : i, j, k, t \geq 0\}$ مستقل از متن است؟

۳- آیا زبان $L = \{a^n b^m c^{m+3} d^p e^{n+p} : n, m, p \geq 0\}$ مستقل از متن است؟

۴- کدام جمله صحیح است؟

الف) اگر یک PDA هیچگاه عمل POP کردن را انجام ندهد آنگاه زبانی که می پذیرد منظم است.

ب) مجموعه زبان‌های پذیرفته شده توسط NPDA از DPDA بیشتر است.

۵- در یک اتومات پوش دان (Push Down) طول پشته حداکثر 6 است. زبانهایی که این اتومات می تواند بپذیرد، در کدام مجموعه زبان قرار می گیرد؟

۶- یک PDA با n حالت برای محاسبه کلیه ورودی‌ها حداکثر از 2^n سلول از حافظه پشته خود استفاده می کند. آیا برای زبان این ماشین یک گرامر منظم وجود دارد؟

۷- آیا هر زبان مستقل از متن، دارای یک PDA متناظر با پشته متناهی است؟

۸- اتوماتون یک PDA، فاقد انتقال بلادرنگ (λ -transition) است. آیا زمان محاسبه هر ورودی، متناهی است؟

۹- آیا یک PDA دلخواه در هر مسیر محاسبه برای ورودی w ، فقط از مقدار متناهی از حافظه پشته خود استفاده می کند؟

۱۰- هر زبان مستقل از متن می تواند با یک PDA با حداکثر چند حالت توصیف شود؟

۱۱- آیا زبان $L = \{w \in \{0,1\}^* : n_0(w) = f(n_1(w))\}$ مستقل از متن است؟

$$f(x) = \begin{cases} 3 & x \text{ is odd} \\ x+1 & x \text{ is even} \end{cases}$$

۱۲- آیا زبان $L = \{w \in \{0,1\}^* : |w|_0 = f(|w|_1)\}$ که در آن $f(n) = n \bmod 3$ است، مستقل از متن است؟
($|w|_i$ تعداد حروف i در کلمه w باشد)

۱۳- زبان $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ مفروض است. آیا زبان $h(L)$ مستقل از متن است؟

$h(L)$:

$$h(a) = a,$$

$$h(b) = bb,$$

$$h(c) = a$$

۱۴- کدام یک از زبان‌های زیر مستقل از متن می باشند؟

$$\{a^n b^n c^m d^m : m \geq 0, n \geq 0\}$$

$$\{a^m b^k c^m : m, k \geq 0\}$$

$$\{a^n b^{2m} c^m : n, m \geq 0\}$$

$$\{a^m b^m c^n d^n : n, m \geq 0\}$$

$$\{a^n b^m : n = 3m\}$$

$$\{a^n b^m c^n : m, n \geq 0\}$$

$$\{a^n b^m c^m d^n : m, n \geq 0\}$$

۱۵- برای کدام یک از زبان‌های زیر، می توان یک ماشین پشته ای طراحی کرد؟ $x, y \in \{a, b\}^*$

$$L_1 = \{xy : x \neq y\}$$

$$L_2 = \{xy : |x| \neq |y|\}$$

$$L_3 = \{xy : |x| = |y|, x \neq y\}$$

$$L_4 = \{xy : x = y^R\}$$

$$L_5 = \{xy : x = y\}$$

۱۶- نشان دهید که تمامی زبان‌های منظم، مستقل از متن معین هستند.

۱۷- نشان دهید که زبان های مستقل از متن معین، هیچگاه ذاتا مبهم نیستند.

۱۸- یک زبان مستقل از متن معین ارائه دهید که معکوس آن نامعین باشد.

۱۹- اگر در یک npda، در هر حرکت، طول پشته حداکثر به اندازه یک سمبل افزایش یابد، آنگاه

دستور $\delta(q_i, a, b) = \{(q_j, cde)\}$ را چگونه باید پیاده سازی کرد؟

۲۰- برای هر یک از زبان‌های زیر، ماشین پشته ای طراحی کنید.

$$L_1 = L(aa^+b)$$

$$L_2 = L(ab^+aba^*)$$

۲۱- برای هر یک از زبان‌های زیر، ماشین پشته ای طراحی کنید.

$$L_1 = \{a^n b^m c^{n+m} : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$L_2 = \{a^n b^{n+m} c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$$

$$L_3 = \{a^3 b^n c^n : n \geq 0\}$$

$$L_4 = \{a^n b^m : n \geq 0, n \neq m\}$$

۲۲- برای هر یک از زبان‌های زیر، ماشین پشته ای طراحی کنید.

$$L_1 = \{w \in \{a, b\}^* : n_a(w) = n_b(w) + 1\}$$

$$L_2 = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) + n_b(w) = n_c(w)\}$$

$$L_3 = \{w \in \{a, b\}^* : wcw^R\}$$

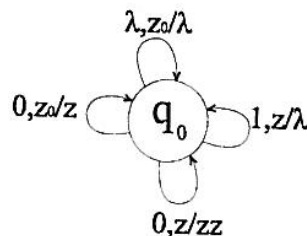
$$L_4 = \{w \in \{a, b\}^* : 2n_a(w) \leq n_b(w) \leq 3n_a(w)\}$$

۲۳- برای زبان زیر، ماشین پشته ای طراحی کنید.

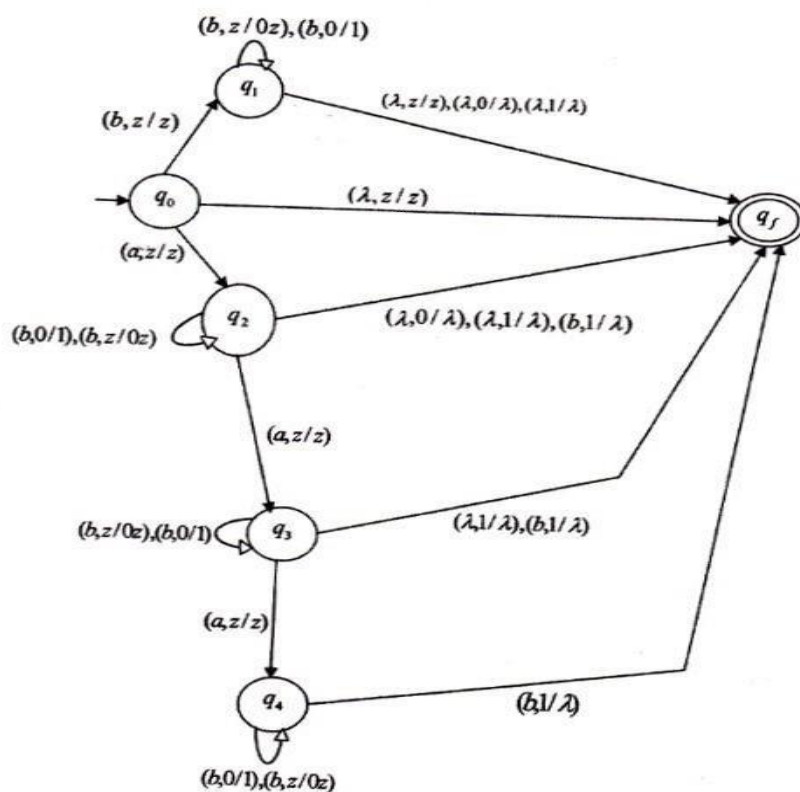
$$L = \{ab(ab)^n b(ab)^n : n \geq 0\}$$

۲۴- فرض کنید $L = \{a^n b^{2n} : n \geq 0\}$ باشد. یک ماشین پشته ای برای L^* طراحی کنید.

۲۵- اتومات پوش دان $(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, z_0)$ با $Q = \{q_0\}, \Sigma = \{0, 1\}, \Gamma = \{z_0, z\}$ مطابق شکل زیر مفروض است. زبان این اتومات را مشخص کنید.



۲۶- ماشین پشته ای زیر، چه زبانی را می پذیرد؟



حل تمرین فصل ۶

۱- زبان L_2 مستقل از متن نمی باشد، چون رشته های آن را نمی توان توسط یک پشته بررسی کرد.

۲- بله- زیرا می توان جملات آن را به کمک یک پشته، بررسی کرد.

۳- زبان داده شده را می توان به صورت زیر نوشت:

$$L = \{a^n b^m c^m c^3 d^p e^p e^n : n, m, p \geq 0\}$$

می توان جملات این زبان را به کمک یک پشته، بررسی کرد. پس مشتقل از متن است.

۴- هر دو گزاره صحیح هستند.

۵- چون طول پشته محدود است، ماشین پشته ای مانند ماشین متناهی عمل کرده و فقط زبان های منظم را می پذیرد.

۶- بله- ماشین PDA ای که برای محاسبه ورودی ها حداکثر از تعدادی مشخص از خانه های پشته (مثلا 2^n)، استفاده کند، معادل DFA است. بنابراین برای زبان این ماشین، یک گرامر منظم وجود دارد.

۷- خیر- هر زبان منظم دارای یک PDA متناظر با پشته متناهی است.

۸- بله- چون اگر انتقال δ نداشته باشد، به ازای هر الفبای رشته، یک انتقال انجام شده و چون طول رشته متناهی است، بنابراین حتما در زمان متناهی پیمایش رشته به پایان می رسد.

۹- خیر- چون ممکن است در حلقه بی افتد و از مقدار نامتناهی از حافظه پشته خود استفاده کند.

۱۰- بله- برای هر زبان مستقل از متن، یک PDA با حداکثر دو حالت وجود دارد.

۱۱- بله- زبان L را می توان به صورت زیر نوشت:

$$L = \{w \in \{0,1\}^* : n_0(w) = 3 \text{ or } n_0(w) = n_1(w) + 1\}$$

تعداد یکها، هر عددی می تواند باشد ولی تعداد صفرها برابر 3 یا یک واحد بیشتر از تعداد یکها است. بنابراین چون می توان رشته های این زبان را به کمک یک پشته پذیرفت، زبان مستقل از متن است.

۱۲- از آنجا که باقیمانده تقسیم هر عددی بر 3، برابر یکی از اعداد 0 تا 2 می باشد، داریم:

$$L = \{w \in \{0,1\}^* : |w|_0 = 0 \text{ or } |w|_0 = 1 \text{ or } |w|_0 = 2\}$$

در این زبان تعداد یکها، هر عددی می تواند باشد ولی تعداد صفرها باید یکی از اعداد 0، 1 و 2 باشد. بنابراین چون می توان رشته های این زبان را به کمک یک پشته پذیرفت، زبان مستقل از متن است.

۱۳- خیر- برای مشخص کردن زبان مربوط به همومورفیسیم، کافی است در $\{a^n b^n c^n\}$ به جای a همان a، به جای b مقدار bb و به جای c مقدار a را قرار داد. در این صورت خواهیم داشت:

$$a^n (bb)^n a^n = a^n b^{2n} a^n$$

این زبان مستقل از متن نیست، چون علاوه بر کنترل تعداد نمادهای a، b در $a^n b^{2n}$ ، باید تعداد b، a در $b^{2n} a^n$ نیز چک شود که با یک پشته ممکن نیست.

۱۴- همه زبان های داده شده مستقل از متن هستند، چون می توان برای آنها یک ماشین پشته ای رسم کرد.

۱۵- برای همه به غیر از L_5 .

۱۶- هر زبان منظمی را می توان با یک dfa پذیرفت. چنین dfa ای یک dpda با پشته استفاده نشده است.

۱۷- به ازای هر زبان مستقل از متن معین، یک dpda وجود دارد. اگر این dpda به گرامر تبدیل شود، گرامر به دست آمده، غیر مبهم خواهد بود.

۱۸- معکوس زبان مستقل از متن معین زیر، نامعین است:

$$L = \{w_1cw_2, w_1 = w_2^R, w_1, w_2 \in \{a,b,c\}^*\}$$

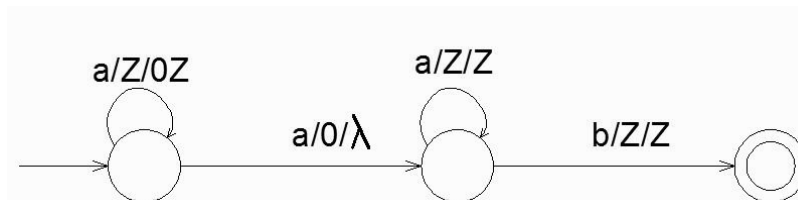
۱۹- از دو دستور زیر استفاده می کنیم:

$$\delta(q_i, a, b) = \{(q_k, de)\}$$

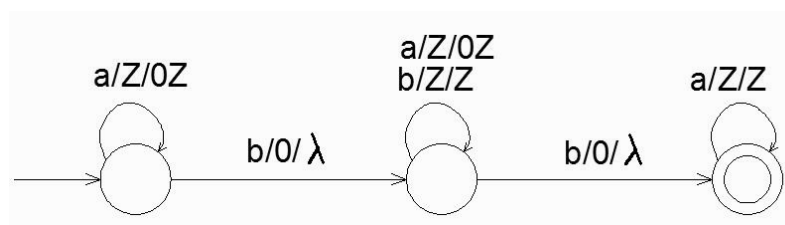
$$\delta(q_k, \lambda, d) = \{(q_j, cd)\}$$

۲۰- هر یک از ماشین ها در زیر نشان داده شده است:

ماشین زبان $L_1 = L(aa^+b)$:

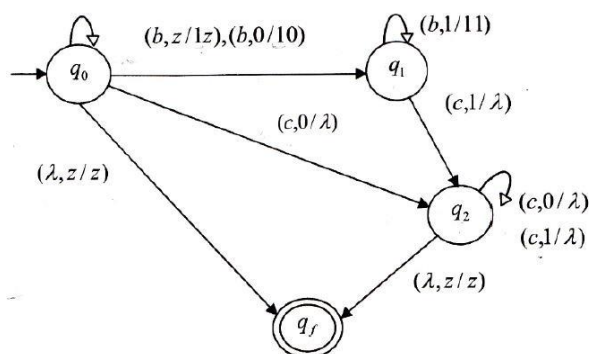


ماشین زبان $L_2 = L(ab^+aba^*)$:

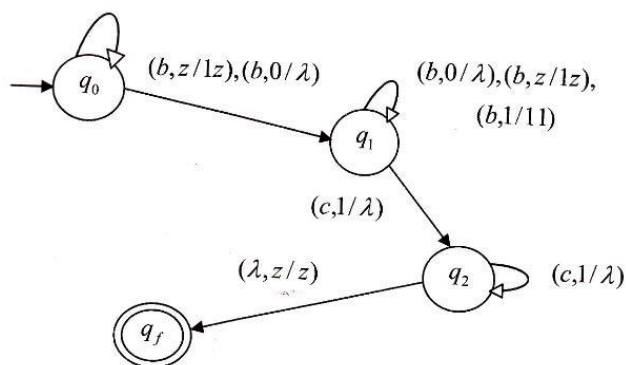


۲۱- هر یک از ماشین ها در زیر نشان داده شده است:

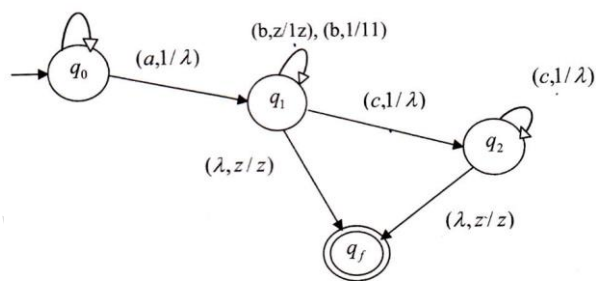
ماشین زبان $L_1 = \{a^n b^m c^{n+m} : n \geq 0, m \geq 0\}$:



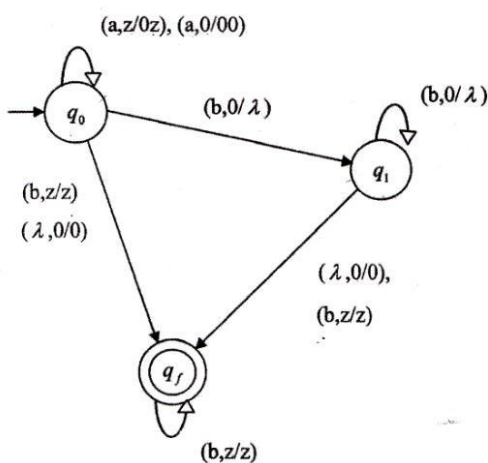
ماشین زبان $L_2 = \{a^n b^{n+m} c^m : n \geq 0, m \geq 0\}$:



ماشین زبان $L_3 = \{a^3 b^n c^n : n \geq 0\}$:

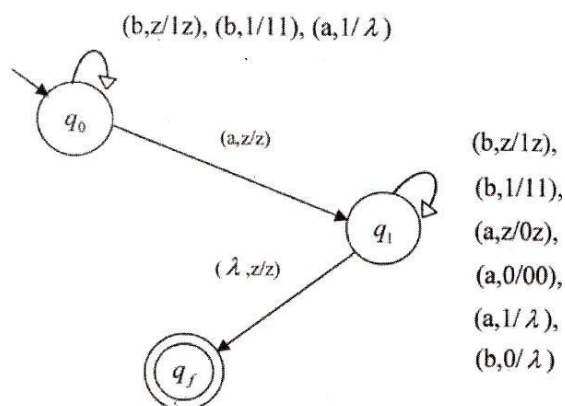


ماشین زبان $L_4 = \{a^n b^m : n \geq 0, n \neq m\}$:

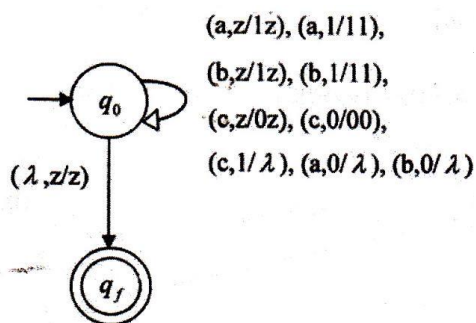


۲۲- هر یک از ماشین ها در زیر نشان داده شده است:

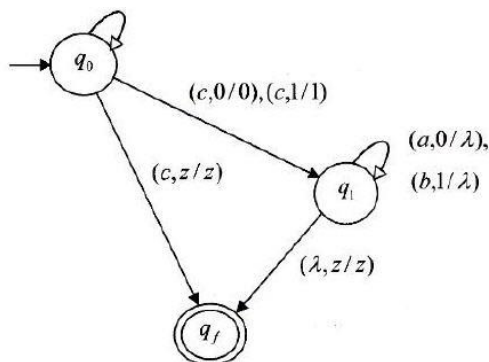
ماشین زبان $L_1 = \{w \in \{a,b\}^* : n_a(w) = n_b(w) + 1\}$



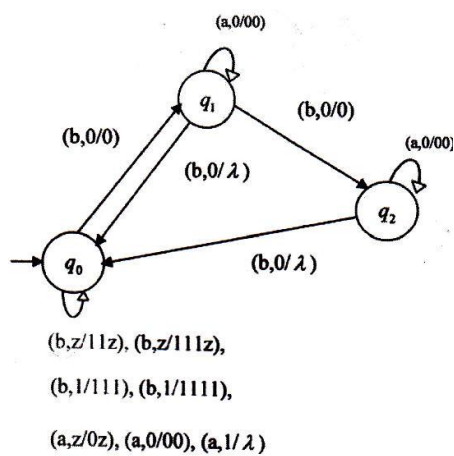
ماشین زبان $L_2 = \{w \in \{a,b,c\}^* : n_a(w) + n_b(w) = n_c(w)\}$



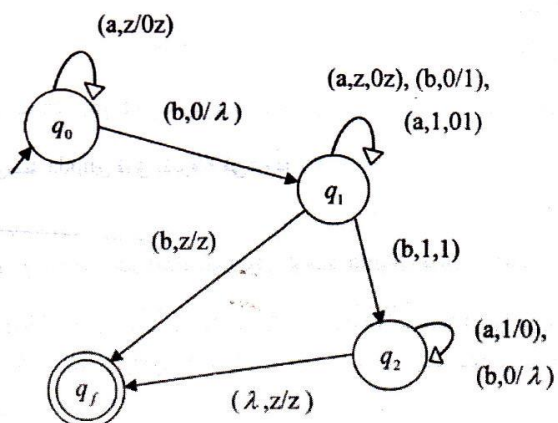
ماشین زبان $L_3 = \{w \in \{a,b\}^* : wcw^R\}$



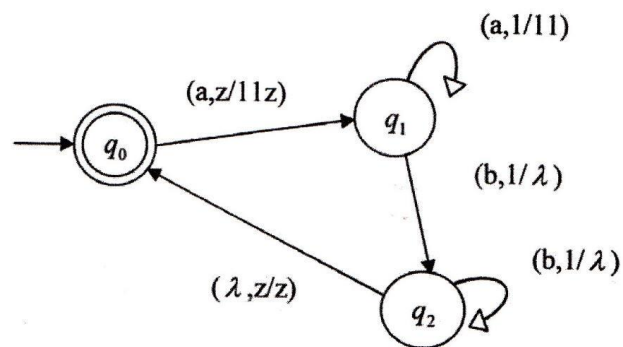
ماشین زبان $L_4 = \{w \in \{a,b\}^* : 2n_a(w) \leq n_b(w) \leq 3n_a(w)\}$



۲۳- ماشین به صورت زیر است:



۲۴- ماشین پشته ای به صورت زیر است:



۲۵- زبان ماشین داده شده برابر است با:

$$\{w \in (0+1)^* : n_0(w) = n_1(w) \text{ and } n_0(v) > n_1(v) \text{ for any prefix } v, w = vr, r \in \Sigma^+\}$$

۲۶- ماشین داده شده زبان $L = \{a^n b^m : n \leq m \leq 3\}$ را می پذیرد. حالت های ممکن :

الف- اگر $n=0$ باشد، آنگاه m برابر ۰ تا ۳ می تواند باشد.

ب- اگر $n=1$ باشد، آنگاه m برابر ۱ تا ۳ می تواند باشد.

پ- اگر $n=2$ باشد، آنگاه m برابر ۲ تا ۳ می تواند باشد.

ت- اگر $n=3$ باشد، آنگاه m برابر ۳ می تواند باشد.

فصل ۷

ماشین تورینگ

ماشین تورینگ یک کامپیوتر ساده دارای واحد پردازشی با حافظه محدود و نواری با ظرفیت نامحدود است. دستوراتی که این ماشین می تواند انجام دهد بسیار محدود است. ماشین تورینگ کاملترین مدل برای یک ماشین محاسبه گر می باشد و از ماشین های متناهی و پشته ای کاملتر است. ماشین تورینگ پذیرنده زبانهای منظم، مستقل از متن، وابسته به متن و بدون محدودیت است.

ماشین تورینگ استاندارد

ماشین تورینگ M یک هفت تایی است که به صورت $M = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$ تعریف می شود، که در آن:

Q : مجموعه حالات داخلی

Σ : الفبای ورودی

Γ : الفبای نوار

δ : تابع انتقال

B : سمبل خالی (متعلق به Γ است و در Σ نیست).

q_0 : حالت شروع

F : مجموعه حالت های پایانی

نوار ماشین تورینگ به سلول هایی تقسیم شده و هر سلول قادر به نگهداری فقط یک سمبل است. به این نوار یک هد خواندن-نوشتن متصل است که می تواند به سمت راست یا چپ نوار حرکت کرده و در هر حرکت فقط یک سمبل را بخواند و بنویسد.

تابع انتقال δ در تورینگ، به صورت $Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$ تعریف می شود. یعنی دو ورودی و ۳ خروجی دارد. به عنوان نمونه، وضعیت $\delta(q_0, a) = (q_1, b, R)$ یعنی ماشین در وضعیت q_0 بوده و هد a را می بیند. ماشین به وضعیت q_1 رفته و a با b جایگزین می شود و هد به سمت راست می رود.

مثال

عملکرد ماشین تورینگ زیر چیست؟

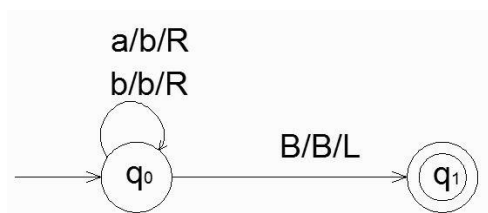
$$Q = \{q_0, q_1\}, \quad \Sigma = \{a, b\}, \quad \Gamma = \{a, b, B\}, \quad F = \{q_1\}$$

$$\delta(q_0, a) = (q_0, b, R)$$

$$\delta(q_0, b) = (q_0, b, R)$$

$$\delta(q_0, B) = (q_1, B, L)$$

حل: نمایش این ماشین به صورت زیر است:



در این ماشین اگر سمبل a ، زیر هد قرار بگیرد، یک b جایگزین آن شده و هد به سمت راست حرکت می کند و ماشین در حالت q_0 باقی می ماند. اگر b زیر هد قرار بگیرد، محتوای نوار هیچ تغییری نکرده و هد به راست می رود. ماشین با رسیدن به اولین سلول خالی (B)، یک سلول به عقب بر می گردد و در حالت نهایی q_1 متوقف می شود. با فرض اینکه رشته aa بر روی نوار باشد، عملکرد این ماشین را می توان به صورت زیر نمایش داد: $q_0 aa \vdash bq_0 a \vdash bbq_0 B \vdash bq_1 b$ ■

ماشین تورینگ در نقش پذیرنده زبان

زبانی که ماشین تورینگ M می پذیرد به صورت زیر تعریف می شود:

$$L(M) = \{w \in \Sigma^+ : q_f \in F, x_1, x_2 \in \Gamma^*, q_0 w \vdash^* x_1 q_f x_2\}$$

بر اساس این تعریف ورودی w روی نوار نوشته شده و در هر یک از طرفین آن از سمبل فضای خالی استفاده می شود.

اگر w عضو $L(M)$ نباشد، یکی از دو حالت زیر اتفاق می افتد:

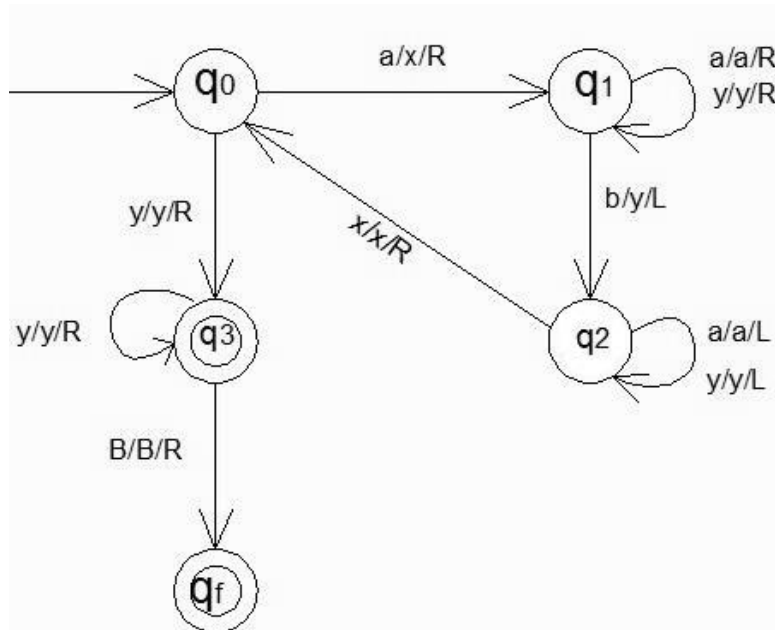
۱- ماشین در یک حالت غیر پایانی متوقف می شود.

۲- ماشین به یک حلقه بی نهایت وارد شده و هرگز متوقف نمی شود.

بنابراین، هر رشته ای که باعث توقف M نشود، عضو $L(M)$ نمی باشد.

مثال

ماشین تورینگ زیر چه زبانی را می پذیرد؟



حل:

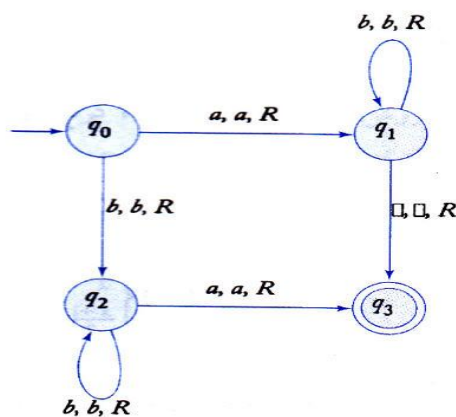
این ماشین زبان $\{a^n b^n : n \geq 1\}$ را می پذیرد. در این ماشین با خواندن یک a به جای آن x قرار داده می شود و a های بعدی را رد کرده تا به یک b برسد، سپس آن را با y جایگزین کرده و دوباره به سمت چپ ترین a رفته و آنرا با x جایگزین می کند و مجدداً چپ ترین b را با y جایگزین می کند و این حرکت پاندولی را ادامه می دهد و تک تک a ها را با b نظیر آن تطبیق می دهد. اگر a یا b ای باقی نمانده بود، آنگاه رشته حتماً عضو زبان خواهد بود.

بعنوان مثال، ورودی $aabb$ پیکربندی های متوالی زیر را ایجاد می کند:

$q_0 aabb \vdash xq_1 abb \vdash xaq_1 bb \vdash xq_2 ayb \vdash q_2 xayb \vdash xq_0 ayb \vdash xxq_1 yb$
 $\vdash xxyq_1 b \vdash xxq_2 yy \vdash xq_2 xyy \vdash xxq_0 yy \vdash xxyq_3 y \vdash xxyyq_3 B \vdash xxyyBq_f B.$

مثال

یک ماشین تورینگ با گراف انتقال زیر، چه زبانی را می پذیرد؟ (فاصله خالی با نماد مربع نشان داده شده است.)



حل: ماشین داده شده زبان زیر را می پذیرد:

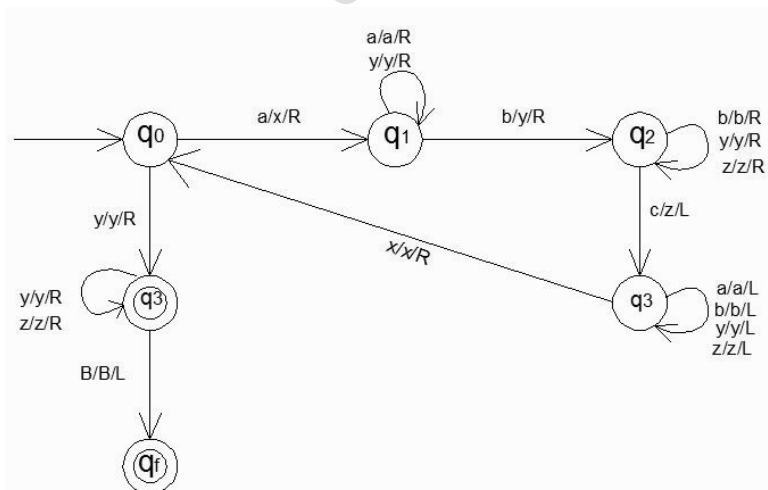
$$L = \{ab^n : n \geq 0\} \cup \{b^na : n \geq 1\}$$



مثال

ماشین تورینگ برای پذیرش زبان $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ طراحی کنید.

حل: حرف a را با x، b را با y و c را با z علامت گذاری می کنیم.



قبلا دیدیم که زبان $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ مستقل از متن نیست و توسط ماشین پشته ای پذیرش نمی شود. اما این زبان توسط تورینگ پذیرش شد. پس ماشین تورینگ از ماشین پشته ای قویتر می باشد. ■

مثال

ماشین تورینگ زیر چه زبانی را می پذیرد؟

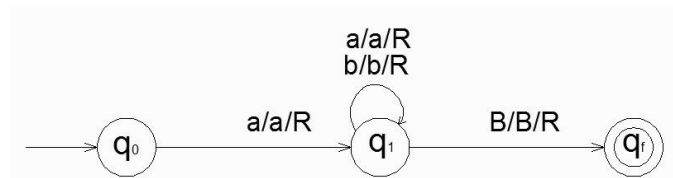
$$\delta(q_0, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, b, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_f, B, R)$$

حل: شکل ماشین به صورت زیر است:



این ماشین زبان $L(a(a+b)^*)$ روی الفبای $\{a,b\}$ را می پذیرد. پس ماشین تورینگ می تواند زبان منظم را بپذیرد. ■

مثال

ماشین تورینگ زیر چه زبانی را می پذیرد؟

$$\delta(q_0, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_2, b, R)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, a, R)$$

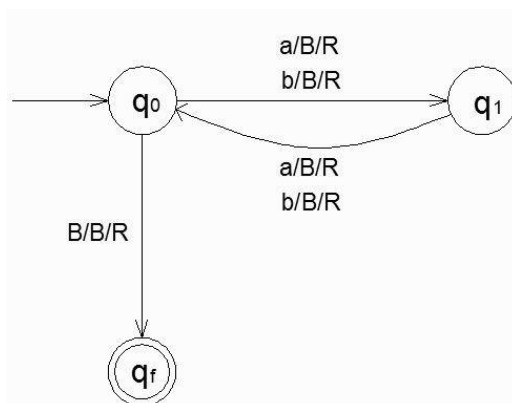
$$\delta(q_2, b) = (q_f, b, R)$$

حل: این ماشین زبان $L = L(aba^*b)$ روی الفبای $\{a,b\}$ را می پذیرد. ■

مثال

یک ماشین تورینگ طراحی کنید که زبان $L = \{w \mid \text{زوج است } |w|\}$ را روی الفبای $\{a,b\}$ بپذیرد.

حل:



مثال

یک ماشین تورینگ طراحی کنید که زبان $L = \{a^i b^j c^k : k = i \times j, i, j, k \geq 1\}$ را تصمیم گیری کند.

حل: کارهای انجام شده روی رشته ورودی توسط ماشین:

- ۱- ابتدا رشته ورودی را از چپ به راست پویش کرده تا مطمئن شود که رشته ورودی عضو $a^* b^* c^*$ است و اگر اینطور نبود به حالت عدم پذیرش می رود.
- ۲- هد به انتهای سمت چپ برگردانده می شود.

۳- یکی از a ها را علامت زده و آنقدر به راست می رود تا به یک نماد b برسد. سپس b ها را با c ها تطبیق می دهد، یعنی با علامت زدن یک b ، یک c را نیز علامت می زند. این کار را تا تمام شدن b ها ادامه می دهد.

۴- تمام b های علامت گذاری شده دوباره به نماد b برگردانده می شوند. تا زمانی که a باقی مانده باشد، مرحله سوم تکرار می شود. اگر تمام a ها علامت گذاری شده باشند، بررسی می شود که تمام c ها نیز علامت گذاری شده باشند. در این صورت رشته پذیرفته شده و در غیر این صورت رشته رد می شود.

این زبان را نمی توان با ماشین پشته ای پذیرفت. ■

برای همه ماشین های تورینگ، یک ماشین دیگر با تنها یک حالت پایانی وجود دارد که همان زبان را می پذیرد. در واقع اگر چند حالت پایانی داشته باشیم، یک حالت پایانی جدید معرفی می کنیم و برای همه $q \in F$ و $a \in \Gamma$ انتقالات $\delta(q, a) = (q_f, a, R)$ را انجام می دهیم.

ماشین تورینگ به عنوان مترجم

ماشین تورینگ علاوه بر دارا بودن خاصیت پذیرش زبانها، یک مدل ساده انتزاعی برای کامپیوترهای رقمی می باشد. در واقع تمامی توابع ریاضی معمولی توسط ماشین تورینگ، محاسبه پذیر بوده و میزان پیچیدگی آنها، تاثیری بر این امر نخواهد داشت.

تابع f محاسبه پذیر توسط تورینگ گفته می شود، اگر ماشین تورینگ مفروض M وجود داشته باشد که برای همه w های موجود در دامنه تابع، داشته باشیم: $q_0 w \xrightarrow{*} q_f f(w)$

مثال

ماشین تورینگی برای محاسبه جمع دو عدد صحیح مثبت X و Y طراحی کنید.

قرارداد ۱: هر عدد صحیح مثبت X بوسیله $w(x) \in \{1\}^+$ نمایش داده می شود، بطوریکه $|w(x)| = x$. مثلاً عدد ۳ به صورت ۱۱۱ و یا عدد ۲ به صورت ۱۱ نمایش داده می شود.

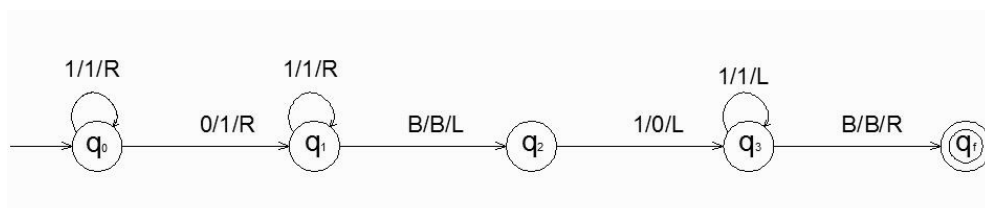
قرارداد ۲: اعداد بوسیله یک ۰ از هم جدا شده و هد روی چپ ترین علامت عدد X می باشد.

قرارداد ۳: بعد از محاسبه، $w(x+y)$ روی نوار قرار گرفته و فقط یک ۰ بعد از آن مشاهده می شود و هد در انتهای سمت چپ نتیجه قرار خواهد داشت.

بنابراین در واقع می خواهیم ماشین تورینگی را برای انجام محاسبه زیر طراحی کنیم:

$$q_0 w(x) 0 w(y) \xrightarrow{*} q_f w(x+y) 0$$

حل: تنها کاری که باید انجام شود، انتقال صفر بین دو عدد، به انتهای سمت راست عدد y می باشد.



بررسی جمع 111 با 11 :

$$q_0 111011 \mapsto 1q_0 11011 \mapsto 11q_0 1011 \mapsto 111q_0 011 \mapsto 1111q_1 11 \mapsto 11111q_1 1 \\ \mapsto 111111q_1 B \mapsto 11111q_2 1 \mapsto 1111q_3 10 \mapsto \dots \mapsto q_3 B 111110 \mapsto Bq_f 111110$$



تذکر:

کار با دنباله سمبل های یکتایی 1 ، هر چند در محاسبات مشکل به نظر می رسد، ولی در برنامه ریزی ماشین های تورینگ بسیار سودمند است. برنامه های حاصل از این روش در مقایسه با روشهای دیگر کوتاهتر و ساده تر هستند.

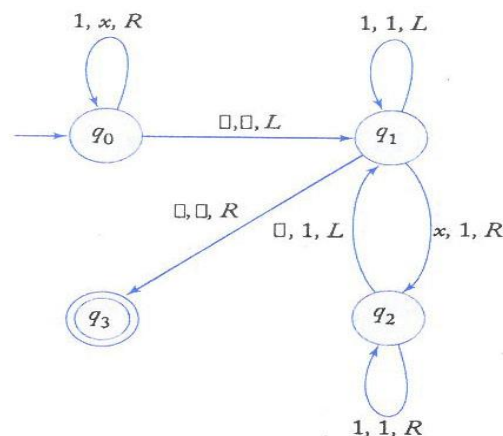
مثال

ماشین تورینگ طراحی کنید که رشته هایی از 1 را کپی کند. مثلاً با دادن 11 خروجی 1111 حاصل شود.

(یعنی برای هر $w \in \{1\}^+$ مقدار $|q_0 w| - q_f w w^*$ را محاسبه کند).

حل: مراحل کار:

- ۱- هر یک از 1 ها را با یک X جایگزین می کنیم.
- ۲- راست ترین X را پیدا کرده و آنرا با 1 جایگزین می کنیم.
- ۳- به اولین سمبل خالی سمت راست فعلی رفته و در آنجا یک 1 ایجاد می کنیم.
- ۴- مراحل ۲ و ۳ را آنقدر تکرار می کنیم تا هیچ X دیگری وجود نداشته باشد.

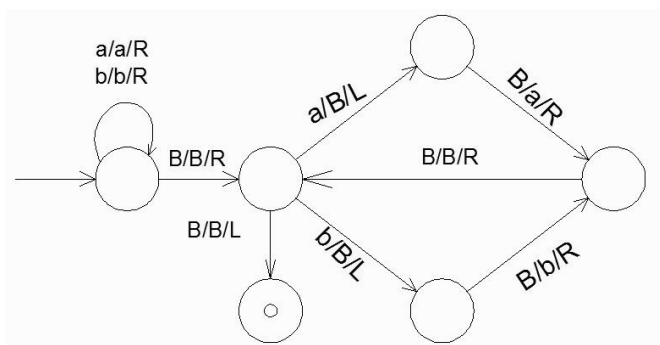


فاصله خالی با نماد مربع نشان داده شده است. ■

مثال

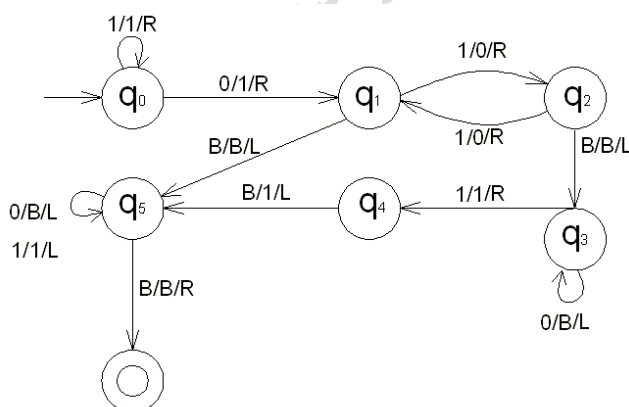
در الفبای $\{a, b\}$ ، ماشین تورینگ برای اتصال دو رشته به یکدیگر طراحی کنید. $(q_0 w_1 B w_2 | - q_f w_1 w_2)^*$

حل: بین دو رشته یک بلانک قرار دارد. ابتدا تمام حروف رشته اول را خوانده تا به B برسیم، سپس بعد از خواندن B، اگر در ابتدای رشته دوم حرف a بود آن را به B تبدیل کرده و به سمت چپ برگشته و B را به a تغییر می دهیم و اگر b بود آن را B کرده و به سمت چپ برگشته و B را به b تغییر می دهیم. سپس به سمت راست حرکت کرده و این عملیات را تا رسیدن به B در q_2 ادامه می دهیم.



مثال

خروجی ماشین تورینگ زیر با ورودی $\{w = x0y : x = 1^*, y = 1^*\}$ با فرض $x = 11, y = 1111$ را مشخص کنید.



حل:

ورودی $w = 1101111$ ، یعنی x برابر 2 و y برابر 4 است که طبق تعریف با یک صفر از هم جدا شده اند. هد از روی همه یکها عبور کرده تا به صفر برسد (چرخه در q_0). سپس ماشین به حالت q_1 رفته و صفر بین x و y به یک تبدیل می شود. با حرکت بین دو حالت q_1 و q_2 ، یکهای y به صفر تبدیل شده و چون تعداد یکهای y زوج است، در پایان به q_1 می رسد. هد به علامت فاصله خالی پایان رشته برسد و به چپ حرکت کرده و ماشین به حالت q_5 می رود. در این حالت، تمام صفرها به سمت ابتدای رشته به فاصله خالی تبدیل شده تا به یک برسد. ($w = 11$). از یکها نیز به سمت

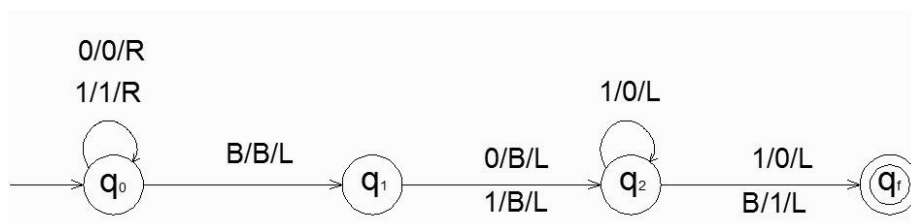
ابتدای رشته عبور کرده تا به فاصله خالی اول رشته برسد. در این حالت ماشین به حالت پایانی می رود. رشته در این حالت برابر 111 یعنی 3 است. این ماشین تابع $f(x, y) = x + 1 + (y \bmod 2)$ را محاسبه می کند:

$$f(2, 4) = 2 + 1 + (4 \bmod 2) = 3 + 0 = 3$$



مثال

خروجی ماشین تورینگ زیر با ورودی 1101 و 111 را مشخص کنید.



اصلاح: یال از q_2 به q_f با برچسب $1/0/L$ باید $0/1/L$ شود.

حل:

الف- ورودی 1101 (عدد دهدهی ۱۳)

در حالت q_0 از تمام یکها و صفرهای اول رشته به سمت راست عبور می کنیم. با رسیدن به blank آخر رشته، یک واحد به عقب بر می گردیم. هم اکنون در q_1 هستیم و هد روی 1 آخر رشته قرار دارد. در این حالت به جای 1 انتهای رشته، blank قرار داده و به چپ می رویم. هم اکنون در q_2 هستیم و رشته روی نواری 110 است. در این حالت 0 آخر رشته به 1 تبدیل شده و به حالت پایانی می رسیم. پس خروجی 111 است.

ب- ورودی 111 (عدد دهدهی ۷)

در حالت q_0 از تمام یکها و صفرهای اول رشته به سمت راست عبور می کنیم. با رسیدن به blank آخر رشته، یک واحد به عقب بر می گردیم. هم اکنون در q_1 هستیم. در این حالت به جای 1 انتهای رشته، blank قرار داده و به چپ می رویم. هم اکنون در q_2 هستیم و رشته برابر 11 است. در این حالت تمامی 1 های رشته از آخر به اول به 0 تبدیل می شود. سپس با رسیدن به blank اول رشته، این blank به 1 تبدیل شده و به حالت پایانی می رویم. پس خروجی 100 است.

توضیح در رابطه با عملکرد ماشین:

این ماشین تابع $F(x) = x \div 2 + 1$ را محاسبه می کند. x یک عدد در مبنای دو است. این تابع، ابتدا مقدار x را نصف کرده و سپس یک واحد به آن اضافه می کند. عمل نصف کردن با حذف بیت کم ارزش (شیفت به راست) انجام می شود. (انتقال از q_1 به q_2).

عمل یک واحد اضافه کردن به صورت زیر است:

الف: اگر رشته با صفر تمام شود، فقط آن صفر به یک تبدیل می شود.

ب: اگر رشته با یک تمام شود، از آخر به اول رشته حرکت کرده و تمام یکها را صفر کرده و اولین صفر را یک می کنیم.

در حالتی که بعد از حذف بیت کم ارزش، بقیه بیتها یک باشند، همه یکها به صفر تبدیل شده و به blank اول رشته می رسیم، آن blank به یک تبدیل می شود. ■

مدل های دیگر ماشین تورینگ

در این بخش نشان می‌دهیم که ماشین‌های تورینگ استاندارد، معادل با مدل‌های پیچیده‌تر هستند. طبق تز تورینگ، پیچیده کردن ماشین‌های تورینگ استاندارد از طریق تجهیز آنها به ابزار ذخیره سازی پیچیده تر، تاثیری بر قدرت ماشین ندارد. چون هر نوع محاسبه ای که با این ماشین های جدید قابل انجام باشد، مدلی از محاسبه مکانیکی محسوب شده و به همین علت بوسیله یک مدل استاندارد هم قابل انجام است.

تز تورینگ: این فرضیه می‌گوید که هر نوع محاسبه‌ای که بطور مکانیکی قابل انجام باشد، با ماشین تورینگ هم قابل انجام است.

ویژگی های ماشین تورینگ استاندارد:

- ۱- نامحدود بودن نوار ماشین از دو طرف (ممکن بودن حرکت به راست یا چپ به هر تعداد)
- ۲- معین بودن (به ازای هر پیکربندی فقط یک حرکت تعریف می‌شود).
- ۳- عدم وجود هیچ فایل ورودی خاصی و همچنین عدم وجود هیچ وسیله خروجی خاصی.

مدل‌های دیگر ماشین های تورینگ عبارتند از:

- ۱- اعمال تغییرات جزئی در تعریف ماشین تورینگ (سکون دار- با نوار نیمه متناهی - آف لاین)
- ۲- ماشین های تورینگ با حافظه پیچیده تر (چند نواره و چند بعدی)
- ۳- ماشین های تورینگ نامعین
- ۴- ماشین تورینگ عمومی
- ۵- اتوماتای کراندار خطی

ماشین های تورینگ سکون دار

هد در این نوع ماشین ها می تواند پس از بازنویسی محتوای سلول، در جای خود باقی بماند و به جلو یا عقب حرکت نکند. گنجاندن این انتخاب جدید برای حرکت هد، قدرت ماشین را افزایش نمی دهد. دسته ماشین های تورینگ سکون دار، هم ارز با دسته ماشین های تورینگ استاندارد می باشند.

ماشین های تورینگ با نوار نیمه نامتناهی

نوار در این ماشین فقط از یک طرف نامحدود است. وقتی هد در انتها قرار می گیرد، حرکت به چپ مجاز نیست. این محدودیت هیچ تاثیری بر قدرت ماشین نمی گذارد.

ماشین های تورینگ آف لاین

ماشین تورینگ **offline**، علاوه بر نوار شامل یک فایل ورودی فقط خواندنی نیز می باشد. در این نوع ماشین ها، تمامی حرکت ها توسط موارد زیر تصمیم گیری می شود:

الف- حالت درونی

ب- سمبلی که در حال حاضر از فایل ورودی خوانده می شود.

ج- آنچه که بوسیله هد خواندن-نوشتن مشاهده می شود.

ماشین های تورینگ با حافظه پیچیده تر

می توان ابزار ذخیره سازی ماشین تورینگ استاندارد را پیچیده تر کرد، اما این عمل قدرت ماشین را افزایش نمی دهد. با ذکر دو مثال (چند نواره و چند بعدی)، این موضوع را نشان می دهیم.

ماشین های تورینگ چند نواره

ماشین تورینگی با چند نوار که هر نوار، دارای هد خواندن-نوشتن می باشد که به طور مستقل کنترل می شود.

در یک ماشین دو نواره، تابع انتقال $\delta(q_0, a, e) = (q_1, x, y, L, R)$ ، به این معنی است که ماشین در حالت q_0 بوده و اولین هد یک a و دومین هد یک e را می بیند. سپس a روی اولین نوار با x جایگزین شده و هد به سمت چپ حرکت

خواهد کرد. در عین حال، e روی نوار دوم به y تغییر یافته و هد به سمت راست حرکت می کند. پس از این کار واحد کنترل به q_1 تغییر حالت می دهد.

مثال

به کمک ماشین تورینگ دو نواره پذیرش زبان $\{a^n b^n\}$ بسیار ساده تر می شود. در ابتدا رشته $a^n b^n$ روی نوار اول قرار دارد. سپس تمامی a ها را از نوار اول خوانده و به نوار دوم کپی می کنیم. با رسیدن به اولین b روی نوار اول، آنها را با a های نوار دوم تطبیق می دهیم و به سادگی تعیین می کنیم آیا تعداد a ها و b ها برابر هستند یا خیر. بنابراین بدون نیاز به جابجایی متوالی هد به راست و چپ، این عمل انجام شد. ■

ماشین های تورینگ چند بعدی

در این ماشین ها، نوار به صورت نامتناهی در بیش از یک بعد گسترش یافته است. در ماشین تورینگ دو بعدی، هد علاوه بر حرکت به چپ و راست، می تواند به بالا و پایین نیز حرکت کند.

ماشین های تورینگ نامعین

ماشین تورینگ نامعین مشابه تورینگ معین است با این تفاوت که دارای تغییر وضعیت های متفاوتی می باشد، یعنی در هر لحظه از محاسبات، ماشین می تواند یکی از چندین انتخاب را دنبال کند. به عبارتی برد تابع انتقال آن، مجموعه تمام انتقالات ممکن است که بوسیله ماشین انتخاب می شوند.

تابع δ به صورت $Q \times \Gamma \rightarrow 2^{Q \times \Gamma \times \{L, R\}}$ تعریف می شود. تابع δ در ماشین تورینگ معین به صورت $Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$ می باشد.

مثال

ماشین تورینگ با انتقالاتی به فرم زیر نامعین است:

$$\delta(q_0, a) = \{(q_1, b, R), (q_2, c, L)\}$$

■

چند نکته:

- ۱- دسته ماشین های تورینگ معین و دسته ماشین های تورینگ نامعین هم ارز هستند.
- ۲- یک ماشین تورینگ نامعین به هیچ وجه قدرتمندتر از نوع معین خود نیست. در واقع نامعین بودن به قدرت ماشین تورینگ اضافه نمی کند.
- ۳- هر ماشین تورینگ نامعین را می توان بوسیله یک ماشین تورینگ معین شبیه سازی کرد.
- ۴- اگر M_N یک ماشین تورینگ نامعین باشد، آنگاه یک ماشین تورینگ معین مانند M_D وجود دارد، به طوری که: $L(M_N) = L(M_D)$

چند نکته:

- ۱- وقتی که بیش از یک حرکت ممکن باشد، ماشین به تعداد لازم کپی از خودش تهیه می کند و به هر کدام کاری را واگذار می کند.
- ۲- یک آتاماتای پشته ای، مانند یک ماشین تورینگ نامعین است که نوار آن به صورت پشته استفاده می شود.
- ۳- دسته اتوماتای دو پشته ای، هم ارز با دسته ماشین های تورینگ است.

ماشین تورینگ عمومی

ماشین تورینگ عمومی M_u ، اتوماتی است که با در اختیار داشتن توصیف هر ماشین تورینگ M بعنوان ورودی و رشته w ، قادر به شبیه سازی محاسبه M روی w می باشد.

آتاماتای کراندار خطی (LBA)

یک اتومات کراندار خطی، یک ماشین تورینگ نامعین است، ولی با این محدودیت که مقدار نواری که می‌تواند استفاده کند تابعی از ورودی است. همچنین قسمت قابل استفاده نوار به سلول‌هایی که حاوی ورودی است محدود می‌باشند و برای حفاظت از این محدوده از دو علامت کروش [،] استفاده می‌شود.

(LBA : Linear Bounded Automata)

مثال

زبان $\{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ توسط یک LBA پذیرفته می‌شود. چون محاسباتی که برای پذیرش این زبان نیاز است، احتیاجی به فضائی خارج از ورودی اولیه ندارد. ■

چند نکته:

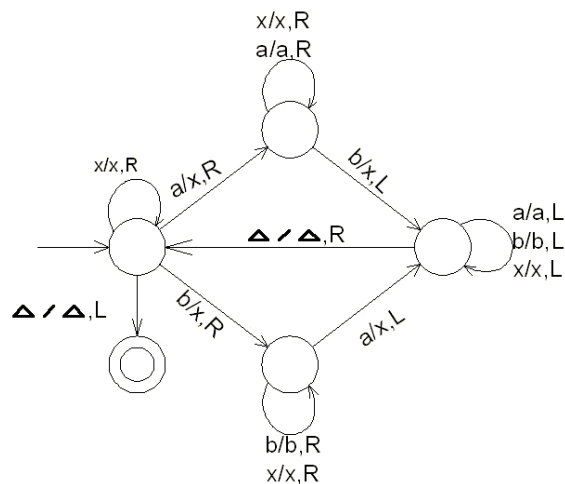
۱- هر زبان پذیرفته شده بوسیله یک اتومات پشته‌ای، بوسیله یک اتومات کراندار خطی هم پذیرفته می‌شود، اما زبان‌هایی وجود دارند که بوسیله اتوماتای کراندار خطی پذیرفته می‌شوند، اما هیچ اتوماتای پشته‌ای به ازای آن وجود ندارد. پس ماشین کراندار خطی، قویتر از ماشین پشته‌ای است.

۲- هر زبان مستقل از متن فاقد λ را می‌توان بوسیله یک LBA پذیرفت.

۳- هیچ روشی برای اثبات تناظر LBA های معین با نسخه نامعین خود وجود ندارد.

تمرین ۷

۱- ماشین تورینگ زیر چه زبانی را می پذیرد؟ (Δ نماد blank ماشین تورینگ است)



۲- در ماشین تورینگ M با دستورات زیر اگر محتوی نوار برابر رشته aaabbb باشد، پس از دقیقاً 6 حرکت، محتوای چه خواهد بود؟

$$\begin{aligned} \delta(q_0, a) &= (q_1, X, R) & \delta(q_0, B) &= (q_f, B, R) \\ \delta(q_1, a) &= (q_1, a, R) & \delta(q_1, b) &= (q_2, Y, L) \\ \delta(q_1, Y) &= (q_1, Y, R) & \delta(q_1, B) &= (q_f, B, R) \\ \delta(q_2, a) &= (q_2, a, L) & \delta(q_2, X) &= (q_1, X, R) & \delta(q_2, Y) &= (q_2, Y, L) \end{aligned}$$

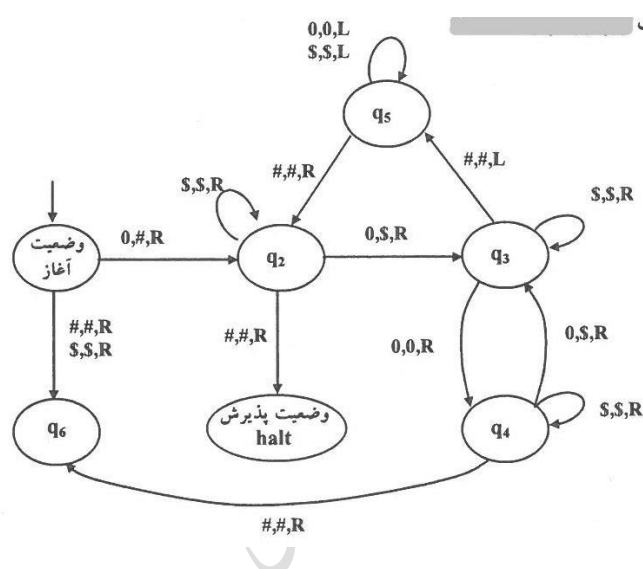
۳- زبان ماشین تورینگ با قواعد زیر کدام است؟

$$\begin{aligned} \delta(q_0, a) &= (q_1, x, R) & \delta(q_0, y) &= (q_3, y, R) \\ \delta(q_1, a) &= (q_1, a, R) & \delta(q_1, y) &= (q_1, y, R) & \delta(q_1, B) &= (q_2, y, L) \end{aligned}$$

$$\delta(q_3, x) = (q_0, x, R) \quad \delta(q_3, y) = (q_3, y, R) \quad \delta(q_3, B) = (q_f, B, R)$$

۴- آیا ماشین تورینگ زیر، 000000 را می پذیرد؟ (نماد \$ یکی از حروف نوار ماشین است).

(نماد # نشان دهنده خانه خالی)



۵- کدام یک از زبان‌های زیر توسط ماشین تورینگ فقط خواندنی پذیرفته نمی‌شوند؟

الف- $\{x \in \{0,1\}^* : \text{حاصلضرب تعداد صفرهای } X \text{ در تعداد یک های آن بر } 7 \text{ بخش پذیر باشد} : x \in \{0,1\}^*\}$

ب- $\{ \text{تعداد صفرهای } X \text{ منهای تعداد یک های } X \text{ برابر } 2 \text{ باشد} : x \in \{0,1\}^* \}$

۶- یک ماشین تورینگ در حداکثر ۶۴ مرحله به پیکربندی نهایی می رسد. آیا زبان این ماشین با یک عبارت منظم قابل توصیف است؟

۷- آیا تعریف الگوریتم توسط چرچ با تعریف الگوریتم توسط تورینگ معادل است؟

۸- آیا می توان ماشین تورینگی ساخت که خروجی نداشته باشد و به ازاء هیچ ورودی نیز در حلقه نیافتد، یعنی به ازای هر ورودی متوقف شود؟

۹- آیا با استفاده از نمادها و حالات اضافی می توان برای هر ماشین تورینگ قطعی، یک ماشین تورینگ قطعی معادل ساخت که سرعت محاسبه آن برای هر ورودی حداقل دو برابر ماشین اولیه باشد؟

۱۰- یک ماشین تورینگ آف لاین با چه ویژگی هایی، متناظر با یک ماشین متناهی است؟

۱۱- یک ماشین تورینگ تک نواره که قادر به نوشتن در محلی از نوار که شامل رشته ورودی است نباشد، چه نوع زبانی را می پذیرد؟

۱۲- یک ماشین تورینگ با امکان باقی ماندن در محل قبلی به جای حرکت به سمت چپ، چگونه ماشین است؟

۱۳- ماشین تورینگ چند شیاره را تعریف کنید.

۱۴- یک ماشین تورینگ یکبار مصرف (write-once TM)، چه نوع ماشینی است؟

۱۵- یک ماشین تورینگ با امکان بازنشاندن به سمت چپ (TM with left reset)، چه نوع ماشینی است؟

۱۶- آیا زبان $L = \{x^i y^j z^{j+2} w^k v^{i+k} : i, j, k \geq 0\}$ توسط LBA پذیرفته می شود؟

۱۷- ماشین تورینگ پذیرنده زبان $L = \{0^n 1^n : n \geq 0, n \notin \{2, 5\}\}$ را طراحی کنید.

۱۸- یک ماشین تورینگ طراحی کنید که زبان $L = \{0^{2^n} : n \geq 0\}$ را تصمیم گیری کند.

۱۹- ایده کار در ماشین تورینگی که وسط رشته ای با طول زوج را پیدا می کند، چگونه است؟

پاسخ تمرین ۷

۱- ماشین رشته‌هایی را در الفبای $\Sigma = \{a, b, x\}$ می‌پذیرد که تعداد a ها با b ها برابر باشند. مانند رشته axb یا $bxaab$.

$$L = \{w \in (a + b + x)^* : n_a(w) = n_b(w)\}$$

۲- در زیر 6 حرکت آورده شده و در انتها $XaaYbb$ روی نوار خواهد بود:

$$\begin{aligned} q_0 aaabbb &\mapsto Xq_1 aabbb \mapsto Xaq_1 abbb \mapsto Xaaq_1 bbb \mapsto Xaq_2 aYbb \\ &\mapsto Xq_2 aaYbb \mapsto q_2 XaaYbb \end{aligned}$$

۳- ماشین داده شده رشته‌هایی را می‌پذیرد که تعداد a ها و تعداد b ها در آنها برابر است و با حرف a نیز شروع می‌شود. به عبارتی زبان این ماشین $\{a^n b^n : n \geq 1\}$ می‌باشد.

۴- خیر- عملکرد ماشین:

$$\begin{aligned} q_0 000000 &\mapsto \#q_2 00000 \mapsto \#q_3 0000 \mapsto \#0q_4 000 \mapsto \#0\$q_3 00 \\ &\mapsto \#0\$0q_4 0 \mapsto \#0\$0\$q_3 \# \mapsto \#0\$0q_5 \# \mapsto \#0\$q_5 0\$ \mapsto \#0q_5 0\$ \# \\ &\mapsto \#q_5 0\$0\$ \mapsto \#q_5 \$0\$0\$ \mapsto q_5 \#0\$0\$ \mapsto \#q_2 \$0\$0\$ \# \\ &\mapsto \#q_2 0\$0\$ \mapsto \#\$q_3 \$0\$ \mapsto \#\$q_3 0\$ \mapsto \#\$\$0q_4 \$ \# \\ &\mapsto \#\$\$0\$q_4 \# \mapsto \#\$\$0\$ \#q_6 \end{aligned}$$

ماشین در حالت q_6 متوقف شد و رشته ورودی پذیرفته نشد.

تذکر: ماشین رشته‌هایی را می‌پذیرد که تعداد صفرهای آن، توانی از ۲ باشد.

۵- در یک ماشین تورینگ فقط خواندنی، هد فقط می تواند بخواند و توانایی نوشتن یا پاک کردن خانه های نوار حافظه را ندارد. این ماشین مانند یک ماشین متناهی است و بنابراین فقط زبانهای منظم را پذیرش می کند. پس زبان گزاره ب که مستقل از متن است را نمی پذیرد.

۶- بله- زبان ماشین تورینگ که در تعداد مراحل متناهی به پیکربندی نهایی می رسد، با یک عبارت منظم قابل توصیف است.

۷- بله- چرچ برای تعریف الگوریتم، از ریاضیات لاند و تورینگ از ماشین استفاده کرد. طبق نظریه چرچ-تورینگ این دو تعریف معادل هستند.

۸- بله

۹- بله- به طور نمونه هر بار با خواندن دو نماد ورودی، تغییر حالت دهد.

۱۰- ویژگی هایی که یک ماشین تورینگ آف لاین را با یک ماشین متناهی متناظر می کند:

الف- ورودی فقط یک مرتبه قابل خواندن باشد.

ب- ورودی از چپ به راست حرکت کند.

پ- ورودی قابل بازنویسی نباشد.

ت- حداکثر فقط از n سلول اضافی نوار، بعنوان فضای کاری استفاده کند. (n برای تمام ورودی ها ثابت است).

۱۱- این ماشین قادر به تشخیص زبانهای مستقل از متن می باشد.

۱۲- مشابه تورینگ معمولی است ولی تابع انتقال آن به صورت $\delta : Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{R, S\}$ می باشد. در هر لحظه ماشین می تواند هد را به سمت راست حرکت داده یا در محل قبلی باقی بماند. این نوع ماشین معادل ماشین تورینگ معمولی نیست. (منظور از S ، باقی ماندن در محل قبلی است).

۱۳- اگر در ماشین تورینگ، هر یک از سلول های نوار به چند بخش به نام شیار تقسیم شود به ماشین حاصل، ماشین تورینگ چند شیار می گویند. علائم نوار این ماشین، چندتایی های الفبای ساده تر دیگری می باشند. این تغییر در تعریف ماشین تورینگ، آن را گسترش نمی دهد، چون فقط لازم است، Γ را الفبایی فرض کنیم که هر یک از سمبل های آن از چندین بخش تشکیل شده است.

۱۴- یک ماشین تورینگ تک نواره است که هر خانه از نوار را فقط یکبار می تواند تغییر دهد. این نوع ماشین، معادل یک ماشین تورینگ استاندارد می باشد.

۱۵- مشابه یک ماشین تورینگ معمولی است با این تفاوت که تابع انتقال به صورت زیر است:

$$\delta : Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{R, reset\}$$

تابع انتقال $\delta(q_i, a) = (q_j, b, reset)$ یعنی هر گاه ماشین در حالت q_i بوده و نماد a را بخواند، پس از نوشتن نماد b به جای a ، به ابتدای سمت چپ نوار بازگشته و به حالت q_j می رود. این ماشین نمی تواند یک نماد به چپ برود. این ماشین کلاس زبان های تشخیص پذیر تورینگ را تشخیص می دهد.

۱۶- زبان L را می توان به صورت $x^i y^j z^j z^2 w^k v^k v^i$ نوشت که زبانی مستقل از متن معین است. بنابراین توسط DPDA قابل پذیرش است. در نتیجه توسط LBA که از PDA قویتر است، نیز قابل پذیرش است.

۱۷- برای طراحی ماشین تورینگ پذیرنده این زبان، از ۴ ماشین تورینگ استفاده می کنیم:

ماشین اول: پذیرنده زبان $\{0^n 1^n : n \geq 0\}$

ماشین دوم: پذیرنده $0^2 1^2$

ماشین سوم: پذیرنده $0^5 1^5$

ماشین چهارم: این ماشین رشته ورودی را به ۳ ماشین بالا داده و اگر ماشین اول آن را پذیرفته و دو ماشین دیگر آنرا نپذیرند، آنگاه این ماشین رشته را می پذیرد. اگر یکی از ماشین های دوم یا سوم رشته را بپذیرند، آنگاه رشته ورودی را رد (reject) می کند.

۱۸- رشته های زبان داده شده، رشته هایی از صفر هستند که طول آنها توان ۲ باشد. به طور نمونه رشته های:

0,00,0000,00000000...

کارهای انجام شده روی رشته ورودی توسط ماشین:

۱- از سمت چپ به راست روی نوار حرکت می کند تا از تمام صفرها عبور کند و صفرها را به صورت یک در میان علامت می گذارد.

۲- اگر در مرحله ۱ فقط بیش از یک عدد صفر وجود دارد، به مرحله پذیرش می رود.

۳- اگر در مرحله ۱ بیش از یک عدد صفر وجود دارد و تعداد صفرها فرد باشد، به مرحله عدم پذیرش می رود.

۴- هد به انتهای سمت چپ نوار بازگردانده می شود.

۵- به گام ۱ باز می گردد.

هر بار که گام اول اجرا می شود، تعداد صفرها نصف می شود. وقتی که در گام اول از روی تمام صفرها عبور می کند، مشخص می شود که تعداد صفرها فرد یا زوج بوده است. اگر تعداد صفرها فرد و بزرگتر از یک باشد، تعداد صفرها در رشته اولیه نمی تواند توان ۲ باشد. بنابراین ماشین رشته ورودی را نمی پذیرد. ولی اگر فقط یک عدد صفر باقی مانده باشد، نشان دهنده این است که تعداد صفرها در رشته ورودی توان ۲ است و رشته پذیرفته می شود.

۱۹- ایده کار به این صورت است که یک سمبل c در هر یک از دو سر رشته اضافه می کنیم. مثلاً اگر رشته ورودی aaaa باشد، خواهیم داشت: caaaac. حال در سمت چپ به جای ca از ac و در سمت راست به جای ac از ca استفاده می کنیم. این کار را ادامه داده تا c ها به هم برسند. در نهایت یک c را حذف می کنیم. سمبل c باقی مانده، وسط رشته را نشان می دهد.

فصل ۸

زبان‌های بازگشتی-گرامر بدون محدودیت و حساس به متن

خانواده زبان‌های مرتبط با ماشین‌های تورینگ بسیار گسترده اند، چون ماشین‌های تورینگ قادر به انجام انواع محاسبات الگوریتمی هستند. البته زبانی وجود دارد که توسط هیچ ماشین تورینگی پذیرفته نشود چون تعداد زبان‌ها، بیشتر از ماشین‌های تورینگ است.

زبان‌های بازگشتی (RE) و بازگشتی شمارش پذیر (REC)

زبان بازگشتی شمارش پذیر (برشمردنی): زبانی که ماشین تورینگی وجود داشته باشد که آنرا پذیرش کند. زبان بازگشتی : زبانی که ماشین تورینگی باشد که آن را پذیرفته و روی هر w موجود در Σ^+ ، در یک حالت پایانی یا غیر پایانی، متوقف شود.

بین زبانی که یک ماشین تورینگ پذیرنده به ازای آن وجود دارد و زبانی که یک الگوریتم عضویت به ازای آن وجود دارد، تفاوت هست. وجود یک ماشین تورینگ پذیرنده، به معنای وجود الگوریتم عضویت مربوطه نیست، چون ماشین‌های تورینگ لزوماً برای ورودی که آنرا نمی‌پذیرند، توقف نمی‌کنند و ممکن است در حلقه بی‌افتند.

هر زبانی که بوسیله یک روش الگوریتمی مستقیم قابل توصیف باشد، بوسیله یک ماشین تورینگ هم قابل پذیرش بوده و بنابراین بازگشتی شمارش پذیر است.

زبانهای بازگشتی زیر مجموعه زبانهای بازگشتی شمارش پذیر می باشند. به عبارتی هر زبان بازگشتی، بازگشتی شمارش پذیر نیز می باشد. یک زبان بازگشتی شمارش پذیر وجود دارد که بازگشتی نیست.

هر زبان بازگشتی می تواند زبان یک ماشین تورینگ غیر قطعی باشد.

مثال

زبان‌های زیر، هم بازگشتی هستند و هم بازگشتی شمارش پذیر :

$$L = \{a^n b^n c^{2n} : n \geq 0\}$$

$$L = \{a^n b^n c^n d^n : n > 0\}$$

$$L = \{a^n b^m c^n d^m : n \geq 1, m \geq 1\}$$

$$L = \{ww : w \in \{a, b\}^+\}$$

$$L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) = n_b(w) = n_c(w)\}$$

$$L = \{w \in \{a, b, c\}^* : n_a(w) = n_b(w) \leq n_c(w)\}$$



مثال

چرا زبان بازگشتی شمارش پذیر، را زبان تشخیص پذیر نیز می نامند؟

حل: یک تشخیص دهنده، الگوریتمی است که در صورت تعلق یک رشته به یک زبان می تواند تعلق آن را مشخص کند. اگر رشته متعلق به زبان نباشد، ماشین یا در حالت غیر پایانی متوقف شده و یا در حلقه بی نهایت (Loop) می افتد. بنابراین زبان بازگشتی شمارش پذیر، را زبان تشخیص پذیر نیز می نامند. ■

مثال

چرا زبان بازگشتی را زبان تصمیم پذیر نیز می نامند؟

حل: یک تصمیم گیرنده برای یک زبان، الگوریتمی است که مشخص می کند آیا رشته w متعلق به زبان هست یا خیر و در هر صورت ماشین نهایتاً متوقف می شود. بنابراین زبان بازگشتی را زبان تصمیم پذیر (decidable) نیز می نامند. ■

ویژگی‌های زبان‌های بازگشتی و بازگشتی شمارش پذیر

۱- یک زبان بازگشتی خواهد بود اگر و تنها اگر یک الگوریتم عضویت به ازای آن وجود داشته باشد.

- ۲- اگر L بازگشتی باشد، لزوماً L^+ هم بازگشتی است.
- ۳- مکمل هر زبان بازگشتی، بازگشتی است.
- ۴- مکمل یک زبان مستقل از متن، حتماً بازگشتی است.
- ۵- اشتراک یک زبان بازگشتی شمارش پذیر با زبان بازگشتی، لزوماً غیر بازگشتی نیست.
- ۶- اشتراک یک زبان بازگشتی شمارش ناپذیر با زبان بازگشتی، لزوماً بازگشتی شمارش پذیر نیست.
- ۷- اشتراک زبان بازگشتی شمارش ناپذیر با بازگشتی شمارش پذیر، لزوماً بازگشتی شمارش پذیر نیست.
- ۸- اگر L یک زبان متناهی باشد، آنگاه L^+ بازگشتی شمارش پذیر است.
- ۹- اگر L یک زبان مستقل از متن باشد، آنگاه L^+ بازگشتی شمارش پذیر است.
- ۱۰- اگر L_1 بازگشتی و L_2 بازگشتی شمارش پذیر باشد، آنگاه $L_2 - L_1$ لزوماً بازگشتی شمارش پذیر است.
- ۱۱- اگر L و $\bar{L}$ هر دو بازگشتی شمارش پذیر باشند، آنگاه هر دو بازگشتی هستند.
- ۱۲- اگر L بازگشتی باشد، آنگاه $\bar{L}$ هم بازگشتی است و در نتیجه هر دو بازگشتی شمارش پذیر هستند.
- ۱۳- اگر یک زبان بازگشتی شمارش پذیر نباشد، مکمل آن بازگشتی نیست.
- ۱۴- مکمل زبان بازگشتی شمارش پذیر، لزوماً بازگشتی شمارش پذیر نیست.
- ۱۵- یک زبان بازگشتی شمارش پذیر وجود دارد که مکمل آن بازگشتی شمارش پذیر نیست.
- ۱۶- یک زبان تصمیم پذیر است اگر و تنها اگر خود زبان و مکمل آن هر دو تشخیص پذیر تورینگ باشند.
- ۱۷- فرض کنید L چنان باشد که یک ماشین تورینگ وجود دارد که اعضای L را در ترتیب مناسب شمارش می کند. در این صورت، L بازگشتی است.
- ۱۸- مجموعه تمام زبان هایی که بازگشتی شمارش پذیر نیستند، قابل شمارش نمی باشند.

نکاتی در رابطه با شمارش پذیر بودن

- ۱- اگر S یک مجموعه شمارش پذیر نامتناهی باشد، آنگاه مجموعه توانی آن، (2^S) شمارش پذیر نیست.
- ۲- مجموعه اعداد حقیقی R ، نامشمار می باشد، چون تناظری بین R و N موجود نیست.
- ۳- مجموعه تمامی رشته ها روی الفبا Σ^* و Σ ، شمارش پذیر هستند.
- ۴- مجموعه تمامی دنباله های نامحدود، شمارش پذیر نیستند.
- ۵- تمامی زبان های سلسله مراتب چامسکی، شمارش پذیر هستند.
- ۶- مجموعه تمام ماشین های تورینگ، شمارش پذیر هستند.
- ۷- تمامی ماشین های منظم، پشته ای، LBA و تورینگ، نامتناهی ولی شمارش پذیر هستند.
- ۸- ضرب دکارتی تعدادی مجموعه شمارش پذیر، باز هم شمارش پذیر است.

گرامر بدون محدودیت

گرامر مفروض $G = (V, T, S, P)$ بدون محدودیت خوانده می شود، اگر تمامی قوانین آن به فرم $u \rightarrow v$ باشند که در آن u ، عضو $(V \cup T)^+$ و v عضو $(V \cup T)^*$ می باشد. در گرامرهای بدون محدودیت، اساسا هیچ شرط و محدودیتی برای قواعد تولید قائل نمی شویم. بعلاوه هر تعداد غیر پایانی و پایانی را می توان با هر ترتیبی در طرفین راست و چپ قرار داد. فقط λ نمی تواند در سمت چپ قواعد تولید رخ دهد. این گرامر ها بسیار قدرتمندتر از گرامرهای منظم و مستقل از متن هستند.

گرامرهای بدون محدودیت، متناظر با بزرگترین خانواده زبان ها بوده و بوسیله ابزار مکانیکی قابل تشخیص می باشند.



مثال

زبان تولید شده توسط گرامر بدون محدودیت زیر را تعیین کنید.

$$S \rightarrow aSBC \mid \lambda$$

$$aB \rightarrow ab$$

$$bC \rightarrow bc$$

$$bB \rightarrow bb$$

$$cC \rightarrow cc$$

$$cB \rightarrow Bc$$

حل: گرامر رشته‌هایی را تولید می‌کند که تعداد a ها و b ها و c ها با یکدیگر برابر باشند و ابتدا a ها، سپس b ها و در نهایت c ها ظاهر شوند. بنابراین داریم: $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 0\}$ ■

مثال

زبان گرامر بدون محدودیت زیر را مشخص کنید.

$$S \rightarrow AB$$

$$A \rightarrow aAb$$

$$bB \rightarrow bbbB$$

$$aAb \rightarrow aa$$

$$B \rightarrow \lambda$$

حل: یک مسیر اشتقاق را طی می‌کنیم:

$$S \Rightarrow AB \Rightarrow aAbB \Rightarrow aaAbbB \Rightarrow a^n Ab^n B \Rightarrow a^{n+1} b^{n-1} B \Rightarrow a^{n+1} b^{n+1} B \Rightarrow \dots$$

بر این اساس می‌توان ادعا کرد که گرامر فوق قادر به مشتق سازی زبان زیر است:

$$L = \{a^{n+1} b^{n+2k-1} : n \geq 1, k \geq 0\}$$

■

گرامرهای بدون محدودیت، صرفاً خانواده زبان‌های بازگشتی شمارش پذیر را ایجاد می‌کنند. 

هر زبانی که بوسیله یک گرامر بدون محدودیت ایجاد شود، بازگشتی شمارش پذیر است. 

برای هر زبان بازگشتی شمارش پذیر L ، یک گرامر بدون محدودیت G وجود دارد، بطوریکه 

$$L = L(G).$$

گرامر حساس به متن

گرامر مفروض $G = (V, T, S, P)$ حساس به متن (وابسته به متن) خوانده می شود، اگر تمامی قوانین آن به فرم $x \rightarrow y$ باشند که در آن x و y عضو $(V \cup T)^+$ باشند و $|x| \leq |y|$.

طبق تعریف بالا، قاعده $x \rightarrow \lambda$ غیر مجاز است. بنابراین گرامرهای حساس به متن هرگز قادر به تولید زبانهای دارای رشته تهی نمی باشند.

تعریف: زبان مفروض L حساس به متن خوانده می شود، اگر گرامر حساس به متن G وجود داشته باشد، بطوریکه $L = L(G)$ یا $L = L(G) \cup \{\lambda\}$.

مثال

یک گرامر حساس به متن برای زبان $L = \{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ پیدا کنید.

$$S \rightarrow abc | aAbc$$

$$Ab \rightarrow bA$$

$$Ac \rightarrow Bbcc$$

$$bB \rightarrow Bb$$

$$aB \rightarrow aa | aaA$$

تذکر: چون زبان حساس به متن $\{a^n b^n c^n\}$ ، مستقل از متن نیست، می توان نتیجه گرفت که خانواده زبانهای مستقل از متن، یکی از زیر مجموعه های خانواده زبان های حساس به متن است. ■

تمامی زبانهای حساس به متن، بازگشتی هستند. 

یک زبان بازگشتی وجود دارد که حساس به متن نمی باشد. 

هر زبان حساس به متنی بوسیله یک ماشین تورینگ پذیرفته شده و بنابراین، بازگشتی شمارش پذیر محسوب می شود. 

مثال

یک گرامر حساس به متن برای زبان $L = \{a^n b^n c^n d^n : n > 0\}$ پیدا کنید.

حل:

$$S \rightarrow aSBCD \mid abcd$$

$$cB \rightarrow Bc$$

$$dB \rightarrow Bd$$

$$dC \rightarrow Cd$$

$$bB \rightarrow bb$$

$$cC \rightarrow cc$$

$$dD \rightarrow dd$$



مثال

یک گرامر حساس به متن برای زبان $L = \{a^n b^m c^n d^m : n \geq 1, m \geq 1\}$ پیدا کنید.

حل:

$$S \rightarrow aAcD \mid aBcD$$

$$A \rightarrow aAc \mid aBc$$

$$Bc \rightarrow cB$$

$$Bb \rightarrow bB$$

$$BD \rightarrow Ed$$

$$cE \rightarrow Ec$$

$$bE \rightarrow Eb$$

$$aE \rightarrow ab$$



به ازای هر زبان L حساس به متن دارای $\mathcal{L}$ ، یک اتومات کراندار خطی M وجود دارد بطوریکه $L = L(M)$. 

اگر زبان L بوسیله یک اتومات کراندار خطی مفروض به نام M پذیرفته شود، آنگاه یک گرامر حساس به متن وجود دارد که L را تولید می کند. 

اتوماتای کراندار خطی عملاً ضعیف‌تر از ماشین‌های تورینگ بوده و فقط قادر به پذیرش یکی از زیر مجموعه‌های مناسب زبان‌های بازگشتی می‌باشند.

ارتباط بین زبان ها، گرامر ها و ماشین ها

جدول زیر ارتباط بین زبان ها، گرامرها و ماشین ها را نشان می دهد:

گرامر	زبان	ماشین
منظم	منظم	متناهی (FA)
خطی	خطی	
	مستقل از متن معین	پشته ای معین (DPDA)
مستقل از متن	مستقل از متن	پشته ای (PDA)
حساس به متن	حساس به متن	کراندار خطی (LBA)
	بازگشتی	تورینگ تصمیم گیرنده
بدون محدودیت	بازگشتی شمارش پذیر	تورینگ تشخیص دهنده

ماشین های تورینگ تشخیص دهنده، قدرت بیشتری از ماشین های تورینگ تصمیم گیرنده دارند.

سلسله مراتب چامسکی

نوام چامسکی زبان ها را در چهار گروه، از نوع صفر تا نوع سه، دسته بندی کرد.

زبان های نوع صفر : شامل زبان های بازگشتی شمارش پذیر، می باشند.

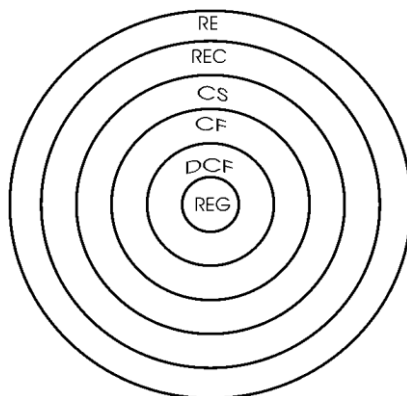
زبان های نوع یک : شامل زبان های حساس به متن می باشند.

زبان های نوع دو : شامل زبان های مستقل از متن می باشند.

زبان های نوع سه : شامل زبان های منظم می باشند.

هر یک از خانواده های زبان های نوع i ، یکی از زیر مجموعه های مناسب خانواده نوع $i-1$ محسوب می شوند.

نمودار زیر این رابطه را مشخص می کند:



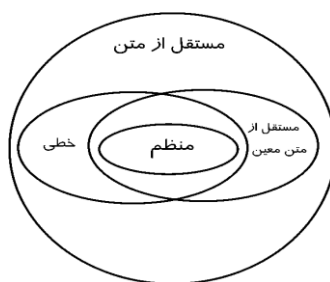
ارتباط بین زبانها را می توان به کمک رابطه زیر نمایش داد:

$$REG \subseteq DCF \subseteq CF \subseteq CS \subseteq REC \subseteq RE$$

بازگشتی شمارش پذیر $\subseteq$ بازگشتی حساس به متن $\subseteq$ مستقل از متن $\subseteq$ مستقل از متن معین $\subseteq$ منظم

هر زبان منظمی، زبانی مستقل از متن است. (چون زبانهای منظم حالت خاصی از زبانهای مستقل از متن می باشند).

در شکل زیر جایگاه زبانهای خطی و مستقل از متن معین (قطعی) نشان داده شده است.



با توجه به شکل می توان گفت که:

الف: تمامی زبانهای خطی، مستقل از متن نیز هستند.

ب: زبان خطی وجود دارد که مستقل از متن معین نیست. مانند $L = \{a^n b^n\} \cup \{a^n b^{2n}\}$

پ: زبان مستقل از متن معینی وجود دارد که خطی نیست. مانند: $L = \{w : n_a(w) = n_b(w)\}$

بررسی بسته بودن زبان ها تحت عملگرها

جدول زیر خواص بسته بودن شش نوع زبان را تحت عملگرهای مختلف نشان می دهد:

منظم	مستقل از متن معین	مستقل از متن	حساس به متن	بازگشتی	بازگشتی شمارش پذیر
✓	-	✓	✓	✓	✓
✓	-	✓	✓	✓	✓
✓	-	-	✓	✓	✓
✓	✓	-	✓	✓	-
✓	-	✓	✓	✓	✓
✓	-	✓	✓	✓	✓
✓	-	✓	-	-	✓

همه انواع زبان های جدول بالا، تحت اشتراک منظم و تحت همریختی معکوس بسته هستند.

تمرین‌های فصل ۸

۱- چه زبانی توسط گرامر حساس به متن زیر تولید می‌شود؟

$$S \rightarrow aSBD \mid abD$$

$$bB \rightarrow bb$$

$$bD \rightarrow bc$$

$$DB \rightarrow BD$$

$$cD \rightarrow cc$$

۲- چه زبانی توسط گرامر بدون محدودیت زیر تولید می‌شود؟

$$S \rightarrow AB$$

$$A \rightarrow aAb$$

$$bB \rightarrow bbbB$$

$$aAb \rightarrow aa$$

$$B \rightarrow \lambda$$

۳- چه زبانی توسط گرامر بدون محدودیت زیر تولید می‌شود؟

$$S \rightarrow aSC \mid aAC$$

$$A \rightarrow bAD \mid bBD$$

$$BC \rightarrow c$$

$$DC \rightarrow CD$$

$$cC \rightarrow cc$$

$$D \rightarrow d$$

۴- چه زبانی توسط گرامر بدون محدودیت زیر تولید می‌شود؟

$$S \rightarrow ABaC$$

$$Ba \rightarrow aaB$$

$$BC \rightarrow DC \mid E$$

$$aD \rightarrow Da$$

$$AD \rightarrow AB$$

$$aE \rightarrow Ea$$

$$AE \rightarrow \lambda$$

۵- آیا زبان $L = \{a^n b^m c^n d^m : n, m \geq 0\}$ بازگشتی است؟

۶- با فرض اینکه L_1 و L_2 زبان‌های بازگشتی شمارش پذیر باشند، آیا $L_1.(L_2 \cup L_1^*)$ بازگشتی شمارش پذیر است؟

۷- اگر $\langle M \rangle$ یک کودینگ از ماشین تورینگ باشد، آیا زبان L ، تصمیم پذیر است؟

$L = \{ \langle M, w \rangle : w \text{ را می پذیرد} \}$ ماشین M پس از 8 گام

۸- در ماشین تورینگ، اگر نوار از یک سمت محدود شود، آیا کلاس زبانهای مشخص شده با کلاس زبانهای بازگشتی شمارش پذیر، تفاوت خواهد کرد؟

۹- اگر تعداد نمادهای ماشین تورینگ محدود شود، آیا کلاس زبانهای مشخص شده با کلاس زبانهای بازگشتی شمارش پذیر تفاوت خواهد کرد؟

۱۰- اگر کلاس زبانهای شمارش پذیر بازگشتی، کلاس زبانهای پذیرفته شده توسط ماشینهای تورینگ قطعی یک نواره باشد، آیا محدود کردن حرکت هد ماشین فقط به سمت راست، منجر به تغییر این کلاس می شود؟

۱۱- کدام گزاره درست است؟

الف- برای هر زبان بازگشتی شمارش پذیر، ماشین تورینگ قطعی وجود دارد که برای هر ورودی داخل زبان در زمان متناهی متوقف می شود.

ب- برای زبان بازگشتی شمارش پذیر، ممکن است ماشین با یک رشته خارج از زبان متوقف نشود.

۱۲- اگر A و B دو مجموعه تصمیم پذیر (decidable) باشند، آیا $A \cap B^c$ لزوماً تصمیم پذیر است؟

حل تمرین فصل ۸

۱- چند اشتقاق نمونه به صورت زیر است:

$$S \Rightarrow abD \Rightarrow abc$$

$$S \Rightarrow aSBD \Rightarrow aabDBD \Rightarrow aabBDD \Rightarrow aabbDD \Rightarrow aabbcD \Rightarrow aabbcc$$

بنابراین زبان گرامر $\{a^n b^n c^n : n \geq 1\}$ است.

۲- زبان تولید شده برابر است با:

$$L = \{a^{n+2} b^{n+2k} : n \geq 0, k \geq 0\}$$

۳- یک اشتقاق نمونه به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow aSC \Rightarrow aaACC \Rightarrow aabBDCC \Rightarrow aabBCDC \Rightarrow aabcDC \\ &\Rightarrow aabcCD \Rightarrow aabccD \Rightarrow aabcccd \end{aligned}$$

بنابراین رشته $a^2 bc^2 d$ تولید شد. زبان گرامر $\{a^n b^m c^n d^m : n, m > 0\}$ است.

۴- با تولید چند جمله گرامر می توان حدس زد که زبان گرامر $\{a^{2^n} : n \geq 1\}$ است.

$$S \Rightarrow ABaC \Rightarrow AaaBC \Rightarrow AaaE \Rightarrow AaEa \Rightarrow AEaa \Rightarrow aa$$

۵- بله - چون این زبان را با LBA می توان پذیرفت.

۶- بله- زبان‌های بازگشتی شمارش پذیر، تحت بستار ستاره ای بسته هستند، پس زبان L_1^* بازگشتی شمارش پذیر است. همچنین زبان‌های بازگشتی شمارش پذیر، تحت اجتماع بسته هستند، پس زبان $L_2 \cup L_1^*$ بازگشتی شمارش پذیر است. و در نهایت زبان‌های بازگشتی شمارش پذیر، تحت الحاق بسته هستند، پس زبان $L_1.(L_2 \cup L_1^*)$ بازگشتی شمارش پذیر است.

۷- بله- چون ماشین تورینگ بعد از چند گام مشخص، رشته w را می پذیرد، پس زبان L ، تصمیم پذیر است.

۸- خیر- تحمیل این شرط باعث نمی شود که قدرت تورینگ کم شود.

۹- بله- محدود کردن تعداد نمادهای ماشین، ممکن است قدرت ماشین را کم کند.

۱۰- بله- اگر در یک ماشین تورینگ، هد نتواند به سمت چپ حرکت کند، قدرت ماشین تغییر خواهد کرد.

۱۱- هر دو گزاره درست هستند.

۱۲- بله- مکمل هر مجموعه تصمیم پذیر، تصمیم پذیر است، بنابراین B^c تصمیم پذیر است و چون مجموعه های تصمیم پذیر تحت اشتراک بسته هستند، بنابراین $A \cap B^c$ تصمیم پذیر است.

فصل ۹

تصمیم پذیری - کاهش پذیری

زبان هایی وجود دارند که نمی توان تعلق یا عدم تعلق یک رشته به آن زبان ها را تعیین کرد، یعنی دارای الگوریتم عضویت نمی باشند و تصمیم ناپذیرند. در این فصل به چند نمونه از این زبان ها اشاره می شود.

زبان های تصمیم ناپذیر

با فرض اینکه M و M_1 و M_2 یک ماشین تورینگ باشند، زبان های زیر تصمیم پذیر (Undecidable) نیستند.

$$L = \{ \langle M, w \rangle : w \text{ را می پذیرد. } M \}$$

$$L = \{ \langle M, w \rangle : w \text{ متوقف شود. } M \text{ روی رشته ورودی } w \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) \text{ دو رشته به طول یکسان دارد.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) \text{ یک زبان منظم است.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) = \phi \text{ است.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) \text{ متناهی است.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) \text{ بیش از 10 عضو دارد.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : \text{هر رشته به طول 10 را می پذیرد.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : L(M) = \Sigma^* \text{ است.} \}$$

$$L = \{ \langle M \rangle : \text{ماشین رشته } w^R \text{ را می پذیرد اگر رشته } w \text{ را بپذیرد.} \}$$

$$L = \{ \langle M, w \rangle : L(M) \text{ رشته ای به طول } k \text{ دارد.} \}$$

$$L = \{ \langle M_1, M_2 \rangle : L(M_1) = L(M_2) \text{ است.} \}$$

$$L = \{ \langle M_1, M_2 \rangle : L(M_1) \subseteq L(M_2) \text{ است.} \}$$

با فرض اینکه G و G_1 و G_2 یک گرامر مستقل از متن باشند، زبانهای زیر تصمیم پذیر نیستند:

$$L = \{ \langle G \rangle : G \text{ مبهم است.} \}$$

$$L = \{ \langle G \rangle : L(G) = \Sigma^* \}$$

$$L = \{ \langle G_1, G_2 \rangle : L(G_1) = L(G_2) \}$$

$$L = \{ \langle G_1, G_2 \rangle : L(G_1) \subseteq L(G_2) \}$$

$$L = \{ \langle G_1, G_2 \rangle : L(G_1) \cap L(G_2) = \phi \}$$

زبانهای زیر تصمیم پذیر نیستند:

$$L = \{ \langle G_1, G_2 \rangle : L(G_1) \cap L(G_2) = \phi, \text{ گرامر بدون محدودیت } G_2 \text{ و } G_1 \text{ منظم است} \}$$

$$L = \{ \langle G \rangle : L(G) = L(G)^R, \text{ یک گرامر بدون محدودیت است} \}$$

$L = \{ \langle G \rangle : L(G) = \emptyset \}$ یک گرامر بدون محدودیت است.

$L = \{ \langle M \rangle : L(M) = \Sigma^* \}$ یک ماشین پشته ای است.

$L = \{ \langle M \rangle : L(M) = \emptyset \}$ یک LBA است.

زبان های تصمیم پذیر (بازگشتی)

با فرض اینکه M و M_1 و M_2 یک dfa باشند، زبان های زیر تصمیم پذیر هستند:

$L = \{ \langle M \rangle : L(M) = \emptyset \}$

$L = \{ \langle M \rangle : \text{ماشین } \Sigma^* \text{ را تشخیص می دهد.} \}$

$L = \{ \langle M \rangle : M \text{ هیچ رشته ای که تعداد فرد یک داشته باشد را نمی پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M, w \rangle : M \text{ رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M, w \rangle : \text{اگر } M \text{ رشته } w \text{ را بپذیرد، آنگاه } w^R \text{ را نیز می پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M_1, M_2 \rangle : L(M_1) = L(M_2) \}$ است.

با فرض اینکه G یک گرامر مستقل از متن باشد، زبان های زیر تصمیم پذیر هستند:

$L = \{ \langle G \rangle : L(G) = \emptyset \}$

$L = \{ \langle G \rangle : G \text{، رشته } w \text{ را تولید می کند.} \}$

$L = \{ \langle G \rangle : L(G) \text{ متناهی است، یعنی } |L(G)| < \infty \}$

$L = \{ \langle G \rangle : \text{رشته } w \in L(G) \text{ با طول کمتر از } n \text{ وجود دارد.} \}$

$L = \{ \langle G, w \rangle : G \text{، رشته } w \text{ را تولید می کند.} \}$

زبان های زیر تصمیم پذیر (بازگشتی) هستند:

$L = \{ \langle G \rangle : L(G) = \Sigma^* \}$ یک گرامر منظم است و

$L = \{ \langle R, w \rangle : R \text{ عبارت منظمی است که رشته ورودی } w \text{ را تولید می کند.} \}$

$L = \{ \langle R, S \rangle : L(R) \subseteq L(S) \}$ و R و S دو عبارت منظم هستند

$L = \{ \langle M, w \rangle : \text{M یک NFA است که رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M, w \rangle : \text{M یک ماشین تورینگ بوده و پس از 10 گام رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M, w \rangle : \text{M یک LBA بوده که رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$

$L = \{ \langle M \rangle : \text{M یک اتوماتای پشته ای است که دارای حالت بی فایده است.} \}$

$L = \{ \langle M \rangle : \text{M یک ماشین تورینگ است که دارای حالت بی فایده است.} \}$

حالت بی فایده در یک ماشین، حالتی است که به ازای هیچ رشته ورودی، ماشین به آن حالت وارد نمی شود.

تصمیم پذیری در زبان های منظم

با فرض اینکه L و L_1 و L_2 زبان منظم باشند، الگوریتم های وجود دارد که تعیین کند که:

۱- آیا $\lambda \in L$ ؟

۲- آیا $w^R \in L$ ؟

۳- آیا $L = L^*$ ؟

۴- تعیین تهی بودن L .

۵- تعیین متناهی یا نامتناهی بودن L .

۶- تعیین وجود یا عدم وجود w در L . ($w \in \Sigma^*$)

۷- تعیین $L_1 = L_2$.

۸- آیا $w \in L_1 - L_2$ ؟

۹- آیا $L_1 \subseteq L_2$ ؟

۱۰- آیا $L_1 = L_1 L_2$ ؟

۱۱- آیا $L = L_1 L_2$ ؟

کاهش پذیری

کاهش دادن (reduction)، روشی برای تبدیل یک مسئله به مسئله دیگری است به طوری که حل مسئله دوم به حل مسئله اولیه کمک کند. به چند مثال توجه کنید:

۱- مسئله اندازه گیری مساحت یک مستطیل به مسئله اندازه گیری طول و عرض آن کاهش می یابد.

۲- مسئله حل یک سیستم معادلات خطی به معکوس کردن یک ماتریس کاهش می یابد.

۳- مسئله پیدا کردن مسیر در شهر، به مسئله خرید نقشه شهر کاهش می یابد.

در نظریه محاسبه پذیری، اگر A به B کاهش پذیر بوده و B تصمیم پذیر باشد، آنگاه A نیز تصمیم پذیر خواهد بود. همچنین اگر A تصمیم پذیر نبوده و به B کاهش یابد، آنگاه B نیز تصمیم پذیر نخواهد بود. برای نشان دادن اینکه یک مسئله تصمیم ناپذیر است، نشان می دهیم که یک مسئله تصمیم ناپذیر به این مسئله کاهش یافته است.

زبان A ، نگاشت کاهش پذیر به زبان B می باشد و به صورت $A \leq_m B$ نوشته می شود، اگر یک تابع محاسباتی $f: \Sigma^* \rightarrow \Sigma^*$ موجود باشد که برای هر رشته $w: w \in A \Rightarrow f(w) \in B$.

یک نگاشت کاهش پذیر از A به B ، روشی برای تبدیل سئوالات مربوط به عضویت A به سئوالات مربوط به عضویت B می باشد.

 اگر مسئله ای، نگاشت کاهشی به مسئله دیگری که قبلا حل شده داشته باشد، می توانیم مسئله اول را نیز حل شده فرض کنیم.

چند نکته:

۱- رابطه $\leq_m$ یک رابطه متعدی (ترایا) است.

۲- اگر $A \leq_m B$ بوده و B تصمیم پذیر باشد، آنگاه A نیز تصمیم پذیر است.

۳- اگر $A \leq_m B$ بوده و A تصمیم ناپذیر باشد، آنگاه B نیز تصمیم ناپذیر است.

۳-۱ اگر $A \leq_m B$ بوده و B تشخیص پذیر تورینگ باشد، آنگاه A نیز تشخیص پذیر تورینگ است.

۴- اگر $A \leq_m B$ بوده و A تشخیص پذیر تورینگ نباشد، آنگاه B تشخیص پذیر تورینگ نخواهد بود.

۵- اگر A تشخیص پذیر تورینگ باشد و $A \leq_m \bar{A}$ باشد، آنگاه A تصمیم پذیر است.

تعریف: زبان A را کاهش پذیر تورینگ (Turing Reducible) به زبان B گویند و با $A \leq_T B$ نشان می دهند، اگر A نسبت به B تصمیم پذیر باشد. اگر $A \leq_T B$ بوده و B تصمیم پذیر باشد، آنگاه A نیز تصمیم پذیر است.

برای هر دو زبان دلخواه A و B ، زبانی مانند C وجود دارد بطوریکه : $A \leq_T C$ و $B \leq_T C$ 

تمرین‌های فصل ۹

۱- کدام یک از زبان های زیر تصمیم پذیر هستند؟

$$L_1 = \{ \langle M \rangle : M \text{ یک ماشین تورینگ بوده و } L(M) \text{ متناهی است.} \}$$

$$L_2 = \{ \langle M, w \rangle : M \text{ یک ماشین تورینگ بوده و رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$$

$$L_3 = \{ \langle M_1, M_2 \rangle : M_1 \text{ و } M_2 \text{ دو ماشین تورینگ بوده و } L(M_1) = L(M_2) \text{ است.} \}$$

$$L_4 = \{ \langle M, w \rangle : M \text{ یک ماشین تورینگ بوده و پس از 10 گام رشته ورودی } w \text{ را می پذیرد.} \}$$

۲- کدام یک از زبان های زیر تصمیم پذیر هستند؟

$$L_1 = \{ \langle G \rangle : G \text{ یک گرامر مستقل از متن بوده و } L(G) = \phi \text{ است.} \}$$

$$L_2 = \{ \langle M \rangle : M \text{ یک ماشین پشته ای بوده و } L(M) = \Sigma^* \text{ است.} \}$$

$$L_3 = \{ \langle G \rangle : G \text{ یک گرامر مستقل از متن بوده و } L(G) = \Sigma^* \text{ است.} \}$$

$$L_4 = \{ \langle G_1, G_2 \rangle : G_1 \text{ و } G_2 \text{ دو گرامر مستقل از متن بوده و } L(G_1) \cap L(G_2) = \phi \text{ است.} \}$$

۳- در جدول زیر، مسائلی که تصمیم پذیر هستند، را مشخص کنید.

متناهی بودن L	$L = \Sigma^*$	$L = \phi$	$w \in L$	

				منظم
				مستقل از متن
				حساس به متن
				بازگشتی
				بازگشتی شمارش پذیر

۴- دو گزاره زیر چه رابطه ای با هم دارند؟

الف- ابهام در گرامرهای مستقل از متن یک مساله تصمیم ناپذیر است.

ب- حداقل یک مساله تصمیم ناپذیر قابل کاهش (Reducable) به مساله ابهام در گرامرهای مستقل از متن وجود دارد.

۵- برشمارنده (enumerator) را تعریف کنید.

۶- کدام گزاره(ها) درست است؟

الف- یک زبان تشخیص پذیر تورینگ است اگر و تنها اگر برشمارنده ای برای برشمردن آن موجود باشد.

ب- یک زبان تصمیم پذیر است اگر و تنها اگر یک برشمارنده برای برشمردن آن زبان با ترتیب فرهنگ لغت (lexicographic) موجود باشد.

۷- کدام گزینه نادرست است؟

(۱) اگر $A \leq_m B$ بوده و B تصمیم پذیر باشد، آنگاه A نیز تصمیم پذیر است.

۲) اگر $A \leq_m B$ بوده و A تصمیم ناپذیر باشد، آنگاه B نیز تصمیم ناپذیر است.

۳) اگر $A \leq_m B$ بوده و B تشخیص پذیر تورینگ باشد، آنگاه A نیز تشخیص پذیر تورینگ است.

۴) اگر $A \leq_m B$ بوده و A تشخیص پذیر تورینگ باشد، آنگاه B تشخیص پذیر تورینگ نخواهد بود.

۸- برای کدام یک از گزاره های زیر، الگوریتم وجود دارد؟

الف- تعیین مستقل از متن بودن $L_1 \cap L_2$ (L_1 مستقل از متن و L_2 منظم است)

ب- وجود عضو مشترک در میان یک زبان منظم و یک زبان مستقل از متن.

۹- برای کدام یک از گزاره های زیر، الگوریتم وجود دارد؟

الف- آیا $L = \text{tail}(L)$ ؟

ب- تشخیص زبان های منظم دو طرفه.

ج- آیا L حاوی رشته w ای است که $\widehat{w}$ زیر رشته ای از آن باشد؟

۱۰- اگر L یک زبان منظم باشد، برای کدام یک از گزاره های زیر، الگوریتم وجود دارد؟

الف- آیا L حاوی رشته ای با طول زوج است یا خیر؟

ب- آیا رابطه $|L| \geq 5$ در هر زبان منظم برقرار است یا خیر؟

ج- آیا L حاوی تعداد متناهی رشته با طول زوج است یا خیر؟

۱۱- اگر L_1 یک زبان مستقل از متن و L_2 یک زبان منظم باشند، نشان دهید الگوریتمی برای تعیین اینکه آیا L_1 و L_2 عنصر مشترکی دارند یا خیر، وجود دارد.

۱۲- نشان دهید که الگوریتمی وجود دارد که مشخص کند که آیا زبان تولید شده توسط یک گرامر مستقل از متن، شامل کلماتی با طول کمتر از n هست؟

پاسخ تمرین‌های فصل ۹

۱- زبان L_4 ، تصمیم پذیر است.

۲- زبان L_1 ، تصمیم پذیر است.

۳- در جدول زیر، مسائلی که تصمیم پذیر هستند، با یک تیک مشخص شده اند:

متناهی بودن L	$L = \Sigma^*$	$L = \phi$	$w \in L$	
✓	✓	✓	✓	منظم
✓		✓	✓	مستقل از متن
		✓	✓	حساس به متن
			✓	بازگشتی
				بازگشتی شمارش پذیر

به طور نمونه اگر L یک زبان مستقل از متن باشد، مسئله $L = \Sigma^*$ تصمیم پذیر نیست، چون برای تست این موضوع باید عضویت همه رشته های عضو Σ^* در L را بررسی کرد که چون تعداد آنها متناهی نمی باشد، این عمل شدنی نیست.

۴- دو گزاره معادل اند.

۵- برشمارنده یک ماشین تورینگ با یک چاپگر است. یک برشمارنده با یک نوار خالی شروع می کند. زبان برشمرده شده، مجموعه تمامی رشته هایی است که در نهایت چاپ می شود. البته ممکن است بعضی رشته ها را تکراری چاپ کند. اگر برشمارنده متوقف نشود، ممکن است لیستی شامل بی نهایت رشته چاپ کند.

۶- هر دو گزاره درست است.

۷- گزینه ۴ نادرست است. درست آن به صورت زیر است:

اگر $A \leq_m B$ بوده و A تشخیص پذیر تورینگ نباشد، آنگاه B تشخیص پذیر تورینگ نخواهد بود.

۸- برای هر دو گزاره الگوریتم وجود دارد.

۹- برای هر سه گزاره الگوریتم وجود دارد. در رابطه با هر گزاره باید بدانیم که:

الف- تابع $tail(L)$ به صورت $tail(L) = \{v : uv \in L, u, v \in \Sigma^*\}$ تعریف می شود.

ب- یک زبان در صورتی دو طرفه نامیده می شود که $L = L^R$.

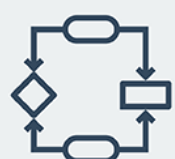
ج- L حاوی رشته w ای است که $\bar{w}$ زیر رشته ای از آن باشد، یعنی: $w = u\bar{w}v$. $(u, v \in \Sigma^*)$

۱۰- برای هر سه گزاره الگوریتم وجود دارد.

۱۱- زبان $L_1 \cap L_2$ را تشکیل می دهیم و گرامر مستقل از متن G را به آن نسبت می دهیم. حال تعیین می کنیم که آیا این زبان تهی است یا خیر.

۱۲- گرامر را به فرم نرمال چامسکی در می آوریم. عضویت تمام رشته هایی با طول کمتر از n را با الگوریتم CYK ، بررسی می کنیم.

دسته‌بندی موضوعی آموزش‌های فرادرس، در ادامه آمده است:

 مهندسی برق الکترونیک و رباتیک مهندسی برق الکترونیک و رباتیک - کلیک (+)	 هوش مصنوعی و یادگیری ماشین هوش مصنوعی و یادگیری ماشین - کلیک (+)	 آموزش‌های دانشگاهی و تخصصی آموزش‌های دانشگاهی و تخصصی - کلیک (+)	 برنامه‌نویسی برنامه‌نویسی - کلیک (+)
 نرم‌افزارهای تخصصی نرم افزارهای تخصصی - کلیک (+)	 مهارت‌های دانشگاهی مهارت‌های دانشگاهی - کلیک (+)	 مباحث مشترک مباحث مشترک - کلیک (+)	 دروس دانشگاهی دروس دانشگاهی - کلیک (+)
 آموزش‌های عمومی آموزش‌های عمومی - کلیک (+)	 طراحی و توسعه وب طراحی و توسعه وب - کلیک (+)	 نرم‌افزارهای عمومی نرم افزارهای عمومی - کلیک (+)	 مهندسی نرم‌افزار مهندسی نرم افزار - کلیک (+)

منبع مطالعاتی تکمیلی مرتبط با این کتاب

آموزش نظریه زبانها و ماشینها



در این درس با سه موضوع "زبان، گرامر و ماشین" آشنا می‌شوید. این درس پیش نیاز درس طراحی کامپایلر است. با یادگیری زبانها و گرامرها می‌توانید نحوه کار کامپایلر و همچنین طراحی زبانهای برنامه‌سازی را متوجه شد. یادگیری این درس بدون مدرس کار ساده‌ای نمی‌باشد و ما در این آموزش تجربه حداقل پانزده سال تدریس این درس را در اختیار شما گذاشته‌ایم. به امید اینکه دعای خیری برای ما شود.

مدرس: مهندس فرشید شیر افکن

مدت زمان: ۹ ساعت

faradars.org/fvsft110

[جهت مشاهده آموزش ویدیویی این آموزش – کلیک کنید](#)