فهرست مطالب

فصل اول: ۱
تعریف مدلسازی و زبان های مختلف مدلسازی ۱
۱-۱)مدلسازی ۲
۱-۲) مدل ریاضی ۳
۱-۲-۱) معادلات تفاضلی ۴
۱-۲-۲) معادلات دیفرانسیل ۴
۱-۳) مدل گرافیکی ۵
۱-۳-۱) باند گراف ۷
۱-۳-۱-۱) اصول روش های باند گراف ۷
۱-۳-۲) شبکه های پتری ۱۰
۱-۳-۲-۱) تئوری کاربردی شبکه ی پتری ۱۱
فصل دوم : ۱۳
شبکه های پتری ۱۳
۲-۱) تعریف شبکه پتری ۱۴
۲-۲) مکان ها، گذرگاه ها و کمان ها ۱۵
۲-۳) نشان ۱۶
۲-۴) آتش کردن یک گذرگاه ۱۷
۲-۵) انواع پتری نت ها ۱۸
۲-۵-۱) پتری نت های تعمیم یافته ۱۸
۲-۵-۲) پتری نت گسترده ۱۹
۲-۶) خصوصیات شبکه های پتری ۲۱
۲-۶-۱) پتری نت تک نشانه ۲۳
۲-۶-۲) پتری نت های خالص ۲۴
۲-۶-۳) زنده بودن و قفل شدگی ۲۴
۲-۶-۴) ناوردایی، ناوردایی جزئی و اجزای همبسته ۲۶

۲-۷) مشخصات شبکه پتری ۲۹
۲-۷-۱) گراف نشان ها ۲۹
۲-۷-۲) ماتریس الحاقی ۳۰
۲-۸) شبکه های پتری پیوسته و هایبرید ۳۱
۲-۸-۱) گراف نشانه های شبکه های پتری پیوسته ۳۲
۲-۹) کمان کنترلی ۳۴
فصل سوم: ۳۷
مدلسازی های انجام شده توسط ابزار های مدلسازی مانند معادلات ریاضی ، باندگراف ها و شبکه های پتری ۳۷
۳-۱) مدلسازی ریاضی ۳۸
۳-۱-۱) مدلسازی ریاضی فیلترهای فعال ۳۹
۳-۲)مدلسازی باندگراف ۴۲
۳-۲-۱) مدلسازی دیود PIN و مدار چاپر ایده آل توسط باندگراف ۴۲
۳-۳)مدلسازی شبکه های پتری ۴۴
۳-۳-۱) مدلسازی مدار چاپر ایده آل با استفاده از شبکه های پتری ۴۵
۳-۳-۲) مدلسازی مدارهای آنالوگ با استفاده از شبکه های پتری ۴۸
۳-۴) جمع بندی و نتیجه گیری ۵۲
فصل چهارم : ۵۳
مدلسازی مدارهای الکتریکی با استفاده از شبکه های پتری ۵۳
۴-۱) مدل المان های الکتریکی ۵۴
۴-۱-۱) مدل پتری سلف ۵۵
۴-۱-۲) مدل پتری خازن ۵۶
۴-۱-۳) مدل پتری مقاومت ۵۷
۴-۱-۴) مدل پتری منابع جریان و منابع ولتاژ ۵۸
۴-۲) مدلسازی مدارهای دو المانی ۵۸
۴-۲-۱) مدل مدار LC سری ۵۸
۴-۲-۲) مدل پتری مدار RL موازی ۶۲

۴-۳) مدلسازی مدارهای با بیش از دو المان ۶۵
فصل پنجم : ۶۹
مدلسازی و تحلیل مدار RLC موازی و مدار آی استابل ۶۹
۵-۱)مدلسازی و مدار RLC موازی ۷۰
۵-۲) تحلیل مدار RLC موازی ۷۳
۵-۳) مدلسازی مدار آی استابل ۸۱
فصل ششم: ۸۹
جمع بندی و نتیجه گیری ۸۹
پیشنهادات: ۹۱
منابع و مآخذ ۹۲
ضمایم ۹۴

فصل اول:

تعریف مدلسازی و زبان های مختلف مدلسازی

امروزه استفاده از متدهای مدلسازی در کارهای صنعتی خصوصا با گسترش علوم رایانه ای و افزایش سرعت پردازنده ها، کاربرد وسیعی پیدا کرده است.

همانطور که برای ساخت یک ساختمان بزرگ نقشه ی اولیه ی بسیار ضروری می باشد، مدلسازی یک سیستم قبل از ساخت یا نوسازی نیز بسیار حیاتی می باشد. ما مدلهایی از سیستم های پیچیده را بدلیل آنکه نمی توانیم کل سیستم را یک جا درک کنیم ایجاد می کینم. همانگونه که پیچیدگی سیستم افزایش می یابد بنابراین اهمیت تکنیک های مدلسازی خوب نیز بیشتر می شود، عوامل متعدد دیگری برای موفقیت پروژه وجود دارد که داشتن یک زبان استاندارد مدلسازی یکی از عوامل ضروری است.

۱-۱)مدلسازی

هر نوع ارائه یا بیان یک سیستم را مدل می گویند، در واقع مدل رفتار سیستم را بیان می کند. مدلسازی یعنی ساختمان شبیه یک سیستم به هر روش یا صورت ممکن که می تواند از بعضی جهات با سیستم مرجع متفاوت باشد، اساس و رکن مدلسازی بر پایه ی انتخاب مدل مناسب است، بنابراین انتخاب مدل مناسب پارامتر تعیین کننده ای می باشد، لذا در ابتدا باید مدل را خوب شناخت.

از خواص مفید مدلسازی می توان به ساده سازی و ایجاد یکنواختی و یگانگی در سیستم مرجع نام برد.

مدل ها ناقص و موقتی هستند و همواره تغییر و تحول می یابند و شاخ و برگ جدیدی پیدا می کنند وبه تدریج به دقت آن ها افزوده شده و به واقعیت نزدیکتر می شوند. موفقیت مدل ها معمولا با قدرت پیش بینی آن ها

سنجیده می شود.اگر بخواهیم تفاوت های مدل با نظریه را مورد بررسی قرار دهیم می توان گفت در واقع نظریه ها محصول مدل ها هستند و بر پایه مدل استوار می شوند و قوت و ضعف نظریه ها به قوت و ضعف مدل آن ها ارتباط دارد، به عبارتی می توان گفت مدل ها پویایی و خصلت دینامیکی دارند در حالیکه نظریه ها ثابت و استاتیک هستند.

مراحل مدل سازی را می توان به شرح زیر تقسیم بندی نمود

- آماده سازی[۱]
- جمع آوری اطلاعات[۲]
- ساخت مدل[۳]
- آزمون مدل[۴]
- تعمیم مدل[۵]

مدل ها انواع مختلفی دارند که مهمترین آن ها عبارتند از

مدل ریاضی

مدل گرافیکی

۱-۲) مدل ریاضی

فرایند تلاش در مسیر ایجاد و انتخاب معادل های (تقریبی) ریاضی برای پدیده ها را مدلسازی ریاضی نامیده اند، در مواردی که میسر شود مدل های ریاضی هم پدیده های طبیعی جهان و هم ساخته ها و آفرینش خود انسان را در همه مقیاس ها و اندازه ها را نمایش می دهند.

---

۱ Preparation
۲ Information Gathering
۳ Model Building
٤ Model Testing
٥ Model Transferring

چنانچه رفتار مورد نظر در فواصل گسسته زمانی به وقوع بپیوندد، مدل مربوطه به صورت معادله تفاضلی خواهد بود. معادلات تفاضلی در مقابل معادلات دیفرانسیلی قرار دارند، که از آن ها برای مدل نمودن رفتار هایی سود می جوییم که بطور پیوسته صورت می پذیرند. هر دو دسته این معادلات روش ها و ابزار بسیار موثر و پرتوان را برای مطالعه تغییرات و نیز تبیین و پیش بینی امور مدلسازی بدست می دهند.

۱-۲-۱) معادلات تفاضلی

در الگوهای ریاضی گاهی اوقات یک متغییر را می توان تابعی از همان متغییر در زمان های قبل یا بعد دانست، به عبارت دیگر اگر y_t را مقدار متغییر y در زمان t تعریف کنیم یک تابع ریاضی بر حسب مقادیر y_t در زمان های قبل و بعد می توان همانند مثال زیر داشت:

$$Y_t = f(y_{t-1} , y_{t-2}) \qquad (۱-۱)$$

که y_{t-1} و y_{t-2} مقدار متغییر در زمان یک و دو دوره قبل می باشند، در این معادله مقدار y_t در هر زمان تابعی از مقدار y در یک و دو دوره زمانی قبل می باشد ؛اینگونه معادلات اصطلاحا معادلات تفاضلی نامیده می شوند.

همانند سایر توابع ریاضی معادلات تفاضلی دارای اشکال خطی و غیر خطی می باشند، همینطور مرتبه معادله برابر با حداکثر تاخیر زمانی نسبی متغییر های معادله می باشد (تفاوت بزرگترین و کوچکترین اندیس متغییر اندیس دار)

۱-۲-۲) معادلات دیفرانسیل

معادله دیفرانسیل معادله‌ای است که بیانگر تابعی از یک یا چندین متغیر وابسته و مشتقهای مرتبه‌های مختلف آن متغیرها می باشد. بسیاری از قوانین عمومی طبیعت (در فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و ستاره‌شناسی)

طبیعی‌ترین بیان ریاضی خود را در زبان معادلات دیفرانسیل می‌یابند. کاربردهای معادلات دیفرانسیل همچنین در ریاضیات، بویژه در هندسه و نیز در مهندسی و اقتصاد و بسیاری از زمینه‌های دیگر علوم فراوان‌اند.

معادلات دیفرانسیل در بسیاری پدیده‌های علوم رخ می دهند. هر زمان که یک رابطه بین چند متغیر با مقادیر مختلف در حالت‌ها یا زمان‌های مختلف وجود دارد و نرخ تغییرات متغیرها در زمان‌های مختلف یا حالات مختلف شناخته شده است می توان آن پدیده را با معادلات دیفرانسیل بیان کرد.

به عنوان مثال در مکانیک، حرکت جسم بوسیله سرعت و مکان آن در زمان‌های مختلف توصیف می‌شود و معادلات نیوتن به ما رابطه بین مکان و سرعت و شتاب و نیروهای گوناگون وارده بر جسم را میدهد. در چنین شرایطی می توانیم حرکت جسم را در قالب یک معادله دیفرانسیل که در آن مکان ناشناخته جسم تابعی از زمان است بیان کنیم.

معادله دیفرانسیل در حالت کلی به دو صورت زیر نمایش داده می شود[۱]

$$F(x, y, y', y'', \ldots, y^{(n)}) = 0 \qquad (۲-۱)$$

$$F(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \ldots, \frac{d^ny}{dx^n}) = 0 \qquad (۳-۱)$$

۱-۳) مدل گرافیکی

مدل های گرافیکی ترکیبی از تئوری احتمال و تئوری گراف می باشند . در این روش ابزارهای طبیعی فراهم می گردد که از طریق آنها می توان مسائل مربوط به ریاضی کاربردی و مهندسی را که پیچیده و غیر قطعی هستند را حل کرد و علاوه بر آن نقش مهم و رو به افزونی در مورد الگوریتم های یادگیری ماشین دارند .

حتی می توان یک مدل گرافیکی را یک نوعی از شبکه احتمالی در نظر گرفت که ریشه در زمینه های مختلفی مانند هوش مصنوعی ، احتمال ، کنترل خطای کد گذاری و شبکه های هوش مصنوعی دارد.مدل

گرافیکی یک ساختار رسمی ریاضیاتی را فراهم می کند که امکان درک انواع مختلفی از شبکه ها محاسباتی را به وجود می آورد.

ایده اصلی در طراحی مدل گرافیکی استفاده از ساختار ماژولی می باشد از تئوری گرافی برای ایجاد یک رابط مناسب استفاده می شود که می تواند تعامل بالای مجموعه داده ای را مدل نماید . تئوریهای ریاضی (احتمال) به عنوان ارتباط دهنده ی بین ماژول ها می باشد و سیستم در مجموع به صورت یک پارچه می باشد . مهندسی سیستم ها ، تئوری اطلاعات ، تشخیص الگو موارد ویژه ای از فرم های عمومی مدل گرافیکی می باشد

مدل های گرافیکی یک زیر ساختی را برای معرفی مدل هایی که در آن تعدادی متغییر با هم تعامل می کنند را ایجاد می کنند . مدل گرافیکی ترکیبی از تئوری گراف و تئوری احتمال می باشد.

از جمله مزایای مدل گرافیکی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استنتاج و یادگیری به صورت وابسته به هم و با همدیگر انجام می شوند.

- یادگیری با ناظر و بدون ناظر به صورت یکپارچه انجام می شود.

- در مقابل ویژگیهای بدون داده رفتار غیر قابل پیش بینی ندارند.

- تمرکز روی استفلال شرطی و عملیات محاسباتی.

- در صورت لزوم قابلیت تفسیر را دارد

از پر کاربرد ترین زبان های مدل سازی گرافیکی در سال های اخیر در زمینه ی برق می توان به باند گراف وشبکه های پتری اشاره کرد.

۱-۳-۱) باند گراف

باند گراف یک زبان مدلسازی قوی و مناسب برای دینامیک سیستم های فیزیکی است.

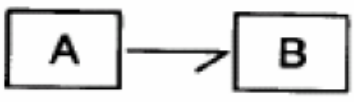
باند گراف بر پایه ی انتقال توان درون سیستم می باشد و ساختار مدل به صورت گرافیکی نشان داده می شود، این روش مدلسازی یک روش قراردادی برای بدست آوردن معادلات یک سیستم آماده می کند (معادلات حالت، تابع انتقال). یکی از فواید جالب این روش بکارگیری یک فرم برای تمام سیستم های فیزیکی است. بعبارتی مدل باند گراف سیستم فیزیکی یک فرم مشترک است.

باند گراف چهار زیر سیستم مختلف (الکتریکی، مکانیکی، گرمایی، مغناطیسی) را بکار می گیرد و با آزمایش در یک حوزه به تحلیل رفتار حوزه ی دیگر کمک می کند.

۱-۳-۱-۱) اصول روش های باند گراف

باند گراف ها تعمیمی از قوانین کیرشهف بوده و اصولا در اتوماتیک مورد استفاده قرار می گیرند این روش ها بر پایه ی چندین اصل قرار گرفته اند:

درون هر سیستم فیزیکی قطعات را می توان چنان از هم جدا کرد که گویی اطلاعات را بین هم دیگر رد و بدل می کنند. می توان فرض کرد این جریان انتقال اطلاعات مطابق جریان انرژی است بنابراین باند گراف نشان می دهد که چگونگی انرژی بین قسمت های مختلف منتقل می شود، درصورتی که مدل متغیرهای حالت نشان می دهد که چگونگی انرژی درون قسمت ها ذخیره می شود. به یک جریان انرژی یک باند گفته می شود و یک نیم فلش بطور گرافیکی جهت جریان بین دو المان را نشان می دهد (شکل ۱-۱)



شکل(۱-۱) : تعریف گرافیکی بین دو المان A *و* B

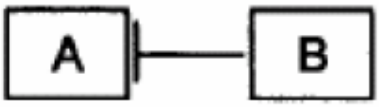
جریان انرژی می توان بطور طبیعی (الکتریکی، گرمایی، مکانیکی، ...) باشد ولی معمولا با مقدار توان که حاصلضرب متغیر فلودر متغیر افورت است، مشخص می شود.

جدول (۱-۱) متغیرهای فلو و افورت را برای باندهای فیزیکی مهم نشان می دهد، به عنوان مثال یک باند الکتریکی بوسیله ی جریان (متغیر فلو) و ولتاژ (متغیر افورت) مشخص شده است.

جدول(۱-۱):متغییرهای فلو و افورت برای حوزه های مهم فیزیکی

Physical domain	Flow variable	Effort variable
Electrical	Current (A)	Voltage (V)
Thermal	Entropy flow (J / K)	Temperature (K)
Mechanical rotational	Angular velocity (rad/s)	Torque (N.m)
Hydraulic	Volume flow rate (m3/s)	Pressure (N/m2)
Mechanical translation	Velocity (m/s)	Force (N)

باند بین المان A و B جهت جریان را نشان می دهد و با بیان اینکه کدامیک از دو المان فلو را کنترل می کنند و کدامیک افورت را ،کامل می شود، این موضوع همان اطلاعات علیت می باشد، مسلما یک المان نمی تواند هم فلو را و هم افورت را کنترل کند پس می توان گفت اگر المان A فلو را کنترل کند، المان کنترل کننده افورت ، B خواهد بود.



*شکل(۲-۱):نمایش گرافیکی باند علیت.*A *فلو را کنترل می کند و* B *افورت را*

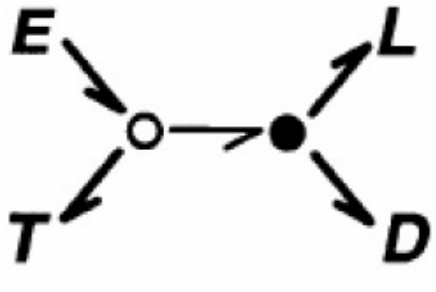
سرکش علیت جهتی که متغیر افورت منتقل می شود را نشان می دهد، در شکل(۲-۱) متغیر افورت از المان B به المان A منتقل می شود که المان A متغیر فلو را کنترل می کند.

آنالیز تطبیق علیت همه ی باندها امکان مطالعه نقش هر المان درون مدار را فراهم می کند که به آن آنالیز علیت می گویند.

باید در نظر داشته باشیم که معادلات حالت اجزا، به ما در بکارگیری قوانین علیت برای هر باند متصل به اجزای سیستم کمک می کنند علاوه بر اجزای کلاسیک شبکه ی کیرشهف (R، L، C، منابع ولتاژ، منابع جریان، ...) برای رسم باند گراف یک مدار الکتریکی دومولفه که اتصال بین اجزا را نشان می دهند باید ایجاد شوند.

اتصال "۰" (● در شکل (۳-۱)) یک ترکیب موازی را نشان می دهد

اتصال "۱" (○ در شکل (۳-۱)) یک ترکیب سری را نشان می دهد



شکل(۳-۱): یک شبکه باند گراف

بطور خلاصه روش باند گراف یک بیان انرژی از دینامیک سیستم ها می باشد. این روش مزیت های تشریح بلوک دیاگرام سیستم و شبکه ی کیر شهف را با هم دارا می باشد (تحلیل گره ای) که یکی از خصوصیات خوب باند گرافها همانطور که در بالا اشاره شد تحلیل علیت می باشد[۲]

یکی دیگر از زبان های مدلسازی که در سال های اخیر توجه زیادی به آن شده است شبکه های پتری می باشند.

۱-۳-۲) شبکه های پتری

شبکه های پتری یک زبان مدلسازی قابل اجرا می باشد که دارای قابلیت گرافیکی یا ترسیمی است. قابل اجرا بودن آن به شبکه های پتری این امکان را می دهد که بتواند خصوصیات مختلف یک سیستم را از طریق اجرای مدلسازی انجام شده و تحلیل آن برای سیستم مورد نظر بدست آورد. و از چهار المان اساسی با نام مکان [۶] گذرگاه[۷]، کمان[۸] و نشانه[۹] تشکیل شده است.

یکی از کاربرد های شبکه های پتری، استفاده از آن به منظور آنالیز و تحلیل سیستم ها می باشد برای این منظور ابتدا سیستم توسط شبکه های پتری مدل می شود و سپس مدل پتری سیستم با توجه به قوانین حاکم بر شبکه های پتری تحلیل می شود. این طراحی تعریف شده می تواند به دفعات، مدلسازی و آنالیز شود. کاربرد فوق برای طراحی با شبکه ی پتری نیاز به تبدیل های مناسب بین سیستم طراحی شده و مدل شبکه ی پتری دارد. یک گزینه ی متقابل وجود دارد که در آن پروسه ها را به صورت بخش های کوچکتری تقسیم نموده و با شبکه ی پتری مدل نمود.وقتی می توان سیستم مدل شده را آنالیز و تحلیل نمود که طراحی مدل پتری آن بدون خطا باشد.

در دو دیدگاه فوق، تحقیقات مختلفی روی شبکه ی پتری صورت گرفته است. در اولی تکنیک های مدلسازی باید توسعه یابد تا سیستم قابل ارائه به شبکه های پتری باشد و در دومی تکنیک های پیاده سازی باید توسعه یابد تا قابل ارائه توسط شبکه های پتری باشد که در هر دو حالت نیاز به دانستن خواص شبکه های پتری خواهم داشت.

کاربرد شبکه های پتری در مدلسازی و تحلیل سیستم ها است. سیستم ها، ابتدا به صورت شبکه ی پتری مدل می شوند، سپس مدل تحلیل و آنالیز می گردد. درک صحیح سیستم از نتایج، ما را به یک سیستم مفید هدایت می

---

[۶] Place
[۷] Transition
[۸] Arc
[۹] Token

کند که تحقیقات روی مدلهای خودکار مدلسازی و آنالیز می باشد (مدل سیستم پیچیده را به سیستم ساده تبدیل می کند.)

۱-۳-۲-۱) تئوری کاربردی شبکه ی پتری

تئوری شبکه های پتری در دو جهت توسعه یافته اند:

الف) کاربرد شبکه های پتری

ب) تئوری شبکه های پتری

کاربرد شبکه های پتری در مدلسازی سیستم ها، آنالیز آنها و بازگشت نتیجه به سیستم مدل شده است که این بخش نیاز به دانش دوباره حوزه ی کاری شبکه و تکنیک های آن دارد. توسعه در راستای ابزارهای اساسی، تکنیک ها و روابط مورد نیاز برای کاربرد شبکه های پتری است، که به منظور موثرتر کردن کاربرد، تئوری قوی مورد نیاز است. توسعه در راستای تئوری شبکه ی پتری، بسط ابزار آن و توجه به این نکته است که استفاده از شبکه های پتری برای حل مشکلات دنیای واقعی می باشند.

یکی از دلایل موفقیت شبکه های پتری سادگی آنهاست، که البته این سادگی گاها مدل کردن سیستم های پیچیده را دشوار می سازد، از مزایای شبکه های پتری می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ابزاری مناسب برای مدلسازی بر پایه ی منطق ریاضی بصورت گرافیکی است
- نمایش گرافیکی شبکه ی پتری باعث جذابیت بیشتر آن می شود
- با توجه به قابلیت های آن مناسب برای مدلسازی تمام سیستم ها است
- شبکه های پتری را می توان با زمان ادغام نمود تا کارایی سیستم را مورد ارزیابی قرار دهیم
- شبکه های پتری امکان تعریف سلسله مراتبی را نیز دارند بدین صورت که یک شبکه ی پتری بزرگ را می توان از مرتبط کردن چندین شبکه ی پتری کوچک تر ساخت

ما بدلیل مزایای فوق برای مدلسازی مدارهای الکتریکی از شبکه های پتری استفاده نموده ایم. در ادامه در فصل بعد به معرفی کاملتری از شبکه های پتری خواهیم پرداخت

فصل دوم:

شبکه های پتری

نظریه شبکه های پتری برای اولین بار توسط کارل آدام پتری در سال ۱۹۶۲ ارایه گردید. و گروه خاصی در آلمان و بسیاری از کشورها تشکیل گردیدند تا تحقیقات روی کاربرد شبکه های پتری را توسعه و گسترش دهند، در واقع شبکه های پتری یک زبان مدلسازی قابل اجرا می باشد که دارای قابلیت گرافیکی یا ترسیمی است. قابل اجرا بودن آن به شبکه های پتری این امکان را می دهد که بتواند خصوصیات مختلف یک سیستم را از طریق اجرای مدلسازی انجام شده و تحلیل آن برای سیستم مورد نظر بدست آورد.

مدل شبکه های پتری به عنوان مدل اصلی برای پیاده سازی مدارهای الکتریکی در این پایان نامه انتخاب شده است. در این قسمت به تشریح این مدل می پردازیم.

۲-۱) تعریف شبکه پتری

ساختار شبکه های پتری از یک پنج تایی مرتب به شکل زیر تشکیل شده است

$R =< p, T, W-, W+, post, m_o >$

$P = \{P_1, P_2, ..., P_N\}$ مجموعه ی مکان ها

$T = \{T_1, T_2, ..., T_N\}$ مجموعه ی گذرگاه ها

$w-, w+$ به ترتیب توابع تلاقی پیشرو و پسرو[۱۰] نامیده می شوند

m_o نشانه گذاری اولیه

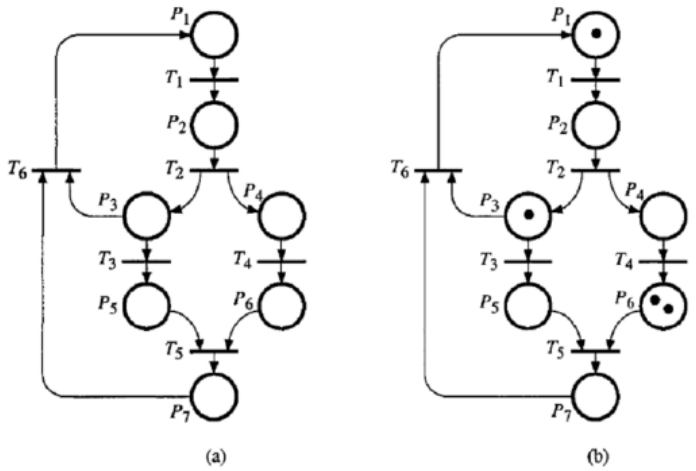
[۱۰] Forward and backward incidence function

توابع $w+$, $w-$ نمایش دهنده ارتباط میان مکان ها و گذرگاه ها هستند. اگر رابطه $w-(P,T)>0$ برقرار باشد در این صورت کمانی از مکان P به گذرگاه T وجود دارد.در این حالت به مکان P، یک مکان ورودی گفته می شود.اگر رابطه $w+(P,T)>0$ برقرار باشد در این صورت کمانی از گذرگاه T به مکان T وجود دارد.در این حالت به مکان P یک مکان خروجی گفته می شود

۲-۲) مکان ها، گذرگاه ها و کمان ها

یک پتری نت از دو نوع گره به نام های مکان ها و گذرگاه ها تشکیل می شود، که مکان به صورت یک دایره و گذرگاه به وسیله یک خط صاف نشان داده می شوند. مکان ها و گذرگاه ها به وسیله کمان ها به هم متصل می شوند. تعداد مکان ها و گذرگاه ها در یک شبکه پتری محدود و غیر صفر می باشد. همچنین در یک شبکه پتری، کمان ها به صورت جهت دار می باشند، که یک مکان را به یک گذرگاه یا یک گذرگاه را به یک مکان وصل می کنند.

شکل (۱-۲a) یک پتری نت را با ۷ مکان، ۶ گذرگاه و ۱۵ کمان جهت دار نشان می دهد. دسته مکان های یک پتری نت با P ودسته ی گذرگاه های آن با T نشان داده می شود.



شکل (۱-۲) : مدل پتری نت a) بی نشانه b) نشانه دار

بـه عنـوان نمونـه، در شـکل (۱-۲a)، دسـته مکـان هـا عبـارت اسـت از $P=\{P_1,P_2,P_3,P_4,P_5,P_6,P_7\}$ و دسـته گذرگاه ها عبارت است از $T=\{T_1,T_2,T_3,T_4,T_5,T_6\}$.

در این شکل، مکان P_4 یک ورودی T_3 مـی باشـد. زیـرا یـک مکـان جهـت دار از P_4 بـه T_3 وجـود دارد و مکان P_5 یک خروجی T_3 می باشد زیرا یک کمان جهت دار از T_3 به P_5 موجود می باشد. به طورمشابه، یـک گذرگاه نیز می تواند یک ورودی یا یک خروجی برای یک مکـان باشـد. یـک گـذرگاه بـدون مکـان ورودی، گذرگاه منبع[۱۱] نامیده می شود.

همانگونه که در شکل (۱-۲a) مشخص است، در هیچ یـک از مکـان هـای پتـری نـت مـذکور، هـیچ نشـانه ای وجود ندارد. اما این مکان ها می توانند نشانه دار باشند که در قسمت بعد به این موضوع پرداخته می شود.

۲-۳) نشان[۱۲]

یک پتری نت می تواند نشانه دار یا بی نشانه باشد. شکل (۱-۲b) یک پتری نت نشانه دار را نمایش می دهـد. در اینجا، هر مکان، شامل یک تعداد صحیح (صفر یا مثبت) از نشانه ها است. تعداد نشانه های موجـود در مکـان P_i با $m(P_i)$ یا m_i نشان داده می شود. نشان شبکه (M) بوسیله یک بردار شامل نشانه های موجـود در همـه مکـان ها به صورت $M=\{m_1,m_2,m_3,m_4,m_5,m_6,m_7\}$ نمایش داده می شود. به عنوان نمونه در شکل (۱-۲b)، بـردار مربوط به نشانه پتری نت عبارت است از: $M=(1,0,1,0,0,2,0)$.

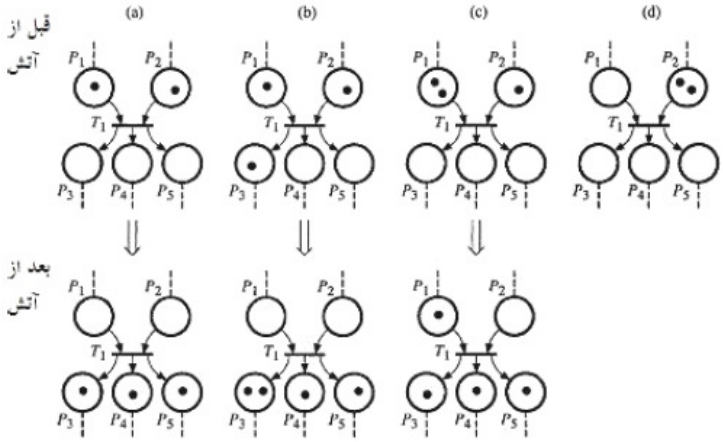
نشان، وضعیت پتری نت یا به طور دقیقتر وضعیت سیستم توصیف شده بوسیله ی پتری نت را مشخص مـی کنـد. بنابراین تفسیر وضعیت سیستم، بوسیله تغییر در وضعیت نشانه های موجود در مکان ها صورت می گیرد کـه ایـن تغییر وضعیت ها بوسیله آتش کردن گذرگاه ها انجام می شود که در ادامه، این موضوع مورد بررسـی قـرار مـی گیرد.

---

[۱۱] Source Transition
[۱۲] Marking

۲-۴) آتش کردن[۱۳] یک گذرگاه

نشان هر پتری نت می تواند تغییر کند، که این امر با آتش کردن گذرگاه هایش میسر می شود. یعنی با آتش کردن گذرگاه ها، وضعیت نشانه ها در پتری نت تغییر می کند که با این تغییر، حالت پتری نت نیز تغییر می یابد. یک گذرگاه دارای قابلیت آتش کردن است هرگاه، همه مکان های ورودی به این گذرگاه حداقل دارای یک نشانه باشند. در این صورت، گذرگاه، قابل آتش کردن[۱۴] یا توانا[۱۵] نامیده می شود. همچنین یک گذرگاه منبع، همیشه توانا می باشد. درشکل های (۲-۲ *a*، *b*، *c*) هر دو مکان P_1 و P_2 دارای حداقل یک نشانه می باشند بنابراین، گذرگاه های موجود در آن ها توانا می باشند. اما این موضوع برای شکل (۲-۲ *d*) برقرار نمی باشد. با آتش کردن یک گذرگاه، یک نشانه از هر یک از مکان های ورودی این گذرگاه کم می شود و یک نشانه به همه مکان های خروجی این گذرگاه اضافه می شود. که این موضوع در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. در شکل (۲-*b*۲)، مشخص است که قبل از آتش کردن، در P_2، تنها یک نشانه وجود دارد، اما بعد از آتش کردن، این مکان دارای دو نشانه می شود. زیرا بعد از آتش کردن، یک نشانه وارد آن می شود و در شکل (۲-*c*۲) مشخص است که بعد از آتش کردن یک نشانه در P_1 باقی می ماند.



شکل (۲-۲): نمایش آتش کردن گذرگاه ها

[۱۳] Firing
[۱۴] Firable
[۱۵] Enable