

مدل سازی رفتار سیستم های پیچیده با استفاده از دیدگاه های جزئی

جعفر قیدرخلجانی
حسن حاجی قاسمی
رضا حاجی قاسمی

چکیده:

هر روز که می گذرد سیستم های پیچیده تری به وجود می آیند. در ساخت این سیستم های پیچیده افراد زیادی با تخصص های گوناگون شرکت دارند و هر کدام از ابزارها و زبان خاص خود استفاده می کنند. ساخت بخش ها و قطعات مختلف یک سیستم پیچیده توسط متخصصین رشته های مختلفی صورت می گیرد که ممکن است هیچ ارتباط و گفتگویی با متخصصان دیگر رشته ها نداشته باشند. از این رو نیاز به مدلی که تمام ویژگی های سیستم مورد نظر را دربر داشته باشد تا متخصصان بر اساس آن به ساخت سیستم بپردازند، بیشتر احساس می شود. این مدل هم باید دربردارنده اطلاعات مربوط به ساختار سیستم و هم اطلاعات مربوط به رفتار سیستم باشد. از این رو در این مقاله ابتدا رفتار را تعریف و توصیف می نماییم و سپس بعضی از روش های مفید در مدل سازی رفتار را بیان می کنیم.

واژه های کلیدی:

سیستم های پیچیده، مدل سازی رفتار، نمودار کندهای جریان وظایف، نمودار جریان داده، چاقوی جیبی



۱- مقدمه ای بر رفتار

رفتار آن چیزی است که یک جسم یا شی انجام می دهد. به عبارت دیگر رفتار آن چیزی است که شخص می خواهد شیئی آن را انجام دهد. درمورد سیستم، رفتار آن چیزی است که سیستم برای انجام آن به وجود آمده است؛ بدون توجه به اینکه آن را چگونه انجام خواهد داد. یک توصیف یا مدل رفتار در صورتی کامل خواهد بود که دربردارنده اطلاعات کافی برای اجرا و پیاده سازی آن باشد. تنها در صورتی می توان صحیح بودن رفتار را بررسی نمود که به صورتی قابل اجرا توصیف شده باشد. با این روش، در طول فرایند طراحی شرایطی مانند انتظار که در آن جزئی از سیستم، ورودی مورد نیاز خود را دریافت نمی کند و یا

حالت تعویق که در آن بخش های مختلف سیستم منتظر عمل بخش دیگر می شوند، قابل کشف و تصحیح شدن خواهند بود.

تاکنون روش های زیادی برای توصیف رفتار به وجود آمده اند. تفاوت این روش ها در میزان رسمیت و همچنین جزئیاتی که دربرمی گیرند، می باشد. در این مقاله به اندازه ای به جزئیات پرداخته می شود که برای دستیابی به یک رفتار قابل اجرا مورد نیاز باشد.

۱-۱- عناصر رفتار

برای ایجاد توصیفی کامل از یک رفتار به تعدادی عنصر مدل سازی نیاز است. مجموعه ای از عناصر مفهومی لازم عبارتند از:

- وظایف^۱؛ که ورودی‌ها را دریافت نموده و آن‌ها را به خروجی تبدیل می‌نمایند؛
- ورودی‌ها و خروجی‌ها^۲؛ که انواع مختلفی دارند؛
- عملگرهای کنترلی^۳؛ که ترتیب وظایف را مشخص می‌سازد.

عناصر مدل‌سازی را باید با استفاده از یک زبان دقیق تعریف نمود و آن‌ها را با نمادهایی^۴ نشان داد که مبهم نباشند. تا زمانیکه مجموعه‌ای از نمادها و نشانه‌ها قابل فهم بوده و متناقض نباشند، می‌توان از آن‌ها استفاده نمود و مشکلی پیش نخواهد آمد. هر نمادی که تمام این مشخصه‌ها را داشته‌باشد، می‌تواند رفتار را قابل اجرا سازد.

با وجود دقت و وسعت بیان فراهم شده بوسیله نمادهای رفتار، نمی‌توان متن را از آن حذف نمود. لازم است که در تمامی سطوح به استثنای پایین‌ترین سطح یک عبارت متنی همراه با مدل رفتار آورده شود. این متن توصیفی را ارائه می‌کند که درک اولیه خوبی از مدل به استفاده کننده از آن می‌دهد؛ سپس با بررسی مدل می‌توان جزئیات را به سرعت متوجه شد. همانند تمامی بخش‌های دیگر طراحی سیستم، قوانین زیادی برای نوشتن این توصیف متنی وجود دارد که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

- تعریف‌ها باید از یک فرهنگ لغت داده باشند؛
- باید به صورت عبارات دستوری که اغلب واژه "باید" را در خود دارند و شامل فهرستی از آنچه سیستم، شی و یا جسم باید انجام دهد، باشند. عبارات دستوری برای اجرای قراردادهای و دستیابی به اهداف مفید هستند. فهرست عبارات دربردارنده خصوصیات است که سازمان باید در تولید محصول رعایت کند تا محصول از نظر مشتری مناسب باشد. در حال حاضر ساختن سیستم‌ها با استفاده از قرارداد صورت می‌گیرد؛ در این قرارداد به تامین کننده‌ای نیاز است تا چیزی را مطابق با فهرست نامبرده شده، تولید کند. در ادبیات

تامین‌کنندگان، این لیست به لیست نیازهای سیستم^۵ معروف است.

- عبارات داستانی^۶؛ که می‌توان آن‌ها را در کنار یکدیگر قرار داد و یک توصیف متنی از آنچه شی قصد انجام آن را دارد، ارائه نمود. داستانی از این نوع به عنوان مفهوم عملیاتی^۷ شناخته می‌شود. این مفهوم عملیاتی برای ارتباط با کاربران، مالکان، کارگران، مدیران، بازاریابان و سایر افرادی که نیاز و شاید تمایلی به دانستن جزئیات مهندسی ندارند، مفید است.

لازم به ذکر است همانگونه که یک مدل به تنهایی قادر به توصیف کامل سیستم نیست، توصیف متنی نیز به تنهایی برای توصیف کامل یک سیستم کافی نیست. تنها با ترکیب مجموعه اطلاعات این دو با هم، تصویر کاملی از سیستم به دست خواهد آمد.

۱-۲- رفتار در محدوده سیستم^۸

توصیف استاتیک^۹ محدوده مشخص می‌کند که کدام عناصر موجود در محیط^{۱۰} با سیستم تعامل دارند. نحوه تعریف سیستم توسط مدل استاتیک محدوده به این صورت است که میزان تعاملات سیستم‌های خارجی با سیستم مورد بررسی^{۱۱} را مشخص می‌کند و همچنین القاها^{۱۲} و وظایفی را که سیستم‌های خارجی انجام می‌دهند و سیستم مورد بررسی باید به آن‌ها پاسخ دهد، تعیین می‌کند. دو عنصر مهمی که مدل استاتیک برای توصیف دقیق رفتار مورد نیاز فاقد آن‌ها می‌باشد، عبارتند از:

- ترتیب^{۱۳} انجام وظایف
 - ورودی و خروجی هر یک از وظایف
- در این مقاله این مفاهیم با جزئیات کامل توضیح داده شده‌اند و برای مدل‌سازی آن‌ها نمادهای گرافیکی مناسبی معرفی شده است. در ادامه این مقاله، از این نمادها و مفاهیم برای مدل‌سازی یک چاقوی جیبی استفاده شده است.

1. functions
2. inputs and outputs
3. control operators
4. notations
5. system requirements
6. narrative statements
7. operations concept

8. context
9. static description
10. environment
11. subject system
12. excitations
13. ordering

۲- مدلسازی رفتار

اولین پرسش‌هایی که در مدل‌سازی رفتار مطرح می‌شود، عبارتند از:

- چه چیزهایی اتفاق می‌افتند؟
 - با چه ترتیبی اتفاق می‌افتند؟
 - چه ورودی‌ها و خروجی‌هایی در آن دخالت دارند؟
- با استفاده از مدل‌سازی وظایف می‌توان به سوال اول پاسخ داد. سوال دوم نیز با مرتب‌کردن مجموعه‌ای از وظایف در یک سیستم، پاسخ داده می‌شود. برای مرتب‌سازی به چندین مفهوم نیاز است:

- توالی^۱؛ که نشان‌دهنده تقدم و تاخر وظایف است؛
- همزمانی^۲؛ وظایفی را که می‌توانند به صورت همزمان اتفاق بیافتند، مشخص می‌سازد؛
- انتخاب^۳؛ مجموعه وظایفی را که باید انجام گیرند، تعیین می‌کند؛
- تکرار^۴؛ نشان می‌دهد که کدام وظایف دوباره انجام می‌شوند.

در پاسخ به سوال سوم، ورودی‌ها و خروجی‌های وظایف، مدل‌سازی می‌شوند. برای مدیریت پیچیدگی^۵ در سیستم‌های پیچیده لازم است که ابتدا ساختار و رفتار سیستم را برای اجزا مشخص نمود و سپس از تجمیع^۶ آن‌ها استفاده کرد. رفتار را می‌توان با استفاده از روش دیدگاه‌های جزئی^۷ رفتار که با یکدیگر رفتار را به وجود می‌آورند، ساده‌سازی نمود. چند مثال از دیدگاه‌های جزئی عبارتند از:

- نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف^۸، برای وظایف و مرتب‌سازی آن‌ها؛
- نمودارهای جریان داده^۹ (DFD) و نمودارهای مربع N برای وظایف و ورودی/خروجی آن‌ها.

۳- نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف

نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف در اواخر دهه ۱۹۵۰ توسط شرکت TRW به منظور کمک به تعریف رفتار موشک‌های

بالستیک که بسیار پیچیده بودند و توصیف آن‌ها بوسیله متن ممکن نبود، توسعه داده شدند. با کار بیشتری که در شرکت TRW روی آن‌ها انجام شد، آن‌ها قابلیت اجرایی شدن پیدا کردند. در اینجا ابتدا نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف را معرفی کرده و سپس آن‌ها را به منظور اجرایی شدن توسعه می‌دهیم. اصلی‌ترین دیدگاه‌هایی که با نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف مدل‌سازی می‌شوند عبارتند از: وظایف، ترتیب آن‌ها و ترکیب^{۱۰} آن‌ها.

۱-۳- وظایف

وظایف در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف با استفاده از یک مستطیل به همراه نام وظیفه نمایش داده می‌شوند. اغلب عددی به وظایف تخصیص می‌یابد و در قسمت بالای مستطیل آورده می‌شود. این عدد موقعیت وظیفه را در سلسله مراتب ردیابی می‌کند. شکل ۱ نماد نمودار کنده‌ای جریان وظایف را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نماد نمودار کنده‌ای جریان وظایف برای وظایف

مرتب‌سازی

مرتب‌سازی وظایف بوسیله خطوطی که مستطیل‌ها را به هم متصل می‌کنند، نشان داده می‌شود.

توالی. یک توالی ساده بوسیله پیکانی که از سمت راست پیش‌نیاز خارج می‌شود و به سمت چپ پس‌نیاز وارد می‌گردد، نشان داده می‌شود. در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف جهت زمان از چپ به راست می‌باشد. البته گاهی اوقات ممکن است محدودیت‌هایی مانند اندازه صفحه باعث شکسته‌شدن نمودار و ادامه دادن آن در سمت چپ صفحه بشود؛ توالی در شکل ۲ نشان داده شده است.

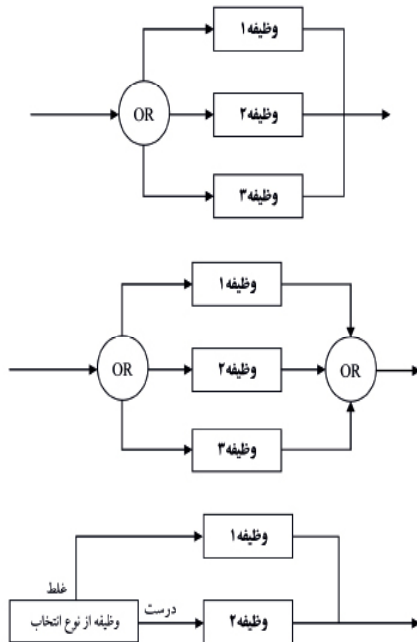


شکل ۲: شیوه نمایش توالی در نمودار کنده‌ای جریان وظایف

1. Sequencing
2. Concurrency
3. Selection
4. Iteration
5. complex systems

6. aggregation
7. partial views
8. Functional flow block diagrams
9. Data flow diagrams
10. composition

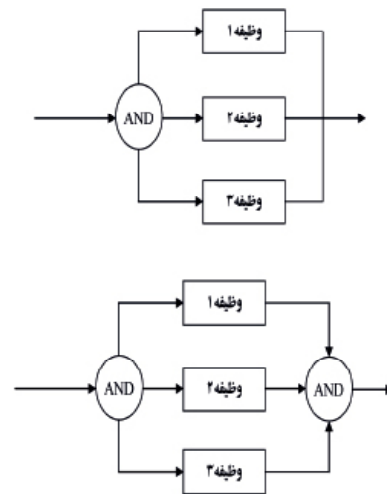
آن برای همزمانی است با این تفاوت که بجای کلمه AND، کلمه OR در دایره‌ها نوشته می‌شود. هنگامیکه یک انتخاب چندتایی به وجود می‌آید، انتخاب کردن را می‌توان با استفاده از دو پیکان که از مستطیل وظیفه خارج شده و هر کدام با یک شاخص انتخاب برجسب خورده‌اند، نشان داد. شکل ۴ حالت‌های مختلف نمایش انتخاب را نشان می‌دهد.



شکل ۴: نمایش انتخاب در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف

تکرار. تکرار آخرین عملیات مهمی است که برای مرتب‌سازی در مدل‌سازی رفتار از آن استفاده می‌شود. نحوه نمایش دادن تکرار در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف شبیه به سه حالتی است که برای انتخاب استفاده می‌شود. تکرار به صورت پیکانی که از یک مستطیل انتخاب خارج شده و رو به عقب حلقه‌ای را ایجاد می‌کند، نمایش داده

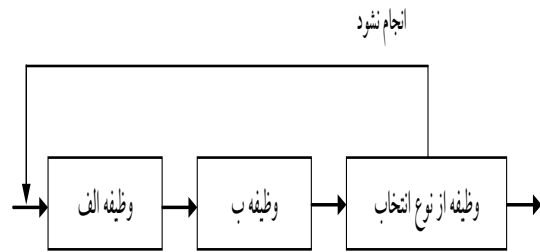
همزمانی. همزمانی با استفاده از یک ارتباط آند نشان داده می‌شود. این ارتباط نشان می‌دهد که تمام شاخه‌هایی که از آن منشعب می‌شوند، قابلیت همزمان روی دادن را دارند. البته این بدان معنا نیست که آن‌ها فقط بتوانند به صورت موازی و همزمان اجرا شوند. ارتباط آند در نمودار بوسیله دایره‌ای که در داخل آن کلمه DNA نوشته شده است، نشان داده می‌شود. تمامی انشعاب‌ها از دایره سرچشمه می‌گیرند. بعد از اینکه همزمانی به پایان رسید انشعاب‌های همزمان دوباره بوسیله پیکان توالی اصلی به یکدیگر متصل می‌گردند. البته به صورت اختیاری می‌توان انشعاب‌ها را در دایره دیگری که داخل آن کلمه DNA نوشته شده است، ادغام نمود. در حالت کلی طراح می‌تواند یکی از این روش‌ها را برای ادغام انتخاب کند؛ اما ممکن است استفاده از یک ابزار خاص طراح را ناگزیر از انتخاب یکی از این روش‌ها نماید. شکل ۳ هر دو حالت را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمایش همزمانی در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف

انتخاب. انتخاب با استفاده از ارتباط آر نشان داده می‌شود. انتخاب، دو یا چند مسیر جایگزین را برای وظایف نشان می‌دهد و هر کدام از این مسیرها قابل اتخاذ است. نمایش نمودار کنده‌ای جریان وظایف برای انتخاب، شبیه به نمودار

می‌شود. پیکان رو به عقب بوسیله یک شاخص تکمیلی برچسب زده می‌شود. شکل ۵ تکرار را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمایش تکرار در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف

۲-۳- مثال: چاقوی جیبی

نمادهای نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف برای مدل‌سازی رفتار چاقوی جیبی کافی هستند. یکی از راه‌های مدل‌سازی رفتار این است که عملکرد را در محیط بررسی کنیم. در این روش اطلاعات مورد نیاز به صورت داستان در قالب متن نوشته می‌شود. به این روش مفهوم عملیاتی گفته می‌شود. یک داستان ساده برای چاقوی جیبی به این صورت است:

او دستش را در جیب راستش فرو برد و چاقوی جیبی را بیرون آورد. او تیغه بزرگ را با نیروی ناخن شست که برخلاف نیروی بسته‌شدن چاقو بود، باز کرد و چاقو تیغه را باز نگه داشت. او چاقو را محکم در دستش گرفت، قطعه کار را با دست دیگرش برداشت و آن را همانگونه که مدنظرش بود، تراشید؛ این کار با وارد کردن نیرو به چاقو و انتقال نیرو از چاقو به قطعه کار صورت گرفت. او قطعه کار را به محل اولش برگرداند، چاقو را با وارد کردن نیرویی در خلاف جهت نیروی بازنگهدارنده چاقو، بست و آن را در جیبش گذاشت.

برای مدل‌سازی رفتار ابتدا باید اقداماتی که انجام می‌شوند را شنایابی نمود. شکل ۶ مدل نمودار کنده‌ای جریان وظایف

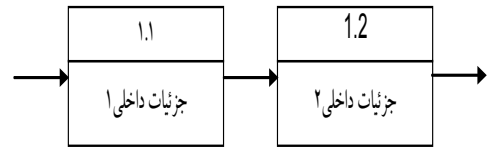
را برای اقداماتی نشان می‌دهد که در این داستان انجام شدند. این مدل نمایی از رفتار طبیعی این فرد را نشان می‌دهد؛ رفتاری که دارای محدودیت‌های فیزیکی بوده و واقعی است. قبل از اینکه چاقو باز شود، از جیب بیرون می‌آید. قبل از اینکه قطعه کار برداشته شود، تیغه چاقو باز می‌شود؛ زیرا برای باز کردن تیغه به هر دو دست نیاز است. قطعه کار باید دقیقاً در همان زمانی که کار بروی آن انجام می‌شود در دست نگه داشته شود. قطعه کار قبل از بسته شدن تیغه چاقو در محلی قرار می‌گیرد؛ زیرا برای بستن تیغه به یک دست آزاد نیاز است. قبل از اینکه چاقو به جیب برگردانده شود، تیغه آن بسته می‌شود. حلقه تکرار این امکان را فراهم می‌کند که در همان دوره، ابزاری دیگر و یا قطعه کاری دیگر برای انجام دادن کار انتخاب شود.

۳-۳- سلسله مراتب^۱

در صورتیکه بخواهیم تمام وظایف به همراه تمام جزئیات ارتباطی آن‌ها را در یک نمودار رسم نماییم، نمودار آن بسیار بزرگ خواهد شد. برای غلبه بر این محدودیت از سلسله مراتب استفاده می‌گردد. سلسله مراتب طراحی وظایف، جزئیات مناسبی از وظایف را فراهم می‌کند. بلوک‌های وظایفی که در سطوح بالاتر قرار دارند دارای وظایف پیچیده‌ای هستند، با پیشرفت در طراحی و رسیدن به سطوح پایین‌تر طراحی، وظایف بسیار جزئی و ریز می‌شوند. برچسب شماره‌های بالای مستطیل‌های وظایف سطح و مکان بلوک‌های وظایف را در سلسله مراتب مشخص می‌سازد. در هر سطح، از یک سطح جدید شماره‌گذاری استفاده می‌شود. هر یک از بلوک‌های وظایف در داخل سلسله مراتب دارای شماره منحصر به فردی است که مکان آن را در سلسله مراتب تعیین می‌کند. شکل ۷ سلسله مراتب نمودار کنده‌ای جریان وظایف را نشان می‌دهد.

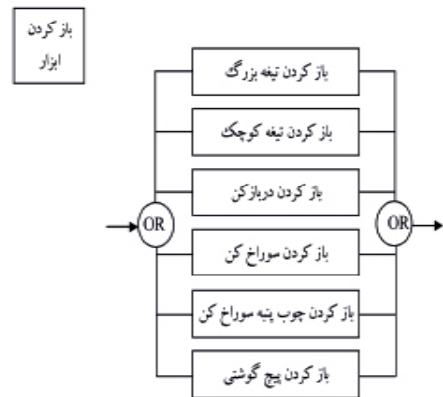


شکل ۶: نمودار کنده‌ای جریان وظایف برای شخصی که از چاقوی جیبی استفاده می‌کند



شکل ۷: نمایش سلسله مراتب در نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف

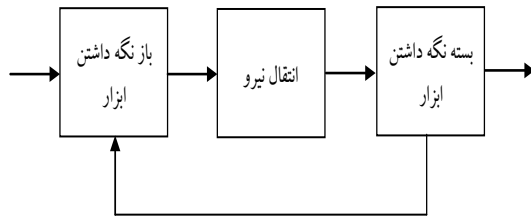
مثال: سلسله‌مراتب رفتار. در شکل ۶ وظیفه باز کردن ابزار یک انتخاب از میان ابزارهای مختلف برای باز کردن است. بجای اینکه جزئیات آن را در داخل همان نمودار کنده‌ای جریان وظایف قرار دهیم، از سلسله مراتب استفاده خواهیم کرد و آن را در یک نمودار جداگانه نشان می‌دهیم. در شکل ۸ یک سطح پایین‌تر نمودار کنده‌ای جریان وظایف برای باز کردن ابزار ترسیم شده است. در این نمودار از ساختمان آر برای نشان دادن انتخاب استفاده شده است.



شکل ۸: نمودار کنده‌ای جریان وظایف سطح پایین‌تر

برای دستیابی به تمامی رفتارهای مورد نیاز، تنها استفاده از مدل نمودار کنده‌ای جریان وظایف اصلی که با آزمودن سناریو توسعه یافته است، کافی نیست. این سناریو چاقو را فقط در محدوده آن مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای ایجاد

یک مدل کامل به گسترش مدل به گونه‌ای نیاز داریم که همانند شکل ۹ رفتار چاقو را نیز در چرخه ساده‌ای از وظایف نشان دهد. در ابتدا ابزار چاقو بسته است، سپس ابزار باز می‌شود و در نهایت ابزار آن می‌تواند بسته باشد.



تا زمان اتمام کار با چاقو ادامه می‌یابد

شکل ۹: نمودار کنده‌ای جریان وظایف برای چاقوی جیبی

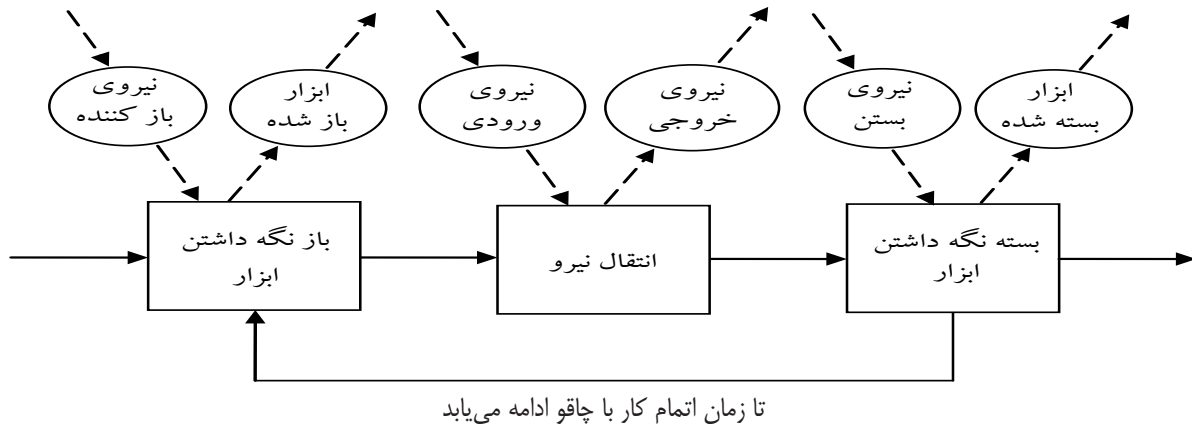
۴-۳- ورودی و خروجی

برای مرتب‌سازی وظایف به در دست داشتن توالی، همزمانی، انتخاب و تکرار آن‌ها نیاز است. نمودار کنده‌ای جریان وظایف یکی از نمادهایی است که این اطلاعات را نمایش می‌دهد. این اطلاعات یک دیدگاه جزئی از رفتار را ارائه می‌دهد؛ زیرا در آن ورودی‌ها و خروجی‌های وظایف توصیف نمی‌شوند. باید ورودی/خروجی‌ها را در مدل گنجانند؛ زیرا آن‌ها نهاده‌هایی هستند که توسط وظایف منتقل می‌شوند، موجب شروع بعضی از وظایف می‌گردند و اطلاعاتی را در مورد مسیر فراهم می‌کنند که در هنگام انتخاب از بین چند وظیفه مفید خواهد بود. فهم تعاملات بین وظایف و ورودی/خروجی‌ها برای درک کامل رفتار ضروری است. علاوه بر این، به مدل‌های ورودی و خروجی برای اجرای مدل رفتار و تأیید عملکرد صحیح آن نیاز است. **نمودارهای رفتار.** در صورت افزودن اطلاعات ورودی/خروجی به یک نمودار کنده‌ای جریان وظایف و یا نمودار هم‌ارز^۱ نمودار رفتار به دست خواهد آمد. نمودارهای رفتار اینچنینی برای نخستین بار توسط آلفورد^۲ معرفی شده‌اند؛ به همین دلیل با اسم نمودارهای آلفورد شناخته می‌شوند. در این نمودارها بجای اینکه جریان زمان افقی و از چپ به راست باشد، عمودی و از بالا به پایین است. نمودارهای نوع آلفورد برای مشخص کردن انواع مختلف همزمانی از

1. equivalent diagram
2. Alford

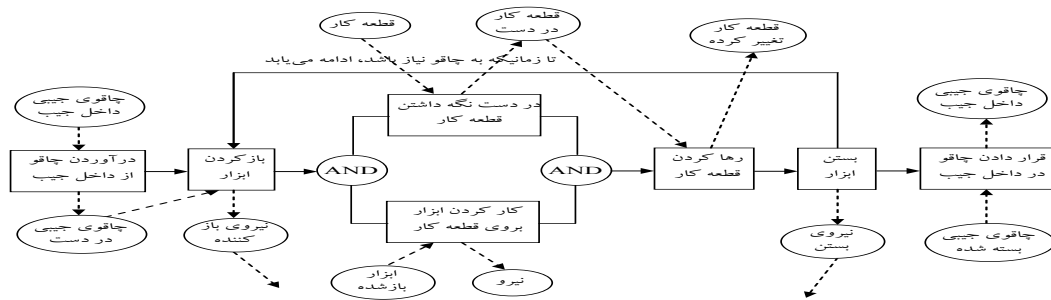
نمادهای مختلفی برای هر نوع استفاده می کنند. نمادهای موجود در ابزار مختلف با هم متفاوت هستند؛ اما شیوه شناسایی وظایف و مرتب سازی آن ها و شناسایی ورودی/خروجی ها، برای پیاده سازی رفتارهای قابل اجرا یکسان می باشد. روش معمول به این صورت است که ابزارها و نمادهای زیادی را به منظور به دست آوردن مفاهیم یکسان با هم ترکیب می کنند و از ابزارهای پشتیبان استفاده نمی شود تا در مدل مجموعه ای از ابزارها و نمادها وجود داشته باشد..

در این مقاله از نماد لوزی برای نشان دادن ورودی/خروجی ها استفاده می شود و جهت جریان ورودی/خروجی ها با پیکان های خط چین نشان داده می شوند. نمودار رفتار چاقوی جیبی در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.



شکل ۱۰: نمودار رفتار برای چاقوی جیبی

در این مثال ساده ورودی ها از محدوده سرچشمه می گیرند و خروجی ها به محدوده بر می گردند. رفتار شخص در محدوده در یک نمودار رفتار پیچیده تر قابل ترسیم است؛ این نمودار در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱: نمودار رفتار برای شخصی که از چاقوی جیبی استفاده می کند

نیروی بستن ناشی از وظیفه بستن ابزار. واکنش چاقوی جیبی به نیروی باز کننده، یک چاقوی جیبی باز شده است که ابزار انتخاب شده آن باز می باشد. واکنش چاقوی جیبی به نیرو به این صورت است که نیرو را به قطعه کار منتقل می کند. واکنش چاقوی جیبی به نیروی بستن یک چاقوی جیبی بسته شده است که ابزار آن بسته نگاه داشته می شود. با قرار دادن این دو نمودار در کنار یکدیگر، نمودار رفتار

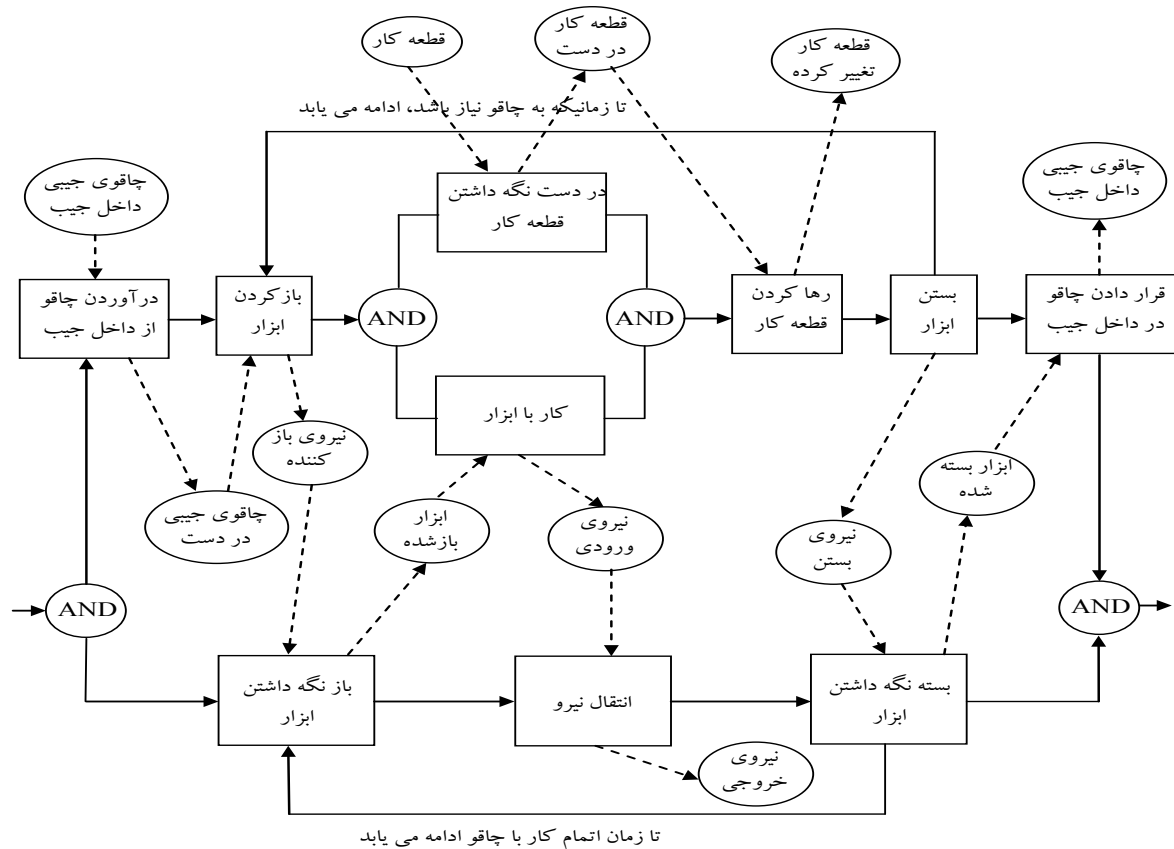
این نمودار توصیفی اجرایی از آنچه شخص انجام می دهد را ارائه می کند. فرایند با یک چاقوی جیبی در جیب و یک قطعه کار آغاز می گردد و با یک چاقوی جیبی برگشته به داخل جیب و یک قطعه کار تغییر کرده پایان می یابد. مواردی که سیستم چاقوی جیبی باید به آن ها پاسخ دهد عبارتند از: ورودی نیروی باز کننده ناشی از وظیفه باز کردن ابزار، ورودی نیرو ناشی از وظیفه عمل کردن ابزار و ورودی

چاقوی جیبی در محدوده‌اش شکل می‌گیرد که در شکل ۲۱ نشان داده شده است.

۴- نمودارهای جریان داده

همانگونه که قبلاً بیان شد، نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف دید جزئی مفیدی از رفتار را فراهم می‌کنند؛ اما هیچگونه اطلاعاتی از ورودی/خروجی‌ها ارائه نمی‌دهد.

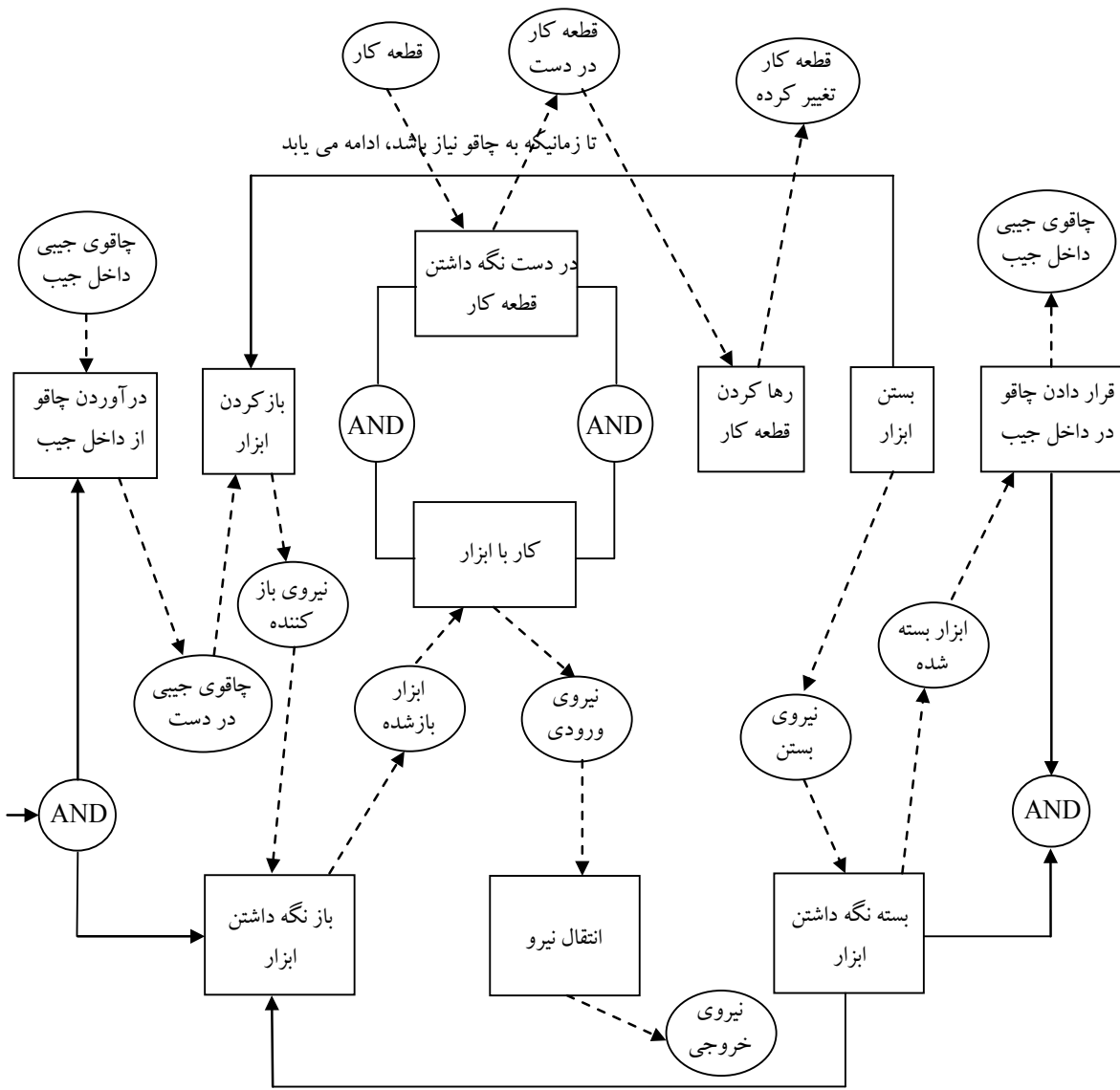
نمودارهای رفتار، اطلاعات ورودی/خروجی را نیز ارائه می‌دهند. در صورتیکه اطلاعات توالی از نمودارهای رفتار حذف شوند، حاصل، نمودار جریان داده خواهد بود. نمودار جریان داده و نمودار مربع N دیدگاه‌های مفیدی از رفتار ارائه می‌دهند؛ هر کدام از آن‌ها سبک‌های نمادگذاری متفاوتی دارند و اطلاعات مربوط به ترتیب وظایف را نشان نمی‌دهند.



شکل ۲۱: نمودار رفتار برای چاقوی جیبی در محدوده آن

جریان داده به صورت نام مخزن به همراه یک خط در بالا و یک خط در پایین آن است.

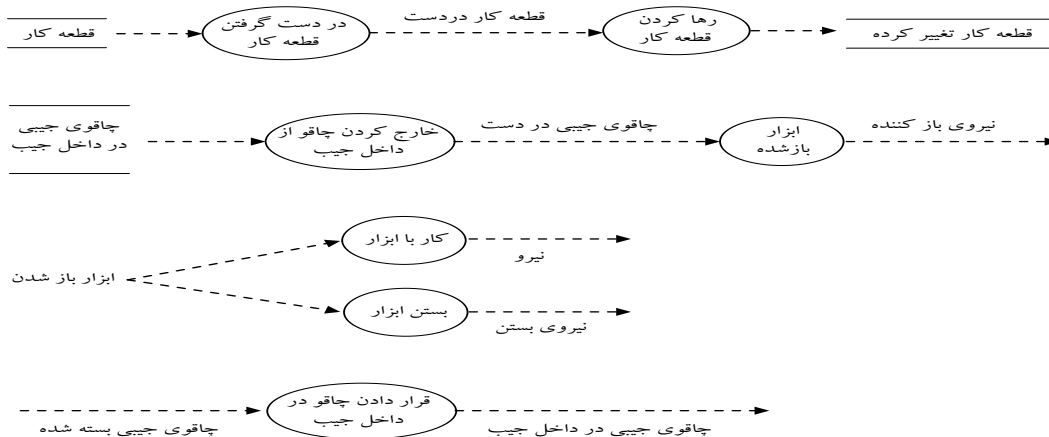
شکل ۱۳ نمودار رفتاری را نشان می‌دهد که اطلاعات توالی از آن حذف گردیده است. این نمادها متفاوت از نمادهای نمودار جریان داده هستند. در نمادگذاری نمودار جریان داده، وظایف در مستطیل نشان داده نمی‌شوند بلکه با بیضی نشان داده می‌شوند. در این نمودار ورودی/خروجی‌ها بر روی پیکان‌هایی نوشته می‌شوند که یک وظیفه را به یک مخزن داده متصل می‌کنند. نماد مخزن داده در نمودار



تا زمان اتمام کار با چاقو ادامه می یابد

شکل ۳۱: نمودار ورودی/خروجی برای فرد

شکل ۱۴ نمودار ورودی/خروجی را برای شکل ۱۳ در قالب یک نمودار جریان داده نمایش می دهد. این نمودار از چهار عنصر مجزا تشکیل شده است و خود چاقوی جیبی را در بر نمی گیرد.



شکل ۱۵-۳: عناصر جریان داده برای محدوده چاقوی جیبی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پیچیده شدن سیستم‌ها موجب شده است تا نیاز به مدل‌سازی آن‌ها آشکارتر گردد. در این مقاله مطالب و روش‌هایی در مورد مدل‌سازی رفتار سیستم‌ها بیان گردید. مطالب گفته شده به این صورت بود که ابتدا توصیفی از رفتار و عناصر لازم برای مدل‌سازی رفتار بیان گردید؛ سپس با معرفی نمودارهای کنده‌ای جریان وظایف و اضافه نمودن ورودی/خروجی‌ها به آن، رفتار یک چاقوی جیبی مدل‌سازی شد. در نهایت نمودار جریان داده نیز برای آن ترسیم گردید. اما برای ساخت سیستم باید ساختار آن را نیز مدل‌سازی نمود. برای سیستم‌های پیچیده مدل‌سازی ساختار را باید بدون در نظر گرفتن مدل رفتار انجام داد. با در دست داشتن مدل‌های ساختار و رفتار و مقایسه بین آن‌ها باید بهترین مدل را انتخاب کرد و مدل دیگر را براساس مدل انتخاب شده، دوباره ترسیم نمود. لذا پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات بعدی ساختار معرفی گردیده و روش‌های مختلف مدل‌سازی آن بیان گردد.

۶- منابع

1. Alford, Mack. 1977 A requirements engineering methodology for real time systems, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 1, No. 1
2. Alford, Mack. 1992. Strengthening the systems/software interface for real time systems, Proceedings of the Second International Symposium of the National Council on Systems Engineering, Vol1. 411, Seattle, WA.
3. Ascent Logic Corp. Product of Ascent Logic Corporation, 180 Rose Orchard Way, San Jose, CA 95134.
4. Blanchard, BF and W. Fabrycky, 1990. Systems Engineering and

Analysis, Second Edition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

5. Harel, D. 1987. Statecharts: A visual formalism for complex systems, Science of Computer Programming, 8, 231-274

6. Hopcroft, J. E., and J. D. Ullman, 1979. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, Reading, MA: Addison-Wesley

7. Kockler, Frank R. et al. 1990. Systems Engineering Management Guide, Defense Systems Management College, US Government Printing Office, 000802001202-5.

8. Martin, James and Carma McClure. 1985. Diagramming Techniques for Analysts and Programmers. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.