فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شماره یک، بهار ۱۴۰۲

معماری مفهومی موتور شبیه ساز یکپارچه در فرماندهی و کنترل

امیر محترمی*[1]، سامان عرفا[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۲

چکیده

شبیه سازی سناریوها و فرایندهای فرماندهی وکنترل کاربرد وسیعی در اعتبارسنجی، آموزش، ارزیابی و آمادگی سیستم ها و تشکیلات فرماندهی وکنترل نظامی و غیرنظامی دارد. این شبیه سازی در سطوح مختلف تکنیکی، تاکتیکی و راهبردی قابل اجراست. پیاده سازی سامانه ای برای پوشش دادن انواع شبیه سازیها در سطوح مختلف و ابعاد متعدد فرماندهی وکنترل بصورت متمرکز توجیه پذیر نیست. سربار حجیم پردازشی، ذخیره سازی و محدودیتهای مشارکت و تعامل طرفین بویژه در بازیهای چند جانبه ضرورت معماریهای توزیع شده را در پیاده ساز ی این سامانه ها ایجاب می کند. این مقاله بر اساس یک کار پژوهشی گسترده در حوزه شبیه سازهای فرماندهی وکنترل، بازی جنگ، بازیهای استراتژیک تدوین شده که خروجی آن منجر به پیاده سازی بخشی از زیرساختی یکپارچه برای شبیه سازی توزیع شده فرماندهی وکنترل شده است که در سرتاسر این مقاله با نام مخفف مشکات (موتور شبیه ساز یکپارچه فرماندهی و کنتـرل) می خوانیم. روش پژوهش در این مقاله مبتنی بر مطالعه الگوها و سبکهای معماری توزیع شده و همچنین ارزیابی بیش از هجده نرم افزار شبیه سازی مرتبط با موضوع و در نهایت پیاده سازی آزمایشگاهی زیر ساخت مشکات است. نتیجه پژوهش علاوه بر تصریح بر الگوی توزیع شده و برتری معماری **HLA** در طراحی سامانه بر سایر معماری های توزیع شده، معماری مفهومی از عناصر و اجزای این زیرساخت را به دست داده است.

واژگان کلیدی: فرماندهی و کنترل، شبیه ساز، بازی جنگ،یکپارچگی

[1] نویسنده مسئول، استادیار فناوری اطلاعات، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر Mohtarami@mut.ac.ir

[2] دکترای مهندسی برق-کنترل، فرماندهی و کنترل، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، S.Orafa@chmail.ir

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

۱. کلیات

مدلسازی و شبیه سازی، یکی از شایع ترین روشها در علوم فنی ومهندسی و حتی علوم انسانی و اجتماعی در راستای مقاصد پیش بینی، طراحی، آموزش و تحلیل محسوب می شود. از این رو، موضوع مدلسازی و شبیه سازی به یکی از مباحث کلیدی و کاربردی در حوزه های مختلف علوم و فنون تبدیل شده است.(**Xi, etal, 2021**) یکی از حوزه هایی که در سالیان اخیر بهره ی زیادی از چنین کاربردهایی برده است، حوزه ی نظامی است. مدلسازی و شبیه سازی در حوزه ی نظامی، از کلان ترین سطوح راهبردی تا جزئی ترین سطوح تاکتیکی و مهندسی را پوشش داده و امکانات فوق العاده ای را در اختیار بهره برداران نظامی قرار می دهد. فرماندهان سطح بالا برای تحلیل راهبردها، دکترین و طرح های کلان نظامی خود، فرماندهان عملیات برای طراحی و سنجش آرایش های جنگی مورد نظر، طراحان و مهندسان برای تست و ارزیابی تجهیزات نظامی در دست طراحی یا در دست ارتقاء و در نهایت اپراتورهای سامانه های نظامی برای کسب مهارت در بکارگیری سامانه ها می توانند از مزایای مدلسازی و شبیه سازی بهره ببرند.



شکل ۱: سطوح مختلف شبیه سازی در موتورهای بازی جنگ

از جمله مزیت های ویژه ی مدلسازی و شبیه سازی، صرفه جویی قابل توجه در هزینه ها و منابع است. هزینه های تست و ارزیابی میدانی از آزمایش تجهیزات گرفته تا رزمایش های گسترده، با توسعه و بکارگیری سامانه های شبیه سازی کاهش قابل ملاحظه ای پیدا می کند. هزینه های آموزش و مهارت افزایی اپراتورها نیز در یک محیط مجازی و شبیه سازی شده قابل مقایسه با آموزش از طریق سامانه های واقعی نیست. علاوه بر این، مزیت های مهم دیگری چون امکان اجراهای مکرر سناریوهای نظامی در محیط شبیه سازی نسبت به محیط واقعی، فراهم شدن سرعت اجرای بیشتر، جلوگیری از خطرات و صدمات میدانی، امکان طراحی و اجرای سناریوهای متنوع و خاص و موارد دیگری از این دست ضرورت توسعه و بکارگیری سامانه های شبیه سازی را در حوزه های مورد کاربرد روشن می سازد.

در بسیاری مواقع، مدلها و شبیه سازیها را می توان در قالب نرم افزارهایی بازی گونه تعبیه نمود. تعابیر بازی جنگ یا به تعبیر ما، بازی فرماندهی وکنترل یکی از این کارکردهاست.

هدف سامانه بازی جنگ یا شبیه سازی فرماندهی و کنترل، ایجاد قابلیت شبیه سازی سناریوهای عملیاتی پیچیده برای ذینفعان مختلفی است که به نوعی با عملیات نظامی ملی، منطقه ای و فرامنطقه ای مرتبط هستند(**Hodický et al.,2022**). این ذینفعان طیف وسیعی را در رده‌های مختلف راهبردی، عملیاتی، تاکتیکی و رزمی تشکیل می‌دهند. لذا نیازمندی‌های تحلیلی متنوعی از خرد تا کلان در این خصوص قابل طرح است.

در حال حاضر موتورهای بازی جنگ متعددی در دنیا وجود دارد. مساله این است که این سامانه ها هر یک بر سطوحی از بازی جنگ یا فرماندهی و کنترل (راهبردی، تاکتیکی، تکنیکی) متمرکز شده اند و همچنین برای کاربردهای خاصی طراحی شده اند (مثلا نبرد هوایی، رزم زمینی، دریایی و..).

ما در این پژوهش واژه بازی فرماندهی وکنترل را بکار می بریم، زیرا معنایی اعم از جنگ دارد و در بسیاری از فعالیتهای مدیریتی یا مدیریت بحران واژه فرماندهی وکنترل را می توان اطلاق کرد(**Mohtarami, 2019**).

در دنیای واقع، فرماندهی وکنترل با واقعیت های زیر مواجه است:

(۱) دایره فرماندهی وکنترل محدود به کاربردهای نظامی نیست و در مدیریت بحران نیز نیازمند فرایندهای فرماندهی وکنترل می باشیم. لذا بستری که قابلیت افزودن عاملها در صحنه های مختلف فرماندهی وکنترل

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

(نظامی، بحران های طبیعی، محیط زیست و..) را داشته باشد قطعا کاربردی تر وکم هزینه تر است.

(۲) در عملیاتهای نظامی و غیر نظامی، صحنه عمل الزاما محدود به دریا، زمین، فضا و هوا نیست و ممکن است ترکیبی از صحنه ها در عمل صحنه فرماندهی وکنترل را شکل دهد. لذا وجود یک زیرساخت که از این صحنه های ترکیبی پشتیبانی کند، کارا و اثربخش تر خواهد بود.

(۳) صحنه واقعی فرماندهی وکنترل، در عمل می تواند مدلها و شبیه سازیهای مختلفی را چه در سطح اجزا و چه در سطح محیط ایجاب نماید. یک زیرساخت توزیع شده می تواند از شبیه سازهای موجود در اتصال به یک بستر استفاده کرده و هم سبب کاهش هزینه، زمان و ارتقای کارایی شود.

با توجه به پیش فرضهای فوق، مساله اصلی این پژوهش این است که معماری مبنا برای طراحی یک زیرساخت توزیع شده موتورهای شبیه سازی بازی جنگ و فرماندهی وکنترل چگونه است؟ چه ویژگیهایی باید داشته باشد؟ چه اجزایی و روابطی را خواهد داشت؟

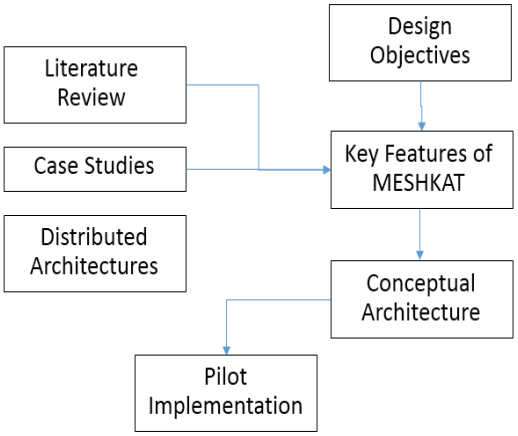
۲. روش شناسی پژوهش

برای پاسخ به سوالات طرح شده، نخست یک مطالعه فراگیر در زمینه شبیه سازهای فرماندهی وکنترل و بازی جنگ صورت گرفت. به نوعی ادبیات، مفاهیم و پیشینه مطالعه و در ادامه نمونه های مطرح و پراستفاده بررسی عملیاتی شد.

همچنین انواع معماریهای نرم افزاری توزیع شده بررسی و مقایسه تطبیقی صورت گرفت.

بر اساس مطالعات تطبیقی صورت گرفته و اهداف طراحی، ویژگیهای کلیدی معماری مد نظر استخراج شد. همچنین مبتنی بر مطالعه نمونه های عملیاتی شبیه سازها، عناصر و اجزای اصلی زیرساخت مدنظر استخراج شد.

بر این اساس، معماری مفهومی طراحی گردید. پیاده سازی این معماری، در گام نخست بصورت ازمایشگاهی و ماژولهای هسته با تمرکز بر نیازمندیهای عملکردی انجام شده است. نتایج حاصل از بررسی ها و پیاده سازی پایلوت استخراج و در قست آخر مقاله تبیین شده است.



شکل ۲: مراحل و گامهای پژوهش

۳. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بازی جنگ[1] (یا بازی فرماندهی و کنترل) ابزاری است برای تعریف سناریوهای فرماندهی و کنترل شبه واقعی و آزمودن گزینه های مختلف پردازش، تصمیم گیری و اقدام تحت شرایط اطلاعات ناقص یا غیر واقعی که در نتیجه تعامل یک یا چند کاربر در یک محیط شبیه سازی شده مجازی انجام می شود**(Schechter, et al. 2021)**. محیط جنگی شبیه سازی شده انواع مختلفی دارد: حمله یک ناو گروه از شناورهای دریایی به شناورهای متجاوز، عملیات شکست حصر یک منطقه اشغال شده توسط دشمن، عملیات کنترل اغتشاش اشرار مسلح در حمله به پاسگاه مرزی، عملیات بر علیه نیروهای مزدور دشمن در عمق خاک کشورهای همسایه، حملات سایبر الکترونیک، بحران آفرینی فضاهای مجازی و ... . همچنین ابزارهای مختلفی برای نمایش این گونه صحنه ها وجود دارد: یک نقشه کاغذی، یک میز فرماندهی و کنترل مجازی، یک زمین شنی، یک رایانه رومیزی، تخته سیاه، یک شبکه رایانه ای گسترده و غیره**(Schechter, et al. 2021)**.

مدل سازی بازی فرماندهی و کنترل به معنی توصیف ریاضی یا تفسیر کمی شده کلیه موجودیت های صحنه فرماندهی و

[1] Wargame

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

کنترل در قالب پارامترها، دینامیک، تعاملات، تغییرات و ... به صورت یکپارچه و در قالب مستندات فنی و کدهای تخصصی است، به طوری که کلیه جنبه های تحلیلی مورد نیاز کاربران عملیاتی توسط این روابط قابل استخراج باشد.

منظور از موتور شبیه سازی بازی فرماندهی و کنترل، یک محیط نرم افزاری است که بتواند مدل های عناصر صحنه فرماندهی و کنترل را که غالبا و از قبل در قالب ماژولهای بسته نرم افزاری یا ریاضی بوجود آمده اند فراخوانی و به یکدیگر متصل کند و بر اساس سناریوی عملیاتی مد نظر کاربران، پارامترهای ورودی ـ خروجی آن ها را در بستر زمان مقداردهی و به روز رسانی نماید**(Chen etal. 2023)** علاوه بر این، موتور شبیه سازی بر اساس سناریوی تعریف شده، نحوه پردازش های نرم افزاری و تعامل کاربران را با یکدیگر در یک بستر شبکه رایانه ای منعطف و برنامه پذیر مدیریت و پشتیبانی می نماید.

یک بازی جنگ یک محصول/بازی استراتژی است که به صورت واقعی یا ساختگی با عملیات نظامی از انواع مختلف سروکار دارد؛ همچنین بازی جنگ معمولا به نام شبیه‌سازی نبرد (جنگ)۱ نیز خوانده می‌شود. هنگامی که این واژه به صورت حرفه‌ای توسط ارتش برای مطالعه‌ی جنگ‌ها استفاده می‌شود، بازی جنگ ممکن است به مطالعه‌ی نظری یک تمرین نظامی در مقیاس خرد/کلان اطلاق شود **(Wade, 2018)**. اگر چه ممکن است در مورد اینکه آیا یک محصول خاص واجد شرایط به عنوان بازی جنگ وجود دارد یا نه، اما یک اجماع عمومی وجود دارد که بیان می‌کند تمامی بازی جنگ‌ها بایستی برخی ویژگی‌ها و یا جنبه‌های رفتاری انسان که به طور مستقیم در جهت هدایت مورد جنگ است را مورد کنکاش بازنمایی قرار دهند.

۳-۱.پیشینه

در سال ۱۷۸۰، جان کریستین هلویگ –طراح بازی جنگ آلمانی– با الهام از شطرنج، یک بازی شبیه‌سازی مبارزه ساخت. بر طبق کتاب مکس بوت در خلال سال‌های ۱۸۰۳ تا ۱۸۰۹ ستاد ارتش پروس۲، که در آن افسران قطعات فلزی (با تکه‌های آبی نشانگر نیروهای خودی و تکه‌های قرمز نشان‌دهنده‌ی دشمن) را روی یک جدول بازی حرکت می‌دادند **(Caffrey, 2019)** در قرن نوزدهم، تغییرات واقع‌بینانه‌ی بسیاری به عنوان بخشی از تمرینات نظامی در بسیاری از کشورها بوجود آمد و بازی جنگ یا کریسپیل۳ (به آلمانی) نامیده شد.

اولین باشگاه غیرنظامی بازی جنگ در قرن نوزدهم در آکسفورد انگلستان آغاز شد. در این مکان و در حدود سال ۱۸۹۸ علاقه‌مندان به نیروی دریایی و تحلیل‌گری به نام فرد جین با مجموعه‌ای از قوانین برای به تصویرکشیدن اقدامات نیروی دریایی و با استفاده از ماکت‌های کشتی و یا مینیاتورهایی از آن‌ها گرد هم می‌آمدند. کتابهای بازی‌های کف٤ در سال ۱۹۱۱ و جنگهای کوچک۵ که در سال ۱۹۱۳ توسط هربرت جونز ولز منتشر شد، جزء اولین تلاش‌ها برای تدوین قوانینی برای جنگ‌های سربازان مینیاتوری بود که در دسترس عموم قرار گرفت**(Caffrey, 2019)**.

در سال ۱۹٤۰ بازی جنگ دریایی فلچر پرات برای اولین بار منتشر شد. این بازی جنگ در نیویورک آغاز شد، اما به مرور زمان در باشگاه دیگر در سراسر ایالات متحده آمریکا نیز شکل گرفت. این بازی جنگ شامل ده‌ها کشتی کوچک چوبی – ساخته شده به مقیاس حدود یک اینچ تا ۵۰ فوت – تمام کف اتاق نشیمن آپارتمان وی را در بر گرفته بود. مانور و نتایج حاصل از نبرد بین کشتی‌ها از طریق یک فرمول پیچیده ریاضی محاسبه شده و مقیاس‌های فاصله از طریق نوارهای اندازه‌گیری مشخص شده بود. با افزایش محبوبیت این بازی جنگ محل آن به یک سالن بزرگ با گنجایش ٦۰ بازیکن در هر طرف منتقل شد. **(Caffrey, 2019)**.

در دهه ۱۹۵۰ میلادی تولیدکنندگانی شروع به تولید انبوه سربازها و ادوات مینیاتور با پلاستیک‌های آرتی‌وی کردند. در سال ۱۹۵۹ یک بازی جنگ با نام دیپلماسی به صورت تجاری منتشر شد و بر خلاف بازی جنگ‌های آن روز، توجه اصلی آن در پویایی اتحاد و خیانت متمرکز شد و در آن برای جلوگیری

[1] conflict simulations
[2] Prussian
[3] Kriegsspiel
[4] Floor Games
[5] Little Wars

فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال هفتم، شماره یک، بهار ۱٤۰۲

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

از اثرات تصادفی، از تاس استفاده نشد، این بازی جنگ توسط جان اف. کندی (رئیس جمهور وقت آمریکا) و هنری کیسینجر انجام شد و کسینجر گفت که آن بازی جنگ مورد علاقه او بوده است.

در سال ۱۹۶۱ اولین بازی جنگ تخته‌ای۱ با نام گیتزبرگ توسط آوالون هیل منتشر شد که در آن نبرد گیتزبرگ از جنگ‌های داخلی آمریکا مدل می‌شد. شکل زیر پوستر این بازی را نشان می‌دهد.

دهه ۱۹۷۰ میلادی را می‌توان به عنوان دوران طلایی بازی جنگ‌ها در نظر گرفت **(Loban,2021)**در این دهه تعداد زیادی شرکت جدید بوجود آمدند تعداد زیادی بازی جنگ در طول این دهه منتشر کردند، دلیل افزایش تولید بازی جنگ‌ها در این دهه، افزایش تقاضا توسط مردم برای انجام بازی جنگ‌ها بود. بازی جنگ‌های پانزربلیتز۲ در سال ۱۹۷۰، پانزرلیدر۳ در سال ۱۹۷٤ و اسکوادلیدر٤ در سال ۱۹۷۷ جزء بازی جنگ‌های پرطرفدار در دهه ۱۹۷۰ میلادی بودند.

در طول دهه ۱۹۸۰ میلادی، بیشتر بازار بازی جنگ تحت سلطه بازی جنگ‌های بازی نقش (نقش‌آفرینی)۵ بود؛ پس از آنکه کامپیوترهای شخصی در این دهه متداول شدند، بوسیله کامپیوترها افراد می‌توانستند به سادگی و بدون یادگیری مجموعه‌قوانین، پاکسازی فضای فیزیکی، پیداکردن و هماهنگی برنامه با رقبا به انجام بازی جنگ‌ها بپردازند. در طول این دهه تلاش‌هایی تبدیل بازی جنگ‌های فیزیکی موجود به بازی جنگ‌های کامپیوتری شد؛ ازجمله در سال ۱۹۸۰ شرکت آوالون هیلز٦، نسخه‌ی کامپیوتری از بازی جنگ اسکوادلیدر (که در سال ۱۹۷۷ جزء بازی جنگ‌های پرطرفدار بود) ارائه کرد که شکل(۳) نمایی از آن را نشان می‌دهد.

در فوریه سال ۱۹۸۰ میلادی، شرکت استراتژیک سیمولیشن۷، اولین شرکتی بود که یک بازی جنگ با بسته‌بندی حرفه‌ای با نام کامپیوتر بیسمارک۸ به فروش رساند **(Hershkovitz, 2019)** از آن زمان تا به امروز و در طول تقریبا



شکل ۲: نسخه‌ی کامپیوتری بازی جنگ اسکوادلیدر

سه دهه، بازی جنگ‌ها و محصولات استراتژی زیادی به بازار آمده است؛ در طول این سه دهه، صنعت بازی جنگ پیشرفت‌های خوبی در زمینه‌ی تولید محصولات استراتژی و شبیه‌سازی سلاح‌ها و ادوات جنگی داشته است، این پیشرفت تا به آنجا پیش رفته است که شماری از محصولات استراتژی و بازی جنگ‌های تولید شده در سالیان اخیر دچار یک گذار معنادار در برخی جنبه‌ها شده‌اند و از یک ابزار سرگرمی و گذران وقت تبدیل به یک ابزار آموزش غیررسمی در مباحث نظامی تبدیل گشته‌اند و یک پلتفرم برای آزمایش ایده‌های جدید بوجود آورده‌اند.

جدول ۱: تغییر و تحولات بازی جنگ

از	به
بازی به عنوان سرگرمی	ابزار آموزش غیررسمی
عناصر فانتزی و غیرواقعی	عناصر واقعی و منطبق با فیزیک دنیای واقعی
رویکرد گرافیکی	رویکرد داده ای
ابزار گذراندن اوقات فراغت	پلتفرم برای آزمایش مفاهیم و ایده‌های جدید

[1] board wargame
[2] PanzerBlitz
[3] Panzer Leader
[4] Squad Leader
[5] roleplaying
[6] Avalon Hill
[7] Strategic Simulations, Inc.
[8] Computer Bismarck

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

در حال حاضر بیش از هزار نوع سامانه بازی و مدل سازی در سطوح و کاربردهای مختلف فرماندهی وکنترل وجود دارد(DeBerry, 2021).

۳-۲.بررسی انواع نرم افزارهای بازی جنگ

انواع نرم افزارهای تولید شده در زمینه بازی جنگ را می توان بسته به مقیاس/واحدعملیاتی و یا ژانر بازی دسته بندی نمود.

بازی جنگ‌ها از نظر مقیاس به پنج دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

(۱) **بازی جنگ‌ها با استراتژی بسیار بزرگ**- به استراتژی نظامی در سطح جهانی و استفاده از تمام منابع یک کشور، با تمرکز بر روی یک جنگ (یا مجموعه ای از جنگ‌ها) معمولا در طی یک دوره‌ی زمانی طولانی گفته می‌شود. در این نوع بازی جنگ‌ها ممکن است واحدهای عملیاتی خودی و دشمن نشان داده نشوند و به جای آن توجه به انجام عملیات در ناحیه‌ای که جنگ در آن در حال انجام است منعطف شود. همچنین در این نوع بازی جنگ‌ها، همه منابع از کشورهای درگیر ممکن است به عنوان بخشی از یک مبارزه طولانی مدت بسیج شوند. این شبیه‌سازی تقریبا همیشه شامل درگیری های سیاسی، اقتصادی، و نظامی است. در افراطی‌ترین بازی جنگ‌های این دسته‌بندی، بازیکن در نقش تمام دولت – ملت آن کشور است.

(۲) **بازی جنگ‌های استراتژیکی**- در این نوع بازی جنگ‌ها، واحدهای نظامی معمولا به اندازه‌ی واحدهای لشگر، سپاه و ارتش وجود دارند که با توجه به درجات نظامی رده‌بندی شده‌اند(Hershkovitz, 2019) در بازی جنگ‌هایی با این مقیاس، توجه اصلی سازندگان روی تولید اقتصادی و دیپلماسی می‌باشد و معمولا با استفاده از تمام شاخه‌های نظامی (هوایی، دریایی، زمینی) ملت‌های درگیر، تمامِ جنگ پوشش داده شده و یا مبارزات طولانی را ممکن می‌شود.

(۳) **بازی جنگ‌های عملیاتی**- در این دسته از بازی جنگ‌ها، واحدهای نظامی در اندازه‌ی گُردان هستند و براساس نقاط کلی ضعف و قوت‌شان ارزش‌گذاری می‌شوند. در این دسته‌بندی آب‌وهوا و لجستیک (آماد) عوامل قابل توجه هستند و همچنین یک ارتش بزرگترین واحد تحت کنترل بازیکن در این دسته‌بندی می‌باشد. شاخه‌های دیگر از نیروی نظامی که کمتر یا بیشتر انتزاعی شده‌اند؛ دارای لشکرکشی در محدوده دوره‌ی بازی جنگ هستند.

(٤) **بازی جنگ‌های تاکتیکی**- در این دسته‌بندی محدوده‌ی واحدهای عملیاتی از وسایل‌نقلیه و جوخه‌های فردی تا دسته و گروهان را شامل می‌شود و توسط نوع‌ها و دامنه‌ی سلاح‌های فردی اندازه‌گیری می‌شود. در این دسته‌بندی یک نیروی انفرادی و گاهی همراه با چند نیروی دیگر شبیه‌سازی می‌شود که معمولا یک نبرد منفرد یا بخشی از یک عملیات بزرگ را پوشش می‌دهد.

(۵) بازی جنگ‌های جنگ جزئی- در این دسته‌بندی، شبیه سازی در سطح فرد و گروه های کوچک و تجهیزات انفرادی صورت می گرد. یک بازی جنگ این‌چنینی از یک درگیری کوچک با مقیاس نفر به نفر تشکیل می‌شود.

بازی جنگ‌ها را همچنین می توان از نظر ژانرهای بازی به پنج دسته‌ی بازیهای تخته ای، فانتزی، مینیاتوری، دریایی، هوایی و سایبری نیز تقسیم نمود. بازی جنگ‌های تخته‌ای یک ژانر از بازی جنگ‌ها را شامل می‌شود که یکی از قدیمی‌ترین ژانرها بوده و بایستی روی یک سطح یا بُرد انجام شود. این بازیها تاکید بر جنگ استراتژی یا تاکتیکی روی یک نقشه دارد؛ بعلاوه در این ژانر تاکید روی دقت تاریخی (یا نزدیک تاریخ) وجود دارد. بازی جنگ‌های فانتزی یک ژانر از بازی جنگ‌ها را شامل می‌شود که شامل صحنه‌های فانتزی و تخیلی بوده و قوانینی را برای عناصری مانند سحر و جادو و موجودات هوشمند غیرانسانی به خدمت می‌گیرد. بازی جنگ‌های مینیاتوری یک ژانر از بازی جنگ‌ها را شامل می‌شود که پیکرهای مینیاتوری، زره مینیاتوری و زمین مدل‌شده به عنوان اجزای اصلی آن هستند و برای اولین بار در آغاز قرن ۱۹ در پروس اختراع شد. همانند ژانرهای دیگر بازی جنگ، این ژانر نیز می‌تواند به عنوان یک ابزار شبیه‌سازی و به طور کلی درباره مبارزه تاکتیکی در نظر گرفته شود.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

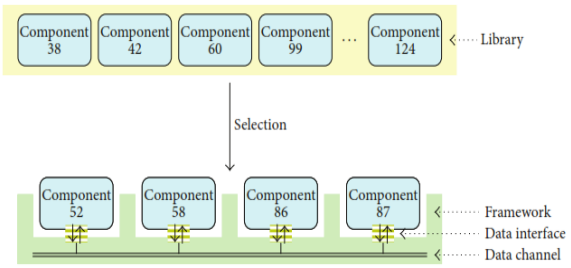
۳-۱.بررسی انواع چارچوبهای یکپارچه ساز نرم افزاری

برای توسعه یک موتور یکپارچه ساز شبیه سازهای فرماندهی و کنترل، لازم است تا از منظر نرم افزاری زیرساخت مناسبی را در نظر گرفت یا به عبارتی چارچوب نرم افزاری را برگزید. یک چارچوب نرم‌افزاری[1] عبارتست از معماری یا زیرساختی که ایجاد یکپارچگی و تعامل اجزای آن نرم افرا را میسر می سازد(Edwin, 2014). انواع تخصصی چارچوب های نرم افزاری آنهایی هستند که به طور خاص برای پشتیبانی از ادغام مدل ها[2] یا سایر اجزای یک سیستم شبیه سازی در نظر گرفته شده اند. چنین چارچوب‌هایی برای ساده‌سازی فرآیند مونتاژ یک مدل پیچیده یا سیستم شبیه‌سازی از مدل‌های ساده‌تر و همچنین تسهیل استفاده مجدد از مدل‌های مؤلفه در نظر گرفته شده‌اند. چندین نوع مختلف از چارچوب های نرم افزاری برای ترکیب مدل طراحی و پیاده سازی شده است. این انواع شامل کتابخانه مشترک، معماری خط محصول، پروتکل قابلیت همکاری، مدل شی، محیط رسمی و یکپارچه است.

مکانیزمهای پیاده سازی یک چارچوب می تواند متعدد باشد از جمله قواعد، پروتکلها، استانداردها، ساختارهای زبان برنامه نویسی(سلسله مراتب انواع و کلاسها)، تعاریف و پیاده سازی های رابط ها (بطور مثال API ها)، مترجمها و مبدلهای داده، و ابزارهای انتقال داده. این مکانیزمهای مختلف را می توان برای توسعه یک چارچوب با یکدیگر بکارگرفت.

در ادامه شش دسته از چارچوبهای نرم افزاری ادغام مدل معرفی می شوند که در معماری موتور یکپارچه ساز شبیه سازهای فرماندهی و کنترل (مشکات) استفاده می شود.

(۱) کتابخانه مشترک[3]- یک چارچوب شبیه‌سازی کتابخانه مشترک بر اساس مجموعه یا مجموعه ای از ماژول های نرم افزار است که از طریق آنها اجزا قابل ترکیب یا استفاده مجدد هستند. بدین منظور یک رابط استاندارد یا مجموعه ای از واسط هایی تعریف می شوند که به ماژول ها اجازه می دهد تا با ماژول



شکل ۳: چارچوب، کامپوننت ها و کتابخانه (Edwin, 2014)

های دیگر تعامل داشته باشند. به طور معمول در یک چارچوب کتابخانه مشترک مدل ها در ترکیب با هم عمل می کنند و نمی توانند در حالت مستقل اجرا شود.

نمونه های پیاده سازی شده از این چارچوب را می توان در سیستم مدل سازی و شبیه سازی مشترک[4](JMASS) که بر روی مدل سازی اویونیک هواپیما متمرکز است مشاهده کرد(Meyaer, 2001). یا همچنین می توان از CSF[5] که در برنامه در مدل سازی موشک تاکتیکی استفاده می شود نام برد.

(۲) معماری خط محصول[6](PLA)- یک معماری خط تولید شبیه سازی در واقع تولید شبیه سازهای مرتبط را که تا حد امکان، اجزای نرم افزار مشترک را دارند میسر می سازد. این معماری هم شامل کتابخانه قطعات و خودکار (یا نیمه خودکار) و هم شامل ابزاری برای ادغام آنها در محصولات می باشد.

مانند یک چارچوب کتابخانه مشترک، معمولا هیچ یک از اجزاء یک محصول شبیه سازی مستقل نیست. رابط های داده و کنترل بین اجزا در یک محصول پیش بینی شده از قبل مستند شده است.

نمونه هایی از محصولات شبیه سازی که از این چارچوب در پیاده سازی استفاده کرده اند را می توان به مربی ابزار دقیق پرواز[7]، شبیه ساز اثرات سلاح بر ساختمان ها و سازه ها[8]، شبیه ساز آموزشی زنده سیستم های ابزار دقیق، اشاره کرد..

[1] software framework
[2] Model Composition
[3] *Common Library*
4 Joint Modeling and Simulation System (JMASS)
[5]
[6] *Product Line Architecture*
[7] flight instrumentation trainer
[8] physics-based model of weapons effects on

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

(۳) پروتکل تعامل پذیری[1]- یک چارچوب شبیه سازی پروتکل تعامل پذیر، مبتنی بر تبادل سرویس ها یا داده های شبیه سازی در زمان اجرا[2] است. که این امر معمولا از طریق پروتکلهای توزیع شده ای مانند مانند ALSP، DIS، HLA، یا TENAصورت می گیرد. در این نوع چارچوب، سیستم های شبیه سازی متشکل از مدل‌ها یا امکانات پشتیبانی هستند که هریک بصورت یک فرایند یا برنامه مستقل اجرایی بصورت توزیع شده و در چندین پلت فرم محاسباتی قابل اجرا بوده و در شبکه ای که شبیه سازی اجرا می شود با هم تبادل داده/سرویس دارند. یکی از معروفترین این پروتکلها می توان به HLA اشاره کرد که جلوتر به آن خواهیم پرداخت.

محصولات شبیه سازی چون رزم شبیه سازی بیمار تروما[3]، شبیه ساز آموزشی رزم تاکتیکی نزدیک[4] از این چارچوب معماری برای توسعه خود بهره گرفته اند.

(٤) مدل شی[5]- یک چارچوب شبیه سازی مدل شی مبتنی بر یک استاندارد برای مشخصات قطعات نرم افزاری است؛ البته استاندارد برای تعیین مشخصات است نه پیاده سازی جزء. مثال پیاده سازی شده اولیه این چارچوب را می توان در استاندارد مدل شی پایه[6](BOM) مشاهده کرد.

(۵) فرمالها[7]- یک چارچوب شبیه‌سازی فرمال، به یک نماد ریاضی رسمی برای تعریف اجزا (معمولا مدل ها)، ادغام مدل ها و رابط ها بین آنها متکی است. نمونه هایی از کاربرد چارچوب های شبیه سازی فرمال می توان به شامل DEVS[8] اشاره کرد.

(٦) محیط یکپارچه سازی[9]- یک چارچوب شبیه سازی محیط یکپارچه، یک محیط توسعه و اجرای نرم افزار است که برای اتصال اجزای نرم افزاری که بدون قصد یکپارچه سازی، از قبل نوشته شده اند بکار می آید. این اجزا ممکن است مدل های اجرایی یا فایل های داده ای باشند که به زبان های یا ابزارهای مختلف مانند C++ و یا Exell نوشته شده اند.

نمونه های پیاده سازی شده از این معماری را می توان در محصولاتی چون VisualComposer که بر روی مدل‌سازی الکتریکی متمرکز شده مشاهده کرد.

٤. تجزیه و تحلیل داده ها

٤-۱. ویژگی های مورد انتظار از سامانه مشکات

سطوح مختلف بازی فرماندهی و کنترل ارتباط میان اهداف راهبردی و عملیات نظامی را توصیف می‌کنند. گرچه هیچ محدودیت و مرز مطلقی بین سطوح بازی فرماندهی و کنترل وجود ندارد، اما به چهار سطح راهبردی، عملیاتی، تاکتیکی و رزمی تقسیم می‌شوند. درک ارتباط درونی این چهار سطح با یکدیگر، فرمانده را در تجسم جریان منطقی عملیات، تخصیص منابع و واگذاری وظایف یاری می‌کند.

٤-۲. پوشش دهی سطوح مختلف فرماندهی وکنترل

سطح راهبردی- سطح راهبردی، سطحی است که در آن، اهداف امنیت ملی تعیین و رهبری می شوند و منابع ملی برای حصول به این اهداف ایجاد و به کار گرفته می شوند. راهبرد، هنر و علم ایجاد و به کارگیری نیروهای مسلح و سایر ادوات قدرت ملی در یک طریق هماهنگ برای تامین اهداف ملی یا چند ملیتی است. فرماندهان سطح راهبردی، تدابیر و سیاست های عالی نظام را به اهداف نظامی راهبردی ملی تفسیر می‌نمایند. اهداف نظامی راهبردی، طرح‌ریزی صحنه نبرد راهبردی را تسهیل و مبنای هر نوع عملیات نظامی قرار می گیرند.

سطح عملیاتی- سطح عملیاتی فرماندهی و کنترل، سطحی است که در آن لشکرکشی‌ها و عملیات عمده هدایت شده و تداوم می‌یابند تا اهداف راهبردی در صحنه‌ها یا مناطق عملیات تامین شود. این سطح، به کارگیری تاکتیکی نیروها را به اهداف راهبردی مرتبط می‌سازد. تمرکز این سطح بر هنر عملیاتی است، یعنی استفاده از نیروهای نظامی برای دستیابی به اهداف راهبردی

buildings and structures

[1] *Interoperability Protocol*

[2] Run- Time

[3] Combat Trauma Patient Simulation (CTPS)

[4] Close Combat Tactical Trainer (CCTT)

[5] *Object Model.*

[6] Base Object Model (BOM)

[7] *Formal*

[8] Discrete Event System Specification (DEVS)

[9] *Integrative Environment.*

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

از طریق طراحی، سازماندهی، تلفیق، و هدایت عملیاتی صحنه نبرد، لشکرکشی‌ها و عملیات عمده.

لشکرکشی عبارت است از یک سلسله عملیات نظامی مرتبط با هم، به منظور حصول به یک هدف راهبردی یا عملیاتی در زمان و مکان معین. عملیات عمده عبارت است از یک سلسله اقدامات تاکتیکی (نبردها، درگیری‌ها و تهاجم‌ها) که توسط یگان‌های رزمی مختلف یک یا چند نیرو، در زمان و مکان هماهنگ شده، برای حصول به اهداف عملیاتی و گاهی راهبردی در یک منطقه عملیاتی هدایت می‌گردد. این عملیات به طور همزمان یا متوالی در قالب یک طرح مشترک هدایت شده و به وسیله یک فرمانده واحد کنترل می شود.

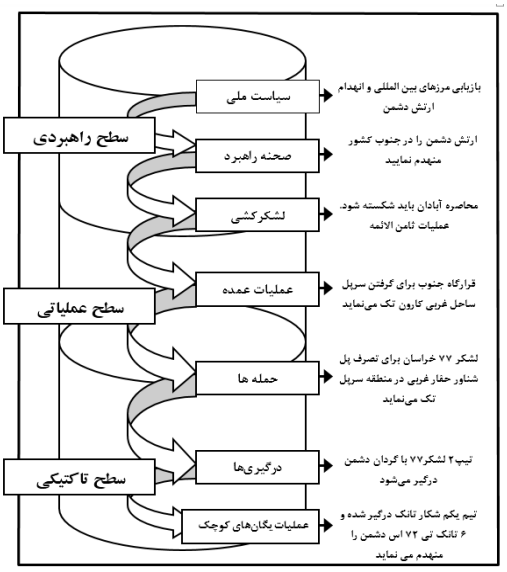
هنر عملیاتی مشخص می‌کند که نیروهای عمده خودی، برای تاثیر گذاری روی نیروهای دشمن پیش از رزم چه‌وقت و کجا و به چه منظور، به کارگرفته شوند. این هنر عملیاتی، نحوه‌ی به کارگیری نیروها، ماموریت آنها در سناریوهای عملیاتی، سلسله مراتب فرماندهی و فرایندهای آن را برای دستیابی به اهداف عملیاتی و راهبردی هدایت می‌نماید.

هنر عملیاتی مستلزم پاسخ فرماندهان به پرسش‌های زیر است:

- چه شرایط نظامی (یا سیاسی و اجتماعی) در منطقه عملیات باید ایجاد شود تا اهداف راهبردی به دست آیند؟ (اهداف)
- چه توالی عملیاتی برای ایجاد این شرایط بیشترین احتمال را دارد؟ (روش‌ها)
- منابع چگونه باید تامین گردند تا این توالی عملیات انجام شوند؟ (ابزارها)
- ارزش‌ها و خطرات احتمالی انجام این توالی عملیات چقدر می باشد؟ (ریسک ها و مخاطرات)

سطح تاکتیکی- تاکتیک به معنای به کارگیری نیروها در رزم است. تاکتیک شامل آرایش منظم و مانور یگان‌ها نسبت به یکدیگر، زمین و دشمن برای تبدیل توان رزمی بالقوه به نبردها و درگیری‌های پیروزمندانه است.

تاکتیک همچنین قلمروی رزم نزدیک است، جایی که نیروهای خودی در تماس بی‌واسطه با دشمن بوده و برای شکست و انهدام نیروهای دشمن و تصرف یا بازپس‌گیری زمین آتش‌های مستقیم و غیرمستقیم را به کار می‌برند. وقتی نیروهای زمینی در معرض رزم نزدیک قرار می‌گیرند، از اغلب همتایان خود جدا می‌شوند. نیروهای زمینی تا تکمیل اهداف عملیات به رزم خود ادامه می‌دهند. به همین دلیل، آنها به گونه‌ای سازماندهی می‌شوند تا تلفات را با پشتیبانی خدمات رزمی تحمل کنند و به گونه‌ای



شکل ۳: سطوح مختلف شبیه سازی در موتورهای بازی جنگ

آموزش می‌بینند تا در شرایط عدم قطعیت بتوانند عمل کنند.

سطح رزمی- رزم به معنای رویارویی یک عامل از جبهه خودی با عاملی از جبهه دشمن است. شلیک یک تانک به سمت یک مقر دفاعی، شلیک یک موشک علیه یک هواپیمای جنگی، حمله انتحاری یک قایق تندرو به یک شناور سنگین، نبرد تن به تن دو سرباز و ... نمونه هایی از درگیری های یک به یک هستند. ترکیبی از چند سناریوی درگیری مرتبط با یکدیگر نبرد را تا سطح تاکتیکی ارتقاء می دهد. لذا سطح درگیری پایه ای ترین سطح نبرد است و اعتبار نتایج تحلیلی سطوح بالاتر به صحت مدل ها و تحلیل ها در این سطح نیازمند است.

٤-١-١. پوشش دهی محیطهای مختلف فرماندهی وکنترل

عرصه دریایی- در این محیط عناصر مختلفی همچون انواع شناورها، زیر دریایی، اژدر، شرایط محیطی دریا، انواع پرنده ها نظیر بالگرد، هواپیما، موشک کروز، انواع حسگرها نظیر رادارهای سطحی، هوایی، هواشناسی، عمق یاب، دوربین، مراکز

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

فرماندهی دریایی، هوایی یا ساحلی، مناطق جغرافیایی، جزایر، ارتباطات بیسیم، ارتباطات هواپایه، انواع تسلیحات دریایی نظیر توپخانه روی عرشه، توپخانه ساحلی، موشک انداز، پدافند دریا پایه و ... وجود دارند.

عرصه پدافند هوایی- در این محیط عناصر مختلفی همچون انواع تسلیحات موشکی پدافند زمین پایه، انواع پرنده ها نظیر بالگرد، هواپیما، انواع موشک ها نظیر کروز، بالستیک، انواع حسگرها نظیر رادارهای جستجو، ردگیر، شناسایی، حسگرهای مادون قرمز و تصویری، مراکز فرماندهی ثابت و متحرک، شرایط محیطی و مناطق جغرافیایی، انواع ارتباطات سیمی و بیسیم و ... وجود دارند.

زمینی- در این محیط عناصر مختلفی همچون انواع سلاح انفرادی، تیربار، خمپاره انداز، راکت انداز، توپخانه و ...، انواع خودروهای زرهی نظیر تانک، نفربر، اورژانس، پشتیبانی و ...، انواع مهمات نظیر گلوله، خمپاره، نارنجک، منور، دودزا، شیمیایی و ...، انواع پرنده ها نظیر بالگرد، هواپیما و پهپاد، انواع موشک ها نظیر ضد زره، کروز و ...، انواع حسگرها نظیر رادارهای مراقبت محلی، دوربین های مادون قرمز و تصویری، پست های دیده بانی و شناسایی، مراکز فرماندهی ثابت و متحرک، شرایط محیطی و عوارض جغرافیایی متنوع، انواع ارتباطات سیمی و بیسیم و ... وجود دارند.

هوایی- در این محیط انواع پرنده ها نظیر ماهواره، بالگرد، هواپیما و پهپاد، انواع موشک ها نظیر کروز، پدافند هواپایه، انواع حسگرها نظیر رادارهای ردگیر و کنترل آتش، ایستگاه های فرماندهی و کنترل زمینی و هوایی، شرایط جوی و عوارض جغرافیایی، مناطق آسیب پذیر زمینی، باندهای فرود و برخاست، انواع ارتباطات بیسیم و فرایندهای مختلف تعقیب و گریز، درگیری هوایی، ایمنی پرواز، استانداردهای غیرنظامی و ... وجود دارند.

مشترک- در این محیط کلیه عناصر ذکر شده در چهار بخش گذشته به همراه لایه های مختلف فرماندهی و مراکز متعدد اقدام وجود دارند که بسته به سناریوی عملیاتی برخی از آن ها در فرایند درگیری و عملیات شرکت می نمایند. پیچیدگی عملیات مشترک به مراتب بیشتر از عملیات های تخصصی است و اتخاذ مدیریت واحد روی کلیه عناصر صحنه رزم دشوار است. مشکلات مختلفی از جمله اهداف عملیاتی متعدد و غیر هم جهت، استقلال فرماندهی در برخی نیروهای عملیاتی، بی نظمی و عدم هماهنگی میان ارکان مختلف عملیات به ویژه در ابتدای جنگ، عدم وجود تصویر عملیاتی مشترک برای عناصر دخیل در صحنه رزم، خلا ها و فریب های اطلاعاتی و ... در عملیات مشترک وجود دارند و لزوم تمرین و تحلیل های نرم افزاری را پیش از رویارویی واقعی با دشمن در صحنه رزم موجب می سازد.

٤-٣. انتخاب سبک معماری نرم افزار

توزیع شدگی، سبکی از معماری نرم افزار است که برای مواجهه با سیستم های پیچیده و با توان پردازشی بالا و مدیریت منابع گزینه اصلی محسوب می شوند. در پژوهشهای صورت گرفته در زمینه توزیع شدگی، روشهای مختلفی ایجاد شده است. طراحی ماژولار **(Borshchev,2002)** متوازن سازی بار **(Bouanan, et al, 2018)** انتقال میان بسترهای مختلف، توزیع شدگی دادگان **(IEEE, 2010)** توزیع شدگی فرایند **(Boukerche et al, 2001)** بخشی از این روشهای مختلف هستند.

با افزایش پیچیدگی سیستمها اهمیت و نقش شبیه سازی توزیع شده آشکار می شود. در این سبک معماری، یک شبیه سازی به چندین زیر شبیه سازی (یا مدل) تقسیم می شود. هر شبیه سازی مستقل بر روی یک کامپیوتر متفاوت که احتمالاً از نظر جغرافیایی از سایرین توزیع شده است، اجرا می شود. از یک دیدگاه کلی، یک مسئله پیچیده به زیر مسائل ساده تر مدولار تقسیم می شود، اما با این تقسیم بندی مسائل مربوط به تعامل پذیری[1] نیز مطرح می شود.

مدلسازی و شبیه سازی سیستم های پیچیده مستلزم در نظر گرفتن همزمان چندین نکته است. رفتار سیستم باید در سطوح و مقیاس های مختلف در نظر گرفته شود. علاوه بر این، مطالعه این سیستم ها شامل مهارت هایی در زمینه های مختلف علمی

[1] - interoperability

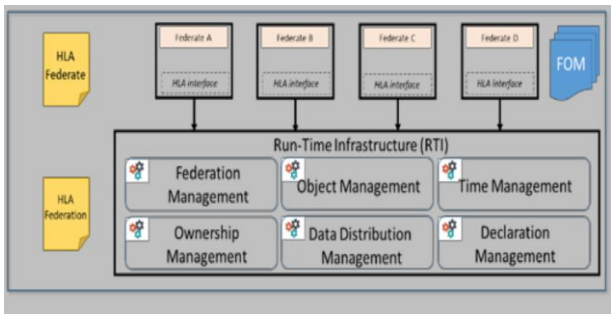
[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

و فنی است. چالش بعدی این است که این حوزه‌های ناهمگن را با هم تطبیق دهیم، و مدل‌ها و ابزارهای هر حوزه (یا زیرسیستم‌ها) را در چارچوب‌های فرآیند شبیه سازی ادغام کنیم. تیمهای مختلف تحقیقاتی و صنعتی شبیه سازهای حوزه کاری خود را توسعه می دهند. در معماری مورد نظر ما، هر یک از این شبیه سازی های مستقل می تواند بخشی از معماری مشکات باشد. یکی از آخرین مراحل برای توسعه این سیستم هماهنگ سازی همه این شبیه سازی ها برای به دست آوردن یک شبیه سازی سراسری است. هر یک از این شبیه‌سازی‌ها از فناوری‌های مختلفی استفاده کرده و داده‌های ناهمگن با بقیه سیستم را تولید می‌کنند. در نتیجه ادغام آنها در یک سیستم، بسیار پیچیده خواهد بود. در پاسخ به این مشکلات، از استاندارد معماری سطح بالا (**HLA**) استفاده میشود(Chen, 2008) علاوه بر این، همواره نیاز به قابلیت استفاده مجدد مدلها و شبیه سازی ها وجود دارد. **HLA** یکی از پرکاربردترین معماری های استاندارد نرم افزار برای شبیه سازی توزیع شده است.

٤-٢-١ تعامل پذیری در مدلسازی و شبیه سازی

شبیه‌سازی توزیع‌شده به معنای مدل‌سازی و شبیه‌سازی زیرسیستمهای مختلف یک سیستم به روشی توزیع‌شده است. در واقع، حوزه‌های مختلف تخصصی ممکن است ابزار شبیه سازی متفاوتی داشته باشند که به زبان‌های مختلف مدل‌سازی و پیاده‌سازی شده‌اند. علاوه بر این، برخی از این ابزارها باید فقط بر روی برخی سخت افزارهای خاص در دسترس باشند. در این معماری فرآیندهای قابلیت همکاری برای همگام سازی این ابزارهای ناهمگن و مدیریت مبادلات داده ها بین آنها مورد نیاز است.

شبیه‌سازی توزیع‌شده، روشی برای مدل‌سازی سیستم‌های پویا، ناهمگن و توزیع‌شده از لحاظ مکانی هستند. در این فناوری سرعت بخشیدن به شبیه سازی سیستم های بزرگ و پیچیده یک هدف بسیار مهم است. همچنین به عنوان یک فناوری استراتژیک برای پیوند دادن اجزای شبیه سازی از انواع مختلف عمل می کنند **HLA** یک استاندارد (**IEEE 1516**) برای سیستم های شبیه سازی کامپیوتری توزیع شده است **(IEEE, 2010)**. در استاندارد **HLA** یک شبیه سازی توزیع شده فدراسیون نامیده می شود (شکل ٤ را ببینید). یک فدراسیون[1] از چندین موجودیت شبیه سازی **HLA** به نام فدریت[2] تشکیل شده است که می توانند با استفاده از زیرساخت زمان اجرا (**RTI3**) با یکدیگر تعامل داشته باشند. زیرساخت زمان اجرا ستون فقرات معماری **HLA** است و مجموعه ای از خدمات را برای مدیریت ارتباطات و تبادل داده بین فدراسیون ها ارائه می دهد. در این کار، ما استاندارد **HLA** را برای شبیه سازی سیستم خود در یک محیط توزیع شده اتخاذ کردیم.



شکل ٤: نمودار HLA

٤-٢-٢ معماری سطح بالا (HLA)

شبیه‌سازی توزیع‌شده یکی از مفیدترین رویکردها برای استفاده مجدد و اجرای برنامه‌های مختلف با هم است. در واقع، یک شبیه‌سازی توزیع‌شده از چندین مؤلفه (مربوط به یک یا چند عملکرد) تشکیل شده است که بطور همزمان توسط پردازنده های مختلف اجرا می شوند. همه این مؤلفه‌ها بخشی از یک اجرای واحد هستند که می‌توانند در رایانه‌ها/سرورهای مختلف قرار گیرند، از این رو این سیستم «توزیع شده» نامیده می‌شود. این مفهوم جابجایی مکانی عملکردها، توزیع بارها را بر روی ماشین‌های مختلف ممکن می‌سازد و بازده یک برنامه را افزایش می‌دهد.

یکی از مزایای شبیه سازی توزیع شده حل مشکلات تعامل پذیری است. این مسئله زمانی ظاهر می شود که چندین سیستم

[1] - federation
[2] - Federate
[3] - Run-Time Infrastructure

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

بسیار متفاوت (از نظر ساختار داخلی، قالب داده های مبادله شده یا داده های معنایی) باید با هم ارتباط برقرار کنند. اگر تعاملات در سطح داده، سطح سرویس یا سطح فرآیند باشد، مسئله تعامل پذیری باید در نظر گرفته شود **(Magoua, etal. 2022)**.

در شبیه سازی های توزیع شده، مولفه ها مدولار هستند. آنها می توانند یک معماری ناهمگن داشته باشند و انواع مختلفی از پیام های ساختاریافته را مبادله کنند. این امکان حل مشکلات قابلیت همکاری را فراهم می کند.

HLA چارچوبی را تعریف می کند که امکان ایجاد اجرای سراسری را فراهم می کند. این چارچوب نحوه ایجاد یک شبیه سازی «سراسری» را تعریف می کند که از چندین مولفه شبیه سازی توزیع شده ساخته شده است. فدریت ها می توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این چارچوب در اصل توسط دفتر مدلسازی و شبیه‌سازی دفاعی **(DMSO)** وزارت دفاع ایالات متحده **(DoD)** برای تسهیل مونتاژ شبیه‌سازی‌های مستقل با معماری متفاوت ایجاد شد. هدف اولیه استفاده مجدد و قابلیت همکاری برنامه های نظامی، شبیه سازی ها و حسگرها بود. این استاندارد برای حل مشکلات قابلیت همکاری و قابلیت استفاده مجدد طراحی شده است. یکی دیگر از جنبه های جالب این چارچوب، جنبه همگام سازی است. این جنبه امکان مدیریت قابلیت همکاری بصورت پویا را از طریق تبادل پیام بین شبیه سازیها بوجود می آورد. در این مورد باید اطمینان حاصل شود که پیام ها در زمان مناسب و به ترتیب مناسب ارسال می شوند و محدودیت های علّی را نقض نمی کنند.

یک فدریت کلاسیک **HLA** از یک مدل شبیه سازی و یک مولفه **RTI** محلی **(LRC)** تشکیل شده است. مدل شبیه سازی یک نمایش فیزیکی، ریاضی یا منطقی از فرآیندها و سیستم ها است. این موجودیت ها می توانند از طریق یک زیرساخت زمان اجرا با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این زیرساخت زمان اجرا است که فدراسیون را مدیریت می‌کند، به فدراسیون‌ها اجازه برقراری ارتباط یا عدم ارتباط را می‌دهد و خدمات مختلفی مانند مدیریت زمان، فایل یا تبادل داده و غیره را ارائه می‌کند. فایل **FOM**یک فایل **XML** است که تعاملات/ارتباطات بین فدراسیون‌ها را توضیح می‌دهد .

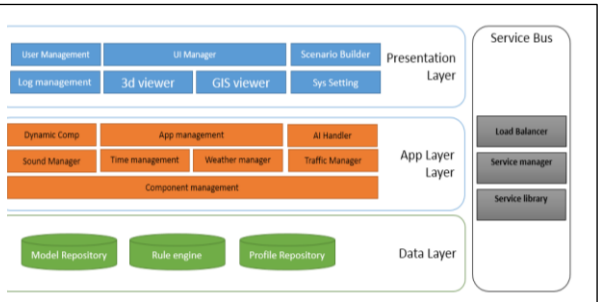
۴-۴. عناصر و معماری سامانه مشکات

الگوی معماری انتخاب شده برای طراحی موتور یکپارچه ساز شبیه سازهای فرماندهی وکنترل، معماری **HLA** می باشد. مزایا و دلایلی که ما به سمت انتخاب این الگو سوق داد در قسمت قبل تشریح شد **(Magoua, etal. 2022; chen et al, 2008)**.

بر اساس معماری توزیع شده و چارچوب نرم افزاری مزبور، یک معماری لایه ای برای این سامانه شبیه ساز طراحی گردید. مولفه های تشکیل دهنده سامانه مشکات به شرح جدول (۲) می باشند.

شکل (۵) نمای معماری مفهومی سامانه را شامل لایه ها و زیرسیستم ها نشان می دهد.

در خصوص مولفه مخزن مدلها باید در نظر داشت که، سیستمهای واقعی نیز بصورت سیستم در حلقه می توانند بعنوان



شکل ۵: معماری مفهومی موتور یکپارچه ساز شبیه سازی فرماندهی وکنترل(مشکات)

فدریت در این سیستم بکار گیری شوند. البته سیستم مورد نظر باید قابلیت اتصال به **HLA** را داشته باشد. مثلا یک مرکز فرماندهی و کنترل می تواند به عنوان یک فدریت مستقل به این شبیه سازی متصل شود. همچنین هر یک از این فدریت ها می توانند توسط یک انسان یا یک تیم هدایت و کنترل شوند. مثلا مدل هواپیما در هنگام اجرا می تواند توسط یک خلبان کنترل و هدایت شود. همچنین امکان بکار گیری یک الگوریتم هوش مصنوعی در هر یک از فدریت ها وجود دارد.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

جدول ۲: عناصر موتور یکپارچه ساز شبیه سازهای فرماندهی وکنترل

ردیف	مولفه	شرح	ماژولهای اصلی
۱	**مولفه های نمایشی**	در این دسته کلیه عناصر مربوط به نمایش و رابط کاربری قرار دارد. البته هر یک از مولفه های نمایشی نیز می توانند بصورت فدریت های مجزا شبیه سازی شوند. ولی اجرای این فدریت ها تاثیری در اجرای شبیه سازی ندارد و فقط جنبه نمایشی دارد.	۱- تصویرگر دو بعدی ۲- تصویرگر سه بعدی ۳- نمایشگر لاگ ٤- موتور رابط کابری ٥- تصویرگر جی.آی.اس
۲	**مولفه های مدیریت سیستم**	در این دسته کلیه ماژولهای مربوط به مدیریت سیستم قرار دارند. قابل توجه اینکه بسیاری از عملکردهای مدیریتی شبیه سازی توزیع شده توسط HLA مدیریت می شود. از جمله مسایلی که توسط HLA مدیریت می شوند می توان به مدیریت فدراسیون، مدیریت اشیاء، مدیریت زمان و مدیریت توزیع داده ها اشاره کرد. ولی برخی از عملکردهای مدیریتی در HLA دیده نشده است. این عملکردها بسته به کاربرد و شبیه سازی مورد نظر بصورت فدریت های جداگانه و یا بصورت ماژولهای نرم افزاری در کنار زیرساخت زمان اجرا پیاده سازی می شوند.	۱- سناریوپرداز ۲- مدیریت کاربران ۳- تنظیم گر سیستم ٤- مدیریت لاگ ٥- مدیریت ترافیک
۳	**مولفه های پردازشی**	در این دسته کلیه پردازشهای مربوط به برنامه کاربردی شبیه ساز مدیریت می شود.	۱- مدیریت پویایی عناصر ۲- مدیریت زمان ۳- مدیریت صوت ٤- مدیریت آب و هوا ٥- مدیریت بار پردازشی ٦- ایجادگر هوش مصنوعی
۴	**مولفه های مخزن مدل ها**	در این دسته مولفه های مربوط به ساختار داده ها، ذخیره سازی آنها و قواعد بازی مدیریت و نگهداری می شود. در این دسته کلیه عناصر مربوط به کاربرد مورد نظر مدلسازی و شبیه سازی شده اند. در واقع فدریت های اصلی شبیه سازی توزیع شده مربوط به کاربرد مورد نظر در این دسته قرار دارند. و اجرای این مدلها شبیه سازی کاربردی مورد نظر را بوجود می آورد. بعنوان مثال در صورتی که کاربرد مورد نظر شبیه سازی یک صحنه نبرد باشد، مولفه های مخزن می توانند شامل موارد ۱ تا ۵ باشد. در صورتی که کاربرد مورد نظر شبیه سازی بعنوان مثال یک بحران طبیعی مانند زلزله مورد نظر باشد، مولفه های مدل می توانند موارد ۶ تا ۸ باشند. البته برخی از فدریت های کاربردی می توانند مستقل از کاربرد باشند و در کاربردهای مختلف قابل استفاده باشند. بعنوان مثال مولفه های ۹ و ۱۰ را می توان نام برد.	۱- مدل تانک ۲- مدل هواپیمای جنگنده ۳- مدل یک سیستم سلاح ٤- مدل های سنسورهای مختلف ٥- مدل یک مرکز فرماندهی و کنترل ٦- مدل واحدهای مختلف امدادی ۷- مدل مرکز کنترل بحران ۸- مدل های سنسورها ۹- خدمات شبیه ساز آب و هوا ۱۰- خدمات شبیه ساز صوت ۱۱- مخزن نمایه ها ۱۲- پایگاه قواعد
۵	**مولفه درگاه سرویس**	در این بخش، ارتباطات سامانه با سایر شبیه سازها در قالب سرویسهای شبیه سازی برقرار و تبادل سرویس تحت پروتکل REST, SOAP, WSDL و پروتکلهای مشابه صورت می گیرد.	۱- کتابخانه سرویس ۲- مدیریت سرویس ۳- متعادل ساز بار

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

۵. یافته‌ها و نتیجه گیری

بر اساس مطالعات و پژوهش صورتگرفته، مهمترین ویژگیهای مورد انتظار از سامانه مشکات را می توان به شرح زیر برشمرد:

- تعداد بسیار زیاد واحدهای شرکت کننده در بازی
- قابلیت توسعه – اضافه شدن مدلهای جدید سامانه ها و سلاح ها یا تغییر مدلهای موجود
- قابلیت تعریف سناریو
- قابلیت سخت افزار در حلقه
- قابلیت سامانه در حلقه – قابلیت اتصال به سامانه های فرماندهی کنترل، سلاح و ...
- قابلیت انسان در حلقه
- قابلیت هوش مصنوعی در حلقه
- انعطاف در ارائه انواع بازی ها
- نگهداری آسان

بر این اساس، شبیه سازی توزیع شده پارادایم قالب معماری خواهد بود. دلایل رجحان این الگو در معماری شبیه ساز عبارتند از:

- شرکت بازیکن در بازی ها بدون خروج از ایستگاه های عملیاتی بازیکنان
- دسترسی بیشتر به بازی برای مخاطبان مختلف آموزش ویژه مانند فرماندهان ارشد، نیروهای ذخیره و اتباع خارجی،
- ارتقای هماهنگی بین سازمانی از طریق توسعه مشترک و مشارکت در بازی های توزیع شده،
- تست و ارزیابی سیستم های فرماندهی، کنترل و ارتباطات به عنوان بخشی از بازی های انجام شده با استفاده از تجهیزات عملیاتی،
- پشتیبانی از بازی هایی که مناطق وسیع جغرافیایی و کاربردی را پوشش می دهند،
- استفاده آسانتر از بازیکنان انسانی به عنوان بخشی از تمرینات تحلیلی برای مطالعات اثربخشی سیستم سلاح یا هنر عملیاتی،
- بازی های پرتکرارتر و همچنین پیچیده تر،
- بهبود استفاده از منابع مختلف مانند مدل ها، پایگاه های داده و رایانه ها،
- ارتقای مبادله مدل ها در بین توسعه دهندگان و کاربران
- پشتیبانی از فرآیند ساخت مدل

البته پیاده سازی سامانه مزبور (که تا حدی در سطح آزمایشگاهی انجام شده است) در عمل و بکارگیری آن مستلزم الزامات فنی عدیده ای است. بطور مثال، چنین معماری نسبت به سامانه های متمرکز، نیازمند تسهیلات ارتباطی توزیع شده با پهنای باند بسیار بیشتری است. نرم افزار پایگاه داده مورد استفاده باید از مدل پایگاه های داده توزیع شده و پردازش توزیع شده پشتیبانی نماید. تست و تحویل سامانه مستلزم استفاده از تکنیک های مهندسی امن نرم افزار برای اطمینان از صحت مدل و قابلیت نگهداری در یک محیط توزیع شده است.

از الزامات حیاتی دیگر، استاندارد سازی برای ارتقای قابلیت همکاری در حوزه های پروتکل های ارتباطی، فرمت داده ها، رابط های مدلها است.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

٦. منابع و مراجع

[1]Alkire, B., Hanser, L. M., & Lingel, S. L. (2018). A Wargame Method for Assessing Risk and Resilience of Military Command-and-Control Organizations. RAND.

[2]Borshchev, A., & Karpov, Y. (2002). Distributed simulation of hybrid systems with AnyLogic and HLA.

[3] Bouanan, Y., Gorecki, S., Ribault, J., & Zacharewicz, G. (2018). Including in HLA Federation Functional Mockup Units for Supporting Interoperability and Reusability in Distributed Simulation. 50th Computer Simulation Conference.

[4] Boukerche, A., & Kaiyuan, L. (2005). A Novel Approach to Real-Time RTI Based Distributed Simulation System. 38th annual Symposium

[5].Caffrey, M. B. (2019). On wargaming: How wargames have shaped history and how they may shape the future (Vol. 43). Naval War College Press.

[6]. Chen, L., Zhang, Y., Feng, Y., Zhang, L., & Liu, Z. (2023). A Human-Machine Agent Based on Active Reinforcement Learning for Target Classification in Wargame. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems.

[7]. Chen, P., Zhang, J., & Sun, Y. (2018). Research on emergency rescue of urban wargame for military capability-based planning. Entropy, 22(8), 861.

[13].Hershkovitz, S. (2019). WARGAME BUSINESS. Naval War College Review, 72(2), 67-82.

[14] IEEE Computer Society. 2010. IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)-Object Model Template (OMT) Specification. 1516.2-2010

[15]Langreck, J., Wong, H., Hernandez, A., Upton, S., McDonald, M., Pollman, A., & Hatch, W. (2019). Modeling and simulation of future capabilities with an automated computer-aided wargame. The Journal of Defense Modeling and Simulation, 1548512919873980.

[16].Loban, R. (2021). The Transformation from Physical Wargames to Grand Strategy Video Games, and the Opportunities for Deep and Efficient Historical Wargaming

flood disaster based on wargame simulation. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 46(10), 1677-1687.

[8] Chen, David, J. Stephen Turner, Wentong Cai, and Muzhou Xiong. 2008. "A Decoupled Federate Architecture for High Level Architecture-Based Distributed Simulation." Journal of Parallel and Distributed Computing 68 (November): 1487–1503

[9] DeBerry, W. T., Dill, R., Hopkinson, K., Hodson, D. D., & Grimaila, M. (2021). The wargame commodity course of action automated analysis method. The Journal of Defense Modeling and Simulation, 15485129211028318.

[10] Edwin, N. M. (2014). Software frameworks, architectural and design patterns. Journal of Software Engineering and Applications, 2014.

[11].Hershkovitz, S. (2019). Wargame Business. Naval War College Review, 72(2), 67-82.

[12].Hodický, J., Procházka, D., Baxa, F., Melichar, J., Krejčík, M., Křížek, P., ... & Drozd, J. (2020). Computer assisted

Experiences. Digital Culture & Education, 13(1), 28.

[17]. Magoua, J. J., Wang, F., & Li, N. (2022). High level architecture-based framework for modeling interdependent critical infrastructure systems. Simulation Modelling Practice and Theory, 118, 102529.

[18]. McCarthy, T., Campbell, T., & Moseley, P. (2005). A generic common simulation framework based starting point for missile 6DOF simulations. In AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit (p. 5887).

[19] .MENDONCA MR, F. A., Keller, J., & Lu, C. (2019). Fatigue identification and management in flight training: An investigation of collegiate aviation pilots. Internat ional Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 6(5), 13.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]

[20]. Meyer,(2001), "Joint Modeling and Simulation System (JMASS); i n Proceedings of the Simulation Interoperability Workshop,Orlando,Fla,USA

[21]. Mohtarami, Amir (2019), C4ISR Architecture with EA, A seminar in 15th Nationnal conference of command and control, Iran

[22].Petty, Mikel D. Kim, Jungyoon, Salvador E. Barbosa,1and Jai-Jeong Pyun ;(2014),Software Frameworks for Model Composition, Modelling and Simulation in Engineering Volume 2014,18 pages

[23]. Schechter, B., Schneider, J., & Shaffer, R. (2021). Wargaming as a methodology: the international crisis wargame and experimental wargaming. Simulation & Gaming, 52(4), 513-526.

[24]. Xi, W., Xianglin, M., & Jingyu, Y. (2021). Study on Next-generation Strategic Wargame System. Journal of System Simulation, 33(9).

[25]Zhang, W., Liaw, P. K., & Zhang, Y. (2018). Science and technology in high-entropy alloys. Science China Materials, 61(1), 2-22.

[26]Zhu, Y., Yu, L., He, H., & Meng, Y. (2021). A Defense Strategy Selection Method Based on the Cyberspace Wargame Model. Security and Communication Networks, 2021.

[27] Zacharewicz, Gregory, Olivier Labarthe, David Chen, and Bruno Vallespir. 2009. "Multi Agent HLA Entreprise Interoperability (Short-Lived Ontology Based)." The International Workshop on Modelling & Applied Simulation, Puerto de La Cruz, Spain, September, 187–96.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-17]