

Provide a Service-Oriented Architecture for Scientific Collaboration Network in the E-Science Environment

**Javad Pourabbasi^{1*}, Abdollah Aghaie²,
Mojtaba Hajian Heidary³**

- 1- MSc of Information Technology Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran
2- Professor of Industrial Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran
3- PhD student of Industrial Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

In the age of communication, the necessity of studying and managing of scientific exchanges in scientific communities is undeniable. There are many scientific communities in the national and international level that in addition to internal scientific collaboration, they need to communicate with other scientific communities. For this purpose and on the basis of common interests among these scientific environments, the scientific collaboration will be formed among them. On the other hand, these scientific exchanges shape in the scientific environments and development of an architecture that show these scientific exchange makes it easier to review. Hence, in this paper, a service-oriented architecture for scientific collaboration network in the e-science environment is presented in general form. Also to understanding relationship among architecture components, sequence diagram of system modeling language (SysML) is depicted. Finally, Based on the general

service-oriented architecture and to show the efficiency of the proposed architecture, two case studies are surveyed.

Keywords: e-science, scientific exchanges, scientific collaboration, crowd science.

* Corresponding author: jpourabbasi@mail.kntu.ac.ir

ارائه یک معماری سرویس‌گرا برای شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی

جواد پورعباسی^{۱*}، عبدالله آقایی^۲، مجتبی حاجیان حیدری^۳

۱- کارشناسی‌ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

۲- استاد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

چکیده

نقش محیط‌های علمی و ضرورت بررسی و مدیریت تبادلات علمی میان آنها در عصر ارتباطات، امری انکارناپذیر است. محیط‌های علمی بسیاری در سطح ملی و بین‌المللی وجود دارد که علاوه بر ارتباطات علمی داخلی، نیاز به برقراری ارتباط با سایر جوامع علمی دارند. بدین منظور و بر اساس منافع مشترکی که میان این محیط‌های علمی وجود دارد همکاری‌های علمی میان آنها شکل می‌گیرد. از طرف دیگر، از آنجا که این تبادلات در محیط علم الکترونیکی انجام می‌شود تدوین یک معماری که تبادلات میان محیط‌های علمی را نشان دهد کار بررسی آن را ساده‌تر می‌سازد. در این مقاله، با توجه به نیاز روزافزون به ارائه راهکاری برای مدیریت همکاری‌های علمی در سطح بین‌المللی، یک معماری سرویس‌گرا برای مدیریت همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی ارائه شده است. همچنین برای نشان دادن بهتر ارتباط اجزاء معماری با یکدیگر، نمودار توالی زبان مدل‌سازی سیستم طراحی گردیده است. از آنجا که معماری شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی برای حالات کلی ارائه شده دو مورد کاوی نیز بیان و معماری متناسب با آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: علم الکترونیکی، تبادلات علمی، همکاری علمی، علم جمعی

۱- مقدمه

چنین است: "علم الکترونیکی درباره همکاری‌های علمی در سطح جهانی است و به زیرساخت‌ها و فناوری‌های پیشرفته‌ای اشاره دارد که آن را ممکن می‌سازد" [۲]. به عبارتی، علم الکترونیکی به تمام فناوری‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از همکاری‌های پژوهشی و فعالیت‌های علمی در بسیاری از زمینه‌های علوم اشاره می‌کند. تمام زیرساخت‌های علم الکترونیکی در جهت توانمندسازی دانشمندان برای انجام سریع‌تر و بهتر فعالیت‌های علمی آنها در نظر گرفته شده است. بنابراین اصطلاح علم الکترونیکی اغلب به استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای حمایت از دانشمندان و فعالیت‌های علمی و پژوهشی به کار گرفته شده است. علم الکترونیکی دارای سه رکن اساسی است:

با پیشرفت علوم، نیاز به ابزارها و روش‌های جدید برای فعالیت‌های علمی به وجود آمد. علم الکترونیکی در پاسخ به این نیازها پا به عرصه ظهور نهاد. علم الکترونیکی، یکی از پرکاربردترین اصطلاحات برای بیان تحولات چند دهه اخیر در تولید علم است و سبب شده تا روش‌های سنتی تولید و انتشار علم دستخوش تغییرات اساسی قرار گیرند. امروزه علم الکترونیکی در تمامی رشته‌های علمی و در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد [۱]. اصطلاح علم الکترونیکی برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط جان تیلور^۱، در بریتانیا مطرح شد. تعریف وی از علم الکترونیکی به عنوان معروف‌ترین تعریف

* مؤلفه‌های داده‌ای

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: jpourabbasi@mail.kntu.ac.ir

1- John Taylor

باغ کهکشان^۴ و پلی‌مات^۵ اشاره نمود. از این رو، افراد داوطلب در علم جمعی را می‌توان به عنوان عضوی از اعضای شبکه علمی به حساب آورد.

پژوهشگران برای نشان دادن محیط علم الکترونیکی، اجزاء و روابط بین آنها، از روش‌های گوناگونی استفاده نموده‌اند. یکی از این روش‌ها، ارائه معماری برای آنها است [۹ و ۳].

اگر قرار باشد موجودیت یا نظامی با ابعاد و پیچیدگی‌های فراوان طراحی شود وجود یک دید کامل و جامع، ضروری است که در اصطلاح به آن معماری گفته می‌شود [۱۰]. معماری، ساختار کلی یک سیستم را نشان می‌دهد به طوری که ویژگی‌های آن را مشخص می‌کند. به عبارتی معماری، نقشه‌های فنی سیستم هستند که هر یک از این نقشه‌ها، جنبه خاصی از آن را توصیف می‌کند [۱۱].

معماری‌های ارائه‌شده در منابع، اغلب ارتباطات داخلی مراکز علمی در بستر علم الکترونیکی را به نمایش می‌گذارند. حال آن‌که، همانگونه که بیان شد یکی از ارکان اصلی محیط علم الکترونیکی، ارتباط مراکز علمی با یکدیگر است. بنابراین مقاله حاضر سعی دارد که معماری ارائه‌شده در مقالات فوق را گسترش داده و در یک شبکه همکاری علمی، یک معماری برای محیط علم الکترونیکی ارائه نماید. به منظور نمایش دقیق‌تر ارتباطات بین اجزاء و مؤلفه‌های معماری، از زبان مدل‌سازی سیستم^۶ استفاده شده است. SysML یک زبان مدل‌سازی مهندسی سیستم‌ها است و در زمینه تجزیه و تحلیل، طراحی و اعتبارسنجی سیستم‌ها کاربرد دارد. همچنین ساختار گرافیکی آن، ارتباط بین عناصر مدل را نشان می‌دهد [۱۲]. SysML یک زیرمجموعه از زبان مدل‌سازی یکپارچه^۷ نسخه ۲ (UML2) است که جهت پاسخ به الزامات مهندسی سیستم‌ها به وجود آمده و مستقل از روش و ابزار است [۱۳]. بر همین اساس، این پژوهش به دنبال پاسخگویی به سؤالات اساسی زیر است:

- در یک شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی، ارتباط بین مراکز علمی چگونه است؟
- معماری این ارتباط علمی به چه صورت خواهد بود؟ و چگونه می‌توان آن را مدل نمود؟

- مؤلفه‌های محاسباتی
- مؤلفه‌های ارتباطی

بنابراین یکی از ارکان اصلی علم الکترونیکی، ارتباطات و همکاری بین دانشمندان، سازمان‌ها و مؤسسات علمی است [۳]. این ارتباطات یک شبکه همکاری علمی را پدید می‌آورد که در آن اطلاعات، یافته‌ها، منابع، امکانات و ابزارهای علمی به اشتراک گذاشته می‌شود.

به اشتراک‌گذاری دانش و اطلاعات برای اکتشافات علمی، به یک نیاز تبدیل شده است. ارائه سازوکارهایی برای تسهیل این به اشتراک‌گذاری، یک چالش کلیدی برای علم الکترونیکی است. هر چند ابزارهای مفیدی برای دانشمندان جهت اشتراک و استفاده مجدد گردش کار و مصورسازی مجموعه داده‌ها وجود دارد ولی محققان هنوز با چالش‌های زیادی روبرو هستند و برای این کار اغلب نیاز به دانش‌هایی در برخی دیگر از زمینه‌ها دارند. غیرممکن است یک دانشمند به تنهایی بتواند به طور صحیح و مؤثر، تمام کارهای لازم را بدون همکاری با دیگر کارشناسان انجام دهد [۴].

ترویج و انتشار علم در جامعه، سبب رشد درازمدت آن خواهد شد [۵]. همچنین به دلیل آن که دستاوردهای علمی به همه افراد در جامعه بشری تعلق دارد هر یک از دانشمندان وظیفه دارند تا نتایج علمی و پژوهشی خود را انتشار داده و محدودیت‌های دسترسی به آن را کاهش دهند [۶]. به مدد ابزارها و فناوری‌های مطرح در علم الکترونیکی، ترویج و انتشار علم تسهیل گردیده و محدودیت‌های دسترسی به آثار علمی کمتر خواهد شد.

از سوی دیگر انفجار اطلاعات و مشکل مقابله با آن، مراکز علمی را بر آن داشته تا به دنبال راه‌حلی نوین در این خصوص باشند. یکی از این راه‌حل‌ها، استفاده از افراد عادی است که به عنوان «علم جمعی»^۱، «علم شهروندی»^۲ و یا «علم شبکه»^۳ معروف است [۵]. علم جمعی عبارت است از فعالیت‌های علمی‌ای که دانشمندان غیرحرفه‌ای داوطلب، در امر جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و انتشار نتایج آنها مشارکت می‌کنند [۶-۸]. از پروژه‌های علم جمعی می‌توان به

4- Galaxy Zoo

5- Polymath

6- Systems Modeling Language (SysML)

7- Unified Modeling Language (UML)

1- Crowd science

2- Citizen science

3- Networked science

۲- مروری بر پیشینه پژوهش

برخی نویسندگان از طریق پژوهش میدانی، عوامل و انگیزش‌های تولید دانش بین نخبگان علمی را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که الگوهای جمعی و فردی دانش از یکدیگر متفاوت هستند. از نظر آنها تولید دانش با چالش فقدان شکل‌گیری اجتماعات علمی پایدار همراه است [۱۶]. در حوزه همکاری علمی یک بررسی کمی انجام شده، درباره الگوهای همکاری پژوهشی بوده که اساس کار آن، تجزیه و تحلیل داده‌های کتاب‌سنجی مقالات علمی در یک رشته خاص است [۱۴]. در همین زمینه، پژوهشی دیگر به مقالات نمایه‌شده در پایگاه‌های علمی که دارای چند نویسنده بوده‌اند پرداخته تا به این وسیله ساختار شبکه‌های همکاری علمی را تبیین نماید [۱۵]. پژوهشی مشابه آن نیز شبکه‌ای از همکاری‌های علمی در زمینه دولت الکترونیکی را بررسی نموده است [۱۶].

مطالعه دیگری به طبقه‌بندی همکاری علمی پرداخته و نتیجه گرفته که همکاری علمی بر اساس رشته، پراکندگی جغرافیایی و موقعیت سازمانی و اجتماعی قابل دسته‌بندی است [۱۷]. پژوهشی هم که بر شبکه‌های همکاری در محیط علم الکترونیکی در طول زمان و در سه سطح نویسنده، مؤسسه و کشور تمرکز داشته نهایتاً رشد همکاری‌های علمی را به عنوان نتیجه‌ای از این تشکیل شبکه‌ها بیان کرده است [۱۸]. در مقاله‌ای دیگر، یک نهاد رابط برای تسهیل همکاری در برخورد با داده‌های بزرگ، پیشنهاد گردیده است [۴].

همان‌گونه که مشاهده می‌شود در زمینه همکاری‌های علمی، بیشتر بعد کمی آن مدنظر پژوهشگران بوده و ارائه چارچوب و معماری آن، کمتر مورد توجه واقع شده است. همچنین در بیشتر موارد، بحث همکاری‌های علمی در محیط علم الکترونیکی موضوع اصلی پژوهش نبوده است.

اما در جنبه دیگر موضوع این مقاله یعنی بحث معماری علم الکترونیکی، نویسندگان نظرات مختلفی ارائه داده‌اند. برخی معماری پیشنهادی خود را در سه لایه خدمات دانش، خدمات اطلاعات و خدمات داده/محاسبات در نظر گرفته‌اند [۱۹]. پژوهشی دیگر، معماری‌ای با سه لایه و مبتنی بر خدمت ارائه داده است. سرویس‌گیرنده، خدمات وب و منابع پشتیبان، لایه‌های این معماری هستند که ارتباط بین آنها به وسیله

پیام‌رسانی انجام می‌گیرد [۲۰]. نویسندگانی نیز، معماری «سلسله‌مراتبی مجازی پویا»^۱ را برای معماری توری^۲ علم الکترونیکی معرفی کرده‌اند. این معماری ترکیبی از دو مدل خدمت‌دهنده/خدمت‌گیرنده و نظریه‌نظیر است [۲۱]. معماری زیرساخت‌های علم الکترونیکی دانش‌بنیان^۳ شامل چهار لایه رابط کاربری، خدمات ارزش افزوده، میان‌افزار اطلاعات و زیرساخت منابع شبکه است [۲۲]. در پژوهشی دیگر برای معماری علم الکترونیکی، یک درگاه شامل پنج مؤلفه جستجو و کشف داده‌ها، امنیت، ذخیره‌سازی داده‌های خصوصی کاربر، ابزارهای طراحی و انجام آزمایش‌های محاسباتی و منشاء داده‌ها در نظر گرفته شده است [۲۳].

نظراً علم الکترونیکی مرکزی^۴ یک معماری است مبتنی بر چهار فعالیت که اهمیت ویژه‌ای برای دانشمندان دارد: (۱) ذخیره‌سازی داده‌های آزمایشات (۲) بررسی تعاملی و تجزیه و تحلیل داده‌ها (۳) خودکارسازی تجزیه و تحلیل از یک روش تکراری و (۴) اشتراک‌گذاری داده‌ها و خدمات تجزیه و تحلیل با همکاران و سازمان‌ها [۲۴].

برخی نویسندگان، یک معماری سرویس‌گرا را برای محیط علم الکترونیکی ارائه داده‌اند. قابلیت‌های اصلی این معماری شامل مجوز استفاده از منابع، ثبت/نظارت/کنترل کار، انتقال و انتشار مجموعه داده‌هاست [۹]. اما در جدیدترین پژوهش، معماری سرویس‌گرای پیشنهادی شامل سه رکن اساسی علم الکترونیکی یعنی زیرساخت داده‌ای، زیرساخت محاسباتی و زیرساخت ارتباطی است که هر یک از آنها خود دربرگیرنده اجزائی هستند. مجموعه خدمات مدیریت داده شامل مؤلفه‌های داده‌کاوی، منشاء داده‌ها و فراداده‌ها، ذخیره و بازیابی، داده‌های کاربر، بازیابی اطلاعات و اشتراک‌گذاری است. مجموعه خدمات محاسباتی مؤلفه‌های تجزیه و تحلیل، شبیه‌سازی، تبادل داده و گردش کار را در بردارد. مجموعه خدمات ارتباطی هم مؤلفه‌های هم‌تا، کشف/اشتراک سرویس و پیام را شامل می‌شود. این مؤلفه‌ها به همراه توضیحات هر کدام در جدول ۱ آورده شده است [۳].

1- Virtual and Dynamic Hierarchical Architecture (VDHA)

2- Grid

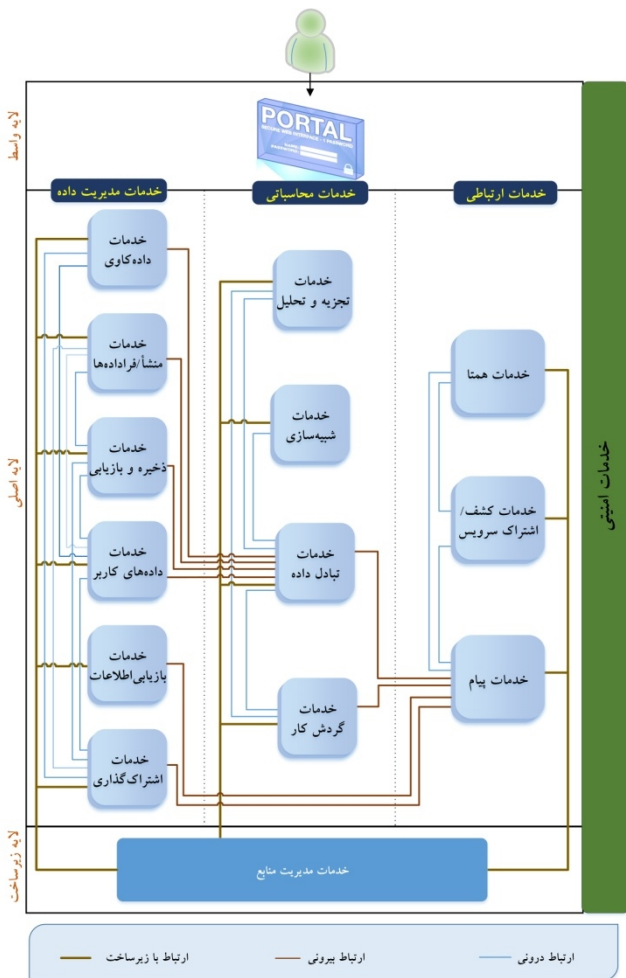
3- Knowledge-based e-Science (KeSI)

4- e-Science Central

با در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر در پیشینه پژوهش، یک معماری برای شبکه همکاری‌های علمی در محیط علم الکترونیکی ارائه می‌شود.

جدول (۱) مؤلفه‌های معماری سرویس گرای علم الکترونیکی و وظایف آنها [۳]

مؤلفه	وظیفه	
مجموعه خدمات مدیریت داده	داده‌کاری	داده‌کاری و کشف دانش
	منشاء داده‌ها و فراداده‌ها	ردیابی هرگونه تغییر در داده‌ها
	ذخیره و بازیابی	مدیریت ذخیره/بازیابی داده‌ها
	داده‌های کاربر	دریافت داده‌های ورودی
	بازیابی اطلاعات	جستجو و استخراج اطلاعات و داده‌ها
	اشتراک‌گذاری	استفاده از منابع اشتراک‌گذاری شده توسط هم‌تایان
مجموعه خدمات محاسباتی	تجزیه و تحلیل	تجزیه و تحلیل داده‌ها
	شبیه‌سازی	شبیه‌سازی نتایج حاصل از پژوهش‌های دانشمندان
	تبادل داده	تأمین داده‌های مؤلفه‌های مجموعه خدمات محاسباتی
	گردش کار	طراحی، نگاشت و اجرای گردش کار ورود/خروج هم‌تا به شبکه، تخصیص شناسه یکتا، اعلام خدمات قابل اشتراک‌گذاری
	کشف/اشتراک سرویس	تهیه فهرست هم‌تایان فعال در شبکه و خدمات آنها، انتخاب بهترین هم‌تا، ایجاد نشست بین هم‌تایان
	پیام	دروازه ورود و خروج پیام‌های بین هم‌تایان
مجموعه خدمات ارتباطی	همتا	ورود/خروج هم‌تا به شبکه، تخصیص شناسه یکتا، اعلام خدمات قابل اشتراک‌گذاری
	پیام	دروازه ورود و خروج پیام‌های بین هم‌تایان



شکل (۱) معماری سرویس گرای علم الکترونیکی [۳]

۳- روش پژوهش

این پژوهش از نوع تحلیلی است که با تکیه بر متون، انجام شده است. جامعه هدف در این پژوهش، شامل کلیه مقالات علمی محققان در زمینه علم الکترونیکی، معماری علم الکترونیکی و همکاری‌های علمی در عرصه بین‌المللی است و در پایگاه‌های معتبر اطلاعات علمی مورد جستجو قرار گرفت. این جستجو با کلیدواژه‌های «علم الکترونیکی»، «معماری علم الکترونیکی» و «همکاری‌های علمی» در عنوان مقالات انجام شده و از بین مقالات به دست آمده در نهایت تنها ۲۲ عنوان مقاله مناسب و مرتبط برای پژوهش انتخاب گردید. این واقعیت تا همین جا و به نوبه خود، ضرورت پژوهش بیشتر در این زمینه را روشن می‌سازد. هر یک از این

برای کسب درک روشن‌تری از معماری سرویس‌گرای ارائه‌شده، این معماری در شکل ۱ نشان داده شده است. اگر چه در این معماری به بحث ارتباطات توجه گردیده ولی تمرکز اصلی آن همچنان به ساختار داخلی معطوف بوده و معماری ارتباطات و همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی نشان داده نشده است [۳].

همانطور که مشاهده می‌شود اکثر نویسندگان، معماری داخلی مراکز علمی در محیط علم الکترونیکی را مورد توجه قرار داده‌اند و معماری‌ای که ارتباط و همکاری بین آنها را نشان دهد کمتر مورد توجه واقع شده است. بنابراین در این مقاله

در این زمینه لزوماً هدف مشترک و یا ساختار مؤثر وجود ندارد.

- هماهنگی^۲ علاوه بر تبادل اطلاعات، شامل فعالیت‌های مرتب کردن/اصلاح کردن^۳ نیز هست به طوری که نتایج کارآمدتری به دست آید. با این وجود، هر یک از موجودیت‌ها ممکن است یک هدف متفاوت داشته و از منابع و روش‌های خود استفاده کنند.

- همکاری^۴ فرآیندی است که در آن افراد، اطلاعات و منابع و مسئولیت‌ها را برای طرح مشترک و همچنین پیاده‌سازی و ارزیابی یک برنامه از فعالیت‌ها جهت رسیدن به هدفی مشترک را به اشتراک می‌گذارند. این به معنای به اشتراک‌گذاری خطرات، منابع، مسئولیت‌ها و پاداش‌ها است. همکاری شامل تعامل متقابل شرکت‌کنندگان برای حل یک مشکل با همدیگر است.

همچنان که از شبکه‌سازی به سمت همکاری حرکت می‌کنیم میزان هدف‌گرایی، ریسک‌پذیری، تعهد و منابعی که باید به اشتراک گذاشته شوند افزایش می‌یابد.

یک شبکه همکاری^۵ شبکه‌ای متشکل از انواع نهادها (به عنوان مثال سازمان‌ها و افراد) است که تا حد زیادی مستقل، از لحاظ جغرافیایی توزیع شده و از نظر محیط عملیاتی، فرهنگ، سرمایه و اهداف اجتماعی خود، ناهمگن هستند اما این همکاری برای رسیدن بهتر به اهداف مشترک و سازگار است که تعاملات آن توسط یک شبکه کامپیوتری پشتیبانی می‌شود [۲۶]. امروزه شبکه همکاری در اشکال مختلف نمود می‌یابد از جمله سازمان‌های مجازی، شرکت‌های مجازی، سازمان مجازی پویا، جوامع مجازی حرفه‌ای، علم الکترونیکی، آزمایشگاه مجازی مشترک و غیره [۲۷].

یک نوع از این همکاری‌ها، اتحاد استراتژیک است که شکاف بین منابع موجود و الزامات مورد نیاز را پر می‌کند و دسترسی به منابع بیرونی را همراه با ایجاد هم‌افزایی ارائه می‌دهد [۲۸]. اتحاد استراتژیک مبتنی بر سه اصل همکاری بین شرکاء به

مقالات به جنبه‌ای از معماری علم الکترونیکی پرداخته‌اند. موارد مطروحه در این مقالات در زمینه معماری علم الکترونیکی به دقت استخراج گردید تا بر اساس آنها بتوان اجزاء معماری ارائه‌شده را مشخص نمود.

پس از بررسی دقیق این مقالات، اساس کار این پژوهش بر پایه مقاله پورعباسی و همکاران [۳] قرار گرفت چرا که جامعیت بیشتری نسبت به سایر مقالات درباره موضوع پژوهش داشته است. با این حال معماری ارائه‌شده در این مقاله، اجزاء و ارتباط بین آنها را تنها در یک مرکز علمی نشان می‌دهد. مقاله حاضر اما بر آن است که با در نظر گرفتن مراکز علمی متعدد، معماری قبلی را بهبود داده و آن را گسترش دهد. این معماری، یک شبکه همکاری علمی دارای قالب اتحاد استراتژیک در محیط علم الکترونیکی را نشان می‌دهد.

جهت درک عینی معماری ارائه‌شده، ارتباط بین اجزاء آن با استفاده از نمودار توالی زبان مدل‌سازی سیستم به نمایش در می‌آید. این نمودار توسط نرم‌افزار **Visual Paradigm 11.2** ترسیم شده است. این نرم‌افزار مجموعه ابزارهایی برای طراحی نمودارهای **UML** و **SysML** را در بردارد.

از آنجا که موردکاوی می‌تواند به عنوان ابزاری جهت ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد [۲۵] برای ارزیابی معماری ارائه‌شده، چند موردکاوی در زمینه همکاری علمی مراکز مختلف علمی بیان گردیده و معماری متناسب با آنها نشان داده می‌شود. در بیان موردکاوی‌ها، از مقالات و همچنین وب‌سایت‌های مرتبط استفاده شده است.

۴- همکاری مراکز علمی در قالب اتحاد استراتژیک

اصطلاحات مختلفی برای توصیف مفهوم همکاری وجود دارد که برخی افراد آنها را یکی می‌دانند حال آن که، نه معادل‌اند و نه برابر. برای روشن شدن مفاهیم مختلف، تعاریف زیر را می‌توان بیان نمود [۲۶]:

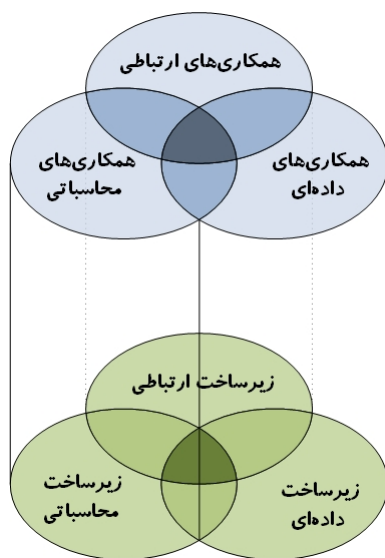
- شبکه‌سازی^۱ شامل ارتباطات و تبادل اطلاعات برای سود متقابل است. یک مثال ساده از آن، گروهی از افراد هستند که اطلاعاتی در مورد تجربه خود درباره استفاده از یک ابزار خاص به اشتراک می‌گذارند اما

2- Coordination
3- Aligning/altering activities
4- Collaboration
5- Collaborative Network (CN)

1- Networking

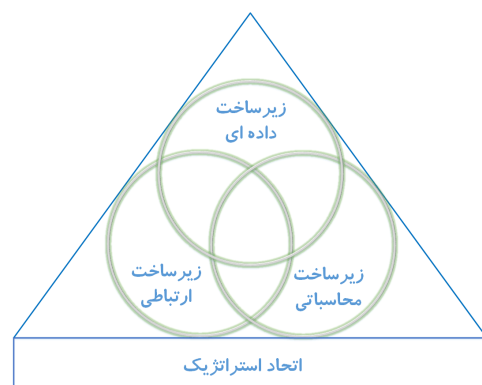
گرفت که به علم جمعی معروف است. در این موارد، فعالیت‌های علمی را می‌توان به تعداد زیادی فعالیت‌های کوچک‌تر تقسیم نمود. این فعالیت‌های کوچک می‌توانند توسط افراد یک شبکه جمعی حل شوند. جمع‌آوری پاسخ‌های ارائه‌شده توسط اعضا منجر به ارائه یک پاسخ کلی می‌شود. یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌ها در این زمینه زونیورس^۲ است که در موضوعات مختلفی فعالیت می‌کند. این کار می‌تواند در شکل طرح مستقیم مسأله باشد مانند پروژه پلی‌م^۳ در زمینه حل مسائل دشوار ریاضی یا حتی با طراحی یک بازی رایانه‌ای، به طور غیرمستقیم مسأله حل شود مانند پروژه فولدیت^۳ در زمینه زیست‌شیمی [۵].

همکاری‌های علمی می‌تواند در یک یا چند زمینه فوق و در قالب اتحاد استراتژیک اتفاق بیفتد. نهایت همکاری زمانی رخ می‌دهد که در هر سه زمینه همکاری، سازمان‌ها و مراکز علمی با یکدیگر همکاری و مشارکت داشته باشند. اتحاد استراتژیک همکاری‌های علمی بر اساس زیرساخت‌های علم الکترونیکی در شکل ۳ نمایش داده شده که نشان می‌دهد این همکاری‌ها می‌تواند تنها در یک زمینه (مثلاً همکاری محاسباتی) یا در دو زمینه (مثلاً همکاری داده‌ای و ارتباطی) یا در هر سه زمینه داده‌ای، محاسباتی و ارتباطی صورت پذیرد.



شکل ۳ اتحاد استراتژیک همکاری‌های علمی بر اساس زیرساخت‌های علم الکترونیکی

صورت رسمی یا غیررسمی؛ وجود حداقل دو شریک؛ و دستیابی به اهداف استراتژیک است [۲۹]. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد محیط علم الکترونیکی شامل سه رکن اساسی زیرساخت داده‌ای، زیرساخت محاسباتی و زیرساخت ارتباطی است. هر یک از مراکز علمی در قالب اتحاد استراتژیک در یک یا چند رکن اساسی محیط علم الکترونیکی با یکدیگر همکاری دارند. این بیان در شکل ۲ نشان داده شده است. بر همین اساس، این همکاری‌های علمی می‌تواند در چند حالت ممکن رخ دهد: همکاری داده‌ای، همکاری محاسباتی و همکاری ارتباطی.



شکل ۲ همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی در قالب اتحاد استراتژیک

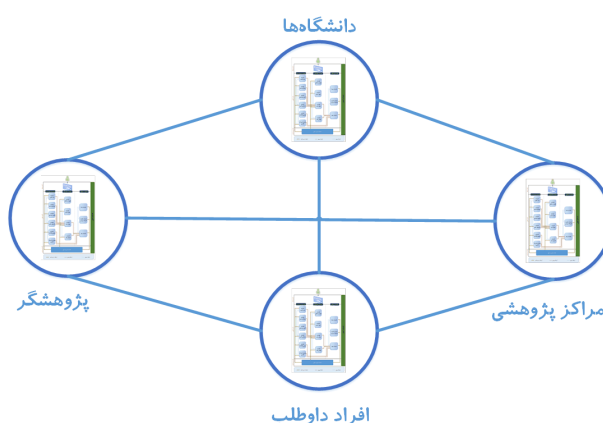
- همکاری داده‌ای؛ سازمان‌ها و مراکز علمی در قالب اتحاد استراتژیک، داده‌ها، اطلاعات، منابع داده‌ای و یافته‌های علمی خود را با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند.
- همکاری محاسباتی؛ در این حالت مراکز علمی، منابع محاسباتی خود را در اختیار همدیگر قرار می‌دهند. نمونه بارز آن محاسبات توری^۱ است که به عنوان منبع انعطاف‌پذیر، امن و هماهنگ که در میان مجموعه‌ای پویا از افراد، نهادها و منابع به اشتراک گذاشته شده تعریف گردیده است [۳۰].
- همکاری ارتباطی؛ در بسیاری از موارد حل مسأله‌های علمی نیازمند همفکری و همکاری دانشمندانی است که در مراکز مختلف علمی به پژوهش مشغول هستند. در برخی از پروژه‌های علمی حتی می‌توان از افراد برای انجام آن کمک

2- Zooniverse
3- Foldit

1- Grid computing

۵- معماری شبکه همکاری علمی محیط علم الکترونیکی

همان‌گونه که در بخش مرور پژوهش‌های قبلی بیان گردید در بحث معماری علم الکترونیکی، جنبه همکاری و ارتباط علمی بیان سازمان‌ها و مراکز علمی کمتر مورد توجه واقع شده است. همچنین گفته شد که همکاری علمی بین مراکز علمی در قالب اتحاد استراتژیک در یک محیط علم الکترونیکی در سه زمینه داده‌ای، محاسباتی و ارتباطی و ترکیبی از آنها قابل انجام است. در این قسمت با توجه به مطالب بیان‌شده در بخش‌های قبل، یک معماری علم الکترونیکی برای همکاری‌های علمی در قالب اتحاد استراتژیک ارائه می‌گردد. با ارتباط و اتصال بین جوامع علمی و نیز دانشمندان، یک شبکه بسیار بزرگ علمی پدید خواهد آمد. معماری موردنظر با در نظر گرفتن این مطلب و از روش همتابه‌متا (نظریه‌نظیر)^۱ استفاده می‌کند. به طور کلی در این شبکه همکاری علمی، هر یک از گره‌ها می‌تواند دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و آزمایشگاهی، افراد داوطلب برای همکاری در انجام فعالیت‌های علمی (علم جمعی) و یا حتی یک دانشمند و یا یک پژوهشگر با کمترین امکانات باشد. شکل ۴ نمای کلی معماری را نشان می‌دهد. معماری داخلی هر یک از این گره‌ها، همان معماری بیان‌شده در شکل ۱ است.



شکل ۴) نمایی از یک شبکه نظریه‌نظیر همراه با معماری داخلی گره‌ها

- مراکز پژوهشی و آزمایشگاهی: مرکز پژوهشی در طیفی از مرکز مطالعاتی تا پژوهشگاهی بوده و دارای امکانات و

تسهیلات پژوهشی و آزمایشگاهی است. این مراکز قادر به اجرای پروژه‌ها هستند.

- دانشگاه‌ها: در رشته‌های گوناگون علمی، امکان آموزش و پژوهش را برای استادان و دانشجویان فراهم می‌آورند.
 - پژوهشگر: فردی دانشمند و متخصص در یک زمینه علمی خاص است که می‌تواند از نظر سازمانی مستقل یا وابسته به یک نهاد دانشگاهی یا مرکز پژوهشی باشد.
 - افراد داوطلب: شخصی که دارای تخصص در حد عالی نیست ولی علاقه‌مند و توانا به انجام برخی از فعالیت‌های علمی از جمله جمع‌آوری داده‌ها، طبقه‌بندی اطلاعات و حتی اشتراک منابع سخت‌افزاری است. این فعالیت‌ها را علم جمعی، علم شهروند و یا علم شبکه می‌نامند.
- از آنجا که معماری مورد بحث در این پژوهش از نوع سرویس‌گرا است هر یک از مؤلفه‌ها به صورت خدمات، پیاده‌سازی می‌شوند و ارتباط بین آنها به وسیله تبادل پیام‌ها صورت می‌گیرد. از مهم‌ترین ویژگی‌های معماری سرویس‌گرا می‌توان به مستقل از بستر^۲، توسعه‌پذیری، قابلیت همکاری، قابلیت استفاده مجدد و امنیت پیام‌ها اشاره نمود. معماری سرویس‌گرا باعث می‌شود تعامل بین ارائه‌دهندگان خدمات و مصرف‌کنندگان خدمات، راحت‌تر صورت پذیرد [۳۱]. همچنین به این نکته نیز باید توجه داشت که معماری همواره سطحی از انتزاع را با خود همراه دارد و نباید انتظار داشت که به صورت خیلی دقیق وارد جزئیات شود.

با توجه به مطالب بیان‌شده، معماری بیرونی هر یک از اعضای شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی دارای سه مؤلفه می‌باشد. این مؤلفه‌ها عبارتند از: مؤلفه خدمات همتا، مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس و مؤلفه خدمات پیام. در ادامه به شرح وظایف هر یک از این مؤلفه‌ها خواهیم پرداخت.

۱-۵ مؤلفه خدمات همتا

این مؤلفه وظیفه دارد ورود/خروج همتا (عضو) به/از شبکه را به وسیله ارسال پیام به دیگر همتایان و اعضای فعال در شبکه اعلام کند. این پیام حاوی یک شناسه یکتای سراسری (منحصربه‌فرد در سراسر شبکه) برای خود، به همراه سیاست‌های اشتراک‌گذاری منابع و داده‌ها است. پیام خروج،

دهد به ترتیب اولویت انتخاب می‌نماید. این مؤلفه شامل الگوریتم‌ها و دستورالعمل‌هایی است که از قبل مشخص شده و به وسیله آن، این انتخاب و اولویت‌بندی صورت می‌گیرد. پس از انتخاب عضو مناسب، یک پیام به مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس آن عضو می‌فرستد. این پیام شامل درخواست ارتباط به همراه پارامترهای لازم دیگر است. مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس عضو دریافت‌کننده پیام، درخواست را به لحاظ نوع و میزان توانایی خود جهت پاسخگویی به آن درخواست در آن لحظه، اولویت و موارد دیگر بررسی می‌کند. پس این مؤلفه در همه لحظات باید از وضعیت مؤلفه‌های دیگر مطلع باشد.

در صورت قبول درخواست، یک نشست^۱ بین آنها ایجاد شده و منابع لازم برای ارتباط تخصیص می‌یابد. هر یک از اعضا درگیر در این ارتباط، ایجاد نشست را به مؤلفه موردنظر خود اطلاع داده و از آن به بعد پیام‌ها و داده‌ها از طریق مؤلفه خدمات پیام تبادل می‌شود. پس از اتمام کار، پایان نشست به اطلاع مؤلفه خدمات هم‌تا و مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس می‌رسد تا منابع تخصیص‌یافته آزاد شود.

۳-۵ مؤلفه خدمات پیام

مؤلفه خدمات پیام، درگاه ورود و خروج پیام‌ها و داده‌ها بین اعضا شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی است. پس از آنکه یک نشست، بین دو یا چند عضو شبکه همکاری علمی توسط مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس برقرار شد، این مؤلفه وظیفه دارد تبادلات داده و پیام را مدیریت کند [۳۲]. داده‌ها و پیام‌ها می‌تواند از سوی هر یک از مؤلفه‌های مجموعه خدمات مدیریت داده یا مجموعه خدمات محاسباتی باشد.

مؤلفه‌ای که متقاضی استفاده از داده‌های به اشتراک گذاشته شده است، داده‌های درخواستی خود را از طریق مؤلفه خدمات پیام دریافت می‌کند. در طرف مقابل، مؤلفه‌ای که داده‌های درخواستی را در اختیار دارد آنها را به مؤلفه خدمات پیام داده تا برای درخواست‌کننده ارسال شود.

به روش مشابه، مؤلفه متقاضی استفاده از منابع محاسباتی اشتراکی، داده‌های خود را از طریق مؤلفه خدمات پیام به سمت عضوی که منابع محاسباتی لازم را دارد می‌فرستد. در

یک اعلان سراسری مبنی بر خروج آن عضو از شبکه می‌باشد [۳۲]. این خروج به علل مختلفی ممکن است رخ دهد از جمله مسائل امنیتی، مشکلات فنی یا اتمام فعالیت.

پیام‌رسانی از سوی این مؤلفه، به مؤلفه خدمات هم‌تای دیگر اعضاء شبکه همکاری علمی می‌رسد. پیام دریافتی ورود/خروج، یک عضو با یک شناسه معلوم را مشخص می‌کند. سپس عضو دریافت‌کننده این پیام، فهرست اعضاء شبکه خود را به‌روزرسانی می‌کند. این به‌روزرسانی منجر به اصلاح فهرست منابع و داده‌های اشتراکی‌ای که توسط دیگر اعضاء شبکه ارائه می‌گردد خواهد شد.

اگر هر یک از اعضاء شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی بخواهد با یکی از اعضاء دیگر ارتباط داشته باشد مؤلفه خدمات هم‌تا با توجه به فهرست اعضاء شبکه و منابع و داده‌های اشتراکی، مناسب‌ترین عضو یا اعضاء را به لحاظ مسائل فنی شبکه مانند مسیر بهینه، ترافیک شبکه و مواردی از این قبیل پیدا می‌کند و سپس درخواست اشتراک و استفاده از آن را با ارسال پیام به عضو موردنظر ارائه می‌دهد. مؤلفه خدمات هم‌تای عضوی که این پیام را دریافت می‌کند درخواست را بر مبنای سیاست‌های امنیتی مانند احراز هویت، سطح دسترسی و مواردی از این دست بررسی نموده و در نهایت رد یا قبول آن را به عضو فرستنده درخواست اعلام می‌کند. در صورت قبول درخواست و برقراری ارتباط، پس از آن پیام‌ها از طریق مؤلفه خدمات پیام ردوبدل می‌شود.

۴-۵ مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس

هرگاه یکی از مؤلفه‌های مجموعه خدمات مدیریت داده یا خدمات محاسباتی عضوی بخواهد با مؤلفه‌ای از اعضاء دیگر ارتباط داشته باشد درخواست خود را به مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس خود می‌فرستد [۳۲]. سپس مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس، تمام پارامترهای لازم از جمله نوع درخواست، مدت، نحوه بازگشت پاسخ و ... را با توجه به مؤلفه درخواست‌کننده مشخص می‌کند. همچنین این مؤلفه فهرست مناسب‌ترین اعضاء فعال در شبکه و خدماتی را که ارائه می‌دهند از مؤلفه خدمات هم‌تا درخواست می‌کند.

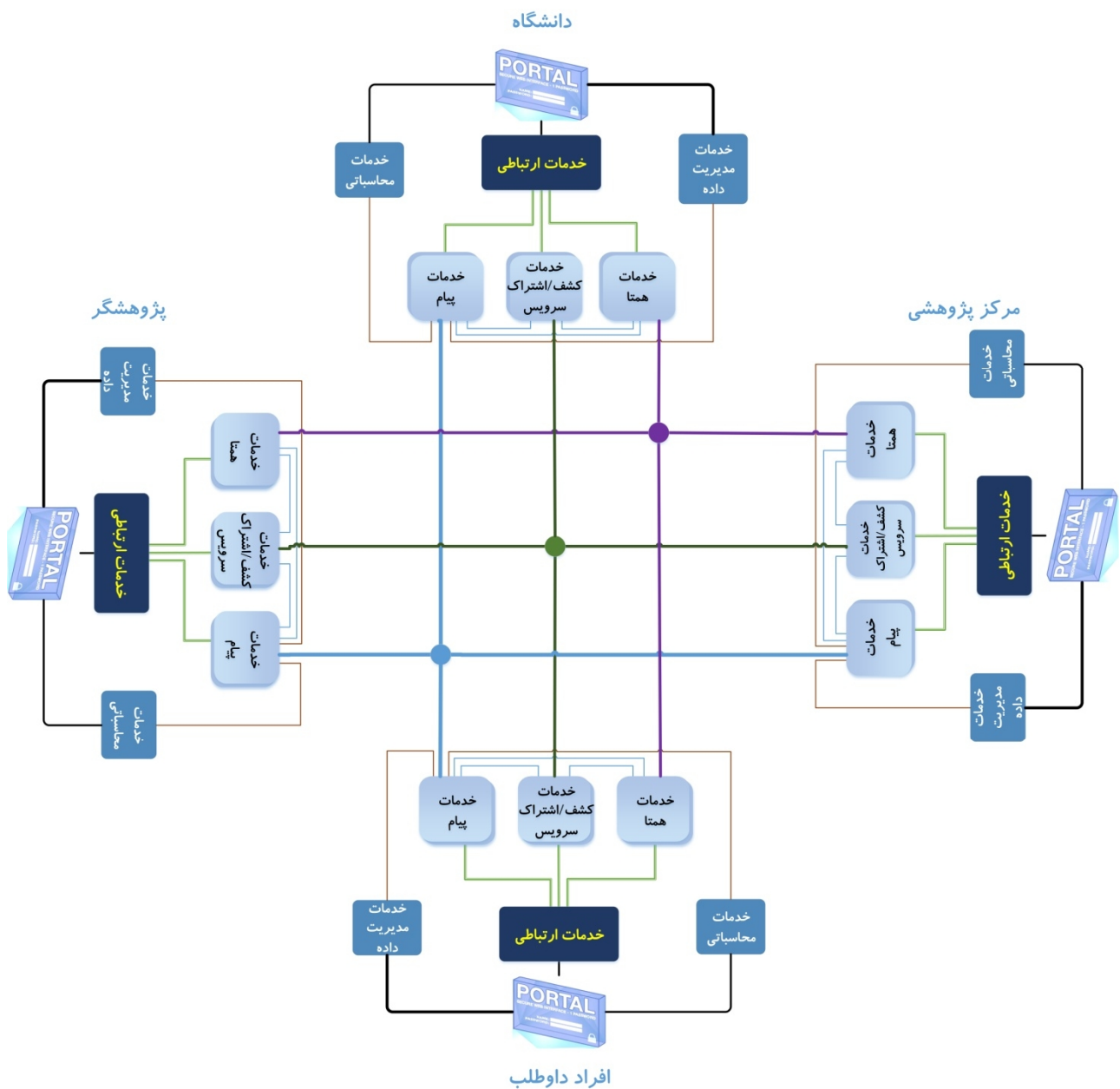
مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس با در نظر گرفتن نیاز خود، مسائل امنیتی و همچنین پارامترهای مشخص شده، فهرستی از بهترین اعضایی که می‌تواند درخواستش را انجام

گفت‌وگوها و تبادل نظرات علمی به وسیله این مؤلفه صورت می‌پذیرد.

معماری‌ای که تا بدین جا تشریح شد به همراه اجزاء و روابط آن در شکل ۵ به نمایش درآمده است. همانطور که مشاهده می‌شود در حالت کلی همه مؤلفه‌ها و روابط بین آنها رسم شده است. اما بسته به مورد استفاده از این معماری، ممکن است در مواردی برخی از مؤلفه‌ها و روابط، کاربردی نداشته باشند.

طرف مقابل، مؤلفه خدمات پیام، داده‌ها را دریافت نموده از طریق مجموعه خدمات محاسباتی به منابع محاسباتی ارسال می‌کند. پس از اتمام محاسبات، نتیجه حاصل شده در مسیر مشابه ولی در جهت معکوس به مؤلفه درخواست‌کننده فرستاده می‌شود.

همچنین هر زمان دانشمندان بخواهند با یکدیگر تبادل علمی داشته باشند از طریق مؤلفه خدمات پیام، ارتباط برقرار می‌کنند. بدین صورت که پس از ایجاد یک نشست بین اعضاء شبکه همکاری علمی محیط علم الکترونیکی، پیام‌ها،

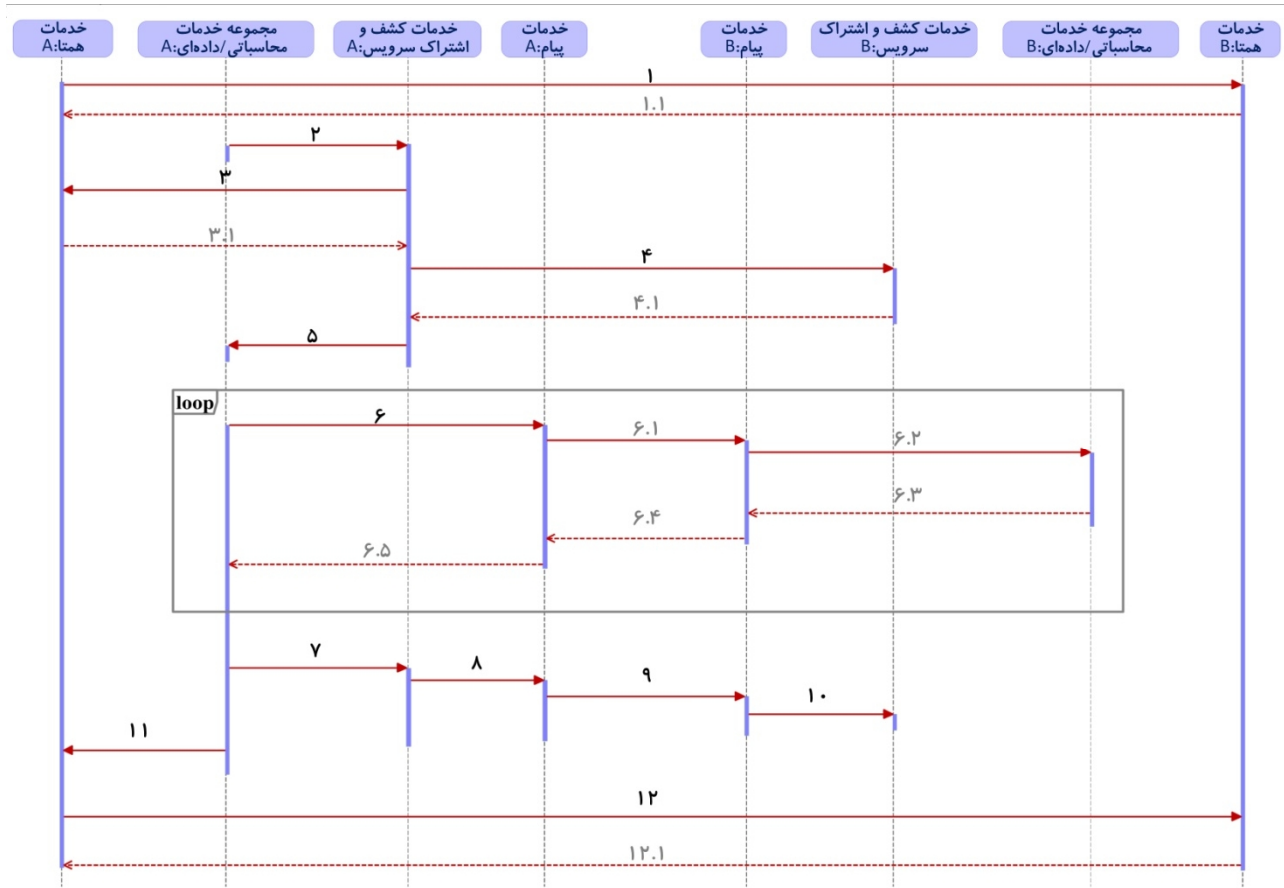


شکل ۵) معماری سرویس‌گرای شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی (در حالت کلی)

۶- نمودار توالی معماری در حالت کلی

کمک نمودار توالی زبان مدل‌سازی سیستم در شکل ۶ نشان داده شده است. برای ساده‌تر شدن نمودار، شبکه همکاری علمی تنها با دو عضو به نمایش درآمده است.

جهت درک بهتر معماری و روابط بین اجزاء آن در حالت کلی، یک سناریو در نظر گرفته شده است. این سناریو به



شکل ۶ نمودار توالی SysML معماری سرویس‌گرای شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی (در حالت کلی)

۳. مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس A، فهرست مناسب‌ترین اعضاء شبکه را از مؤلفه خدمات هم‌تای خود دریافت می‌کند (۳.۱)؛

۴. مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس A، درخواست استفاده از داده‌ها و منابع اشتراکی را به مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس B می‌دهد و آن هم پاسخ درخواست (پیش‌فرض: قبول درخواست) را می‌فرستد و با تخصیص منابع لازم، یک نشست ایجاد می‌کند (۴.۱)؛

۵. مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس A، ایجاد نشست را به مؤلفه درخواست‌کننده اطلاع می‌دهد؛

۶. با ایجاد نشست، مؤلفه درخواست‌کننده، پیام‌ها و داده‌های خود را از طریق مؤلفه خدمات پیام A به مؤلفه

عضو A، عضو درخواست‌کننده ورود به شبکه و تقاضای استفاده از منابع و داده‌های اشتراکی اعضاء است و عضو B، عضو پاسخ‌دهنده به تقاضاهای A است. مراحل این سناریو بدین شرح است (شماره‌ها، اعداد درون شکل را نشان می‌دهند):

۱. عضو A ورود خود را به B اعلام می‌کند و همزمان با به‌روزرسانی فهرست اعضاء شبکه خود، شناسه و سیاست‌های اشتراکی خود را در قالب پیام می‌فرستد (۱.۱)؛

۲. هر یک از مؤلفه‌های مجموعه خدمات محاسباتی و یا داده‌ای A، درخواست ارتباط را به مؤلفه خدمات کشف و اشتراک سرویس خود می‌دهد؛

الگوریتم به نام روزتا^۲ را توسعه دادند که روش‌های قطعی و احتمالی برای محاسبه سطح انرژی اشکال پروتئین را به طور تصادفی انتخاب و بهترین نتیجه را جستجو می‌کرد. پس از چند سال، الگوریتم بهبودیافته در تعیین شکل پروتئین تا حد بسیار خوبی کار می‌کرد.

از آنجا که محاسبات بسیار فشرده بود در پاییز سال ۲۰۰۵ پروژه Rosetta@home راه‌اندازی شد. این پروژه یک سیستم توری است که اجازه می‌دهد داوطلبان، ظرفیت محاسباتی کامپیوتر شخصی خود را به اشتراک گذارند. یکی از ویژگی‌های مهم این پروژه یک رابط بصری است. اگر چه داوطلبان فقط به کمک قدرت محاسباتی در این پروژه مشارکت دارند اما برخی از نظرات آنها، راه‌های بهتری را هم نشان می‌دهد.

آنها یک بازی مبتنی بر وب به نام فولدیت^۳ طراحی کردند که بازیکن را قادر به مدل کردن ساختار پروتئین با حرکت ماوس می‌نماید. بازیکنان می‌توانند یک ساختار الگو را از زوایای مختلف بررسی کرده، حرکت یا چرخش دهند و یا شاخه زنجیره‌ای را در جستجوی ساختارهای بهتر بچرخانند. این نرم‌افزار به طور خودکار سطح انرژی تنظیمات جدید را محاسبه می‌کند و بلافاصله بهتر و یا بدتر شدن آن را نشان می‌دهد. مشکلات ساختاری رایج از قبیل وجود درگیری و یا خلأ در پروتئین، به رنگ قرمز برجسته شده است به طوری که بازیکن می‌تواند به سرعت نقاط بهبود را شناسایی کند.

این ویژگی، همراه با چند آموزش آنلاین، افراد را برای شروع فرآیند «تاشدن» (فولدشدن) پروتئین‌ها^۴ بدون داشتن هیچ پیش‌زمینه‌ای در مورد بیوشیمی آماده می‌کند. آنچه بیشتر قابل توجه بوده این است که نرم‌افزار مذکور به عنوان یک بازی کامپیوتری طراحی شده و شامل یک صفحه رتبه‌بندی می‌باشد که عملکرد بازیکنان را نشان می‌دهد. این باعث می‌شود بازیکنان برای صعود به رتبه‌بندی بالاتر به رقابت بپردازند. آنها نیز می‌توانند گروه‌ها و استراتژی‌های به اشتراک‌گذاری را برای رقابت با گروه‌های دیگر راه‌اندازی کنند. شکل ۷ تصویری از رابط کاربری فولدیت را نشان می‌دهد.

خدمات پیام B (۶.۱) و از آنجا به مؤلفه پاسخ‌دهنده می‌فرستد (۶.۲). نتیجه حاصل در مسیر مشابه اما در جهت معکوس به مؤلفه درخواست‌کننده بازگردانده می‌شود (۶.۳، ۶.۴ و ۶.۵). این مراحل ممکن است در یک حلقه تکرار شوند؛

۷. مؤلفه درخواست‌کننده، اتمام انجام کار را به مؤلفه‌های درگیر اطلاع می‌دهد تا منابع تخصیص داده‌شده آزاد شوند (۸-۱۱)؛

۸. مؤلفه خدمات هم‌تا A، خروج A را با ارسال پیام به مؤلفه خدمات هم‌تا B اطلاع می‌دهد. مؤلفه خدمات هم‌تا B پس از به‌روزرسانی فهرست اعضاء شبکه خود، خروج A را تأیید می‌کند (۱۲.۱).

مراحل فوق در شکل ۶ نشان داده شده است. این شکل حالت کلی معماری را نشان می‌دهد که در آن به ازاء همه گره‌ها، ارتباطات یکسان است.

۷- بررسی موردی

در این قسمت به بیان چند موردکاوی در زمینه علم جمعی پرداخته می‌شود. پس از بیان توضیحات درباره هر یک از آنها، معماری ارائه‌شده در این پژوهش برای آنها بررسی می‌گردد.

۷-۱ فولدیت

در دهه ۱۹۹۰، دانشمندان بینش‌های قابل‌توجهی در ترکیب بیوشیمیایی پروتئین به دست آوردند. با این حال، آنها از ساختار و شکل پروتئین درک بسیار محدودی داشتند. ساختار و شکل پروتئین مهم است چرا که تعامل آن را با سلول‌ها، ویروس‌ها و یا دیگر پروتئین‌های بدن انسان توضیح می‌دهد. روش متعارف برای تعیین شکل پروتئین شامل کریستالوگرافی اشعه ایکس، طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی (مغناطیس تشدید) هسته‌ای^۱ و میکروسکوپ الکترونی است. متأسفانه این روش بسیار گران‌قیمت است و هزینه آن برای یک تک پروتئین تا ۱۰۰,۰۰۰ دلار هم می‌رسد در حالی که هنوز ساختار میلیون‌ها پروتئین مشخص نشده است. در سال ۲۰۰۰ دیوید بیکر و همکاران وی در دانشگاه واشنگتن واقع در شهر سیاتل، بر روی الگوریتم‌های محاسباتی برای تعیین شکل پروتئین‌ها کار کردند. سرانجام بیکر و همکاران وی یک

2- Rosetta

3- Foldit: <http://www.fold.it>

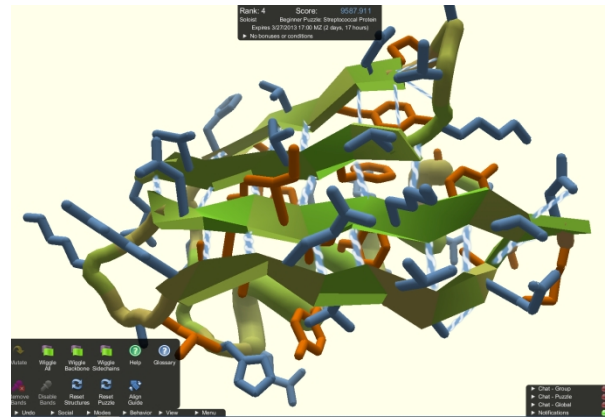
4- Folding proteins

1- Nuclear magnetic resonance spectroscopy

۱. با به وجود آمدن یک مسأله علمی (تعیین ساختار و شکل پروتئین)، دانشمندان و پژوهشگران برای یافتن راه‌حل با دانشگاه ارتباط برقرار می‌کنند؛
 ۲. پس از برقراری ارتباط، مسأله موجود به دانشگاهی که قادر به پاسخگویی مناسب باشد ارسال می‌شود تا اساتید و دانشمندان دانشگاهی راه‌حلی برای آن بیابند؛
 ۳. یک الگوریتم برای حل مسأله، توسعه داده می‌شود. به دنبال آن پروژه روزتا ارائه می‌شود. برای راه‌اندازی آن با مراکز پژوهشی ارتباط برقرار می‌گردد؛
 ۴. مناسب‌ترین مرکزی که قادر به اجرای پروژه باشد انتخاب و یا یک مرکز جدید (فولدیت) ایجاد می‌گردد؛
 ۵. اطلاعات و داده‌های پروژه برای آن ارسال می‌شود؛
 ۶. کاربر (داوطلب علم جمعی) در سایت فولدیت ثبت‌نام نموده و یک حساب کاربری ایجاد می‌نماید؛
 ۷. با توجه به اطلاعات ثبت‌نامی کاربر، آموزش‌های لازم به وی داده می‌شود و سپس آنچه را که کاربر باید انجام دهد بیان می‌شود؛
 ۸. سپس داده‌ها و اطلاعات بین کاربر و مرکز پژوهشی فولدیت ردوبدل می‌شود. همچنین جهت اطمینان از صحت انجام فعالیت‌های کاربر، نتایج به دست آمده در دسترس کاربران دیگر قرار می‌گیرد تا خطاهای احتمالی برطرف شود؛
- در نهایت، نتایج توسط مرکز پژوهشی فولدیت جمع‌آوری شده و به دانشگاه و پژوهشگر ارسال می‌شود. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد برخی از مؤلفه‌ها مورد استفاده قرار نگرفته‌اند و همچنین برخی از روابط هم به صورت یک طرفه ترسیم گردیده‌اند.

۲-۷ پلی‌مات

تیموتی گاورز^۲ ریاضیدان انگلیسی و دریافت‌کننده مدال فیلدز^۳ در سال ۱۹۹۸ است. وی در اول فوریه سال ۲۰۰۹ از خوانندگان وبلاگ خود خواست تا یک معماری ریاضی را حل کنند: قضیه هیلز-یوت^۴ در زمینه چگالی را با استفاده از یک روش ترکیبی جدید اثبات کنید^۵. طرح این مسأله سبب شد تا همکاری بی‌سابقه‌ای بین ریاضیدانان، استادان، دانشجویان و حتی آموزگاران ریاضی مقطع دبیرستان ایجاد شود. این بحث



شکل (۷) رابط کاربری فولدیت.

بازی در مه ۲۰۰۸ راه‌اندازی شد. در سپتامبر همان سال تعداد کاربران آن به ۵۰,۰۰۰ نفر رسید. در ابتدا به بازیکنان، شناختی درباره ساختار پروتئین داده می‌شود طوری که آنها می‌توانند راه‌حل موردنظر را مشاهده کنند. بعد از چند ماه تمرین، برخی از بازیکن عملکرد بهتری نسبت به بهترین سازه‌های طراحی شده توسط روزتا داشتند. از این مشاهدات مشخص شد که شهود انسان بسیار مفید بوده زیرا به بازیکن اجازه می‌دهد از تله‌های بهینه محلی که مشکلات قابل توجهی برای رایانه ایجاد کرده گذر کند. یک سال پس از راه‌اندازی، حدود ۲۰۰,۰۰۰ بازیکن فعال در فولدیت وجود داشت.

در مقابل، بازیکنان ابزارهای خودکاری که فکر می‌کردند بایستی برای آنها فراهم شود را پیشنهاد دادند. همچنین بازیکنان گروه‌هایی را راه‌اندازی و از چت‌ها و انجمن‌ها برای تعامل استفاده نمودند. بعضی از بازیکنان نیز دستورالعمل^۱ خود را بسط و گسترش دادند که می‌تواند با آنهایی که در آزمایشگاه ایجاد شده مقایسه شود [۵]. در یک مورد بسیار مشکل، سه بازیکن در کمتر از سه هفته توانستند به یک راه‌حل نسبتاً دقیق از ساختار پروتئین دست یابند [۳۳].

حال با توجه به موردکاوی فوق، معماری‌ای که در حالت کلی برای شبکه همکاری علم الکترونیکی مورد بررسی قرار گرفت برای این موردکاوی بیان می‌شود. معماری ارائه شده برای آن در شکل ۸ نشان داده شده است. اعداد درون شکل متناظر با شماره‌های سناریوی زیر است:

2- Timothy Gowers
3- Fields Medal
4- Hales-Jewett
5- <http://www.polymathprojects.org>

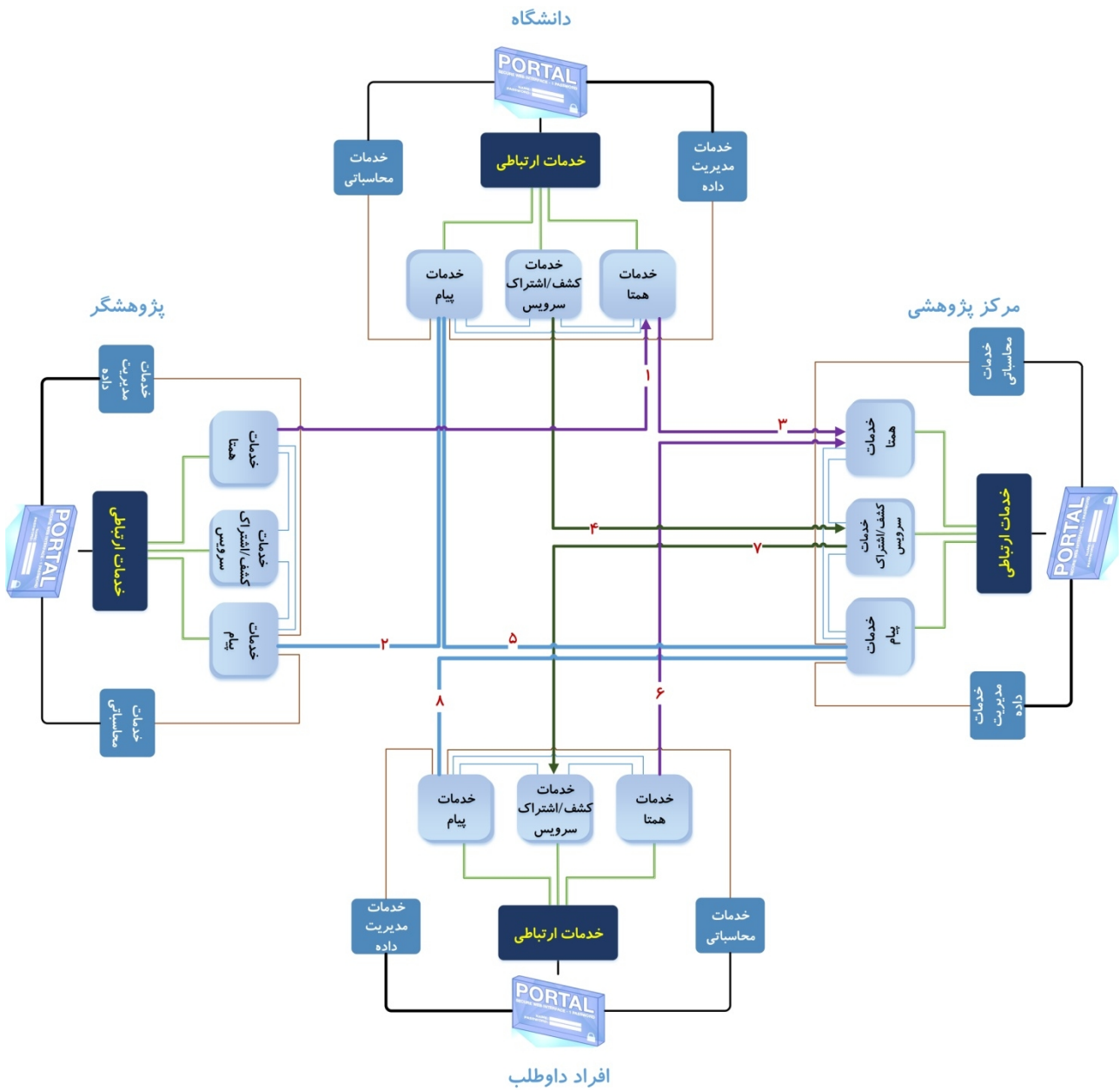
1- Recipes

مدیریت بحث را به دست گرفتند. هنگامی که نظرات در مورد یک موضوع، بیش از حد زیاد و یا بیش از حد غیرمتمرکز می‌شد آخرین نتایج را در یک پست جدید می‌نوشتند [۵].

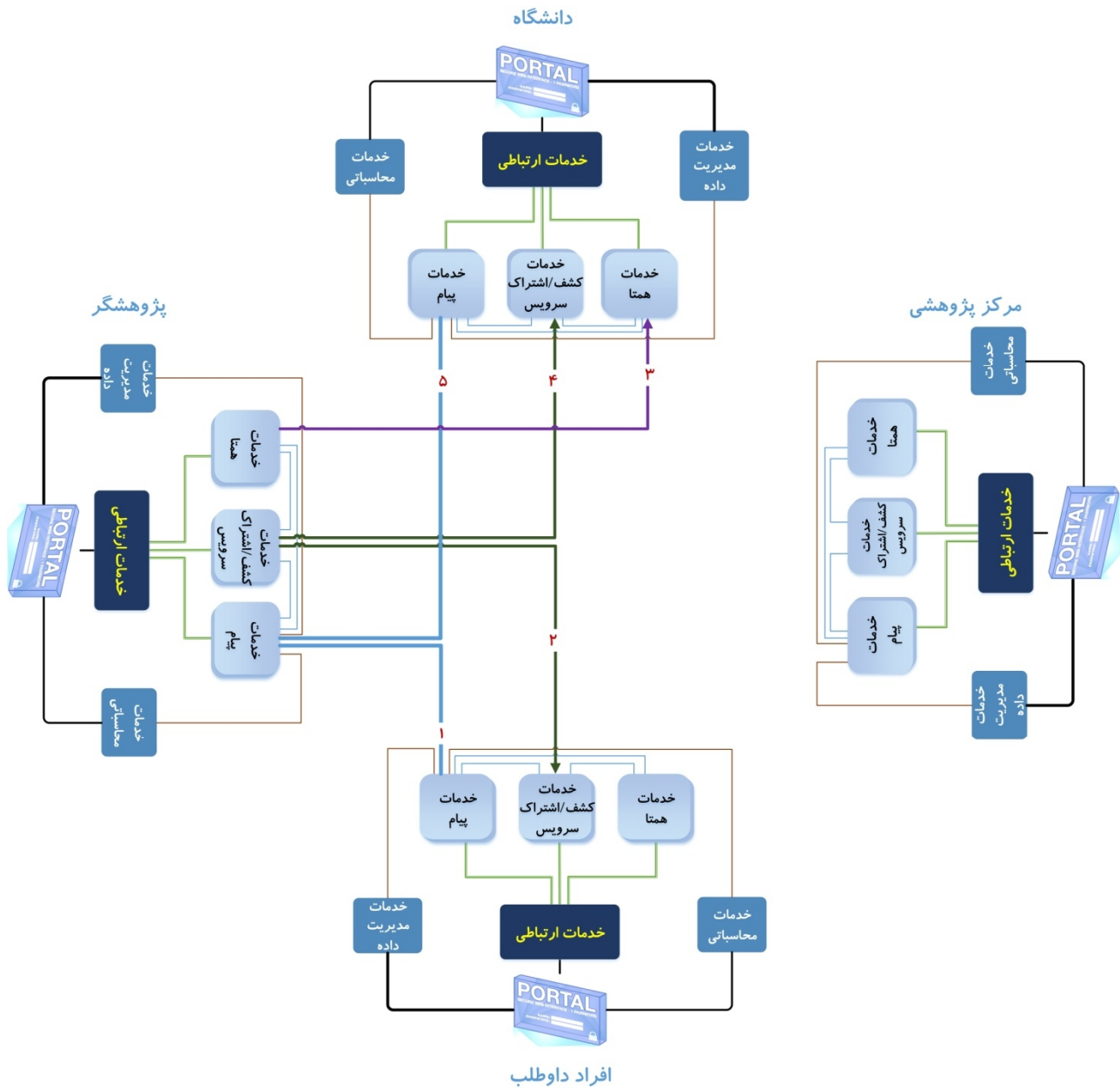
از آنجا که در این موردکاوی، مسأله به طور مستقیم مطرح می‌شود معماری آن نسبت به موردکاوی قبلی ساده‌تر خواهد بود. معماری این موردکاوی در شکل ۹ به نمایش درآمده است. سناریوی مطرح شده در ادامه را می‌توان برای این منظور در نظر گرفت.

۶ هفته ادامه یافت و سرانجام گاورز در ۱۰ مارس، اعلام کرد که این مسأله حل شد. پس از موفقیت‌آمیز بودن این پروژه، که منجر به انتشار دو مقاله علمی شد گاورز پنج پرسش دیگر را در وبلاگ خود مطرح کرد.

یکی از چالش‌های این پروژه، زمانی است که بحث به صدها نظر گسترش می‌یابد و درک روند بحث برای مشارکت‌کنندگان دشوار شده و عملاً بحث متوقف می‌گردد. برای غلبه بر این مشکلات، گاورز و دیگر رهبران پروژه،



شکل ۸) معماری ارائه‌شده برای موردکاوی فولدیت



شکل ۹) معماری ارائه‌شده برای موردکاوی پلی‌مات

۵- نتایج به دست آمده در قالب مقاله منتشر می‌گردد.

شماره‌های این سناریوها که همان اعداد درج‌شده در شکل ۹ هستند به شرح زیر معنا می‌شوند:

۸- چالش‌های معماری

در این بخش به بررسی برخی از مهم‌ترین چالش‌ها و مسائلی که ممکن است درباره معماری سرویس‌گرای ارائه‌شده برای شبکه همکاری‌های علمی در محیط علم الکترونیکی مطرح گردد پرداخته می‌شود.

از آنجا که محیط همکاری علمی ارائه‌شده در این مقاله، یک محیط ناهمگن بوده، یکی از چالش‌های آن، مشکلات

- ۱- مسأله ریاضی به طور صریح و روشن توسط ریاضیدان مطرح می‌شود. سپس داوطلبان علم جمعی پاسخ‌های خود را ارسال می‌کنند؛
- ۲- روند بحث و جواب‌ها توسط رهبران آن بحث کنترل می‌شود؛
- ۳- ریاضیدان با دانشگاه ارتباط برقرار می‌کند؛
- ۴- برای انتشار نتایج، مناسب‌ترین دانشگاه انتخاب و یک نشست ایجاد می‌شود؛

با توجه به اینکه برای شبکه‌های نظیر به نظیر سه نوع چارچوب وجود دارد مدیریت تعاملات در معماری ارائه شده به سه شکل امکان پذیر است:

(۱) غیر مرکزی (نظیر به نظیر خالص): در آن هیچ سرور مرکزی ای وجود ندارد و هر گره، ارتباطات با سایر گره‌ها را در لحظه نگهداری می‌کند.

(۲) مرکزی (نظیر به نظیر مرکب): یک سرور مرکزی، اطلاعات هر گره را نگهداری می‌کند و با ورود یا خروج هر گره به شبکه، اطلاعات آن به روز خواهد شد.

(۳) غیر مرکزی کنترل شده: ترکیبی از دو مدل قبلی است که در آن گره‌های مشخصی در شبکه انتخاب و تعاملات گره‌ها را کنترل می‌کنند.

هر چند معماری همواره سطحی از انتزاع را داراست و پرداختن به مسائلی که بیشتر به نحوه پیاده‌سازی مربوط می‌شود تا بیان نقشه کلی (به عنوان فلسفه وجودی معماری) که در معماری مورد توجه قرار نمی‌گیرد اما با این وجود، برخی مسائل فنی را اینگونه می‌توان بیان نمود. این موارد در بحث معماری داخلی هر یک از نهادها و مراکز علمی در محیط علم الکترونیکی وجود دارد [۳].

وقتی یک نهاد علمی بخواهد وارد شبکه همکاری علمی شود توسط مؤلفه خدمات هم‌تا یک پیام اعلام حضور به سایر اعضای شبکه ارسال می‌کند و به این وسیله به عنوان عضوی از شبکه همکاری علمی ثبت نام می‌کند. این مؤلفه یکی از اجزاء مجموعه خدمات ارتباطی است. به دلیل آن که فعالیت‌های علمی به داده‌ها و اطلاعات نیاز دارد مجموعه خدمات داده‌ای به مدیریت آنها از جمله ذخیره و بازیابی اطلاعات می‌پردازد. برای این ذخیره و بازیابی، می‌توان با رعایت سیاست‌های امنیتی از منابع دیگر اعضای شبکه استفاده نمود [۳۲].

۹- نتیجه‌گیری

اهمیت توسعه علمی در جوامع سبب شده که دانشمندان از تمامی امکانات عصر حاضر جهت تولید و انتشار علم استفاده نمایند. با این فلسفه، این پژوهش علم الکترونیکی را به عنوان یک عرصه جدید تولید و انتشار علم مورد توجه قرار داده است. با بررسی پیشینه موضوع، روشن شد که برخی از

یکپارچه‌سازی فناوری‌های مختلف در هر یک از لایه‌های محیط همکاری است. معماری ارائه شده در این پژوهش از نوع سرویس‌گرا است و وظایف به صورت خدمات، پیاده‌سازی می‌شوند که ارتباط بین آنها به وسیله تبادل پیام‌ها صورت می‌گیرد بنابراین یکی از ویژگی‌های معماری سرویس‌گرا، مستقل از بستربودن آن است بدین معنا که در محیط‌های گوناگون با فناوری‌های متفاوت و بسترهای مختلف قابل اعمال و اجرا هستند [۳۱]. چرا که هر یک از محیط‌های علمی بدون توجه به ساختار و بستر محیط علمی دیگر، به تبادل و اشتراک‌گذاری می‌پردازند و ارتباط آنها فقط به شکل ردوبدل نمودن پیام‌هاست.

مسئله دیگری که ممکن است مطرح گردد بحث امنیت است. هر یک از مراکز و محیط‌های علمی، سیاست‌های امنیتی خاص خود را دارند که با توجه به آن، سطحی از دسترسی به اطلاعات و منابع را برای افراد تعریف می‌کنند. به عنوان مثال در بحث علم جمعی همانگونه که در مورد کاوی‌ها نیز بیان شد افراد داوطلب در برخی موارد مستقیماً به مسئله علمی دسترسی دارند و به حل آن می‌پردازند مانند پروژه پلی‌م‌ث که در آن مسئله ریاضی به طور صریح بیان می‌شود اما در برخی موارد، مسئله علمی صریحاً بیان نمی‌شود (به دلایل امنیتی یا دلایل دیگر) بلکه از روش غیرمستقیم استفاده می‌گردد. مانند پروژه فولدیت که با طرح یک بازی رایانه‌ای از کمک افراد داوطلب برای حل مسئله علمی استفاده می‌گردد.

مسئله دیگری که ممکن است مطرح شود بحث مدیریت تعاملات بین اعضای شبکه همکاری علمی در معماری ارائه شده است. در معماری سرویس‌گرا، تعاملات توسط تبادل پیام صورت می‌گیرد. از طرفی، شبکه در نظر گرفته شده از نوع نظیر به نظیر است. ساختار شبکه‌های نظیر به نظیر بر خلاف شبکه‌های مشتری/خدمت‌گذار^۱، یک ساختار غیرمتمرکز است که در آن هیچیک از گره‌ها^۲ (اعضاء شبکه) بر دیگری برتری نداشته و به صورت یکسان عمل می‌کنند [۳۴]. در شبکه‌های نظیر به نظیر، داده‌ها و اطلاعات و منابع سخت‌افزاری و نرم‌افزاری با تبادل مستقیم بین سیستم‌ها و بدون استفاده از سرورهای مرکزی به اشتراک گذاشته می‌شود [۳۵]. بنابراین

1- Client/Server
2- Nods

Computing, in eScience (eScience). IEEE 9th International Conference on. 27-34.

[5] پایا، ع. (۱۳۸۷). ترویج علم در جامعه؛ یک ارزیابی فلسفی. سیاست علم و فناوری. ۱: ۲۵-۳۸.

[6] حسن‌زاده، م؛ بقایی، س. و نوروزی چاکلی، ع. (۱۳۸۷). هم‌تألیفی در مقالات ایرانی مجلات ISI در طول سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵ و رابطه آن با میزان استناد به آن مقالات. فصلنامه سیاست علم و فناوری. ۱(۴): ۱۱-۱۹.

[7] Franzoni, C., & Sauermann, H. (2014). Crowd science: The organization of scientific research in open collaborative projects. *Research Policy*, 43(1), 1-20.

[8] Cohn, J. P. (2008). Citizen science: Can volunteers do real research?. *BioScience*, 58(3), 192-197.

[9] Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in ecology & evolution*, 24(9), 467-471.

[10] Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In *Crowdsourcing geographic knowledge* (pp. 105-122). Springer Netherlands.

[11] Bosin, A., Dessi, N., & Pes, B. (2011). Extending the SOA paradigm to e-Science environments. *Future Generation Computer Systems*, 27(1), 20-31.

[۱۲] صمدی‌اوانسر، ع. (۱۳۸۴). مقدمه‌ای بر معماری سازمانی (ویژه مدیران). تهران: دبیرخانه شورای عالی اطلاع‌رسانی.

[۱۳] خیامی، ر. (۱۳۸۸). ارزیابی و تحلیل معماری سازمانی. دانشگاه شیراز.

[14] Ahmad, M., Araujo, J., Belloir, N., Bruel, J. M., Gnaho, C., Laleau, R., & Semmak, F. (2013, July). Self-adaptive systems requirements modelling: Four related approaches comparison. In *Comparing Requirements Modeling Approaches Workshop (CMA@RE), 2013 International* (pp. 37-42). IEEE.

[15] OMG. (2012). SysML 1.3. [Online]. Available: <http://www.omg.org/spec/SysML/1.3/PDF>. [Accessed: 24-Dec-2014].

[۱۶] قانع‌راد، م؛ طلوع، ا. و خسروخواهر، ف. (۱۳۸۷). عوامل، انگیزش‌ها و چالش‌های تولید دانش در بین نخبگان علمی. فصلنامه سیاست علم و فناوری. ۱(۲): ۷۱-۸۵.

[17] Yarime, M., Takeda, Y., & Kajikawa, Y. (2010). Towards institutional analysis of sustainability science: a quantitative examination of the patterns of research collaboration. *Sustainability Science*, 5(1), 115-125.

[18] Newman, M. E. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 404-409.

[19] Khan, G. F., & Park, H. W. (2013). The e-government research domain: A triple helix network analysis of collaboration at the regional, country, and institutional levels. *Government Information Quarterly*, 30(2), 182-193.

[20] Sonnenwald, D. H. (2007). Scientific collaboration. *Annual review of information science and technology*, 41(1), 643-681.

نویسندگان، معماری علم الکترونیکی برای نمایش اجزاء علم الکترونیکی و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر را مورد پژوهش قرار داده‌اند اما معماری‌های ارائه‌شده تا به حال، بیشتر جنبه درونی داشته و جنبه بیرونی محیط علم الکترونیکی که همان ارتباط بین مراکز علمی و پژوهشی است کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

بنابراین در پژوهش حاضر، معماری شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی در قالب اتحاد استراتژیک ارائه شد. بدین منظور پس از بیان اجزاء معماری، ارتباط بین آنها بررسی گردید و در نهایت جهت نمایش بهتر ارتباط بین اجزاء معماری، نمودار توالی زبان مدل‌سازی سیستم (SysML) ترسیم گردید.

از آنجا که معماری در حالت کلی ارائه گردیده دو موردکاوای نیز بیان و معماری شبکه همکاری علمی در محیط علم الکترونیکی متناسب با آنها مورد بررسی قرار گرفت.

به دلیل اهمیت ارتباطات و تبادلات علمی بین مراکز علمی و پژوهشی، معماری ارائه‌شده در این پژوهش می‌تواند منجر به ایجاد یک شبکه همکاری علمی پویا، منسجم و کارا جهت تولید و انتشار علم در راستای پیشرفت و توسعه جامعه شود. همچنین از آنجا که در تدوین نقشه جامع علمی، استفاده از ابزارها و فناوری‌های تولید علم امری ضروری است [۳۹]. این معماری می‌تواند در سیاست‌های کلان علمی جامعه مورد توجه قرار گیرد و ضمن بهبود گامی به سمت پیاده‌سازی عملی آن برداشته شود.

References

منابع

[1] Jankowski, N. W. (2007). Exploring e-science: an introduction. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 12(2), 549-562.

[2] NeSC. (1999). National e-Science Centre definition of e-Science. [Online]. Available: <http://www.nesc.ac.uk/nesc/define.html>. [Accessed: 08-Jan-2015].

[۳] پورعباسی، ج؛ آقایی، ع. و حاجیان حیدری، م. (۱۳۹۴). طراحی یک معماری سرویس‌گرا در محیط علم الکترونیکی جهت تولید و انتشار علم و دانش. پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات. در حال انتشار.

[4] Tchoua, R., Choi, J., Klasky, S., Liu, Q., Logan, J., Moreland, K., Mu, J., Parashar, M., Podhorszki, N., Pugmire, D., & others. (2013). ADIOS Visualization Schema: A First Step Towards Improving Interdisciplinary Collaboration in High Performance

discipline. *Journal of intelligent manufacturing*, 16(4-5), 439-452.

[31] Hoffmann, W. H., & Schlosser, R. (2001). Success factors of strategic alliances in small and medium-sized enterprises—An empirical survey. *Long range planning*, 34(3), 357-381.

[۳۲] عزیزی، ش. و قربانی، م. (۱۳۸۲). اتحاد استراتژیک؛ شرط موفقیت سازمان‌ها. تدبیر. ۱۴(۱): ۲۲-۲۷.

[33] Foster Foster, I., Kesselman, C., & Tuecke, S. (2001). The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations. *International journal of high performance computing applications*, 15(3), 200-222.

[34] Erl, T. (2005). *Service-oriented architecture: concepts, technology, and design*. Pearson Education India.

[۳۵] پورعباسی، ج. (۱۳۹۳). بررسی استفاده از زیرساخت‌های علم الکترونیکی در تولید و توزیع دانش. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[36] Khatib, F., DiMaio, F., Cooper, S., Kazmierczyk, M., Gilski, M., Krzywda, S., ... & Foldit Void Crushers Group. (2011). Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nature structural & molecular biology*, 18(10), 1175-1177.

[37] Mayer, P., Klarl, A., Hennicker, R., Puviani, M., Tiezzi, F., Pugliese, R., ... & Bureš, T. (2013, September). The autonomic cloud: a vision of voluntary, peer-2-peer cloud computing. In *Self-Adaptation and Self-Organizing Systems Workshops (SASOW), 2013 IEEE 7th International Conference on* (pp. 89-94). IEEE.

[38] Aberer, K., & Despotovic, Z. (2001, October). Managing trust in a peer-2-peer information system. In *Proceedings of the tenth international conference on Information and knowledge management* (pp. 310-317). ACM.

[۳۹] سلطانی، ب. و کیامهر، م. (۱۳۸۷). پیشنهاد چارچوبی مفهومی برای تدوین نقشه جامع علمی کشور (برنامه ملی توسعه علم، فناوری و نوآوری). فصلنامه سیاست علم و فناوری. ۱(۳): ۴۳-۶۰.

[21] Zhang, J., & Chen, C. (2010). Collaboration in an Open Data eScience: A Case Study of Sloan Digital Sky Survey. *arXiv preprint arXiv:1001.3663*.

[22] Roure, D. De, Jennings, N., & Shadbolt, N. (2001). Research agenda for the Semantic Grid: a future e-science infrastructure. Rep. Comm. EPSRC/DTI Core e-Science Program.

[23] Fox, G., Bulut, H., Kim, K., Ko, S. H., Lee, S., Oh, S., ... & Slominski, A. (2002). An Architecture for e-Science and its Implications. In *Proceedings of the 2002 International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunications Systems*, edited by Mohammed S. Obaidat, Franco Davoli, Ibrahim Onyuksel and Raffaele Bolla, Society for Modeling and Simulation International (pp. 14-24).

[24] Lican, H., Zhaohui, W., & Yunhe, P. (2003). Virtual and dynamic hierarchical architecture for E-science grid. *International Journal of High Performance Computing Applications*, 17(3), 329-347.

[25] Niederée, C., Risse, T., Paukert, M., & Stein, A. (2007, May). An Architecture Blueprint for Knowledge-based e-Science. In *German e-Science Conference*. 2-4.

[26] Gannon, D., Plale, B., & Reed, D. A. (2007). Service architectures for e-Science grid gateways: opportunities and challenges. In *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS* (pp. 1179-1185). Springer Berlin Heidelberg.

[27] Watson, P., Hiden, H., & Woodman, S. (2010). e-Science Central for CARMEN: science as a service. *Concurrency and computation: Practice and Experience*, 22(17), 2369-2380.

[۲۸] مقیمی، س. م. (۱۳۸۶). روش موردکاوی و کاربردهای آن در علوم انسانی. روش‌شناسی علوم انسانی. ۵۰: ۷۱-۱۰۲.

[29] Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (2006). Collaborative networks: Value creation in a knowledge society. *Knowledge enterprise, IFIP*, 207, 26-40.

[30] Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (2005). Collaborative networks: a new scientific