

## مقایسه فن آوری های میان افزار CORBA و OPC UA در سیستم های SCADA حوزه نفت و گاز از دیدگاه امنیت و قابلیت همکاری

ناظر ایرانی شمیرانی<sup>\*</sup>، رامین نصیری<sup>۱</sup>، بابک وزیری<sup>۲</sup>، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۱۰/۲۰

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۱۱/۲۷

### واژگان کلیدی:

SCADA، میان افزار، CORBA، OPCUA، امنیت، قابلیت همکاری

### چکیده

این تحقیق با هدف تعیین میان افزار مناسب جهت تولید سامانه های بومی SCADA مبتنی بر اهداف کسب و کار و چشم اندازهای مدنظر مدیران ارشد سازمان ها در حوزه نفت و گاز انجام شده است. بدین منظور ابتدا قابلیت های غیر کارکردی مورد نیاز در سیستم های SCADA تعیین و اولویت بندی شده، سپس متغیرهای مؤثر بر هر یک از صفات کیفی امنیت و قابلیت همکاری بررسی گردیده و در انتها دستیابی به این متغیرها توسط هر یک از فن آوری های میان افزار CORBA و OPCUA با استفاده از روش خبرگی دلفی ارزیابی و تحلیل شده است. با این روش می توان از شاخص های مرکزی و پراکنده برای دستیابی به اجماع بین نظرات خبرگان بهره برد. نتایج تحلیل ها نمایانگر ارجحیت استفاده از فن آوری میان افزار OPCUA نسبت به CORBA در سامانه های SCADA جهت دستیابی به قابلیت های غیر کارکردی مطرح شده است.

### مقدمه

امروزه سیستم های کنترل صنعتی به ویژه SCADA در بسیاری از صنایع به عنوان زیرساخت های حیاتی کشورها استفاده شده اند. در ابتدای توسعه این سیستم ها، شرکت های سازنده، تجهیزات سخت افزاری، نرم افزاری و پروتکل های ارتباطی خاص خود را ارائه می کردند. پیشرفت فن آوری های IT و ورود آن به حوزه اتوماسیون صنعتی، رشد روزافزون فن آوری های به کاررفته در این سیستم ها را به همراه داشته است. بدین ترتیب با جنبه های جدیدی از نیازمندی های کارکردی و غیر کارکردی در این سیستم ها مواجه می شویم که تحولات عظیمی را در این صنعت بوجود آورده اند [۴-۱]. دیده نشدن مسائل امنیتی در این سیستم ها از یک سو و عدم دسترسی به کد منبع برنامه ها، عدم اطلاع از ضعف های امنیتی و درب های پشتی آنها از سوی دیگر، این امکان را برای مهاجمان سایبری بیش از پیش فراهم ساخته تا درصدد حمله به زیرساخت های حیاتی کشورها، آسیب رساندن و ایجاد اختلال در فرآیند کاری آنها برآیند. با توجه به اهمیت فراوان این موضوع که بروز هرگونه اختلال در بخش های مذکور می تواند اثرات مخرب و جبران ناپذیری بر امنیت اقتصادی و توانمندی های دفاعی کشور، علاوه بر خطر از دست رفتن اطلاعات انحصاری شرکت ها، خطرات جانی و تخریب های محیط زیستی داشته باشد، اهمیت توسعه و تولید سامانه های یکپارچه بومی SCADA بیش از پیش آشکار می شود. در این راستا ایجاد و حفظ برخی صفات کیفی از جمله قابلیت همکاری و امنیت در سامانه های SCADA که سیستم های توزیع شده و بلادرنگ هستند برای سازمان ها در حوزه نفت و گاز جهت دستیابی به اهداف کسب و کار حائز اهمیت بسیاری

است. لزوم استفاده از میان افزارها در سیستم های توزیع شده، تنوع فن آوری های میان افزار موجود، اثر هر یک از فن آوری های میان افزار بر صفات کیفی نام برده و هم پوشانی و تداخل برخی از این صفات کیفی با یکدیگر نمایانگر ضرورت انتخاب دو فن آوری میان افزار مطرح CORBA و OPCUA و بررسی و ارزیابی اثر به کارگیری هر یک از این دو میان افزار بر صفات کیفی مطرح شده است.

### ۱- متغیرهای اثرگذار بر صفات کیفی

در این بخش متغیرهایی که می توانند بر هر یک از صفات کیفی امنیت و قابلیت همکاری اثر داشته باشند مطرح و بررسی می شوند.

#### ۱-۱- امنیت

در ارزیابی قابلیت امنیت میان افزارها متغیرهای مختلفی وجود دارد که از میان آنها شش متغیر اهمیت بیشتری دارند [۵و۶] که در ادامه بررسی می شوند.

■ **احراز هویت**<sup>۳</sup>: جهت حصول اطمینان از هویت واقعی یک کاربر، سرویس گیرنده یا شیء، از راهکارهای احراز هویت استفاده می شود. بدین منظور یکی از پرکاربردترین راهکارها در این گروه استفاده از نام های کاربری به همراه رمزهای عبور مخفی است.

■ **مجوز و کنترل دسترسی**<sup>۴</sup>: یکی دیگر از متغیرهای اثرگذار در ایجاد امنیت بررسی مجاز بودن یک کاربر، سرویس گیرنده یا شیء به داشتن دسترسی و انجام درخواست های مورد نظر اوست. راهکارهای ارائه شده برای این متغیر دو جنبه ی مختلف

\* نویسنده ی عهده دار مکاتبات (irani\_sh@hotmail.com)

داده‌های ارسال شده تنها توسط دریافت‌کننده‌ی مجاز قابل فهم هستند. راهکارهای رمزنگاری و رمزگشایی با استفاده از کلیدهای عمومی و خصوصی برای جلوگیری از دستیابی‌های غیرمجاز به محتوای اطلاعات منتقل شده استفاده می‌شوند؛ به طوری که کسی جز گیرنده‌ی مجاز، از نحوه‌ی رمزگشایی و مشاهده‌ی داده‌ها مطلع نیست.

■ **ممیزی امنیت**<sup>۷</sup>: ضبط رویدادهای امنیتی یکی از راهکارهای مناسب برای ممیزی امنیت است. این راهکار در شناسایی نقض‌های امنیتی واقعی یا اقدام شده کمک بسیاری می‌کند.

■ **عدم انکار**<sup>۸</sup>: از این قابلیت می‌توان با هدف آنکه سرویس‌گیرندگان، سرویس‌دهندگان و عمل‌کنندگان روی اطلاعات، جوابگوی اقدامات انجام داده خود باشند استفاده کرد. ذخیره‌سازی رویدادها یکی از راهکارهای مطرح در این زمینه است.

### ۱-۲- قابلیت همکاری

قابلیت همکاری به معنای تبادل اطلاعات معنادار بین سامانه‌های گوناگون است. در این قابلیت تنها برقراری ارتباط بین سامانه‌ها کافی نیست، به بیان دیگر قابلیت همکاری شامل دو مرحله است. ابتدا درخواست‌کننده باید بداند مقصد مورد نظر کجاست و با آن ارتباط برقرار کند و سپس باید توان درک معنای پاسخ دریافت‌شده را داشته باشد [۷-۱۱].

■ **استقلال از سیستم عامل**: این متغیر مشخص‌کننده‌ی قابلیت مخفی‌سازی توزیع و ناهمگونی سیستم‌عامل‌ها توسط میان‌افزار است. بدین ترتیب میان‌افزار امکان برقراری ارتباط بین دستگاه‌هایی با انواع سیستم‌عامل‌های ویندوزی و غیرویندوزی را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه در نسل جدید سیستم‌های SCADA نیاز به اتصال و استفاده از دستگاه‌های قابل حمل<sup>۹</sup> (که تنوع سیستم‌عامل‌ها را بیشتر کرده‌اند) ضروری است این متغیر شاخص مهمی در برقراری قابلیت همکاری است.

■ **استقلال از سازنده**: به دلیل استفاده از انواع سخت‌افزار و قطعات صنعتی تولیدشده توسط سازندگان مختلف در سیستم‌های SCADA نیاز به برقراری ارتباط بین آنها الزامی است.

■ **استقلال از زبان برنامه‌نویسی**: این قابلیت توانایی برقراری ارتباط میان نرم‌افزارهای نوشته شده توسط زبان‌های برنامه‌نویسی مختلف را ممکن می‌سازد. با توجه به لزوم برقراری ارتباط میان سیستم‌های SCADA با دیگر نرم‌افزارها، این متغیر حائز اهمیت فراوانی است.

موضوع؛ یعنی مجوز دادن به یک کاربر، سرویس‌گیرنده یا شیء مجاز و ممانعت از دسترسی کاربر، سرویس‌گیرنده یا شیء غیرمجاز است را مدنظر قرار می‌دهند.

■ **یکپارچگی داده‌ها**<sup>۵</sup>: یکپارچگی داده‌ها به معنای ممانعت از دستکاری آنها توسط کاربر، سرویس‌گیرنده یا شیء غیرمجاز و اعتبارسنجی صحت داده‌های منتقل شده است. بدین منظور استفاده از راهکارهایی مثل Checksum جهت حفاظت از اطلاعات در برابر تغییرات روش اول است.

■ **حریم خصوصی**<sup>۶</sup>: توسط این متغیر اطمینان حاصل می‌شود که

۱ | آمار توصیفی برای متغیرهای امنیت

نوع داده	پارامترهای مورد سنجش	دامنه داده‌ها										
		CORBA					OPC UA					
		min	max	std	میانگین	تعداد	min	max	std	میانگین	تعداد	
Security	User authentication	40	3	5	4	4	3.900	4.101	5	5	4.550	604
	User authorization	40	3	5	4	4	3.850	3.663	5	5	4.600	562
	Data integrity	40	3	5	4	4	3.950	4.894	4	4	4.150	489
	Privacy	40	2	5	3	3	3.400	5.082	4	4	4.200	503
	Security Audit	40	3	4	3	3	3.950	3.648	4	4	3.600	502
non-serial	40	2	4	3	3	3.100	4.472	4	4	3.700	470	

۲ | آمار توصیفی برای متغیرهای قابلیت همکاری

نوع داده	پارامترهای مورد سنجش	دامنه داده‌ها										
		CORBA					OPC UA					
		min	max	std	میانگین	تعداد	min	max	std	میانگین	تعداد	
Interoperability	Platform independent	40	3	5	4	4	4.050	5.1042	5	5	4.700	571
	Manufacturer-independent	40	3	5	4	4	4.100	4.4721	5	5	4.700	571
	Programming Language independent	40	3	5	4	3	3.250	4.4426	5	5	4.700	571
	Chip layer implementation	40	2	5	3	3	3.100	6.4072	3	3	3.700	464
	Horizontal and vertical communication	40	2	5	4	3	3.350	4.8936	4	4	3.850	745
	Transport method-independent	40	3	5	4	4	3.650	5.0714	5	4.5	4.350	745
												16

۳ | نتایج حاصل از آزمون‌های Kolmogorov-Smirnov و Shapiro-Wilk

پهنه‌های آزمون	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	مقدار آزمون	داده آزادی	P-Value	مقدار آزمون	داده آزادی	P-Value
User authentication	0.308	40	0.000	0.779	40	0.000
User authorization	0.352	40	0.000	0.741	40	0.000
Data integrity	0.373	40	0.000	0.718	40	0.000
Privacy	0.315	40	0.000	0.820	40	0.000
Security Audit	0.382	40	0.000	0.688	40	0.000
Non-serial	0.343	40	0.000	0.704	40	0.000
Platform-independent	0.290	40	0.000	0.754	40	0.000
Manufacturer-independent	0.331	40	0.000	0.716	40	0.000
Programming Language-independent	0.256	40	0.000	0.718	40	0.000
Chip layer implementation	0.339	40	0.000	0.809	40	0.000
Horizontal and vertical communication across all layers	0.274	40	0.000	0.814	40	0.000
Transport method-independent	0.223	40	0.000	0.811	40	0.000

همانندی دو نمونه‌ی وابسته با مقیاس رتبه‌ای به کار می‌رود برای مقایسه‌ی میانگین امتیازات بین دو گروه اطلاعات، انتخاب مناسبی است. آزمون Wilcoxon معادل نامتغیری آزمون تی زوجی است و این فرضیه که میانگین در هر دو گروه مقدار یکسانی دارد بررسی می‌شود. جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون Wilcoxon را نمایش می‌دهد.

بررسی نتایج آزمون Wilcoxon روی داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت میانگین امتیازات شش متغیر مؤلفه‌ی قابلیت همکاری در دو میان‌افزار مورد بررسی، از لحاظ آماری معنادار است. این موضوع نمایانگر عملکرد بهتر قابلیت همکاری در میان‌افزار OPCUA نسبت به CORBA از نظر خبرگان است. همچنین بررسی نتایج آزمون Wilcoxon نشان می‌دهد که فرض آزمون مبنی بر برابری میانگین در تمامی شش متغیر امنیت با احتمال‌های کمتر از

■ **پیاده‌سازی در لایه‌ی تراشه:** با ورود مفاهیم اینترنت اشیا به دنیای کنترل صنعتی و پیشرفت این صنعت به سمت IIOT<sup>۱</sup>، نیاز به برقراری ارتباط در سطح تراشه‌ها نیز وجود دارد.

■ **ارتباط افقی و عمودی:** ارتباط افقی به معنای توانایی برقراری ارتباط در یک سطح است و ارتباط عمودی امکان برقراری ارتباط بین لایه‌های مختلف را برقرار می‌کند.

■ **استقلال از روش انتقال:** یکی دیگر از متغیرهای مهم در سیستم‌های توزیع شده، قابلیت برقراری ارتباطات بدون درنظر گرفتن روش‌های انتقال اطلاعات موجود است.

۲- **مقایسه‌ی میان‌افزارهای CORBA و OPCUA از بُعد امنیت و قابلیت همکاری**

در این بخش دو فن‌آوری میان‌افزار مطرح CORBA و OPCUA از بُعد دو صفت کیفی امنیت و قابلیت همکاری، ارزیابی مقایسه‌ای می‌شوند. بدین منظور ابتدا امکانات و قابلیت‌های فراهم شده در هر یک از این دو میان‌افزار مطالعه و بررسی شده، سپس جهت یافتن توافق جمعی درباره‌ی موضوع مورد نظر با استفاده از روش دلفی، نظرات خبرگان جمع‌آوری گردیده است. هنگامی که با مجموعه‌ای از اطلاعات جمع‌آوری شده مواجهیم سازمان‌دهی و خلاصه‌سازی آنها به شیوه‌ای معنادار، مرتبط، قابل درک و قابل ارزیابی اهمیت ویژه‌ای دارد که بدین منظور می‌توان از آمار توصیفی استفاده کرد. در این تحقیق برای پیاده‌سازی آمار توصیفی نرم‌افزار SPSS به کار رفته است.

در جدول ۱- آمار توصیفی برای متغیرهای امنیت و در جدول ۲- آمار توصیفی برای متغیرهای قابلیت همکاری نشان داده شده‌اند. با نگاهی به این جداول می‌توان گفت میان‌افزار OPCUA در تمامی موارد، میانگین امتیازات بیشتری نسبت به میان‌افزار CORBA دارد. اما این فرض که تفاوت میانگین‌ها معنادار است یا ناشی از خطای تصادفی است باید از نظر آماری بررسی و آزموده شود. جهت انتخاب آزمون آماری مناسب برای تحلیل داده‌ها، ابتدا باید داده‌ها از لحاظ نرمالیتی بررسی گردند که این مهم از طریق آزمون‌های آماری Shapiro-Wilk و Kolmogorov-Smirnov به دست می‌آید. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۳- نشان داده شده است.

نتایج مقدار احتمال حاصل برای تمامی متغیرهای مورد بررسی حکایت از نرمال نبودن داده‌ها دارد. بنابراین آزمون آماری Wilcoxon که از آزمون‌های آماری نامتغیری است و برای ارزیابی

۴ | نتایج آزمون Wilcoxon

مؤلفه‌های مورد بررسی	مقایسه بین میان‌افزار OPCUA و CORBA	Wilcoxon آماره آزمون	P-Value
Security	User Authentication, CORBA-OPC UA	-3.638	0.000
	User Authorization, CORBA-OPC UA	-3.638	0.000
	Data Integrity, CORBA-OPC UA	-2.673	0.008
	Privacy, CORBA-OPC UA	-3.358	0.001
	Security Audit, CORBA-OPC UA	-3.021	0.002
	Non-Denial, CORBA-OPC UA	-3.207	0.001
Interoperability	Platform Independent, CORBA-OPC UA	-3.606	0.000
	Manufacturer-Independent, CORBA-OPC UA	-3.307	0.001
	Programming Lang. Independent, CORBA-OPC UA	-3.832	0.000
	Chip Layer Implementation, CORBA-OPC UA	-2.441	0.015
	Communication Across Layers, CORBA-OPC UA	-2.673	0.008
	Transport Method-Independent, CORBA-OPC UA	-2.952	0.003

۵ | ضرایب اهمیت نرمال شده برای هر یک از متغیرها

مؤلفه‌های مورد بررسی	متغیرهای مقایسه	ضرایب اهمیت
Security	User Authentication, CORBA-OPCUA	0.999999
	User Authorization, CORBA-OPCUA	0.978723
	Data Integrity, CORBA-OPCUA	0.851064
	Privacy, CORBA-OPCUA	0.893617
	Security Audit, CORBA-OPCUA	0.638298
	Non-Denial, CORBA-OPCUA	0.595745
Interoperability	Platform-Independent, CORBA-OPC UA	0.87234
	Manufacturer-Independent, CORBA-OPCUA	0.914894
	Programming Lang. Independent, CORBA-OPCUA	0.87234
	Chip Layer Implementation CORBA-OPC UA	0.000001
	Communication Across All Layers CORBA-OPC UA	0.404255
	Transport Method-Independent CORBA-OPCUA	0.893617

از مجموع متغیرهای احراز هویت، مجوز و کنترل دسترسی، یکپارچگی داده، حریم خصوصی، ممیزی امنیت و عدم انکار با در نظر گرفتن ضرایب اهمیت هر یک از آنها حاصل می‌شود) در OPCUA بهتر از CORBA فراهم می‌گردد. همچنین نتیجه می‌شود که از نظر پاسخ دهندگان میان افزار OPCUA در شاخص قابلیت همکاری نیز از لحاظ استقلال از پلت فرم، استقلال از سازنده، استقلال از زبان برنامه نویسی، پیاده سازی در لایه تراشه، استقلال از روش انتقال و ارتباط افقی و عمودی نسبت به میان افزار CORBA وضعیت مناسب تری دارد.

شکل-۱ تفاوت میانگین رتبه برای شاخص های امنیت و شکل-۲ تفاوت میانگین رتبه برای شاخص های قابلیت همکاری را با اعمال ضرایب اهمیت متغیرهای آنها نشان می‌دهد.

#### نتیجه گیری

با در نظر گرفتن چشم اندازهای صنعت نفت و گاز و تحولات فن آوری های IT وارد شده به صنعت اتوماسیون از جمله IIOT، دستیابی به سیستم جامع SCADA بومی در سطح صنعت، نیازمند برقراری ارتباط میان سیستم های متنوع و گوناگون نرم افزاری و سخت افزاری از طریق اینترنت، همزمان با حفظ امنیت اطلاعات و سیستم ها حائز اهمیت فراوانی است. با توجه به لزوم استفاده از میان افزارها در نسل های جدید سیستم های SCADA، بررسی اثر استفاده از دو گروه از فن آوری های میان افزار پر کاربرد OPCUA و CORBA بر قابلیت های غیر کارکردی امنیت و قابلیت همکاری که در حوزه نفت و گاز اولویت فراوانی دارند، نقش بسیار مهمی در ارائه راهکار و انتخاب فن آوری مناسب با ضریب اطمینان بیشتر دارد. بدین منظور ابتدا متغیرهای اثرگذار بر هر یک از صفات کیفی نام برده، تعیین و این متغیرها در هر یک از میان افزارهای مذکور مطالعه شدند، سپس جهت جمع آوری نظر خبرگان برای ارزیابی صحت فرضیهی مطرح شده از روش دلفی استفاده گردید. در ادامه آزمون نامتغیری Wilcoxon جهت تحلیل داده های جمع آوری شده به کار رفت. نتایج تحلیل ها نشان می دهند که با توجه به ضریب اهمیت شاخص های امنیت و قابلیت همکاری، دستیابی به هر یک از متغیرهای مطرح شده برای آنها توسط OPCUA، تا حد قابل ملاحظه ای بیشتر از CORBA است. این موضوع نشان می دهد ارجحیت فن آوری میان افزار OPCUA در سیستم های SCADA در حوزه نفت و گاز نسبت به میان افزار CORBA جهت نیل به اهداف مدیران ارشد سازمان ها و اثبات فرضیهی مطرح شده در این تحقیق است. ■

۰/۰۵ رد شده و در نتیجه از نظر خبرگان، صفت کیفی امنیت با متغیرهای مذکور در میان افزار OPCUA نسبت به میان افزار CORBA عملکرد بهتری دارد.

جهت نتیجه گیری دقیق تر و مطمئن تر در مورد بررسی و مقایسه ی دو فن آوری میان افزار CORBA و OPCUA از لحاظ شاخص های امنیت و قابلیت همکاری، باید ضریب اهمیت هر یک از متغیرها لحاظ گردد بدین منظور میانگین نرمال شده ی امتیازات پاسخ دهندگان بر مبنای ارزش گذاری طیف لیکرت، به عنوان ضریب اهمیت آن متغیر محاسبه گردید. مقادیر ضرایب اهمیت نرمال شده برای هر یک از متغیرهای صفات کیفی مطرح شده در جدول-۵ نشان داده شده اند.

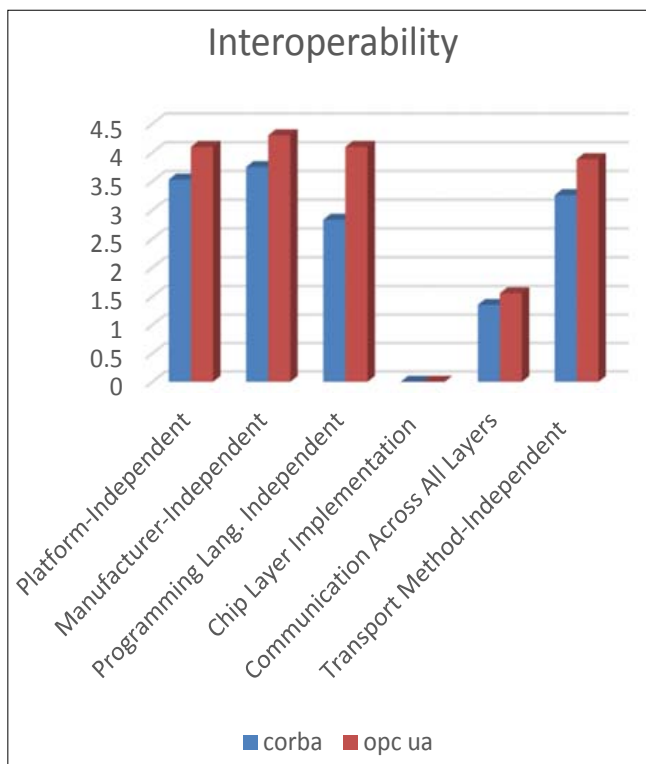
در مرحله ی بعد هر شاخص از نظر تفاوت میانگین امتیازات با در نظر گرفتن ضریب اهمیت هر یک از متغیرهای آن مقایسه و تحلیل شد. در جدول-۶ نتایج حاصل از امتیازات شاخص ها با اعمال ضرایب اهمیت هر کدام از متغیرها نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود میانگین امتیازات برای هر یک از شاخص های امنیت و قابلیت همکاری با در نظر گرفتن ضریب اهمیت هر یک از متغیرهای آنها، در میان افزار OPCUA بیشتر از میان افزار CORBA است. جهت حصول اطمینان بیشتر و افزایش اعتبار نتایج حاصل، دوباره آزمون Wilcoxon روی داده های جدید اعمال گردید که نتایج این آزمون در جدول-۷ نشان داده شده است. بنابراین با بررسی جدول نتایج آزمون Wilcoxon می توان نتیجه گرفت شاخص امنیت (که

۶ | میانگین امتیازات شاخص ها با اعمال ضرایب اهمیت متغیرها

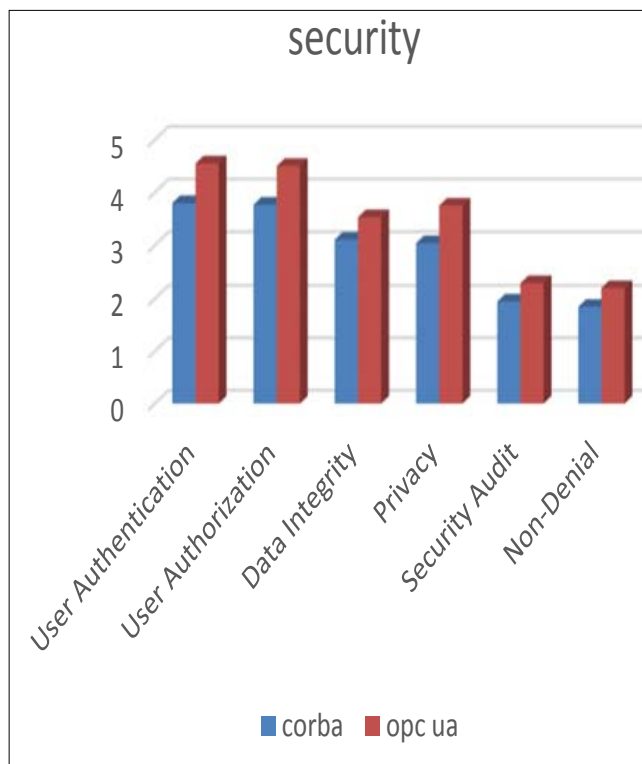
شاخص ها	میان افزارهای مورد بررسی	تعداد	میانگین	انحراف معیار	واریانس
Security	Security of CORBA	6	2.9177	0.85337	0.728
	Security of OPC UA	6	3.4732	1.02875	1.058
Interoperability	Interoperability of CORBA	6	2.4559	1.47473	2.175
	Interoperability of OPC UA	6	2.9907	1.78765	3.196

۷ | نتایج مرحله ی دوم آزمون Wilcoxon

	Security of OPCUA & Security of CORBA	Interoperability of OPCUA & Interoperability of CORBA
Z - آماره ی آزمون	-2.2019	-2.2010
P-Value	0.02889	0.02802



۲ | مقایسه‌ی میانگین رتبه‌ها برای شاخص‌های قابلیت همکاری



۱ | مقایسه‌ی میانگین رتبه‌ها برای شاخص‌های امنیت

### پانویس‌ها

1. b.vaziri@iauctb.ac.ir
2. r\_nasiri@iauctb.ac.ir
3. User authentication
4. User authorization
5. Data integrity
6. Privacy
7. Security Audit
8. Non-Denial
9. Portable
10. Industrial Internet of Things

### منابع

- [1] Dominguez, D.&et al, 2011, 'Experience Building Non-Functional Requirement Models of a Complex Industrial Architecture', 2nd ACM/SPEC International Conference on Performance engineering, Germany.
- [2] Lojka, T. &et al, 2014, 'Service oriented architecture for remote machine control in ICS', IEEE 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Slovakia.
- [3] Butta, R., 2015, 'An Overview of Oil Drilling and Production Monitoring System using SCADA Automation in Oil and Natural Gas Corporation Ltd.', IEEE International Conference of EESCO, India.
- [4] Stoian, I.&et al, 2010, 'Federative SCADA Consideration', IEEE International Conference on AQTR, Romania.
- [5] Cavalieri, S.&et al, 2010, 'Evaluating Impact of Security on OPC UA Performance', IEEE HSI, Poland.
- [6] Subramanian, N., 2008, 'Improving Security of Oil Pipeline SCADA Systems Using Service-Oriented Architectures', Springer, on the Move to Meaningful Internet Systems: OTM, Berlin.
- [7] Gaitan, N. C.&et al, 2010, 'Middleware Based Model of Heterogeneous Systems for SCADA Distributed Applications', 10th International Conference on Development and Application Systems, Romania.
- [8] Ungurean, I.&et al, 2014, 'Transparent Interaction of SCADA Systems Developed over Different Technologies', 18th International Conference on System Theory, Control and Computing, Romania.
- [9] Lipnickas, A.&et al, 2009, 'Interoperability of SCADA System Applications with Web Services', IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, Italy.
- [10] Schilberg, D.&et al, 2016, 'Interoperability in Smart Automation of Cyber Physical Systems', Springer Industrial Internet of Things, Cham.
- [11] Cavalieri, S.&Regalbuto, A., 2015, 'Integration of IEC 61850 SCL and OPC UA to improve interoperability in Smart Grid environment', ELSEVIER Computer Standards & Interfaces.
- [12] www.omg.org
- [13] https://opcfoundation.org