Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Developing a Framework to Determine Appropriate Methodologies of Operations Research for System Architecting

Mohammad Abooyee Ardakan
*Corresponding author, Associate Prof., Department of Public Administration, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: abooyee@ut.ac.ir

Mohammad Reza Mehregan
Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mehregan@ut.ac.ir

Ali Moeini
Prof., Department of Engineering Sciences, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: moeini@ut.ac.ir

Mehdi Shami Zanjani
Associate Prof., Department of Information Technology Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: shamizanjani@ut.ac.ir

Mitra Fahimi
Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mfahimi@ut.ac.ir

Abstract

Objective: System architecting as an approach to manage complexity includes four classical methods. However, there are no specific and accepted instruments and techniques and, in total, there is no process to create architecture for modern systems. Therefore, this research aims to determine the methodologies of the operations research field for system architecting.

Methods: Systems architecting was considered as a problem, according to the definition in the field of operations research. Then, dimensions / variables and values / conditions related to the system architecting were defined based on the general comprehensive morphological analysis- as one of the methodologies of the soft operations research. The primary morphological field was defined based on theoretical foundations of system architecting by the researcher. Then, the ultimate morphological field was finalized and confirmed through semi-structured interviews with the system architecting experts and using thematic analysis. Finally, the morphology model was modeled with the help and support of the Swedish Morphological center.

Results: After testing the model through the Carma software; cross-consistency assessment matrix was completed based on theoretical foundations of system architecting and operations research and was submitted to the Swedish Morphological center. The

model was finalized in the seventh round. And then, different configurations / scenarios of the various types of system architecting situations were defined using Carma software.

Conclusion: According to the morphological results, the soft system methodology (SSM) has the greatest potential for system architecting.

Keywords: System architecting, Methodoligies of operations research, General morphological analysis.

Citation: Abooyee Ardakan, M., Mehregan, M.R., Moeini, A., Shami Zanjani, M., & Fahimi, M. (2019). Developing a Framework to Determine Appropriate Methodologies of Operations Research for System Architecting. *Industrial Management Journal,* 11(2), 207- 232. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2019, Vol. 11, No.2, pp. 207-232

DOI: 10.22059/imj.2019.266782.1007497

Received: September 11, 2018; Accepted: February 02, 2019

© Faculty of Management, University of Tehran

مدیریت صنعتی
شاپا چـــاپـــی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

طراحی چارچوبی برای تعیین روش‌شناسی‌های مناسب تحقیق در عملیات به‌منظور معماری‌سازی سیستم

محمد ابویی اردکان
* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: abooyee@ut.ac.ir

محمدرضا مهرگان
استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mehregan@ut.ac.ir

علی معینی
استاد، گروه علوم مهندسی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: moeini@ut.ac.ir

مهدی شامی زنجانی
دانشیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shamizanjani@ut.ac.ir

میترا فهیمی
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mfahimi@ut.ac.ir

چکیده

هدف: معماری‌سازی سیستم به‌عنوان رویکردی برای مدیریت پیچیدگی، چهار روش کلاسیک را دربردارد. با وجود این، ابزار و تکنیک‌های مشخص و پذیرفته‌شده و در مجموع فرایندی برای ایجاد معماری سیستم‌های نوین وجود ندارد. از این رو، هدف از این پژوهش مشخص‌کردن روش‌شناسی‌هایی از حوزه تحقیق در عملیات برای معماری‌سازی سیستم است.

روش: معماری‌سازی سیستم‌ها طبق تعاریف در حوزه تحقیق در عملیات، به‌عنوان یک مسئله در نظر گرفته شد. سپس بر اساس روش‌شناسی تحلیل جامع ریخت‌شناسی که یکی از روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم است، ابعاد/ متغیرها و ارزش‌های/ شرایط مربوط به معماری‌سازی سیستم‌ها تعریف شدند. زمینه ریخت‌شناسی اولیه توسط پژوهشگر و مبتنی بر مبانی نظری معماری‌سازی سیستم تعریف شد. در ادامه، از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه معماری‌سازی سیستم و استفاده از تحلیل تم، زمینه ریخت‌شناسی نهایی به تأیید رسید. در نهایت مدل ریخت‌شناسی با کمک و همراهی مرکز ریخت‌شناسی سوئد مدل‌سازی شد.

یافته‌ها: پس از ارسال مدل به‌کمک نرم‌افزار Carma، ماتریس ارزیابی سازگاری متقاطع بر اساس مبانی نظری معماری‌سازی سیستم و تحقیق در عملیات تکمیل و در اختیار مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد قرار گرفت. مدل در دور هفتم نهایی شد. پس از آن، پیکربندی‌ها/ سناریوهای گوناگون از انواع وضعیت معماری‌سازی سیستم‌ها با استفاده از نرم‌افزار Carma تعریف شد.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج ریخت‌شناسی، روش‌شناسی سیستمی نرم (SSM) بیشترین قابلیت را برای معماری‌سازی سیستم‌ها دارد.

کلیدواژه‌ها: معماری‌سازی سیستم، روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات، تحلیل جامع ریخت‌شناسی.

استناد: ابویی اردکان، محمد؛ مهرگان، محمدرضا؛ معینی، علی؛ شامی زنجانی، مهدی؛ فهیمی، میترا (۱۳۹۸). طراحی چارچوبی برای تعیین روش‌شناسی‌های مناسب تحقیق در عملیات به‌منظور معماری‌سازی سیستم. *مدیریت صنعتی*، ۱۱(۲)، ۲۰۷- ۲۳۲.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۸، دوره ۱۱، شماره ۲، صص. ۲۰۷- ۲۳۲
DOI: 10.22059/imj.2019.266782.1007497
دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

عدم اطمینان جزئی از محیط پیرامون ماست و به نظر می‌رسد کنترل کامل بر رویدادها برای دستیابی به اطمینان ناممکن است (پید[1]، ۲۰۰۳: ۴). به نظر می‌رسد، دلیل اصلی این بی‌اطمینان‌ها پیچیدگی است، از این رو، طی دهه‌های گذشته توجه به مفهوم پیچیدگی و سیستم‌های پیچیده، بسیار افزایش یافته است. مشخص است که سیستم‌های پیچیده در قیاس با سیستم‌های ساده، چالش‌های فنی و مدیریتی بسیاری دارند که برای موفقیت این سیستم‌ها، به الگوها، روش‌شناسی‌ها و تکنیک‌های فکری و قدرتمندتری نیاز است (ایزنر[2]، ۲۰۰۵: ۱۷ و ۱۸).

معماری و معماری‌سازی سیستم[3]، رویکرد غالب برای مدیریت و کاهش پیچیدگی است. معماری‌سازی برآمده از پیچیدگی سیستم است و اصولاً در پاسخ به مسئله‌های پیچیده‌ای به‌وجود آمده که با استفاده از قوانین و رویه‌های از پیش تعیین‌شده حل‌شدنی نبودند (رکتین[4]، ۱۹۹۹). با وجود روش‌های معماری کلاسیک، اجماعی در خصوص تعیین ابزارها و تکنیک‌های کاربردی برای معماری‌سازی وجود ندارد و در سطح کلان‌تر، فرایندی برای توسعه معماری‌سازی سیستم پیشنهاد نشده است (والین[5]، ۲۰۱۱).

همچنین، دلایل دیگر برای اجرای پژوهش به‌منظور ایجاد و طراحی فرایند معماری‌سازی، نخست اهمیت و توجه به معماری در سطح سازمان به‌معنای عامو پس از آن، در سطح معماری و زیرساخت در رویکرد سرویس‌گرایی، به‌عنوان رویکرد غالب طراحی معماری (گاندرسُن[6]، ۲۰۰۸)، کُند و فرسایشی‌بودن فرایند معماری با استفاده از روال‌های معمول (رمضان قمی، ۱۳۸۵)، نیاز به شناسایی ذی‌نفعان به‌منظور موفقیت معماری طراحی‌شده (جمشیدی فر، خیامی و موسوی، ۱۳۹۶)، نیاز به شناسایی و طبقه‌بندی خدمات/ سرویس‌ها برای موفقیت معماری طراحی‌شده (فتاحی، مردوخی، رستم‌پور، مباشری و صیادی، ۱۳۹۶)، نیاز به مشارکت حداکثری ذی‌نفعان در طراحی معماری (کشفی، ۱۳۹۶)، وابستگی انجام معماری به چارچوب‌های موجود و ضرورت انتخاب چارچوب برای طراحی فرایند معماری (محترمی، ۱۳۹۶) و طراحی معماری برای پاسخ‌گویی به تعامل‌پذیری سازمان‌ها (تفقدی جامی و برادران هروی، ۱۳۹۶) است.

بنابراین در این پژوهش تلاش شد که با استفاده از رویکردهای تحقیق در عملیات، فرایندی برای معماری‌سازی طراحی شود؛ زیرا تحقیق در عملیات همواره به‌عنوان رویکردی برای حل مسئله، یادگیری و کمک به بهبود تصمیم‌گیری به‌کار گرفته شده است (پید، ۲۰۰۴: ۸). تحقیق در عملیات از حوزه‌های غنی پژوهشی است که روش‌شناسی‌های گوناگون و مبتنی بر چهار پارادایم فلسفی (پوزیتیویسم، تفسیری، انتقادی، و پست‌مدرن) را شامل می‌شود. طبق سلسله‌مراتب واژگان تحقیق در عملیات که روزنهید[7] (۱۹۸۹) و ادن[8] (۱۹۹۰) مطرح کرده‌اند، تحقیق در عملیات در چهار سطح بررسی می‌شود: پارادایم، روش‌شناسی، تکنیک و ابزار. پارادایم، مجموعهٔ کلی از مفروضات فلسفی است که ماهیت شدنی پژوهش و مداخله را تعریف می‌کند، مانند تحقیق در عملیات نرم. روش‌شناسی، مجموعه‌ای ساختاریافته از دستورالعمل‌ها یا

1. Pidd
2. Eisner
۳. معماری‌سازی (architecting) مصدر معماری (architecture) است. این واژگان با توجه به تعاریف موجود در کتاب رکتین و مایر به این صورت ترجمه شده است.
4. Rechtin
5. Wallin
6. Gunderson
7. Rosenhead
8. Eden

کنش‌هاست که به افراد در اجرای پژوهش یا مداخله کمک می‌کند، مانند روش‌شناسی سیستمی نرم. تکنیک، کنش مشخصی است که هدف روشن و خوب تعریف شده‌ای در بستر و زمینهٔ یک روش‌شناسی دارد، مانند تکنیک تعاریف ریشه‌ای یا مدل‌های مفهومی در روش‌شناسی سیستمی نرم و در نهایت ابزار وجود دارد که نوعی مصنوع است، مانند نرم‌افزارهای کامپیوتری (مینگرز و بروکلسبی[1]، ۱۹۹۷).

قابلیت به‌کارگیری تحقیق در عملیات برای معماری‌سازی سیستم، در مطالعات پیشین و از لحاظ بنیان‌های فلسفی و در سطح پارادایم بررسی و تأیید شده است. طبق مطالعه موجود، تحقیق در عملیات، چه از نوع سخت یا نرم یا انتقادی، توانایی طراحی فرایند معماری‌سازی سیستم را با توجه به مبانی نظری حوزه معماری دارد و تحقیق در عملیات پست‌مدرن فاقد این توانایی است (فهیمی، مهرگان و ابویی اردکان، ۱۳۹۷).

بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی معماری‌سازی سیستم‌ها در قالب مسئله پیچیده و تعیین شرایط و زمینه‌ای به‌منظور تعیین روش‌شناسی‌های مناسب تحقیق در عملیات به‌عنوان ابزارهای حل مسئله است. به بیان دیگر، معماری‌سازی سیستم به‌علت پیچیدگی بیش از حد، به‌صورت مسئله در نظر گرفته شده تا از طریق تطبیق آن با انواع مسئله‌های تحقیق در عملیات، روش‌شناسی‌های مناسب برای تحقیق در عملیات شناسایی شود. به بیان دیگر، در این پژوهش به دو سؤال اصلی زیر پاسخ داده خواهد شد:

۱. با توجه به پیچیدگی بیش از حد معماری‌سازی سیستم، چه پارامترها/ متغیرهایی می‌توانند این فرایند و پدیده را توصیف کنند؟
۲. با توجه به متغیرهای این موقعیت مسئله، کدام یک از روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات می‌تواند برای معماری‌سازی به‌کارگرفته شوند؟

بدین ترتیب از روش‌شناسی تحلیل جامع ریخت‌شناسی برای بررسی موقعیت معماری‌سازی سیستم؛ ایجاد سناریوهای گوناگون و در نهایت تعیین روش‌شناسی‌های مناسب تحقیق در عملیات با هر سناریو استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

معماری/معماری‌سازی سیستم

معماری/ معماری‌سازی یکی از رویکردهای مواجهه با پیچیدگی و ابزاری برای حل مسائل به حساب می‌آید. برای معماری/ معماری‌سازی سیستم تعریفی دیکشنری Webster، IEEE، OMG MDA، INCOSE SAWG[2]، MIL-STD-498، Perry-Garlan، Maier's tongue-in-cheek rule of thumb، Maier and Rechtin و IEEE architecture working group (AWG) وجود دارد که از میان تعاریف ارائه شده، تعریف رکتین یکی از جامع‌ترین تعاریف معماری‌سازی سیستم است:

«معماری‌سازی، برنامه‌ریزی و ساخت ساختارهاست» (رکتین، ۱۹۹۹: xiii).

به اعتقاد مایر و رکتین، معماری پاسخی است برای پیچیدگی که با خاصیتی نرم‌تر و متفاوت از مهندسی به سیستم

1. Mingers and Brocklesby
2. The International Council on Systems Engineering (INCOSE) Systems Architecture Working Group (SAWG)

و اصولاً مسئله نگاه می‌کند. برخی معتقدند مهندسی جزئی از معماری است و برخی دیگر معماری را قلب و عضوی از مهندسی سیستم می‌دانند (هاسکین، فورسبرگ و کروئگر[1]، ۲۰۰۷: ۱/ ۲؛ دیکرسون و ماوریس[2]، ۲۰۱۰: ۳۰-۳۱؛ رکتین، ۱۹۹۹: ۱۱-۱۳؛ مایر و رکتین[3]، ۲۰۰۹: ۵-۶؛ ایزنر، ۲۰۰۵: ۱۴-۱۶).

در معماری/معماری‌سازی سیستم، چهار روش به‌عنوان روش‌های معماری کلاسیک معرفی شده‌اند: هنجاری (اصولی)، عقلایی/ رویه‌ای، مشارکتی/ استدلالی و ابتکاری. تکنیک هنجاری مبتنی بر حل است؛ این روش تجویزی معماری دربارهٔ «بایدها» است. بنابراین در این روش باید از قواعد پیروی کرد و طبق تعریف به موفقیت دست یافت. محدودیت‌های روش هنجاری از جمله احتیاج به تغییر نیازها، ارجحیت‌ها یا محیط، به پیدایش روش عقلایی منجر شد: پیروی از اصول ریاضی و علمی برای دستیابی به راه‌حل مسئله. این روش‌شناسی، مبتنی بر روش یا قاعده است. روش‌شناسی‌های هنجاری و عقلایی، هر دو تحلیلی، قیاسی و مبتنی بر تجربه‌اند، به‌سادگی تأیید می‌شوند، به‌خوبی درک شده و به‌صورت گسترده در حوزهٔ صنعت و دانشگاه بررسی شده‌اند. روش‌شناسی مشارکتی پیچیدگی‌های ایجاد شده توسط ذی‌نفعان متعدد را بررسی می‌کند و هدف آن توافق و وفاق عمومی است؛ اما روش‌شناسی ابتکاری مبتنی بر عقل سلیم است، یعنی چه چیزی با توجه به زمینه و بستر موجود، معقول است (رکتین، ۱۹۹۹: ۱۸-۱۴؛ مایر و رکتین، ۲۰۰۹: ۱-۲). اما این روش‌ها برای معماری سیستم‌های مدرن، به‌علت نیاز به تمرکز بر رویکردهای سیستمی، هدف‌محور بودن، مدل‌سازی، فراکیفیت، تأیید و بینش‌ها و حوزه‌های جدید در معماری‌سازی سیستم‌ها به‌علت پیچیدگی بیشتر و نیاز به ایجاد دانش و بینش جدید، پاسخ‌گو نیستند (مایر و رکتین، ۲۰۰۹: ۸-۱۸، ۴۳، ۵۷، ۸۷، ۱۲۵، ۱۴۷، ۱۹۵). از طرفی معماری‌سازی به ترکیبی از روش‌های سخت/ مهندسی و نرم/ هنر معماری نیازمند است. مرحله اول معماری کلاسیک مربوط به ساختاردهی ترکیبی ساختارنیافته از شرایط و موقعیت‌های سیستم، بعد از آن مرحله یکپارچگی و میانجی‌گری میان زیرسیستم‌ها و رابط‌ها و در نهایت، مرحله تأیید سیستم است. بر این اساس نیاز به استفاده از روش‌های نرم و بعد سخت/ مهندسی و در نهایت ترکیبی از آن دو وجود دارد (مایر و رکتین، ۲۰۰۹: ۳). هرچند، استفاده‌نکردن از صفات و ویژگی‌های کیفی در معماری نیز، به‌عنوان نقصان بزرگ معماری‌های طراحی شده در مبانی نظری مطرح شده است (عموجی و فطانت، ۱۳۹۶) و از طرف دیگر، چگونگی این ترکیب و معماری‌سازی در هیچ منبعی وجود ندارد. بنابراین هدف از این پژوهش، طراحی این معماری‌سازی با توجه به ویژگی‌های بستر مسائل موجود در معماری‌سازی سیستم و کفایت‌نکردن روش‌های موجود در معماری برای معماری‌سازی انواع سیستم است. از این رو روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات که مبتنی بر چهار پارادایم فلسفی هستند و ویژگی‌های متنوعی را پوشش می‌دهند، می‌توانند برای معماری‌سازی استفاده شوند. با توجه به مطالب بیان شده، در بخش بعدی به معرفی رویکردهای تحقیق در عملیات و سهم آنها در معماری‌سازی سیستم پرداخته شده است.

تحقیق در عملیات و نقش آن در معماری‌سازی سیستم

اصل و ریشه مدل‌ها و تکنیک‌های تحقیق در عملیات به جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۴۱ (اواخر دهه ۳۰) و در انگلستان

1. Haskins, Forsberg and Krueger
2. Dickerson and Mavris
3. Maier & Rechtin

می‌رسد، روندی که به شکل‌گیری تحقیق در عملیات سخت منجر شد. به‌صورت خلاصه می‌توان گفت، هدف از تحقیق در عملیات سخت، کمک به تصمیم‌گیری افراد برای دستیابی به اهداف مشخص و در واقع حل مسئله رسیدن به جواب بهینه با استفاده از داده‌های کمی ـ قطعی یا دارای عدم اطمینان ـ است (راویندران[1]، ۲۰۰۹؛ روزنهد و تانهارست[2]، ۱۹۸۲؛ گاس و اسد[3]، ۲۰۰۵؛ پاکار-کاسرس[4]، ۲۰۱۰).

بر اساس مفهوم علم نرمال، علم انقلابی و تغییر پارادایم توماس کوهن (شیخ رضایی، و کرباسی‌زاده، ۱۳۹۱: ۱۱۷-۱۱۸)، این وضعیت برای تحقیق در عملیات نیز رخ داد. جایی که به‌علت مشکلات و کمبودهای روش‌شناسی‌های مربوط به تحقیق در عملیات سخت، زمینه برای ارائه روش‌شناسی‌های جدید و مبتنی بر پارادایم فلسفی جدید، یعنی تفسیری ایجاد شد. در این نوع از تحقیق در عملیات، اصولاً نوع و ماهیت مسئله، هدف از به‌کارگیری آن، فضای راه‌حل‌ها، نقش ذی‌نفعان، مدل، نوع اعتبارسنجی، نوع مهارت‌های لازم و بسیاری از عوامل دیگر با تحقیق در عملیات سخت تفاوت دارد (پید، ۲۰۰۳: ۲۳؛ فارستر[5]، ۲۰۰۶؛ ریچی[6]، ۲۰۱۳؛ مینگرز، ۲۰۱۱؛ مُنرو[7] و مینگرز، ۲۰۰۲؛ دالنباخ و مک‌نیکل[8]، ۲۰۰۵: ۱۱۳، ۱۷۲). تحقیق در عملیات نرم، برخلاف تحقیق در عملیات سخت، عمدتاً دربرگیرنده روش‌شناسی‌های کیفی، عقلایی و عینی برای تفسیر، تعریف و کشف دیدگاه‌های مختلف در سازمان و مسائل آن، از جمله مسائل راهبردی سازمان است که با به‌کارگیری یک یا مجموعه‌ای از این روش‌شناسی‌ها، مسائل آشفته را ساختاردهی می‌کند (آذر و معزز، ۱۳۹۳؛ حسین‌زاده، مهرگان و امیری، ۱۳۹۵؛ حسین‌زاده و کاظمی، ۱۳۹۶). به‌صورت خلاصه می‌توان گفت، هدف از تحقیق در عملیات نرم، کمک به یادگیری افراد از طریق بررسی موقعیت مسئله و مشارکت کلیه ذی‌نفعان برای دستیابی به اهداف نامشخص یا رسیدن به جواب رضایت‌بخش با استفاده از داده‌های کیفی است. برخلاف تحقیق در عملیات سخت که هدف از آن کمک به تصمیم‌گیری افراد برای دستیابی به اهداف مشخص و در واقع حل مسئله یا رسیدن به جواب بهینه با استفاده از داده‌های کمی یا قطعی و دارای عدم اطمینان است.

پس از این دو رویکرد، رویکردهای انتقادی (۱۹۸۰-۱۹۹۰) و پست مدرن (۲۰۰۰ به بعد) نیز ظهور یافتند. پژوهشگران پیرو مکتب مارکسیست از جمله هالس[9] (۱۹۷۴)، مایکل جکسون[10] و رابرت فلود[11] در اوایل دهه ۱۹۸۰ در انگلستان و پژوهشگران دیگر، به‌علت ناتوانی در مواجهه با ادراک‌های چندگانه از واقعیت، دشواری در برخورد با پیچیدگی زیاد، محافظه‌کاری درونی، تأکید بیش از حد به ریاضیات و مدل‌های ریاضی و خوش‌بینانه فرض‌کردن تصور افراد برای دستیابی به توافق در موقعیت‌های مسئله پیچیده و در موقعیت‌هایی با تعارض‌های بنیادین میان گروه‌ها از طریق گفت‌وگو، از هر دو رویکرد سخت و نرم انتقاد کردند و زمینه را برای بروز رویکردی دیگر به نام تحقیق در عملیات انتقادی (رهایی‌بخش)/ تفکر سیستمی انتقادی فراهم آوردند. به اعتقاد جکسون، تفکر سیستمی رهایی‌بخش در شناسایی تضادهای میان سیستم‌های اجتماعی، وجود تعارض‌ها و تسلط برخی از گروه‌ها بر دیگران، تخصص دارد و هدف آن ارتقای تغییرات بنیادی و رها کردن اکثریت محروم‌شدگان است (پاکار کاسرس، ۲۰۱۰؛ جکسون، ۱۹۹۱؛ جکسون، ۲۰۰۰:

1. Ravindran
2. Thunhurst
3. Gass and Assad
4. Paucar-Caceres
5. Forrester
6. Ritchey
7. Munro
8. Daellenbach and McNickle
9. Hales
10. Jackson
11. Robert Flood

۲۹۵، ۳۳۰؛ جکسون، ۱۹۸۷؛ جکسون، ۱۹۹۱: ۱۸۳، ۱۹۸). هرچند طبق مطالعات انجام شده، تأکید بر استفاده از روش‌شناسی‌های چندگانه تحقیق در عملیات برای مواجهه با مسائل و حل آنهاست (محقر، انصاری، صادقی مقدم و میرکاظمی مود، ۱۳۹۷).

بنابراین، تحقیق در عملیات همواره به‌عنوان ابزاری برای حل مسئله یا مواجهه با موقعیتی مسئله‌آمیز استفاده شده است. اما جایگاه و سهم تحقیق در عملیات در معماری‌سازی سیستم‌ها کجا و به چه میزان است؟ با بررسی ۳۲ پژوهش و جست‌وجوی منابع علمی با کلیدواژه‌های معماری‌سازی سیستم و تحقیق در عملیات، به‌عنوان نمونه و با در نظر گرفتن محورهای پژوهشی گوناگون، می‌توان دید از تحقیق در عملیات برای تصمیم‌گیری در بخشی از فرایند معماری یا انتخاب چارچوب‌های معماری استفاده شده است و این یعنی تحقیق در عملیات سخت. جدول ۱ طبقه‌بندی روش‌های استفاده‌شده در تحقیقات این حوزه را نشان می‌دهد.

جدول۱. طبقه‌بندی پژوهش‌ها از نظر استفاده از روش، روش‌شناسی و ابزار در معماری‌سازی یا بخشی از فرایند معماری

پژوهش	استفاده از روش‌شناسی، روش و ابزار در معماری یا بخشی از فرایند معماری	
	در حوزه تحقیق در عملیات	سایر
اسوانبرگ، ولین، لانبرگ و ماتسُن[1]، ۲۰۰۳	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	-
ژوو، آرُم، گرتون، و جفری[2]، ۲۰۰۵	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	-
دیویدسُن، جانسُن[3] و اسوانبرگ، ۲۰۰۶	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	-
لی، چوی، لی و کانگ[4]، ۲۰۰۶	-	تحلیل مشترک
رِدی، نایدو، و گاویندارجولا[5]، ۲۰۰۷	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی	-
اَلقمدی[6]، ۲۰۰۹	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	-
بُنما[7]، ۲۰۱۱	-	تریز[8] و فانکی
کلاندر[9]، ۲۰۱۱	-	تریز
رضوی، شمس و بدیع، ۲۰۱۱	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	-
بابو، گاویندراجلو، ردی، کوماری[10]، ۲۰۱۱	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی	-
زندی و توانا، ۲۰۱۲	معیارهای چندگانه گروهی فازی	-
مولر[11]، ۲۰۱۲	مجموعه و اعداد فازی	-
داوندرالینگ و دلاورنتیس[12]، ۲۰۱۳	بهینه‌سازی استوار برتسیماس ـ سیم	-

1. Svahnberg, Wohlin, Lundberg and Mattsson
2. Zhu, Aurum, Gorton and Jeffery
3. Davidsson and Johansson
4. Lee, Chun, Choi, Lee and Kang
5. Reddy, Naidu and Govindarajulu
6. Alghamdi
7. Bonnema
8. TRIZ
9. Kluender
10. Babu, Kumari
11. Muller
12. Davendralingam and DeLaurentis

ادامه جدول ۱

پژوهش	استفاده از روش‌شناسی، روش و ابزار در معماری یا بخشی از فرایند معماری	
	در حوزه تحقیق در عملیات	سایر
وانگ و داگلی[1]، ۲۰۱۳	-	مدل‌سازی جامع (ترکیبی از قابلیت‌های روش‌شناسی فرایند هدف، شبکه پتری رنگی، و مدل ویژگی)
فانگ[2]، دلاورنتیس و داوندرالینگ، ۲۰۱۳	-	شبکه پتری رنگی
لونا، لوپز، تائول، زاپاتا و پیندا[3]، ۲۰۱۳	-	ماتریس طراحی ساختار، تئوری گراف و آزمون ترکیبی/ زوجی
رودانو و جیامارکو[4]، ۲۰۱۳	-	روش‌های صوری
کالاوسکی، جوانو، تیان و فایومی[5]، ۲۰۱۳	-	الگوهای معماری
پاپه[6] و همکاران، ۲۰۱۳	مجموعه و اعضای فازی، الگوریتم ژنتیک	-
لیا، لیانگ، و آوگریو[7]، ۲۰۱۳	-	رویکردهای مبتنی بر دانش
ریچی، فیتزگرالد، روس و رودس[8]، ۲۰۱۴	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی	معماری سیستمی از سیستم‌ها با ویژگی‌های مطلوب چرخه عمر
آگروال، پاپه، کیلیسی ارگین[9] و داگلی، ۲۰۱۴	-	مدل مبتنی بر عامل
علی اکبر گلکار و کروالی[10]، ۲۰۱۴	-	روش دلفی/ تحلیل پاره‌تو
حبیب و کوموتو[11]، ۲۰۱۴	-	مدل‌سازی تابع، رفتار، حالت/ طراحی به کمک کامپیوتر به‌ترتیب برای مدل‌سازی طرح‌ها و محیط
کونور[12]، فرهنگی و داگلی، ۲۰۱۴	الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندتابع هدفه/ الگوریتم ابتکاری	-
آگروال، پاپه و داگلی، ۲۰۱۴	الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات و منطق فازی نوع ۲	-
کوری[13] و داگلی، ۲۰۱۵	الگوریتم ژنتیک با رویکرد چندتابع هدفه	-
هیتومی و سلوا[14]، ۲۰۱۵	-	بهینه‌سازی مبتنی بر سیستم چند عاملی
بولر[15]، ۲۰۱۵	-	چارت کیویات
کونور و داگلی، ۲۰۱۵	تئوری بازی‌ها و بهینه‌سازی چندتابع هدفه	-
وانگ[16] و همکاران، ۲۰۱۶	تئوری بازی‌ها/ برنامه‌ریزی عدد صحیح/ الگوریتم ژنتیک آشیانه‌ای[17]	-
گلشاهی، رستگار، فیض، و زارعی، ۱۳۹۷	روش‌شناسی سیستمی نرم، نگاشت‌شناختی	-

1. Wang and Dagli
2. Fang
3. Luna, Lopes, Tao1, Zapata and Pineda
4. Rodano and Giammarco
5. Kalawsky, Joannou, Tian and Fayoumi
6. Pape
7. Li, Liang, Avgeriou
8. Ricci, Fitzgerald, Ross, Rhodes
9. Agarwal, Kilicay-Ergin
10. Crawley
11. Komoto
12. Konur
13. Curry
14. Hitomi, Selva
15. Buller
16. Wang
17. Nested genetic algorithm

طبق جدول۱ برای معماری‌سازی سیستم، فقط روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت استفاده شده و تنها در یک پژوهش برای مدیریت کشف و شناسایی استعدادهای برتر، روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم به‌کار رفته است که آن را می‌توان جزء معماری‌سازی فرایند شمرد. اما همان طور که اشاره شد، برای رویکردهای تحقیق در عملیات مبتنی بر پارادایم‌های فلسفی متفاوت، روش‌شناسی‌های زیادی وجود دارد که می‌توان از آنها برای معماری‌سازی سیستم بهره برد و چارچوبی جامع برای ارائه به پژوهشگران و متخصصان حوزه معماری‌سازی سیستم طراحی کرد. از این رو، تحلیل جامع ریخت‌شناسی که خود جزء روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم است، به‌عنوان ابزاری برای تحلیل و طراحی این چارچوب به‌کار گرفته شده است.

روش‌شناسی پژوهش

ریخت‌شناسی عموماً به‌عنوان روشی برای ساختاردهی و بررسی مجموعه‌ای تام از روابط موجود در مسائل پیچیدهٔ چندبُعدی و غیرکمی در زمینه‌ها و حوزه‌های مختلف، از جمله توسعه سناریوها به‌کار گرفته می‌شود (ریچی، ۱۹۹۸). در این پژوهش معماری‌سازی سیستم به‌عنوان یک مسئله پیچیده درنظر گرفته شد که نیازمند ساختاردهی بود. از طرف دیگر، نیاز به ایجاد ارتباط میان شرایط گوناگون معماری‌سازی با روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نیز وجود داشت. بنابراین، در این مطالعه از تحلیل ریخت‌شناسی که خود یکی از روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم است، برای تعیین روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات، به‌منظور معماری‌سازی سیستم طبق سناریوهای گوناگون، استفاده شد که از نوع یک‌طرفه است. همچنین به‌منظور تأیید نهایی زمینه ریخت‌شناسی، برای تحلیل مصاحبه‌های صورت‌گرفته، از تحلیل تم استفاده شد.

تحلیل جامع ریخت‌شناسی

تحلیل جامع ریخت‌شناسی[1] برگرفته از کلمه یونان باستان (morphe) و به معنای شکل و فرم است. این روش برای ساختاردهی و بررسی روابط موجود در مسائل پیچیده فیزیکی و اجتماعی و ذهنی که چند بعدی و غیرکمی هستند، توسط فریتز زوییکی[2] طی ۳۰ سال (بین سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۴) توسعه یافت و تقریباً طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ به نرم‌افزار کامپیوتری تبدیل شد (ریچی، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۶).

این رویکرد با شناسایی و تعریف پارامترهای (یا ابعاد) مسئله پیچیده در دست بررسی و پس از آن، تخصیص طیفی از ارزش‌ها/ مقادیر یا شرایط به هر پارامتر ساخته می‌شود. در تحلیل ریخت‌شناسی، به تعریف پارامترها و تخصیص مقادیر به آنها به‌صورت ستونی، زمینه ریخت‌شناختی[3] یا زمینه نوع‌شناسی[4] گفته می‌شود. جعبه ریخت‌شناختی[5] و جعبه زوییکی[6] نیز از طریق مقابل هم قرار دادن پارامترها در یک ماتریس n بعدی ساخته می‌شود (ریچی، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۶).

1. General Morphological Analysis
2. Fritz Zwicky
3. morphological field
4. Typological field
5. morphological box
6. Zwicky box

گام سوم، یعنی سازوکار اصلی تحلیل ریخت‌شناسی، مبتنی بر ارزیابی سازگاری ـ متقاطع (CCA)[1] صورت می‌گیرد. در این گام با استفاده از سه کلید ارزیابی، به کاهش مجموعه ممکن پیکربندی‌ها در فضای مسئله پرداخته می‌شود تا به فضای راه‌حل دست یابیم (ریچی، ۱۹۹۸). در نهایت با انتخاب یک یا تعدادی ورودی، نرم‌افزار موجود خروجی را به پژوهشگر ارائه می‌دهد. باید توجه کرد که در ریخت‌شناسی دو نوع مدل‌سازی وجود دارد که بنا بر نیاز پژوهشگران می‌توان از آنها استفاده کرد: یک طرفه[2] و دو رشته‌ای[3] (ریچی، ۲۰۱۱: ۳۱).

تحلیل تم

تحلیل تم که در پژوهش‌ها اغلب به‌عنوان «تحلیل چارچوب» نیز شناخته می‌شود، روشی برای سازماندهی، توصیف و گاهی تفسیر جنبه‌های گوناگون موضوع، از طریق شناسایی، تحلیل و گزارش الگوهای(تم‌های) درون داده‌هاست. تحلیل تم در زمینه و پژوهش‌های گوناگون به‌کار گرفته می‌شود، اما به نقل از برون و کلارک توافق روشنی درباره اینکه تحلیل تم چیست و چگونه باید آن را انجام داد وجود ندارد. در این مقاله از مراحل پیشنهادی برون و کلارک استفاده شده است. این مراحل عبارت‌اند از (میلر، استرانگ و میلر[4]، ۲۰۱۰: ۷۱؛ برون و کلارک[5]، ۲۰۰۶):

۱. آشنایی با داده
۲. ایجاد کدهای اولیه
۳. جست‌وجو برای تم‌ها
۴. بازبینی تم‌ها
۵. تعریف و نام‌گذاری تم‌ها
۶. تهیهٔ گزارش

یافته‌های پژوهش

در این مرحله پس از مطالعه و بررسی مبانی نظری معماری/ معماری‌سازی سیستم، زمینه ریخت‌شناسی اولیه توسط پژوهشگر ارائه شد. ۱۳ پارامتر/ متغیر به همراه مقادیر/ شرایط آنها برای توصیف معماری‌سازی سیستم تعیین شد. سپس برای تأیید، اصلاح و نهایی‌سازی ریخت‌شناسی معماری‌سازی با خبرگان حوزه معماری سیستم (سازمان، نرم‌افزار، کامپیوتر، فناوری اطلاعات) مصاحبه نیمه‌ساختاریافته‌ای با مطرح‌کردن پنج سؤال زیر صورت گرفت:

۱. معماری سیستم چیست؟
۲. بر اساس انواع سیستم (برای مثال، فنی، اجتماعی، تولیدی...) و ویژگی‌های خاص آنها، مراحل کلی شکل‌گیری یک معماری چیست؟
۳. برای توصیف معماری سیستم به چه جنبه‌هایی باید اشاره کرد؟

1. cross-consistency assessment
2. Simplex
3. Duplex
4. Miller and Strang
5. Braun and Clarke

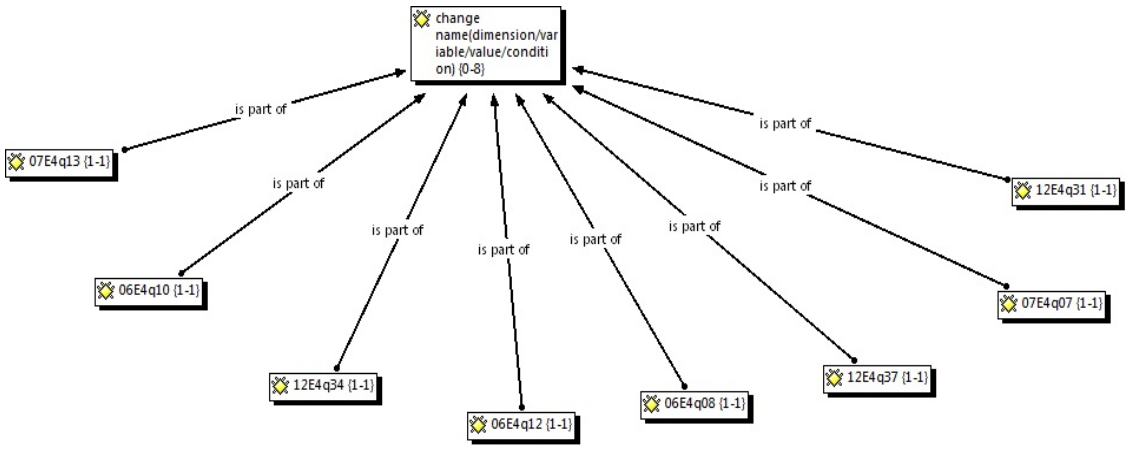
۴. به نظر شما ریخت‌شناسی ارائه شده توسط پژوهشگر تا چه حد وضعیت معماری/معماری‌سازی و شرایط و ویژگی‌های لازم برای یک معماری را به‌خوبی نشان می‌دهد؟

۵. لطفاً پس از بیان صریح نقص‌های موجود در این ریخت‌شناسی، ابعاد لازمی را که باید به آن اضافه شود، ذکر کنید؟

این پنج سؤال برای ۱۳ خبره مطرح شد. مصاحبه‌ها در شماره ۱۳ به اشباع رسیدند. خبرگان این حوزه با مفاهیم معماری سیستم یا سازمان (ترجیحاً سیستم) آشنا بودند. برای انجام مصاحبه از روش نمونه‌گیری هدفمند (قضاوتی) استفاده شد.

سه سؤال اول برای آشنایی مصاحبه‌شونده با فضای موضوع و شناخت دیدگاه‌های موجود به معماری‌سازی در ایران طراحی و مطرح شد. سؤال‌های ۴ و ۵ نیز مختص ماتریس ریخت‌شناسی بوده و برای تأیید و بهبود آن مطرح شدند.

داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها به روش تحلیل تم ارزیابی شدند. در مرحله دوم، کدگذاری‌ها با استفاده از نرم‌افزار Atlas.ti انجام گرفت. در مرحله‌های چهارم و پنجم نیز تم‌ها در نرم‌افزار Atlas.ti بازبینی و نام‌گذاری و در قالب روابط a part of ایجاد شدند. در نهایت ۱۰ تم شناسایی شد: تغییر نام ابعاد/ متغیر/مقادیر/ شرایط؛ حذف ابعاد/ متغیرها؛ تشابه و ادغام ابعاد/ متغیر؛ اصلاح مقادیر/ شرایط ابعاد؛ ترکیب مقادیر/شرایط؛ افزودن ابعاد/ متغیر جدید؛ مؤلفه‌های اصلی برای تعریف معماری/معماری‌سازی سیستم؛ مراحل معماری‌کردن سیستم؛ جنبه‌ها/ ویژگی‌های لازم برای توصیف بستر معماری‌کردن؛ دیدگاه‌ها و نزدیکی دانش پاسخ‌دهندگان به موضوع. پس از آن، تحلیل‌ها برای نهایی‌کردن پارامترهای معماری‌سازی انجام شد. جدول ۲ و شکل ۱ مثالی از یکی از تم‌هاست.



شکل ۱. تغییر نام ابعاد/ متغیر/مقادیر/ شرایط

در این تم، نام ابعاد/متغیرها و مقادیر/شرایطی که تغییر کرده‌اند، در قالب «از ـ به» ارائه شده است.

جدول ۲. بازبینی تغییر نام ابعاد/متغیر/ مقادیر/ شرایط

کد	از	به
06E4q08	«نوع معماری سیستم»	«تمرکز معماری» /«خروجی معماری» / «محوریت معماری»
06E4q10	«نوع فرایند معماری»	«روش معماری»
06E4q12	«نقش افراد و سازمان در فرایند معماری»	«نقش ذی‌نفعان در فرایند معماری»
07E4q07	«جنبه‌ها/ماهیت معماری»	«ماهیت معماری»
07E4q13	«هدف و خروجی به‌کارگیری روش‌شناسی(ها)/ و تکنیک‌ها»	«خروجی معماری»
12E4q31	«روش‌های کلاسیک در فرایند معماری»	«گرایش‌های فلسفی به معماری»
12E4q34	«ساختاریافته/ساختار نیافته»	«ساخت یافته/ساخت نیافته»
12E4q36	جواب رضایت‌بخش	مسئله قابلیت جواب بهینه ندارد
12E4q37	«فنی»	«نگاه مهندسی»
12E4q37	«ادراکی/ مفهومی»	«قدرت تحلیلی»
12E4q37	«انسانی»	«هوش اجتماعی»

اما برای سنجش پایایی تحلیل تم و کدگذاری‌های صورت گرفته، بعد از فاصله زمانی ۶۰ روزه و به‌صورت تصادفی، سه مصاحبه انتخاب و مجدد توسط خود پژوهشگر کدگذاری شد. کدگذاری با استفاده از نرم‌افزار Atlas.ti صورت گرفت. طبق رابطه ۱ نیز قابلیت اطمینان کدگذاری سنجیده شد (میلز و هابرمن[1]، ۱۹۹۴: ۶۴):

رابطه ۱)
$$\text{قابلیت اطمینان} = \frac{\text{تعداد توافق‌ها}}{\text{تعداد کل توافق‌ها} + \text{عدم توافق‌ها}}$$

با توجه به اینکه قابلیت اطمینان این کدگذاری‌ها (۰/۷۹۳) بیش از ۶۰ درصد است، قابلیت آن تأیید شد. پس از آن، زمینه ریخت‌شناسی بار دیگر توسط دو خبره به تأیید رسید. این دو خبره از میان همان ۱۳ خبره و به‌صورت غیرتصادفی و هدفمند در دسترس انتخاب شدند.

در نهایت ابعاد/ متغیرهای معماری‌سازی و مقادیر/ و شرایط مربوط به هر یک همراه با ستونی با نام روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات زمینه ریخت‌شناسی معماری‌سازی و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات را تشکیل دادند (جدول ۳).

1. Miles and Huberman

جدول ۳. زمینه ریخت‌شناسی یک طرفه معماری‌سازی سیستم

دیدگاه‌های سیستم/ معماری		مراحل معماری (منطبق با مراحل مداخله)	نوع و ماهیت مسائل/ اهداف؛ راه حل؛ هدف و خروجی معماری	روابط میان ذی‌نفعان	نوع عناصر و روابط میان آنها	تخصص‌های لازم	تمرکز/ محوریت معماری سیستم	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات
هدف		تحلیل	خوب تعریف‌شده/ معین/ ساخت‌یافته؛ بهینه؛ محصول/ پیشنهاد	هم‌نوا	استاتیک	فنی (نگاه مهندسی)	ساختار	کلیه روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت
شکل		ترکیب	بدتعریف شده/ بدقلق/ ساخت نیافته؛ رضایت‌بخش؛ بینش، یادگیری	تکثرگرا/ ائتلافی	پویا	ادراکی/ مفهومی (قدرت تحلیل)	فرایند	پویایی سیستم (SD)[1]
رفتاری/ کارکردی		ارزیابی		زورمدار		انسانی (هوش اجتماعی)		مدل سیستم مانا (VSM)[2]
اهداف و الزامات عملکردی	کارایی							برنامه‌ریزی تعاملی (IP)[3]
اهداف و الزامات عملکردی	اثربخشی							روش‌شناسی سیستمی نرم (SSM)[4]
داده (ساختار و روابط داده)								تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک (SODA)[5]
مدیریتی								انتخاب استراتژیک (SC)[6]
								پدیدارسازی و آزمون فرضیات استراتژیک (SAST)[7]
								فهم انتقادی سیستم (CSH)[8]
								یکپارچگی تیمی (TS)[9]
								مداخله جامع سیستمی (TSI)[10]

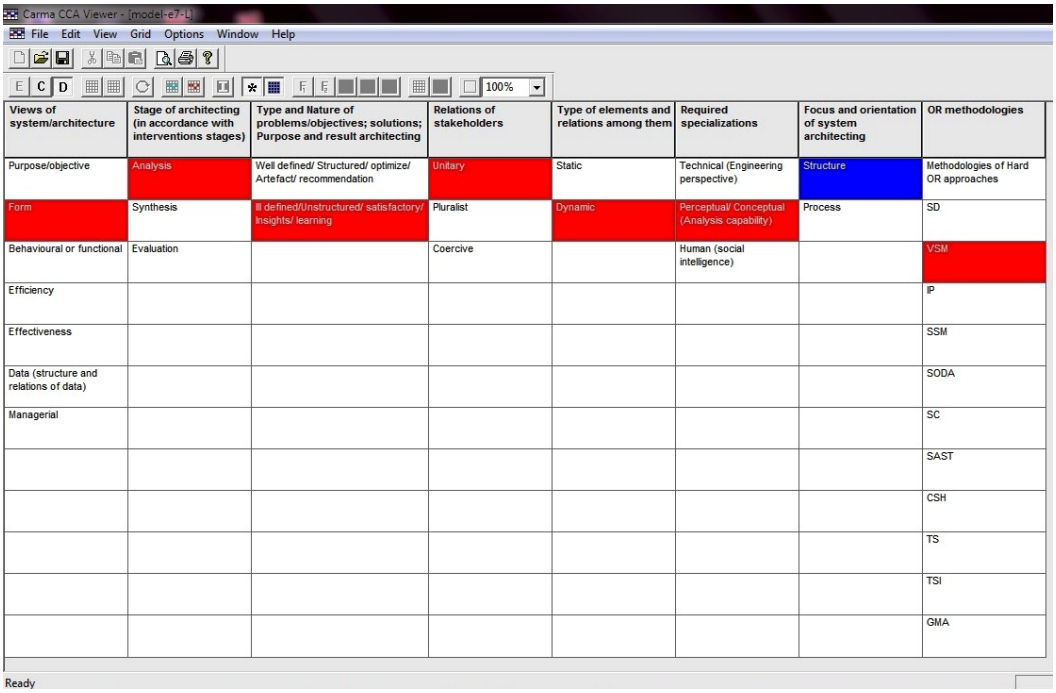
1. System Dynamics
2. Viable System Model
3. Interactive Planning
4. Soft Systems Methodology
5. Strategic Options Development and Analysis
6. Strategic Choice
7. Strategic Assumption Surfacing and Testing
8. Critical System Heuristic
9. Team Syntegrity
10. Total System Intervention

پس از موافقت پروفسور تام ریچی و مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد[۱]، ماتریس اولیه در قالب فایل اکسل به مؤسسه ارجاع داده شد و مدل اولیه همراه با نرم‌افزار Carma برای پژوهشگر ارسال شد. شایان ذکر است که روش‌شناسی تحلیل جامع ریخت‌شناسی به‌عنوان یکی از روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم نیز به پیشنهاد مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد به رویکردهای تحقیق در عملیات اضافه شد. پس از آن، ماتریس CCA توسط پژوهشگر کامل و برای مؤسسه فرستاده شد. این ماتریس با توجه به مبانی نظری در دو حوزه معماری‌سازی سیستم و تحقیق در عملیات تکمیل شد. برای تکمیل ماتریس CCA، از سه کلید ارزیابی استفاده شده است:

«_»: تناسب خوب، یا بهترین تناسب، یا سازگاری بهینه[۲].

«K»: ممکن، می‌تواند کار کند، اما بهینه نیست[۳].

«X»: ایده‌ای ناممکن یا خیلی بد[۴].


Carma CCA Viewer - [model-e7-U]

File Edit View Grid Options Window Help

E C D 100%

Views of system/architecture	Stage of architecting (in accordance with interventions stages)	Type and Nature of problems/objectives; solutions; Purpose and result architecting	Relations of stakeholders	Type of elements and relations among them	Required specializations	Focus and orientation of system architecting	OR methodologies
Purpose/objective	Analysis	Well defined/ Structured/ optimize/ Artefact/ recommendation	Unitary	Static	Technical (Engineering perspective)	Structure	Methodologies of Hard OR approaches
Form	Synthesis	Ill defined/Unstructured/ satisfactory/ Insights/ learning	Pluralist	Dynamic	Perceptual/ Conceptual (Analysis capability)	Process	SD
Behavioural or functional	Evaluation		Coercive		Human (social intelligence)		VSM
Efficiency							IP
Effectiveness							SSM
Data (structure and relations of data)							SODA
Managerial							SC
							SAST
							CSH
							TS
							TSI
							GMA

Ready

شکل ۲. مثالی از پیکربندی زمینه‌ای معماری‌سازی سیستم و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات

پس از هفت مرحله اصلاح و بازنگری، مدل از سوی مؤسسه تأیید و برای پژوهشگر ارسال شد. همچنین در کنار تأیید مؤسسه، مدل و نتایج آن برای پژوهشگر و از لحاظ مبانی مربوط به تحقیق در عملیات معنادار بود. بنابراین هفتمین مدل تأیید شده مبنای مقایسه‌ها و سناریوسازی و در نهایت تعیین روش‌شناسی‌ها قرار گرفت.

---

۱. مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد با مدیریت پرفسور تام ریچی، تنها مؤسسه برای حمایت از پروژه‌های ریخت‌شناسی دانشجویان در مقطع دکتری است. این مؤسسه تنها نرم‌افزار موجود ریخت‌شناسی (Carma) را پس از مدل‌سازی مدل در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. این حمایت‌ها تنها جنبه پژوهشی دارند و از موارد تجاری، مشاوره و پژوهش‌های دولتی حمایت نمی‌شوند. انتخاب پژوهش‌ها نیز پس از ارسال خلاصه‌ای از پژوهش و بررسی اعضای مؤسسه صورت می‌گیرد.

2. (hyphen) = Good fit, or best fit, or optimal pair
3. Possible, could work, but not optimal
4. Impossible or very bad idea

بر اساس نرم‌افزار موجود، می‌توان یک ورودی/ تک محرک[1] تعیین کرده و حالت‌های سازگار و نیمه سازگار با آن را مشاهده کرد. می‌توان بر اساس نیاز پژوهشگر در فرایند معماری‌سازی، پیکربندی‌های زمینه‌ای گوناگون و در نتیجه پاسخ‌های گوناگون را دریافت کرد (شکل ۲). همچنین برحسب نیاز می‌توان به مقایسه پیکربندی‌های بین دو موقعیت گوناگون یک پارامتر یا پارامترها و براساس قابلیت فریز کردن، پرداخت. در نرم‌افزار Carma، ورودی/ ورودی‌ها به رنگ «قرمز»، و خروجی/ خروجی‌ها به رنگ «آبی» است.

مطابق شکل ۱، با استفاده از روش‌شناسی VSM و بر اساس دیدگاه «شکل» در مرحله تحلیل، با شرایط وجود مسائل و اهداف بدتعریف شده، روابط هم‌نوا میان ذی‌نفعان، روابط پویا میان مؤلفه‌های سیستم و وجود متخصصی با ویژگی‌های ادراکی/ مفهومی، می‌توان تمرکز و محوریت معماری‌سازی سیستم را از جهت «ساختار» مدنظر قرار داد.

با توجه به ابعاد و شرایط مربوط به آن، امکان تعریف ترکیب‌ها و سناریوهای متعددی وجود داشت. تعیین روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات بر اساس دیدگاه‌ها/ مدل‌های معماری‌سازی سیستم؛ مراحل معماری‌سازی سیستم؛ تمرکز/ محوریت معماری‌سازی؛ ویژگی و تخصص‌های لازم برای معماری‌سازی و دیدگاه‌ها/ مدل‌های معماری‌سازی سیستم؛ ویژگی و تخصص‌های لازم برای معماری‌سازی، مراحل معماری‌سازی و تمرکز/ محوریت معماری‌سازی سیستم؛ پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی؛ مراحل و پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی و در نهایت، دیدگاه‌ها/ مدل‌های معماری سیستم و پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی. بر اساس پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی ۱۵۱۲ سناریو؛ بر اساس مراحل معماری‌سازی و پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی ۵۰۴ سناریوی در سه حالت و براساس دیدگاه‌ها/ مدل‌ها و پیکربندی‌های ممکن معماری‌سازی ۷۲ سناریو شامل هفت ترکیب سه حالته، توسط پژوهشگر و با استفاده از نرم‌افزار Carma تعریف شد. در این حالت با تعریف ورودی‌ها، خروجی‌ها توسط نرم‌افزار ارائه شد. برای تعریف این سنایوها اغلب زمینه‌های معماری‌سازی به‌عنوان ورودی انتخاب شدند که نتیجه آن روش‌شناسی/ روش‌شناسی‌های مناسب تحقیق در عملیات بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا بر اساس مبانی نظری حوزه معماری/ معماری‌سازی سیستم، زمینه ریخت‌شناسی معماری/ معماری‌سازی سیستم و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات طراحی شد. سپس بر اساس ۱۳ مصاحبه و پس از انجام تحلیل تم روی مصاحبه‌ها، زمینه ریخت‌شناسی معماری/ معماری‌سازی سیستم و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نهایی و برای مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد ارسال شد. پس از موافقت مؤسسه، مدل در نرم‌افزار Carma مدل‌سازی و برای پژوهشگر ارسال شد. در نهایت، بعد از تکمیل ماتریس CCA و هفت بار مدل‌سازی، مدل تأیید و نهایی شد.

بر اساس نرم‌افزار ارسالی و حالت‌های ترکیبی مختلف، امکان سناریوسازی به‌منظور تعیین روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات متناسب با ویژگی‌های زمینه‌ای معماری/معماری‌سازی سیستم برای پژوهشگر فراهم شد.

1. Single driver

طبق قابلیت تعریف دکمه Toggle در نرم‌افزار Carma، امکان تعریف حداکثر و حداقل روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات وجود دارد. بر این اساس، حداکثر روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات در جدول ۴ درج شده است.

جدول٤. حداکثر روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات بر اساس دیدگاه‌ها/ مدل‌ها، مراحل معماری، تمرکز معماری‌سازی

موقعیت/ شرایط	روش‌شناسی تحقیق در عملیات
دیدگاه/ هدف	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت[1] VSM, IP, SSM, SODA, SAST, CSH, TS, TSI
دیدگاه/ شکل	SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TSI, GMA
دیدگاه/ رفتاری ـ کارکردی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TS, TSI, GMA
دیدگاه/ کارایی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA, SAST
دیدگاه/ اثربخشی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA, SAST
دیدگاه/ داده	SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, TS, TSI
دیدگاه/ مدیریتی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت IP, SC, SAST
مراحل/ تحلیل	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TS, TSI, GMA
مراحل/ ترکیب	SD, VSM, IP, SSM, SODA, SAST, TSI, GMA
مراحل/ ارزیابی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, TSI
تمرکز/ ساختار	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات ساخت SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TSI, GMA
تمرکز/ فرایند	SD, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TS, TSI

بر این اساس، کلیه روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات برحسب زمینه پژوهش، حداقل در یک پارامتر/ ارزش کاربردی هستند. حداقل روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات به شرح جدول ۵ است.

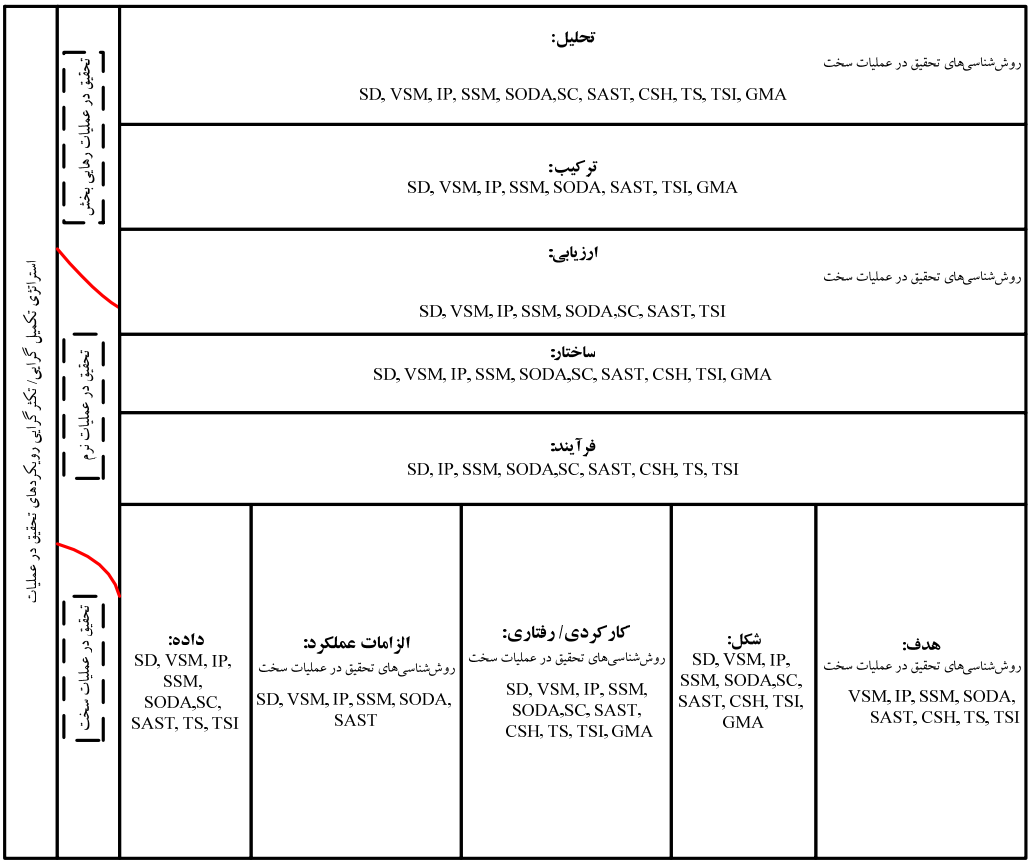
جدول ۵. حداقل روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات بر اساس دیدگاه‌ها/ مدل‌ها، مراحل معماری، تمرکز معماری‌سازی

موقعیت/ شرایط	روش‌شناسی تحقیق در عملیات	موقعیت/ شرایط	روش‌شناسی تحقیق در عملیات
دیدگاه/ هدف	SSM	دیدگاه/ مدیریتی	-
دیدگاه/ شکل	SSM	مراحل/ تحلیل	SSM, SD
دیدگاه/ رفتاری-کارکردی	SSM, SD	مراحل/ ترکیب	SSM
دیدگاه/ کارایی	SSM	مراحل/ ارزیابی	SSM, SD
دیدگاه/ اثربخشی	SSM	تمرکز/ ساختار	-
دیدگاه/ داده	SSM	تمرکز/ فرایند	SSM, SD

۱. در مبانی نظری معماری‌سازی سیستم، صرفاً از روش‌های ریاضی و تحقیق در عملیات سخت استفاده شده است، به همین دلیل، در این پژوهش، روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت به‌صورت مجزا با موقعیت و شرایط معماری‌سازی به‌صورت تطبیقی بررسی نشده‌اند. برای مثال، برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی غیرخطی و ... به‌صورت مجزا با موقعیت و شرایط معماری‌سازی تطبیق داده نشده‌اند.

بر این اساس روش‌شناسی SSM که جزء روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات نرم محسوب می‌شود، قدرتمندترین روش‌شناسی برای معماری‌سازی سیستم است. همچنین از میان دیدگاه‌ها، دیدگاه مدیریتی و از میان تمرکز معماری بخش ساختار همواره دارای پاسخ نیستند.

در نهایت، رابطه میان پارادایم‌ها و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات و ویژگی‌های معماری‌سازی مطابق شکل ۳ خواهد بود.



شکل ۳. رابطه میان پارادایم‌ها و روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات و ویژگی‌های معماری‌سازی سیستم

از دو جنبه می‌توان یافته‌های این پژوهش را با سایر پژوهش‌ها بررسی کرد: مقایسه با تحقیقات حوزه معماری‌سازی سیستم و مقایسه با تحقیقات طراحی سیستم. همان طور که در بخش پیشینه پژوهش اشاره شد و با توجه به هدف پژوهش، روش‌های استفاده‌شده در حوزه معماری‌سازی سیستم نیز به دو گروه طبقه‌بندی شدند: یکی حوزه تحقیق در عملیات و دیگری سایر روش‌ها. در این مطالعه سعی شد برای نخستین بار، مبنایی برای ایجاد فرایندی به‌منظور معماری‌سازی سیستم طراحی شود. مبنای اصلی این طراحی، روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات بودند. از این لحاظ پژوهش حاضر به‌دلیل معرفی قابلیت دیگر روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات، علاوه‌بر تحقیق در عملیات سخت و مبتنی بر ویژگی‌های زمینه‌ای معماری‌سازی سیستم بر پژوهش‌های دیگر این حوزه که صرفاً از روش‌های ریاضی برای انجام معماری استفاده کرده‌اند، برتری دارد. از این رو می‌توان مقایسه میان یافته‌های پژوهش را همانند جدول ۶ ارائه کرد.

جدول ٦. مقایسه نتایج پژوهش با پژوهش‌های دیگر

نوع پژوهش	نمونه پژوهش	روش‌شناسی‌ها/ روش‌ها و یا تکنیک‌های مورد استفاده	نتیجه
معماری‌سازی سیستم	پژوهش حاضر	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت SD, VSM, IP, SSM, SODA,SC, SAST, CSH, TS, TSI, GMA	تمامی روش‌شناسی‌های مربوط به تحقیق در عملیات سخت، نرم و انتقادی به‌منظور ایجاد فرایندی برای معماری‌سازی سیستم و با توجه به تمامی ویژگی‌های زمینه‌ای معماری‌سازی. دارای قابلیت تعمیم‌پذیری در شرایط مشابه زمینه‌ای و برای تمامی سیستم‌ها
	اسوانبرگ، ولین، لانبرگ و ماتسُن، ۲۰۰۳؛ ژوو، آرُم، گرتون، و جفری، ۲۰۰۵؛ دیویدسُن، جانسُن، و اسوانبرگ، ۲۰۰۶؛ رِدی، نایدو، و گاویندارجولا، ۲۰۰۷؛ اَلقمدی، ۲۰۰۹؛ رضوی، شمس و بدیع، ۲۰۱۱؛ بابو، گاویندراجلو، ردی، کوماری، ۲۰۱۱؛ زندی و توانا، ۲۰۱۲؛ مولر، ۲۰۱۲؛ داوندرالینگ و دلاورنتیس، ۲۰۱۳؛ پاپه و همکاران، ۲۰۱۳؛ ریچی، فیتزگرالد، روس و رودس، ۲۰۱۴؛ کونور ،فرهنگی، و داگلی، ۲۰۱۴؛ آگروال، پاپه، و داگلی، ۲۰۱۴؛ کوری و داگلی، ۲۰۱۵؛ کونور و داگلی، ۲۰۱۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ گلشاهی، رستگار، فیض، و زارعی، ۱۳۹۷	فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی؛ برنامه‌ریزی آرمانی؛ معیارهای چندگانه گروهی فازی؛ مجموعه و اعداد فازی؛ بهینه‌سازی استوار؛ برتسیماس ـ سیم؛ الگوریتم ژنتیک؛ الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندتابع هدفه؛ الگوریتم ابتکاری؛ الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات و منطق فازی نوع۲؛ تئوری بازی‌ها؛ برنامه‌ریزی عدد صحیح؛ الگوریتم ژنتیک آشیانه‌ای؛ روش‌شناسی سیستمی نرم؛ نگاشت شناختی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت برای بهینه‌سازی یا انتخاب چارچوب معماری؛ دو تکنیک از روش‌شناسی تحقیق در عملیات نرم (روش‌شناسی سیستمی نرم، نگاشت شناختی) برای معماری یا مدیریت فرایند. دارای قابلیت تعمیم‌پذیری صرفاً در شرایط مشابه و برای سیستم‌های مشابه
	لی، چوی، لی و کانگ، ۲۰۰۶؛ بُنما، ۲۰۱۱؛ کلاندر، ۲۰۱۱؛ وانگ و داگلی، ۲۰۱۳؛ فانگ، دلاورنتیس، و داوندرالینگ، ۲۰۱۳؛ لونا، لوپز، تائول، زاپاتا و پیندا، ۲۰۱۳؛ رودانو و جیامارکو، ۲۰۱۳؛ کالاوسکی،جوانو، تیان و فایومی، ۲۰۱۳؛ لیا، لیانگ، و آوگریو، ۲۰۱۳؛ ریچی، فیتزگرالد، روس و رودس، ۲۰۱۴؛ آگروال، پاپه، کیلیسی ارگین و داگلی، ۲۰۱۴؛ علی اکبر گلکار و کروالی، ۲۰۱۴؛ حبیب و کوموتو، ۲۰۱۴؛ هیتومی و سلوا، ۲۰۱۵؛ بولر، ۲۰۱۵	تحلیل مشترک؛ تریز؛ فانکی؛ مدل‌سازی جامع (ترکیبی از قابلیت‌های روش‌شناسی فرایند هدف، شبکه پتری رنگی، و مدل ویژگی)؛ ماتریس طراحی ساختار؛ تئوری گراف؛ آزمون ترکیبی/ زوجی؛ روش‌های صوری؛ الگوهای معماری؛ رویکردهای مبتنی بر دانش؛ معماری سیستمی از سیستم‌ها با ویژگی‌های مطلوب چرخه عمر؛ مدل مبتنی بر عامل؛ روش دلفی؛ تحلیل پاره‌تو؛ مدل‌سازی تابع ـ رفتار ـ حالت؛ طراحی به‌کمک کامپیوتر؛ مدل‌سازی طرح‌ها و محیط؛ بهینه‌سازی مبتنی بر سیستم چند عاملی؛ چارت کیویات	روش‌های مبتنی بر ریاضیات و روش‌های کیفی بدون ایجاد فرایندی برای معماری‌سازی. دارای قابلیت تعمیم‌پذیری صرفاً در شرایط مشابه و برای سیستم‌های مشابه

ادامه جدول ٦

نوع پژوهش	نمونه پژوهش	روش‌شناسی‌ها/ روش‌ها و یا تکنیک‌های مورد استفاده	نتیجه
طراحی سیستم	ژنگ، لی دویگو، بریکُگن و اینارد[1]، ۲۰۱۶؛ آموسات، شرینگ و فراگا[2]، ۲۰۱۶؛ مارکوانت، ماورُماتیدیس، اِوینز، و کارملیت[3]، ۲۰۱۷؛ تیموتی فولی و کوچران[4]، ۲۰۱۷؛ آلنا اُزلینا و بازباُرس[5]، ۲۰۱۷؛ احمدی جاوید و حسین‌پور، ۲۰۱۸؛ ژانگ و آتکینز[6]، ۲۰۱۸؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سلبی، یوروسان، و ایسیک[7]، ۲۰۱۸؛ محمدی، توکلان، و خسروی، ۲۰۱۸؛ فرانسالانزا، برگ، و کانستانتینسگو[8]، ۲۰۱۸؛ راپراکُبکیت، راپراکُبکیت و راتاناتامسکل[9]، ۲۰۱۸؛ تانچاک[10] و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژی و اُیانگ[11]، ۲۰۱۹؛ سهرابی، طهماسبی پور، و رئیسی وانانی، ۱۳۹۰؛ محمدی مطلق، محمدی مطلق، و رضایی نور، ۱۳۹۴؛ سهرابی، رئیسی وانانی، و زارع میرک آباد، ۱۳۹۵؛ عموجی و فطانت، ۱۳۹۶؛ محمدی، خلیفه، علی محمدلو، عباسی، و اقتصادی فر، ۱۳۹۷	مدل‌سازی رابطها؛ برنامه‌ریزی غیرخطی؛ برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط؛ طراحی بدیهی (مبتنی بر ریاضیات)؛ پویایی سیستم؛ مدل بهینه‌سازی غیرخطی عدد صحیح؛ مدل ریاضی؛ برنامه‌نویسی؛ مدل صف؛ پویایی سیستم؛ هوش مصنوعی؛ تحلیل حساسیت؛ شبیه‌سازی عددی؛ مدل ریاضی عدد صحیح مختلط؛ منطق فازی؛ برنامه‌نویسی (JESS)[12] ؛ الگوریتم‌های خوشه‌بندی و طبقه‌بندی؛ استنتاج فازی؛ مدل‌سازی ریاضی، برنامه‌ریزی فازی آرمانی	روش‌شناسی‌های تحقیق در عملیات سخت و روش‌های مبتنی بر برنامه‌نویسی برای طراحی سیستم‌ها و به‌منظور برطرف ساختن یک مسئلهٔ خاص. دارای قابلیت تعمیم‌پذیری صرفاً در مسائل و سیستم‌های مشابه

طبق جدول۶ می‌توان مشاهده کرد که در تحقیقات دیگر، برای معماری‌سازی سیستم یا طراحی سیستم از روش‌های ریاضی ـ تحقیق در عملیات سخت، برنامه‌نویسی‌های کامپیوتری یا روش‌های کیفی خارج از حوزه تحقیق در عملیات برای برطرف‌کردن و پاسخ‌گویی به یک مسئله خاص استفاده کرده‌اند. از این رو، پژوهش حاضر ضمن بررسی زمینه‌ای مسئله معماری‌سازی سیستم، هم از نظر مجموعهٔ روش‌شناسی‌ها و هم از نظر مجموعهٔ سیستم‌ها (از لحاظ تعمیم‌پذیری)، جامعیت و تعمیم‌پذیری بیشتری دارد.

در پژوهش‌های بعدی، می‌توان با استفاده از استراتژی کنش‌پژوهی، نحوه ترکیب روش‌شناسی‌ها را بر اساس سلسله‌مراتب واژگان تحقیق در عملیات در سطح تکنیک یا روش‌شناسی و مبتنی بر موقعیت سیستم در دست بررسی و تدوین سناریوهای متعدد بررسی کرد که برای کلیه سیستم‌ها جنبه کاربردی دارد. به بیان دیگر، در مرحله عمل چگونه می‌توان از این روش‌شناسی‌ها یا ترکیب آنها و نیز ترکیب تکنیک‌های آنها با یکدیگر به خروجی معماری‌سازی، یعنی معماری دست یافت. شایان ذکر است محدودیت اصلی این پژوهش در مدل‌سازی ریخت‌شناسی صورت گرفت. از آنجا

1. Zheng, Le Duigou, Bricogne and Eynard
2. Amuste, Shearing and Fraga
3. Marquant, Mavromatidis, Evins, and Carmeliet
4. Timothy Foley and Cochran
5. Allena-Ozolina and Bazbauers
6. Zhang and Atkins
7. Celebi, Yorusun and Isik
8. Francalanz, Borg and Constantinescu
9. Ruprakobkit, Ruprakobkit, & Ratanatamskul
10. Tanchuk
11. Xie and Ouyang
12. Java Expert System Shell

که مؤسسه ریخت‌شناسی سوئد صرفاً از پژوهش‌های دانشگاهی حمایت می‌کند، در مدل‌سازی ریخت‌شناسی تنها امکان معرفی هشت پارامتر وجود دارد. زمینهٔ ریخت‌شناسی طراحی شده شامل ۱۰ پارامتر بود که با تأیید خبرگان دو پارامتر آن حذف شد.

منابع

آذر، عادل؛ معزز، هاشم (۱۳۹۳). اندازه‌گیری همسویی راهبردی سازمانی: رویکرد پویایی سیستم. *مدیریت صنعتی*، ۶(۲)، ۱۹۷-۲۱۸.

تفقدی جامی، سینا؛ برادران هروی، لیلا (۱۳۹۶). بررسی نقش مدیریت فرایندهای کسب‌وکار اجتماعی در تعامل‌پذیری سازمانی. *اولین همایش ملی پیشرفت‌های معماری سازمانی*، ۲۲ و ۲۳ آذر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران: ۱۱۴-۱۲۱.

جمشیدی فر، حجت؛ خیامی، سید رئوف؛ موسوی، سید محمد رضا (۱۳۹۶). پیشنهاد راهکاری برای شناسایی، ارزیابی و تحلیل ذی‌نفعان و نگرانی‌های آنها. *اولین همایش ملی پیشرفت‌های معماری سازمانی*، ۲۲ و ۲۳ آذر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران: ۱۹۳-۲۰۱.

حسین‌زاده، مهناز؛ کاظمی، عالیه (۱۳۹۶). شناسایی موانع و راهکارهای بهبود سیستم کارآفرینی زنان با استفاده از رویکردهای تحقیق در عملیات سخت و نرم. *مدیریت صنعتی* ۹(۴)، ۶۰۹-۶۳۲.

حسین‌زاده، مهناز؛ مهرگان، محمد رضا؛ امیری، مجتبی (۱۳۹۵). بررسی بنیان‌های روش‌شناختی تحقیق در عملیات در قالب ساختار قیاس‌های حملی. *مدیریت صنعتی* ۸(۴)، ۵۷۵-۶۰۰.

رمضان قمی، مهسا (۱۳۹۵). رویارویی با چالش‌های آینده معماری سازمانی. *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و علوم اجتماعی*، ۳۱ تیر، دبی.

سهرابی، بابک؛ رئیسی وانانی، ایمان؛ زارع میرک‌آباد، فائزه (۱۳۹۵). طراحی سیستم توصیه‌گر به‌منظور بهینه‌سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم‌های خوشه‌بندی و طبقه‌بندی تسهیلات. *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*، ۱(۲)، ۵۳-۷۶.

سهرابی، بابک؛ طهماسبی‌پور، کاوه؛ رئیسی وانانی، ایمان (۱۳۹۰). طراحی سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع انسانی. *مدیریت صنعتی* ۳(۶)، ۳۹-۵۸.

شیخ‌رضایی، حسین؛ کرباسی‌زاده، امیر احسان (۱۳۹۱). *آشنایی با فلسفه علم*. تهران: هرمس.

عموجی، علی؛ فطانت، عبدالحمید (۱۳۹۶). ارائه یک سیستم خبره فازی برای تشخیص نوع بیماری صرع با استفاده از منطق وضعیت و مدل ACH در ایجاد پایگاه دانش. *مدیریت صنعتی* ۹(۲)، ۳۵۳-۳۸۲.

فتاحی، مهنوش؛ مردوخی، فرهاد؛ رستم‌پور، علی؛ مباشری، مازیار؛ صیادی، پریسا (۱۳۹۶). الگوها و قواعد استخراج خدمات. *اولین همایش ملی پیشرفت‌های معماری سازمانی*، ۲۲ و ۲۳ آذر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران: ۲۳۹-۲۴۶.

فهیمی، میترا؛ مهرگان، محمد رضا؛ ابویی اردکان، محمد (۱۳۹۷). سلسله‌مراتب مفهومی معماری/ معماری‌سازی سیستم و پارادایم‌های تحقیق در عملیات. *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری* ۳(۱)، ۲۴۳-۲۶۵.

کشفی، هانیه (۱۳۹۶). کاربردهای بازی‌گونه‌سازی در معماری سازمانی: فرصت‌ها و چالش‌ها. *اولین همایش ملی پیشرفت‌های معماری سازمانی، ۲۲ و ۲۳ آذر، دانشگاه شهید بهشتی*، تهران، صص. ۲۲۴-۲۳۰.

گلشاهی، بهنام؛ رستگار، عباس علی؛ فیض، داود؛ زارعی، عظیم (۱۳۹۷). معماری الگوی شناسایی استعدادهای برتر در بنیاد ملی نخبگان. *مدیریت صنعتی* ۱۰(۳)، ۳۸۷-۴۰۶.

محترمی، امیر (۱۳۹۶). ارائه یک مدل غربالی برای ارزیابی و انتخاب چارچوب‌های معماری سازمانی فناوری اطلاعات. *اولین همایش ملی پیشرفت‌های معماری سازمانی*، ۲۲ و ۲۳ آذر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران: ۱۷۱-۱۷۸.

محقر، علی؛ انصاری، منوچهر؛ صادقی مقدم، محمد رضا؛ کاظمی مود، محمد (۱۳۹۷). فراترکیب روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده فنی ـ اجتماعی با رویکرد پارادایم چندگانه ـ روش‌شناسی چندگانه. *مدیریت صنعتی* ۱۰(۱)، ۲۴۷-۲۷۸.

محمدی مطلق، حسنعلی؛ محمدی مطلق، علیرضا؛ رضایی نور، جلال (۱۳۹۴). طراحی یک سیستم خبره برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده. *مدیریت صنعتی*، ۷(۲)، ۳۸۵-۴۰۳.

محمدی، علی؛ خلیفه، مجتبی؛ علی محمدلو، مسلم؛ عباسی، عباس؛ اقتصادی‌فر، محمود (۱۳۹۷). طراحی عملیاتی و مالی سیستم زنجیره تأمین چندسطحی در سطوح تصمیم‌گیری راهبردی و تاکتیکی. *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*، ۳(۱)، ۲۶۷-۲۹۷.

References

Agarwal, S., Pape, L. E., & Dagli, C. H. (2014). A Hybrid Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization with Type-2 Fuzzy Sets for Generating Systems of Systems Architectures. *Procedia Computer Science*, 36, 57-64.

Agarwal, S., Pape, L.E., Kilicay-Ergin, N., & Dagli, C.H. (2014). Multi-agent based architecture for acknowledged system of systems. *Procedia Computer Science,* 28, 1-10.

Ahmadi-Javid, A., & Hoseinpour, P. (2019). Service System Design for Managing Interruption Risks: A Backup-Service Risk-Mitigation Strategy. *European Journal of Operational Research*, 274(2), 417-431.

Alghamdi, A. S. (2009). Evaluating Defense Architecture Frameworks for C4I System Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of Computer Science,* 5(12), 1075-1081.

Aliakbargolkar, A., & Crawley, E. F. (2014). A Delphi-Based Framework for systems architecting of in-orbit exploration infrastructure for human exploration beyond Low Earth Orbit. *Acta Astronautica,* 94, 17-33.

Allena-Ozolina, S., & Bazbauers, G. (2017). System dynamics model of research, innovation and education system for efficient use of bio-resources. *Energy Procedia*, 128, 350–357.

Amooji, A., & Fetanat, A. (2017). A Fuzzy Expert System for Diagnosis of Epilepsy Diseases Using the Situational Logic and ACH Modeling in the Creation of Knowledge Base. *Industrial Management Journal,* 6(2), 353-382. (*in Persian*)

Amusat, O. O., Shearing, P. R., & Fraga, E. S. (2016). Optima l integrated energy system incorporating variable renewable energy sources. *Computers and Chemical Engineering*, 95, 21-37.

Azar, A., & Moazzez, H. (2014). Measuring Organizational Strategic Alignment: A Systems Dynamics Approach. *Industrial Management Journal,* 6(2), 197-218. (*in Persian*)

Bonnema, G. M. (2011). TRIZ for systems architecting. *Procedia Engineering* 9, 702–707.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2), 77-101.

Buller, K. (2015). A Pragmatic Method for Assessing Systems Architectures during the Architecture Generation Process with a Focus on Repurposing Business Software to Systems Engineering. *Procedia Computer Science*, 61,153-159.

Celebi, D., Yörüsün, A., & Isik, H. (2018). Bicycle sharing system design with capacity allocations. *Transportation Research Part B*, 114, 86-98.

Curry, D. M., & Dagli, C. H. (2015). A computational intelligence approach to system-of-systems architecting incorporating multi-objective optimization. *Procedia Computer Science,* 44, 86-94.

Daellenbach, H. G., & McNickle, D. C. (2005). *Management science: Decision making through systems thinking*. New York; Palgrave Macmillan.

Davendralingam, N., & DeLaurentis, D. (2013). A robust optimization framework to architecting system of systems. *Procedia Computer Science*, 16, 255 – 264.

Davidsson, P., Johansson, S., & Svahnberg, M. (2006). *Using the Analytic Hierarchy Process for Evaluating Multi-Agent System Architecture Candidates*. In Jorg P. Muller and Franco Zambonelli (Eds.), *Agent Oriented Software Engineering VI*, Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Delhi Babu, K., Govindarajulu, P., Ramamohana Reddy, A. & Kumari Aruna, A.N. (2011). An Integrated Approach of AHP-GP and Visualization for Software Architecture Optimization: A case-study for selection of architecture style. *International Journal of Scientific & Engineering Research,* 2(7), 1-7.

Dickerson, C., & Mavris, D. N. (2010). *Architecture and principles of systems engineering*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC.

Eisner, H. (2005). *Managing Complexity Systems*. New Jersey: A John Wiley & Sons.

Fahimi, M., Mehregan, M.R., & Abooyee Ardakan, M. (2018). Conceptual Hierarchies of System Architecture/Architecting and Operations Research Paradigms. *Modern researches in decisionmaking*, 3(1), 243-265. (*in Persian*)

Fang, Zhemei, DeLaurentis, Daniel, & Davendralingam, Navindran. (2013). An Approach to Facilitate Decision Making on Architecture Evolution Strategies. *Procedia Computer Science,* 16, 275-282.

Fatahi, M., Mardukhi, F., Rostampour, A., Mobasheri, M., & Sayadi, P. (2017). Patterns and rules of extraction of service. *The first national conference on advances in enterprise architecture*, Shahid Beheshti University, Tehran: 13-14 December. (*in Persian*)

Forrester, J. W. (2006). System Dynamics, Systems Thinking, and Soft OR. *System dynamic review*, 10(2-3), 245-256.

Francalanza, E., Borg, J., & Constantinescu, C. (2018). Approaches for handling wicked manufacturing system design problems. *Procedia CIRP,* 67, 134 – 139.

Gass, S. I., & Assad, A. A. (2005). *An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Golshahi, B., Rastegar, A.A., Feiz, D., Zarei, A. (2018). The Architecture of Talent Identifying Process at National Elite Foundation: CM and SSM Hybrid Algorithm. *Industrial Management Journal,* 10(3), 387- 406. (*in Persian*)

Gunderson, C. (2008). Enabling the Mission: A Practical Guide to Federal Service Oriented Architecture (SOA). *The Federal CIO Council Architecture and Infrastructure Committee.* 30 June.

Habib, T., & Komoto, H. (2014). Comparative analysis of design concepts of mechatronics systems with a CAD tool for system architecting. *Mechatronics*, 24, 788-804.

Haskins, C., Forsberg, K., & Krueger, M. (2007). *Systems Engineering*. International Council on Systems Engineering.

Hitomi, N., & Selva, D. (2015). Experiments with Human Integration in Asynchronous and Sequential Multi-Agent Frameworks for Architecture Optimization. *Procedia Computer Science,* 44, 393-402.

Hosseinzadeh, M., Kazemi, A. (2018). Idenficaon of Barriers and Strategies to Improve Women's Entrepreneurship System Using Hard and soft Operation Research Methodologies. *Industrial Management Journal,* 9(4), 609-632. (*in Persian*)

Hosseinzadeh, M., Mehregan, M.R., Amiri, M. (2017). Investigating the methodological foundations of Operations Research in the form of the categorical syllogism. *Industrial Management Journal,* 8(4), 575-600. (*in Persian*)

Jackson, M.C. (1987). Present positions and future prospects in management science. *Omega,* 15(6), 455-466.

Jackson, M.C. (1991). *Systems Methodology for the Management Sciences*. New York: Plenum Press.

Jackson, M.C. (1991). The origins and nature of critical systems thinking. *Systems practice,* 4(2), 131-149.

Jackson, M.C. (2000). *Systems approaches to management*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Jamshidi Far, H., Khayami, S.R., Moosavi, S.M.R. (2017). To Propose a solution for identifying and evaluating stakeholders analyse and their concerns. *The first national conference on advances in enterprise architecture*, Shahid Beheshti University, Tehran: 13-14 December. (*in Persian*)

Kalawsky, R. S., Joannou, D., Tian, Y., & Fayoumi, A. (2013). using architecture patterns to architect and analyze systems of systems. *Procedia Computer Science*, 16, 283- 292.

Kashfi, H. (2017). Applications of Gamification in enterprise Architecture: Opportunities and Challenges. *The first national conference on advances in enterprise architecture*, Shahid Beheshti University, Tehran: 13-14 December. (*in Persian*)

Kluender, D. (2011). TRIZ for software architecture. *Procedia Engineering,* 9, 708-713.

Konur, D., & Dagli, C. H. (2015). Military system of systems architecting with individual system contracts. *Optim Lett*, 9, 1749-1767.

Konur, D., Farhangi, H. & Dagli Cihan, H. (2014). On the Flexibility of Systems in System of Systems Architecting. *Procedia Computer Science,* 36, 65-71.

Lee, K.C., Choi, H.J., Lee, D. H., & Kang, S. (2006). *Quantitative Measurement of Quality Attribute Preferences Using Conjoint Analysis.*.In Stephen W. Gilory and Micheal D. Harrison (Eds), *Interactive Systems: Design, Specification, and Verification*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg

Li, Z., Liang, P., & Avgeriou, P. (2013). Application of knowledge-based approaches in software architecture: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 55, 777-794.

Luna, S., Lopes, A., See Tao1, H. Y., Zapata, F., & Pineda, R. (2013). Integration, Verification, Validation, Test, and Evaluation (IVVT&E) Framework for System of Systems (SoS). *Procedia Computer Science*, 20, 298 – 305.

Maier, M. W., & Rechtin, E. (2009). *the art of systems architecting*. Boca Raton: CRC Press LLC

Marquant, J. F., Mavromatidis, G., Evins, R., & Carmeliet, J. (2017). Comparing different temporal dimension representations in distributed energy system design models. *Energy Procedia*, 122, 907-912.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. California: Sage.

Miller, P. G., Strang, J., & Miller, P. M. (2010). *Addiction Research Methods*. Chichester: Blackwell Publishing.

Mingers, J., & Brocklesby, J. (1997). Multimethodology: Towards a Framework for Mixing Methodologies. *Omega*, 25(5), 489-509.

Mingers, J. (2011). Soft OR Comes of Age – But Not Everywhere! *Omega*, 39(6), 729–741.

Mohaghar, A., Ansari, M., Sadeghi Moghaddam, M.R., & Mirkazemi Mood, M. (2018). A Meta Synthesis of the Modeling Methods of Complex Socio-technical Systems with a Multi Paradigm-multi Methodology Approach. *Industrial Management Journal,* 10(2), 247-278. (*in Persian*)

Mohammadi Motlagh, H., Mohammadi Motlagh, A., & Rezaee Noor, J. (2015). Design an expert system for evaluation and selection supplier. *Industrial Management Journal,* 7(2), 385-403. (*in Persian*)

Mohammadi, Ali, Khalifeh, Mojtaba, Alimohammadlou, Moslem, Abbasi, Abbas, & Eghtesadifard, Mahmoud. (2018). Designing Operational and Financial Multi Echelon Supply Chain System in Strategic and Tactical Levels of Decision-Making. *Modern researches in decisionmaking,* 3(1), 267-297. (*in Persian*)

Mohammadi, A., Tavakolan, M., & Khosravi, Y. (2018). Developing safety archetypes of construction industry at project level using system dynamics. *Journal of Safety Research*, 67, 17-26.

Mohtarami, A. (2017). Provide a screening model to evaluate and select the enterprise architecture frameworks f IT. *The first national conference on advances in enterprise architecture*, Shahid Beheshti University, Tehran: 13-14 December. (*in Persian*)

Muller, George. (2012). Fuzzy architecture assessment for critical infrastructure Resilience. *Procedia Computer Science*, 12, 367-372.

Munro, I., & Mingers, J. (2002). The use of multi methodology in practice—results of a survey of practitioners. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 369-378.

Pape, L., Giammarco, K., Colombi, J., Dagli, C., Kilicay-Ergin, N., & Rebovich, G. (2013). A fuzzy evaluation method for system of systems meta architectures. *Procedia Computer Science*, 16, 245- 254.

Paucar-Caceres, A. (2010). Mapping the changes in management science: A review of `soft' OR/MS articles published in Omega (1973–2008). *Omega*, 38, 46-56.

Pidd, M. (2003). *Tools for thinking*. Chichester: John Wiley & Sons.

Pidd, M. (2004). *Systems modelling: theory and practice*. Chichester: John Wiley & Sons

Ramezan Qomi, M. (2016). Confronting with Future Challenges of enterprise Architecture. 2th international conference on management and social science, UAE, DUBAI, 21 July. (*in Persian*)

Ravindran, A. R. (2009). *Operations Research*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Razavi, M., Shams Aliee, F., & Badie, K. (2011). An AHP-based approach toward enterprise architecture analysis based on enterprise architecture quality attributes. *Knowledge and Information Systems,* 28(2), 449-472.

Rechtin, E. (1999). *Systems architecting; creating and building complex systems*. New Jersey: PTR prentice Hall.

Reddy, M., Rama, A., Naidu, M., Govindarajulu, P. (2007). An Integrated approach of Analytical Hierarchy Process Model and Goal Model (AHP-GP Model) for Selection of Software Architecture. *International Journal of Computer Science and Network Security* 7(10), 108-117.

Ricci, N., Fitzgerald, M. E., Ross, A.M., & Rhodes, D. H. (2014). Architecting Systems of Systems with Ilities: an Overview of the SAI Method. *Procedia Computer Science,* 28, 322 – 331.

Ritchey, T. (1998). General Morphological Analysis: A general method for non quantified modeling. Adapted from the paper "Fritz Zwicky, Morphologie and Policy Analysis. *16th EURO Conference on Operational Analysis*, Brussels. Available in: www.swemorph.com.

Ritchey, T. (2006). Problem structuring using computer-aided morphological analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 792-801.

Ritchey, T. (2011). *Wicked Problems – Social Messes: Decision support Modelling with Morphological Analysis*. Berlin: Springer.

Ritchey, T. (2013). Modelling Social Messes with Morphological Analysis. *Acta Morphologica Generalis*, 2(1), 1-8.

Rodano, M., & Giammarco, K. (2013). A Formal Method for Evaluation of a Modeled System Architecture. *Procedia Computer Science*, 20, 210-215.

Rosenhead, J., & Thunhurst, C. (1982). A Materialist Analysis of Operational Research. *The Journal of the Operational Research Society*, 33(2), 111-122.

Ruprakobkit, T., Ruprakobkit, L., & Ratanatamskul, C. (2019). Sensitivity analysis techniques for the optimal system design of forward osmosis in organic acid recovery. *Computers and Chemical Engineering,* 123, 34-48.

Sheikh Rezaee, H., & Karbasizadeh, A.E. (2012). *Introduction to the philosophy of science*. Tehran, Hermes. (*in Persian*)

Sohrabi, B., Raeesi Vanani, I., & Zareh Mirkabad, F. (2016). Designing a Recommender System for Optimizing and Managing Bank Facilities through the Utilization of Clustering and Classification Algorithms. *Modern researches in decisionmaking,* 1(2), 53-76. (*in Persian*)

Sohrabi, B., Tahmasebipur, K., & Raeesi Vanani, I. (2011). Designing a Fuzzy Expert System for ERP Selection. *Industrial Management Journal,* 3(6), 39-58. (*in Persian*)

Svahnberg, M., Wohlin, C., Lundberg, L., & Mattsson, M. (2003). A Quality-Driven Decision-Support Method for Identifying Software Architecture Candidates. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Management*, 13(5), 547-573.

Tafaghodi Jami, S., & Baradaran Haravi, L. (2017).Investigating the Role of Social Business Processes management in Organizational Interoperability. *The first national conference on advances in enterprise architecture*, Shahid Beheshti University, Tehran: 13-14 December. (*in Persian*)

Tanchuk, V., Bondarchuk, E., Grigoriev, S., Krylov, V., Senik, K., Smirnov, O., Shapovalov, G., & Tazhibaeva, I. (2018). System design and engineering for baking of the KTM vacuum vessel. *Fusion Engineering and Design*, 136, 759-765.

Timothy, F.J., & Cochra, D. S. (2017). Manufacturing System Design Decomposition: An Ontology for Data Analytics and System Design Evaluation. *Procedia CIRP,* 60, 175-180.

Wallin, P. (2011). *Identifying and managing key challenges in architecting software-intensive system*. Dissertation, Malardalen University.

Wang, D., Du, G., Jiao, J.R., Wu, R., Yu, J., & Yang, D. (2016). A Stackelberg game theoretic model for optimizing product family architecting with supply chain consideration. *International Journal of Production Economics,* 172, 1-18.

Wang, R., & Dagli, C. H. (2013). Developing a holistic modeling approach for search-based system architecting. *Procedia Computer Science* 16, 206-215.

Xie, S., & Ouyang, Y. (2019). Reliable service systems design under the risk of network access failures. *Transportation Research Part E*, 122, 1-13.

Zandi, F., & Tavana, M. (2012). A fuzzy group multi-criteria enterprise architecture framework selection model. *Expert Systems with Applications*, 39, 1165-1173.

Zhang, F., Chen, M., Ames, D. P., Shen, C., Yue, S., Wen, Y., & Lu, G. (2019). Design and Development of a Service-oriented Wrapper System for Sharing and Reusing Distributed Geoanalysis Models on the Web. *Environmental Modelling*, 111, 498-509.

Zhang, Y., & Atkins, D. (2018). Medical facility network design: User-choice and system-optimal models. *European Journal of Operational Research*, 273(1), 1-15.

Zheng, Ch., Le Duigou, J., Bricogne, M., & Eynard, B. (2016). Multidisciplinary interface model for design of mechatronic system. *Computers in Industry*, 74, 24-37.

Zhu, L., Aurum, A, Gorton, I, & Jeffery, R. (2005). Tradeoff and Sensitivity Analysis in Software Architecture Evaluation Using Analytic Hierarchy Process. *Software Quality Journal,* 13, 357-375.