نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۵، شماره ویژه ۳، سال ۱۳۹۷، صفحه ۱۳۹ تا ۱۵۲

ویژه نامه نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی (VDC)

نسیم دیده ور[۱]، سید مجتبی حسینعلی[۲*]، امیر حسین محبی فر[۳]

۱-کارشناس ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه هنر، تهران، ایران
۲-استادیار گروه ساختمان دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

سطح پایین بازدهی، حاشیه سود کم و مشکل در سطح کیفیت باعث شده است که شرکت‌های ساختمانی درصدد یافتن ابزارهایی برای بهبود مدیریت اطلاعات، تعاملات و ارتباطات خود برآیند. فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) می‌تواند این ابزارها را درراستای بهبود مستمر فرایندها، فراهم نماید. روش طراحی و ساخت مجازی (VDC) روشی نوین است که به عنوان یک ابزار بالقوه برای غلبه بر مشکلات موجود در صنعت ساخت مطرح می‌شود. هدف VDC ارائه‌ی راهکارهای اثربخش برای یکپارچه‌سازی اطلاعات چندرشته‌ای موردنیاز در تمامی مراحل چرخه حیات پروژه از جمله مراحل طراحی، برنامه‌ریزی و ساخت است. محققین معتقدند که سرمایه‌گذاری باید بازدهی را افزایش دهد، کیفیت کالاها و خدمات تولیدی را افزایش دهد، هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد و سود را افزایش دهد، درغیراین‌صورت با تعریف پیشرفت فناورانه سازگاری ندارد و نباید گسترش یابد. در همین راستا لازم است منافع و چالش‌هایی که با به‌کارگیری و پیاده‌سازی چنین روشی در یک پروژه ایجاد می‌شود، مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش، از طریق بررسی ادبیات، منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش VDC در پروژه‌ها شناسایی و استخراج شده و براساس حوزه‌های دانش مدیریت پروژه طبقه‌بندی شده‌اند. سپس از طریق روش تحقیق کمی، منافع و چالش‌های شناسایی‌شده، بررسی و اولویت‌بندی گردیده و مهم‌ترین تأثیرات مثبت و منفی به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌ها با توجه به حوزه‌های دانش مدیریت پروژه، مشخص شده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش VDC در پروژه‌ها به حوزه‌ی یکپارچگی مربوط می‌باشند و پیاده‌سازی VDC، بیش‌ترین تأثیر را بر این حوزه از دانش مدیریت پروژه دارد.

کلمات کلیدی: روش طراحی و ساخت مجازی (VDC)، حوزه‌های دانش مدیریت پروژه، پروژه‌های ساخت، منافع، چالش‌ها.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	doi:	10.22065/jsce.2017.80775.1130
۱۳۹۶/۰۱/۱۵	۱۳۹۶/۰۶/۲۴	۱۳۹۶/۰۸/۰۴	۱۳۹۶/۰۸/۰۴	۱۳۹۷/۰۸/۳۰		http://dx.doi.org/10.22065/jsce.2017.80775.1130

*نویسنده مسئول: سید مجتبی حسینعلی‌پور

پست الکترونیکی: m-hosseinalipour@sbu.ac.ir

Benefits and Challenges of Applying Virtual Design and Construction (VDC)

Nasim Didehvar[1], Mujtaba Hosseinalipour [2]*, Amirhossein Mohebifar[3]

1- Master of Construction and Project Management, University of Art, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Construction Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- PhD Candidate of Construction and Project Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Low levels of efficiency, low profit margins and problem in quality make construction companies discover methods to improve their information, interaction and communication management. Information and Communication Technology (ICT) provides these tools to improve project processes. Virtual design and construction (VDC) is a modern method introduced as a potential tool to overcome problems arises in the construction industry. VDC aims to provide effective solutions for integrating multidisciplinary data required for all phases of the project life cycle, including design, planning and construction. The researchers believe that investment should increase productivity, enhance the quality of products and services, reduce operating costs and increase profits, otherwise does not comply with the definition of technological progress and should not be expanded. In this regard, it is necessary that the benefits and challenges of the adoption and implementation of such an approach in a project, be investigated. In this study, through a literature review, the benefits and challenges of applying VDC in projects are identified and classified based on Project Management Knowledge Areas. Then through quantitative research methods, benefits and challenges identified, are evaluated and prioritized and the most significant positive and negative effects of the application of virtual design and construction in projects are detected with respect to project management knowledge areas. The results of this study illustrate that the most important benefits and challenges of using the VDC method are related to the field of integration and implementation of VDC pose the greatest impact on this area of project management knowledge. Thus, the aforementioned area, integration, should be considered as a top priority.

ARTICLE INFO

Received: 04/04/2017
Revised: 15/09/2017
Accepted: 26/10/2017

Keywords:
Virtual Design and Construction (VDC)
Project Management Knowledge Areas
Construction Projects
Benefits
Challenges

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2017.80775.1130

*Corresponding author: Mujtaba Hosseinalipour.
Email address: m-hosseinalipour@sbu.ac.ir

۱- مقدمه

روش طراحی و ساخت مجازی[1] (VDC) از روش‌های نوین طراحی و ساخت می‌باشد که به‌کارگیری آن در صنعت معماری، مهندسی و ساخت[2] (AEC) در سطح جهانی باسرعت در حال افزایش است. توسعه‌ی یک پروژه، نیازمند ارتباط بین طراحی، مدیریتِ پروژه‌ی ساخت، مدیریت مالی و مدیریت محصول می‌باشد که متاسفانه امروزه اکثر این ارتباطات، با هزینه‌ی بیشتر، زمان طولانی‌تر و بی‌نظمی ایجاد می‌گردد [۱]. روش VDC بااستفاده از مدل‌های شبیه‌سازی شده‌ی مجازی و یکپارچه، امکان ارزیابی پروژه را به‌لحاظ اقتصادی و عملکردی، در طول تمامی مراحل چرخه حیات پروژه ایجاد می‌نماید.

امروزه شرکت‌های ساختمانی درحال یافتن ابزارهایی برای بهبود مدیریت اطلاعات، تعاملات و ارتباطات خود هستند. فناوری اطلاعات و ارتباطات[3] (ICT) می‌تواند این ابزارها را درراستای بهبود مستمر فرایندها، فراهم نماید [۲]. امروزه ICT شامل ابزارهای مبتنی بر کامپیوتری است که صنعت ساخت را هم حمایت می‌کند. روش طراحی و ساخت مجازی (VDC) به عنوان یک ابزار بالقوه برای غلبه بر مشکلات موجود در صنعت ساخت مطرح می‌شود. هدف VDC ارائه‌ی راهکارهای اثربخش برای یکپارچه‌سازی اطلاعات چندرشته‌ای موردنیاز برای تمامی فازهای چرخه حیات پروژه از جمله فازهای طراحی، برنامه‌ریزی و ساخت می‌باشد. با به‌کارگیری VDC، منفعت‌هایی از جمله یکپارچگی و هماهنگی در پروژه و تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، بازبینی و فرایندهای ارتباطی در طول چرخه حیات طراحی و ساخت برای شرکت‌ها ایجاد می‌گردد. هدف از پیاده‌سازی یک فناوری جدید، افزایش بازدهی و کارآمدی در سراسر چرخه حیات پروژه می‌باشد. هدف کسب‌وکار امروزی، ساخت سریع‌تر، ارزان‌تر با کیفیت بالاتر می‌باشد [۳].

در سال‌های اخیر به‌کارگیری و پیاده‌سازی VDC در صنعت معماری، مهندسی و ساخت (AEC) در کشورهای توسعه‌یافته با رشد روزافزونی مواجه شده است و به استراتژی مهمی در صنعت ساخت تبدیل گشته‌است که تصور می‌شود بهره‌وری و سوددهی را بهبود می‌بخشد. با وجود پیشرفت‌های زیاد و قابلیت‌های روش طراحی و ساخت مجازی در دنیا، هنوز این متدولوژی برای صنعت ساخت کشور ایران ناآشنا است و همچنان مدیران پروژه بر رویکردهای سنتی تکیه دارند. در طی سالیان اخیر برخی شرکت‌ها به‌آرامی درحال حرکت به‌سمت استفاده از این متدولوژی‌های نوین هستند که البته از برخی قابلیت‌های اندک آن‌ها بهره می‌گیرند. چرا که شرکت‌های ساخت برای سرمایه‌گذاری جهت پذیرش و پیاده‌سازی این روش مردد هستند، بدین‌جهت که آن‌ها آشنایی کافی با این روش ندارند و مدیران پروژه همچنان از منافع پیاده‌سازی آن بی‌اطلاع هستند.

باتوجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق تلاش خواهد شد که با توجه به نوین بودن موضوع مورد بررسی، ابتدا روش طراحی و ساخت مجازی به‌صورت مختصر معرفی گردد و در ادامه منافع و چالش‌های شناسایی‌شده از ادبیات موجود به‌صورت فهرست‌وار براساس حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه‌ای که در آن قرار می‌گیرند، طبقه‌بندی شوند. سپس با استفاده از ابزارهای روش تحقیق کمی و با استفاده از ابزار پرسش‌نامه، این منافع و چالش‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت و تأیید یا رد خواهند شد و در نهایت براساس میزان اهمیت اولویت‌بندی خواهند گردید.

۲-مروری بر ادبیات پژوهش

- **روش طراحی و ساخت مجازی (VDC)**

مفهوم طراحی و ساخت مجازی در سال ۲۰۰۱ توسط مرکز مهندسی یکپارچه تسهیلات[4] (CIFE) در دانشگاه استنفورد امریکا معرفی گردید و برروی توسعه‌ی رویکردی یکپارچه و مبتنی بر مدل تمرکز نمود و مشکلاتی که می‌توانند سطح بازدهی در صنعت ساخت را

[1] Virtual Design and Construction (VDC)
[2] Architecture, Engineering, Construction (AEC)
[3] Information and Communication Technology (ICT)
[4] Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)

تحت تأثیر قرار دهند، مدنظر قرار داد. CIFE فرایند طراحی و ساخت تکه‌تکه[5] را به عنوان یکی از مشکلات اصلی شناسایی کرده‌است که باعث می‌شود پروژه‌ها بیشتر از زمان درنظرگرفته‌شده به طول بیانجامند [۱].

CIFE، VDC را این‌گونه تعریف کرده‌است: "استفاده از مدل‌های کارکردی چندرشته‌ای در پروژه‌ی طراحی و ساخت که شامل محصول (مانند تسهیلات)، فرایندهای کاری و سازمانِ تیمِ طراحی-ساخت-بهره‌برداری، برای حمایت از اهداف کسب‌وکار می‌باشد" [۱].

توسعه‌ی یک پروژه، نیازمند ارتباط بین طراحی، مدیریتِ پروژه‌ی ساخت، مدیریت مالی و مدیریت محصول می‌باشد. امروزه اکثر این ارتباطات، با "هزینه‌ی بیشتر، زمان طولانی‌تر و بی‌نظمی" ایجاد می‌گردد [۴]. هدف از کارکردن سیستم‌ها و سازمان‌ها با یکدیگر ایجاد قابلیت همکاری بین محرکان کسب‌وکار و کار فنی در مهندسی همزمان ایجاد شده است که تلاش می‌کند مدل‌سازی محصول، سازمان و فرایند را یکپارچه ساخته و به‌دقت تحلیل نماید.

به‌کارگیری VDC باسرعت در حال افزایش است. در سال ۲۰۰۹، بیش از ۸۰٪ از شرکت‌های بزرگ AEC در امریکا از آن استفاده نموده‌اند [۵]. همچنین VDC، کاربردی رؤیایی را در طول سالیان گذشته به‌دست آورده‌است و از ۲۸٪ در سال ۲۰۰۷ به ۷۱٪ در سال ۲۰۱۲ رسیده‌است [۶].

در طول سالیان گذشته، مدل‌های مختلفی برای VDC تعریف شده است. این مدل‌ها، مدل‌های مبتنی بر کامپیوتری از پروژه هستند که انعطاف‌پذیر، تصویرسازی‌شده و تعامل‌پذیر بوده و مبتنی بر کاغذ و یا اسناد نمی‌باشند. اسناد مبتنی بر کاغذِ جداجدا به یکپارچگی رشته‌های مختلف کمک نمی‌کند و حتی ایجاد تغییرات کوچک، مستلزم صرف ساعت‌ها و یا روزها برای ایجاد تغییر، پرینت و مرور اسناد به‌روزشده می‌باشد [۴]. CIFE مدل پروژه‌ای را ایجاد کرده که مدل محصول-سازمان-فرایند[6] و یا مدل POP نامیده می‌شود و به‌منظور تسهیل ابزارها برای مدیر پروژه درراستای مدیریت جنبه‌هایی که می‌توانند مدیریت گردند به‌وجود آمده است [۴]. هدفِ مدل POP، تعریف اجزای مفهومی است که به اشتراک گذاشته می‌شوند و به ذینفعان کمک می‌کنند تا مطمئن گردند مشخصات محصول، سازمان و فرایند، متناسب و نامتناقض هستند. مدل سازمان مشخص می‌کند که کدامیک از ذینفعان، هریک از اجزای فیزیکی را طراحی کرده و خواهد ساخت. مدل فرایند، فعالیت‌ها و مایلستون‌ها را به ذینفعان تخصیص می‌دهد، درنتیجه همه‌ی آن‌ها متناسب شده و می‌توانند فعالیت‌ها را دنبال کنند و ملزومات کار را برآورده نمایند. مدل محصول، مؤلفه‌ها و سیستم‌های اجزای اقلام تحویل‌دادنی[7] را ارائه می‌دهد [۴].

توانایی‌های VDC قویاً به توسعه‌های فناورانه مرتبط است و نباید به عنوان یک مفهوم استاتیک و ساکن درنظر گرفته شود، بلکه به عنوان وسیله‌ای برای یکپارچه‌سازی ابزارها و متدهای جدید و ایجاد راه‌های حل‌مسئله‌ی بهتر درنظر گرفته‌شود. سه مرحله در مدل بلوغ VDC تعریف می‌شود. مرحله‌ی اول تصویرسازی[8] است که تیم‌های پروژه "مدل‌های سه‌بعدی که طراحی محصول را ارائه می‌دهند، مدل سازمان‌هایی که طراحی را انجام می‌دهند، ساخت و بهره‌برداری و فرایندی که توسط شرکای تجاری برای انجام طراحی دنبال می‌شود، ساخت و بهره‌برداری و مدیریت براساس سنجه‌های کارکرد که از طریق مدل‌ها پیش‌بینی شده و در فرایند دنبال شده‌است" را ایجاد می‌کنند. مرحله‌ی بعدی، یکپارچه‌سازی[9] است. در این مرحله "پروژه‌ها، متدهای اتوماتیک مبتنی بر کامپیوتر را استفاده می‌کنند که داده را درمیان مدل‌سازی‌های مختلف، تبادل می‌نماید و قابلیت اطمینان به نرم‌افزارها را تحلیل می‌نماید". آخرین مرحله اتوماسیون[10] است، مرحله‌ای که "پروژه‌ها از روش‌های اتوماتیک برای انجام فعالیت‌های طراحی روتین استفاده می‌کنند. سازمان‌های پروژه معمولاً برای بهبود طراحی به تغییر قابل توجهی در فرایندهای خود نیاز دارند تا بتوانند طراحی با ارزش زیاد را انجام دهند، تحلیل کنند و زمان و تلاش کم‌تری برای طراحی روتین صرف نمایند" [۴]. امروزه تمرکز در VDC در حوزه‌ی ساخت، عمدتاً بر تصویرسازی است، و درحال انتقال به یکپارچه‌سازی می‌باشد [۷].

[5] fragmented
[6] Product, Organization, Process
[7] deliverables
[8] Visualization
[9] Integration
[10] Automation

- **منافع به‌کارگیری VDC**

براساس مرور ادبیات صورت گرفته، منافع به‌کارگیری VDC به‌صورت خلاصه جمع‌بندی شده و براساس حوزه‌ای از دانش مدیریت پروژه که در آن قرار می‌گیرند دسته‌بندی شده‌اند. این موارد در جدول ۱ قید گردیده است.

جدول ۱: منافع به‌کارگیری VDC

حوزه دانش مدیریت پروژه	ردیف	منافع به کارگیری VDC	محقق	سال تحقیق
یکپارچگی	۱	افزایش تعامل‌پذیری	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۲	استفاده از مدل‌های کارکردی چندرشته ای و یکپارچه‌سازی محصول، فرایندهای کاری و سازمانِ تیم طراحی-ساخت-بهره‌برداری	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
			خنزود، فیشر و همکاران [۱]	۲۰۰۶
	۳	ایجاد چارچوبی یکپارچه و مجموعه‌ای از روش‌ها برای مدیریت پروژه	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۴	یکپارچه‌سازی ساختارهای کسب‌وکار به صورت فرایندی تعامل‌پذیر	ازهر [۸]	۲۰۱۱
	۵	بهینه سازی کارآمدی در طول تمامی فازهای چرخه حیات پروژه	ازهر [۸]	۲۰۱۱
	۶	حاوی اطلاعات مفید قابل استفاده توسط همگان در سراسر چرخه حیات پروژه	ایستمن، تیکولز و همکاران [۹]	۲۰۱۱
	۷	پیوستگی فرایندهای ساخت منقطع	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
	۸	مدیریت اطلاعات/دانش کارا و عدم انجام اشتباهات مشابه در پروژه-های مختلف	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
	۹	بهبود در بازدهی	خنزود، فیشر و همکاران [۱]	۲۰۰۶
هزینه	۱۰	کاهش هزینه‌ها	سن [۱۰]	۲۰۱۲
	۱۱	کاهش هدررفت‌ها	ازهر [۸]	۲۰۱۱
	۱۲	حداکثرسازی ارزش پروژه به صورت یک کل	لاهدو و زترمن [۱۱]	۲۰۱۱
	۱۳	تسهیل تخمین هزینه‌ها	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰
	۱۴	کاهش هزینه‌های مدیریتی	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
	۱۵	کاهش هزینه‌های مطالعات طراحی	چچر، کونز و همکاران [۱۳]	۲۰۰۴
زمان	۱۶	کاهش فرایند تصمیم‌گیری با استفاده از رفتارهای تعاملی	تیکسیرا [۱۴]	۲۰۱۴
	۱۷	کاهش زمان بین درخواست اطلاعات و دریافت موارد درخواستی	تیکسیرا [۱۴]	۲۰۱۴
	۱۸	افزایش سرعت به‌روزرسانی تغییرات در تمامی مدل‌های وابسته	تیکسیرا [۱۴]	۲۰۱۴
	۱۹	کاهش دوباره‌کاری‌ها در فرایند طرح و ساخت	تیکسیرا [۱۴]	۲۰۱۴
	۲۰	ایجاد زمان‌بندی‌های کوتاه‌تر و کاهش زمان پروژه	سن [۱۰]	۲۰۱۲
			چچر، کونز و همکاران [۱۳]	۲۰۰۴
	۲۱	کاهش زمان برآورد هزینه‌ها	کمیدن	۲۰۱۲
	۲۲	سازگاری سریع تیم با تغییرات	رینلندر، اورلراج و همکاران [۱۵]	۲۰۰۹
ارتباطات	۲۳	بهبود بخشیدن ارتباطات	سن [۱۰]	۲۰۱۲
	۲۴	تسهیل ارتباطات و تعاملات میان ذینفعان	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰
	۲۵	کاهش بوروکراسی‌های پیچیده و حل آسان‌تر مشکلات	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
کیفیت	۲۶	افزایش کیفیت طراحی و ساخت	سن [۱۰]	۲۰۱۲
			چچر، کونز و همکاران [۱۳]	۲۰۰۴
	۲۷	افزایش کیفیت مستندات ساخت ارائه‌شده	کمیدن	۲۰۱۲
ذینفعان	۲۸	افزایش احساس مالکیت در ذینفعان و درنتیجه افزایش تأثیرگذاری در فرایند تصمیم‌گیری	تیکسیرا [۱۴]	۲۰۱۴
	۲۹	شرکت ذینفعان به صورت کارا در مدل‌های طراحی و درک مدل‌ها در حین تکامل توسط ذینفعان	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲

حوزه دانش مدیریت پروژه	ردیف	منافع به کارگیری VDC	محقق	سال تحقیق
	۳۰	ایجاد قابلیت همکاری میان محرکان کسب‌وکار	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۳۱	حمایت از ذینفعان برای شناسایی اجزایی از فرایند طراحی که به بیشترین هزینه، تلاش و یا زمان نیاز دارند	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۳۲	دسترسی تمامی ذینفعان پروژه به دیتابیس یکپارچه پروژه	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۳۳	ایجاد چارچوب مشترک برای یکپارچه‌سازی داده‌ها و تعامل سریع بین ذینفعان	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۳۴	مورد استفاده برای طیف گسترده‌ای از شرکت‌ها و سطوح مختلفی از توانایی و تجربه	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰
	۳۵	کمک به تصمیم‌گیری‌های جمعی	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰
	۳۶	افزایش کارآمدی هر شریک	رینلندر، ارولراج و همکاران [۱۵]	۲۰۰۹
منابع انسانی	۳۷	افزایش امنیت کارکنان	سن [۱۰]	۲۰۱۲
تدارکات	۳۸	تسهیل مدیریت منابع	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰
ریسک	۳۹	شبیه‌سازی سناریوها و پیش‌بینی سریع عملکرد فعالیت‌های پروژه توسط تیم پروژه	رینلندر، ارولراج و همکاران [۱۵]	۲۰۰۹
محدوده	۴۰	افزایش انعطاف‌پذیری	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۴۱	توسعه قابلیت ساخت و استراتژی‌های اجرا	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰

- **چالش‌های به‌کارگیری VDC**

همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شده است، باوجود این‌که به‌کارگیری VDC دارای منافع بسیار می‌باشد، همچنان عدم‌قطعیت-هایی را نیز در صنعت ساخت ایجاد می‌نماید و به‌کارگیری و پیاده‌سازی آن چالش‌هایی را به‌همراه دارد. این چالش‌ها براساس حوزه‌ای از دانش مدیریت پروژه که در آن قرار می‌گیرند، در جدول ۲ جمع‌بندی شده‌اند.

جدول ۲: چالش‌های به‌کارگیری VDC

حوزه دانش مدیریت پروژه	ردیف	چالش های به کارگیری VDC	محقق	سال تحقیق
یکپارچگی	۱	نیاز به قراردادهای تعاملی چندتایی در راستای کمک به به‌اشتراک-گذاری اطلاعات	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۲	نیاز به تغییر قابل‌توجه در فرایندهای سازمانِ پروژه	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۳	کمبود سازگاری نرم‌افزاری از یک پروژه به پروژه دیگر	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
هزینه	۴	هزینه‌بر بودن ابزارهای نرم‌افزاری	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
	۵	ایجاد جدال بر سر این که چه کسی باید هزینه VDC را بپردازد	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۱۱
	۶	ایجاد هزینه آموزش و یادگیری	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۱۰
ذینفعان	۷	نیاز به توافق همه ذینفعان با استانداردهای تبادل میان مدل‌سازی-های مختلف	کونز و فیشر [۴]	۲۰۱۲
زمان	۸	کاهش سرعت طراحی و نیاز به ایجاد تمام مدل‌ها در سطح مطلوبی از جزئیات و دقت	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۰۹
ریسک	۹	ایجاد ریسک تغییر و داشتن فرایندهای نوآورانه	لی، لو و همکاران [۷]	۲۰۱۲
منابع انسانی	۱۰	نیاز به سطح بالایی از تخصص	ماهالینگام، کاشیاپ و همکاران [۱۲]	۲۰۱۰

۳-روش تحقیق

هدف پژوهش حاضر بررسی منافع و چالش‌های به کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌ها می‌باشد، این پژوهش از نظر هدف در زمره‌ی پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و انتظار می‌رود یافته‌های این تحقیق در جامعه مورد مطالعه و جوامع مشابه با آن مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، تحقیق حاضر برحسب نحوه گردآوری داده‌ها پژوهشی توصیفی از نوع پیمایشی است. این تحقیق درصدد شناسایی منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی (VDC) در پروژه‌ها، به تفکیک حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه می باشد تا اهمیت هریک از این چالش‌ها و منافع را در موفقیت پروژه مشخص سازد.

جامعه آماری این پژوهش را شاغلین در صنعت ساخت در سطح استان تهران که با روش طراحی و ساخت مجازی (VDC) و نیز مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) آشنایی داشته و حتی‌المقدور در پروژه‌های سازمان خود از آن‌ها استفاده می‌کنند، تشکیل می‌دهند. با توجه به محدود بودن افراد شاغل در صنعت ساخت که با روش‌های VDC و BIM آشنایی داشته و نیز در پروژه‌های خود از آن‌ها استفاده کرده‌اند، به روش نمونه‌گیری هدفمند و دردسترس تعداد ۵۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب شدند و پرسش‌نامه به دو روش بین آن‌ها توزیع گردید که روش اول به‌صورت کاغذی و مراجعه‌ی حضوری به افراد صاحب‌نظر و روش دوم به‌صورت اینترنتی و از طریق پست الکترونیک انجام گردید. از این تعداد توزیع‌شده، ۳۲ پرسشنامه بازگردانده شدند.

در پژوهش حاضر روش گردآوری اطلاعات مطالعات کتابخانه‌ای و روش میدانی می‌باشد. ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی ادبیات موضوع، منافع و چالش‌ها شناسایی شدند و برای بررسی آماری و تأیید این منافع و چالش‌ها با نظر جامعه‌ی آماری هدف، از پرسش‌نامه استفاده شده است.

این پژوهش بخشی از پژوهش بزرگتری[۱۱] بوده است که پرسش‌نامه‌ی استفاده شده در آن شامل سه بخش بوده و بخش دوم آن، پاسخگوی هدف پژوهش حاضر می‌باشد. بخش فوق‌الاشاره شامل ۳۰ گویه از منفعت‌ها و ۱۰ گویه از چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌ها که از ادبیات تحقیق شناسایی شده است، می‌باشد که به تفکیک ۱۰ حوزه ی دانش مدیریت پروژه تقسیم‌بندی شده‌اند.

در این تحقیق برای سنجش پایایی از آزمون آلفای کرونباخ به کمک نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. جدول ۳ خروجی آزمون آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ضرایب پایایی پرسش‌نامه‌ها

پرسشنامه	تعداد سوال	تعداد نمونه	ضریب آلفای کرونباخ
منافع به‌کارگیری روش VDC	۳۰	۳۲	۰/۸۴۸
چالش‌های به‌کارگیری روش VDC	۱۰	۳۲	۰/۷۳۹

در این تحقیق برای بررسی روایی پرسش‌نامه نیز از روایی محتوایی استفاده گردید. طبق این روش پرسش‌نامه‌های تهیه شده توسط برخی از اساتید و متخصصان این حوزه مورد بررسی قرارگرفت که در نتیجه و پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، پرسشنامه نهایی تدوین گردید.

[۱۱] دیده‌ور، نسیم. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر اقتصادی به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی (VDC) در پروژه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت پروژه و ساخت. دانشگاه هنر تهران.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از روش‌های آماری استنباطی به کمک نرم‌افزار $SPSS_{21}$ از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[12] به منظور تعیین چگونگی توزیع داده‌ها استفاده شده است. از آزمون تی تک نمونه ای[13] برای تأیید و یا رد منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی که از ادبیات تحقیق شناسایی شده‌اند، استفاده می‌شود. همچنین از آزمون فریدمن[14] برای بررسی یکسانی یا عدم یکسانی اهمیت چالش‌ها و منافع به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی تأییدشده از طریق آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده خواهد شد.

متغیرهای این تحقیق عبارتند از "متغیرهایی که در جهت تبیین منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌ها شناسایی شدند که شامل شاخص‌های مشخص‌شده در هریک از **حوزه های ده‌گانه‌ی دانش مدیریت پروژه** (یکپارچگی، زمان، هزینه، ارتباطات، کیفیت، ذینفعان، منابع انسانی، تدارکات، ریسک و محدوده) می‌باشند". **همچنین فرضیه تحقیق عبارت است از "منافع و چالش‌های شناسایی‌شده در هریک از حوزه‌های ده‌گانه‌ی دانش مدیریت پروژه (شامل یکپارچگی، زمان، هزینه، ارتباطات، کیفیت، ذینفعان، منابع انسانی، تدارکات، ریسک و محدوده) بر اتمام موفقیت‌آمیز پروژه تاثیر دارند".**

۴-تجزیه و تحلیل داده‌ها

- **آزمون کلموگروف- اسمیرنوف**

به منظور مشخص شدن توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است. جدول ۴ نتایج این آزمون را برای تمامی متغیرهای تحقیق نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف

	مولفه ها	آماره Z	سطح معناداری	نتیجه آزمون
منافع به‌کارگیری روش VDC در حوزه دانش مدیریت پروژه	یکپارچگی	۱/۲۵۰	۰/۰۸۸	داده‌ها نرمال است
	زمان	۱/۱۷۶	۰/۱۴۵	داده‌ها نرمال است
	هزینه	۱/۰۳۸	۰/۱۹۵	داده‌ها نرمال است
	ارتباطات	۱/۲۸۸	۰/۰۶۷	داده‌ها نرمال است
	کیفیت	۱/۲۹۶	۰/۰۶۱	داده‌ها نرمال است
	ذینفعان	۱/۱۵۱	۰/۱۴۲	داده‌ها نرمال است
	منابع انسانی	۱/۱۳۵	۰/۱۵۲	داده‌ها نرمال است
	تدارکات	۱/۲۶۸	۰/۰۸	داده‌ها نرمال است
	ریسک	۰/۹۷۴	۰/۲۹۹	داده‌ها نرمال است
	محدوده	۱/۳۵۵	۰/۰۵۱	داده‌ها نرمال است
چالش های به‌کارگیری روش VDC در حوزه دانش مدیریت پروژه	یکپارچگی	۰/۸۹۶	۰/۳۹۸	داده‌ها نرمال است
	زمان	۱/۳۰۳	۰/۰۶۷	داده‌ها نرمال است
	هزینه	۱/۲۵۵	۰/۰۸۶	داده‌ها نرمال است
	ذینفعان	۱/۲۹۵	۰/۰۶۹	داده‌ها نرمال است
	منابع انسانی	۰/۹۸۵	۰/۳۰۵	داده‌ها نرمال است
	ریسک	۱/۱۶۶	۰/۱۴۸	داده‌ها نرمال است

نتایج حاصل از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف (نرمالیتی) نشان می‌دهد که توزیع داده‌های تمامی متغیرهای تحقیق (منافع و چالش‌ها) نرمال می‌باشد. بنابراین برای آزمون متغیرها و به منظور تحلیل استنباطی از آزمون‌های پارامتریک استفاده می‌گردد.

[12] Kolmogorov-Smirnov Test
[13] One Sample T Test
[14] Friedman Test

- **آزمون تی تک نمونه‌ای برای بررسی منافع به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی**

منافع به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی براساس حوزه‌های دانش مدیریت پروژه تقسیم‌بندی شده‌اند. در جدول ۵ نتیجه بررسی آماری هر منفعت براساس حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه‌ی مربوطه مشخص شده است.

جدول ۵: نتایج آزمون تی تک نمونه‌ای برای بررسی منافع به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی

متغیر	مقدار آزمون=۳						نتیجه
	آماره t	درجه آزادی	میانگین	Sig. (2-tailed)	فاصله اطمینان ٪۹۵		
				سطح معناداری	حد پایین	حد بالا	
یکپارچگی و تعامل‌پذیری ساختارهای کسب‌وکار	۱۲/۵۷۱	۳۱	۴/۶۵۶	۰/۰۰۰	۱/۳۸۷۵	۱/۹۲۵۰	تأیید
بهینه‌سازی کارآمدی در طول تمامی فازهای چرخه حیات پروژه	۱۵/۰۹۲	۳۱	۴/۶۲۵	۰/۰۰۰	۱/۴۰۵۴	۱/۸۴۴۶	تأیید
وجود اطلاعات مفید قابل استفاده در سراسر چرخه حیات پروژه	۱۲/۶۶۱	۳۱	۴/۵۹۳	۰/۰۰۰	۱/۳۳۷۰	۱/۸۵۰۵	تأیید
پیوستگی بین فرایندهای ساخت منقطع و جداجدا	۷/۶۲۸	۳۱	۴/۴۰۶	۰/۰۰۰	۱/۰۳۰۲	۱/۷۸۲۳	تأیید
بهبود در میزان بازدهی	۱۱/۷۸۷	۳۱	۴/۳۷۵	۰/۰۰۰	۱/۱۳۷۱	۱/۶۱۲۹	تأیید
یکپارچگی محصول، فرایندهای کاری و سازمان تیم طراحی-ساخت-بهره برداری	۱۲/۷۷۱	۳۱	۴/۳۷۵	۰/۰۰۰	۱/۱۵۵۴	۱/۵۹۴۶	تأیید
کارایی مدیریت اطلاعات/دانش	۷/۹۱۵	۳۱	۴/۰۶۲	۰/۰۰۰	۰/۷۸۸۷	۱/۳۳۶۳	تأیید
عدم وجود اشتباهات مشابه در پروژه‌های مختلف	۷/۳۰۹	۳۱	۴/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۸۱۱۱	۱/۴۳۸۹	تأیید
یکپارچگی	۱۶/۰۷۰	۳۱	۴/۴۰۲	۰/۰۰۰	۱/۲۲۴۴	۱/۵۸۰۳	تأیید
ایجاد زمان‌بندی‌های کوتاه و تأثیر بر زمان پروژه	۱۳/۵۵۲	۳۱	۴/۵۹۳	۰/۰۰۰	۱/۳۵۳۹	۱/۸۳۳۶	تأیید
کاهش مدت فرایند تصمیم‌گیری با استفاده از رفتارهای تعاملی	۷/۱۵۵	۳۱	۴/۰۶۲	۰/۰۰۰	۰/۷۵۹۶	۱/۳۶۵۴	تأیید
کاهش زمان بین درخواست اطلاعات (RFI) و دریافت موارد درخواستی	۴/۷۰۶	۳۱	۳/۶۲۵	۰/۰۰۰	۰/۳۵۴۱	۰/۸۹۵۹	تأیید
افزایش سرعت به‌روزرسانی تغییرات در تمامی مدل‌های وابسته	۶/۶۶۴	۳۱	۴/۰۹۳	۰/۰۰۰	۰/۷۵۹۰	۱/۴۲۸۵	تأیید
زمان	۱۳/۴۱۶	۳۱	۴/۰۹۳	۰/۰۰۰	۰/۹۲۷۵	۱/۲۶۰	تأیید
عدم انجام دوباره‌کاری‌ها	۱۲/۶۳۶	۳۱	۴/۳۴۳	۰/۰۰۰	۱/۱۲۶۹	۱/۵۶۰۶	تأیید
کاهش کلی هزینه‌ها	۹/۸۴۳	۳۱	۴/۲۵۰	۰/۰۰۰	۰/۹۹۱۰	۱/۵۰۹۰	تأیید
درنظر گرفتن ارزش پروژه به صورت یک کل	۱۱/۰۰	۳۱	۴/۳۷۵	۰/۰۰۰	۱/۱۲۰۱	۱/۶۲۹۹	تأیید
بهبود تخمین هزینه‌ها و دقت برآورد	۵/۰۳۶	۳۱	۳/۷۵۰	۰/۰۰۰	۰/۴۴۶۳	۱/۰۵۳۷	تأیید
هزینه	۱۴/۴۰۴	۳۱	۴/۱۷۹	۰/۰۰۰	۱/۰۱۲۶	۱/۳۴۶۷	تأیید
تسهیل ارتباطات و تعاملات میان ذینفعان	۷/۴۰۰	۳۱	۴/۱۵۶	۰/۰۰۰	۰/۸۳۷۶	۱/۴۷۴۹	تأیید
کاهش بوروکراسی‌های پیچیده و حل آسان‌تر مشکلات	۲/۲۴۷	۳۱	۳/۳۴۳	۰/۰۰۰	۰/۰۳۱۷	۰/۶۵۵۸	تأیید
ارتباطات	۶/۰۹۹	۳۱	۳/۷۵۰	۰/۰۰۰	۰/۴۹۹۲	۱/۰۰۰۸	تأیید
افزایش کیفیت طراحی و ساخت	۷/۵۰۶	۳۱	۴/۰۶۲	۰/۰۰۰	۰/۷۷۳۸	۱/۳۵۱۲	تأیید
افزایش کیفیت مستندات ساخت ارائه‌شده	۸/۹۲۰	۳۱	۴/۲۸۱	۰/۰۰۰	۰/۹۸۸۳	۱/۵۷۴۲	تأیید
کیفیت	۹/۲۸۴	۳۱	۴/۱۷۱	۰/۰۰۰	۰/۹۱۴۴	۱/۴۲۹۳	تأیید
درک بهتر مدل‌های طراحی در حین تکامل توسط ذینفعان	۷/۶۴۲	۳۱	۴/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۸۲۴۷	۱/۴۲۵۳	تأیید
افزایش احساس مالکیت در ذینفعان	۰/۰۰۰	۳۱	۳/۰۰	۱/۰۰۰	-۰/۳۱۷۲	۰/۳۱۷۲	رد
افزایش میزان کارآمدی هر شریک	۰/۳۳۸	۳۱	۳/۰۶۲	۰/۷۳۷	-۰/۳۱۴۴	۰/۴۳۹۴	رد

متغیر	مقدار آزمون=۳						نتیجه
	آماره t	درجه آزادی	میانگین	Sig. (2-tailed)	فاصله اطمینان ۹۵٪		
				سطح معناداری	حد پایین	حد بالا	
مورد استفاده برای طیف گسترده‌ای از شرکت‌ها و سطوح مختلفی از توانایی و تجربه	۷/۷۲۱	۳۱	۴/۲۵۰	۰/۰۰۰	۰/۹۱۹۸	۱/۵۸۰۲	تأیید
کمک به تصمیم‌گیری‌های جمعی	۷/۷۲۶	۳۱	۴/۱۵۶	۰/۰۰۰	۰/۸۵۱۰	۱/۴۶۱۵	تأیید
ذینفعان	۷/۹۳۰	۳۱	۳/۷۱۸	۰/۰۰۰	۰/۵۳۳۹	۰/۹۰۳۶	تأیید
افزایش امنیت کارکنان	۰/۸۹۲	۳۱	۳/۱۲۵	۰/۳۷۹	-۰/۱۶۰۹	۰/۴۱۰۹	رد
منابع انسانی	۰/۸۹۲	۳۱	۳/۱۲۵	۰/۳۷۹	-۰/۱۶۰۹	۰/۴۱۰۹	رد
تسهیل مدیریت منابع	۳/۹۸۵	۳۱	۳/۴۲۲	۰/۰۰۰	۰/۲۰۸۶	۰/۵۷۱۱	تأیید
تدارکات	۳/۹۸۵	۳۱	۳/۴۲۲	۰/۰۰۰	۰/۲۰۸۶	۰/۵۷۱۱	تأیید
شبیه‌سازی سناریوها و پیش‌بینی عملکرد فعالیت-های پروژه توسط تیم پروژه	۳/۵۴۴	۳۱	۳/۳۵۲	۰/۰۰۰	۰/۱۹۸۸	۰/۵۱۰۵	تأیید
ریسک	۳/۵۴۴	۳۱	۳/۳۵۲	۰/۰۰۰	۰/۱۹۸۸	۰/۵۱۰۵	تأیید
افزایش انعطاف‌پذیری	۳/۹۹۹	۳۱	۳/۴۳۷	۰/۰۰۰	۰/۲۱۴۴	۰/۶۶۰۶	تأیید
توسعه قابلیت ساخت و استراتژی‌های اجرا	۶/۵۷۹	۳۱	۴/۰۶۲	۰/۰۰۰	۰/۷۳۳۱	۱/۳۹۱۹	تأیید
محدوده	۶/۶۸۱	۳۱	۳/۷۵۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲۱۱	۰/۹۷۸۹	تأیید

- **آزمون تحلیل واریانس رتبه‌ای فریدمن برای اولویت‌بندی منافع به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی**

از آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی (رتبه‌بندی) متغیرها استفاده می‌شود. در این بخش به منظور اولویت‌بندی آن دسته از منافع به‌کارگیری روش VDC که در آزمون تی تک‌نمونه ای تایید گردیده است، از آزمون فریدمن استفاده گردید. خروجی حاصل از نرم‌افزار SPSS برای این آزمون به‌شرح جدول ۶ و جدول ۷ می‌باشد.

جدول ۶: آماره‌های آزمون اولویت‌بندی منافع به‌کارگیری روش VDC

تعداد نمونه	۳۲
آماره کای دو	۲۱۰/۶۰۶
درجه آزادی	۲۶
سطح معناداری	۰/۰۰۰

جدول فوق نشان می‌دهد که سطح معناداری بدست آمده برابر صفر بوده و کم‌تر از سطح خطای آلفای ۰/۰۵ می‌باشد، لذا فرض صفر این آزمون که "اهمیت یکسان منافع به‌کارگیری روش VDC در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه" است، رد شده و فرض مقابل مبنی بر "متفاوت بودن اهمیت منافع به‌کارگیری روش VDC در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه" پذیرفته می‌شود.

جدول ۷: میانگین رتبه ها در اولویت بندی منافع به کارگیری روش VDC

اولویت منفعت	میانگین رتبه منفعت	منافع	حوزه دانش مدیریت پروژه
۱	۱۹/۵۸	یکپارچگی و تعامل‌پذیری ساختارهای کسب‌وکار	یکپارچگی
۲	۱۸/۷۸	بهینه‌سازی کارآمدی در طول تمامی فازهای چرخه حیات پروژه	یکپارچگی
۳	۱۸/۵۵	ایجاد زمان‌بندی های کوتاه و تأثیر بر زمان پروژه	زمان
۴	۱۸/۳۹	وجود اطلاعات مفید قابل استفاده در سراسر چرخه حیات پروژه	یکپارچگی
۵	۱۷/۶۶	پیوستگی بین فرایندهای ساخت منقطع و جداجدا	یکپارچگی
۶	۱۶/۳۸	درنظر گرفتن ارزش پروژه به صورت یک کل	هزینه
۷	۱۶/۲۰	بهبود در میزان بازدهی	یکپارچگی
۸	۱۶/۱۶	یکپارچگی محصول، فرایندهای کاری و سازمان تیم طراحی-ساخت-بهره برداری	یکپارچگی
۹	۱۵/۹۵	عدم انجام دوباره‌کاری‌ها	زمان
۱۰	۱۵/۶۲	مورد استفاده برای طیف گسترده‌ای از شرکت‌ها و سطوح مختلفی از توانایی و تجربه	ذینفعان
۱۱	۱۵/۳۹	افزایش کیفیت مستندات ساخت ارائه‌شده	کیفیت
۱۲	۱۴/۹۴	کاهش کلی هزینه‌ها	هزینه
۱۳	۱۴/۵۸	تسهیل ارتباطات و تعاملات میان ذینفعان	ارتباطات
۱۴	۱۴/۲۰	افزایش سرعت به‌روزرسانی تغییرات در تمامی مدل‌های وابسته	زمان
۱۵	۱۴/۱۱	عدم وجود اشتباهات مشابه در پروژه‌های مختلف	یکپارچگی
۱۶	۱۴/۰۸	کمک به تصمیم‌گیری‌های جمعی	ذینفعان
۱۷	۱۳/۹۲	کاهش مدت فرایند تصمیم‌گیری با استفاده از رفتارهای تعاملی	زمان
۱۸	۱۳/۸۸	توسعه قابلیت ساخت و استراتژی‌های اجرا	محدوده
۱۹	۱۳/۸۶	درک بهتر مدل‌های طراحی در حین تکامل توسط ذینفعان	ذینفعان
۲۰	۱۳	افزایش کیفیت طراحی و ساخت	کیفیت
۲۱	۱۲/۸۹	کارایی مدیریت اطلاعات/دانش	یکپارچگی
۲۲	۱۰/۴۷	بهبود تخمین هزینه‌ها و دقت برآورد	هزینه
۲۳	۹/۹۲	کاهش زمان بین درخواست اطلاعات (RFI) و دریافت موارد درخواستی	زمان
۲۴	۷/۸۴	شبیه‌سازی سناریوها و پیش‌بینی عملکرد فعالیت‌های پروژه توسط تیم پروژه	ریسک
۲۵	۷/۵۲	کاهش بوروکراسی‌های پیچیده و حل آسان‌تر مشکلات	ارتباطات
۲۶	۷/۵۰	افزایش انعطاف‌پذیری	محدوده
۲۷	۶/۶۲	تسهیل مدیریت منابع	تدارکات

جدول فوق میانگین رتبه‌ها و اولویت ۲۷ منفعت به‌کارگیری روش VDC که در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه تاثیر دارند را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود "یکپارچگی و تعامل‌پذیری ساختارهای کسب‌وکار" با میانگین رتبه ۱۹/۵۸، "بهینه‌سازی کارآمدی در طول تمامی فازهای چرخه حیات پروژه" با میانگین رتبه ۱۸/۷۸ و "ایجاد زمان‌بندی‌های کوتاه و تأثیر بر زمان پروژه" با میانگین رتبه ۱۸/۵۵ در بین منافع به‌کارگیری روش VDC بالاترین اهمیت را دارا بوده و در اولویت‌های اول تا سوم قرار دارند. همچنین در بین منافع به‌کارگیری روش VDC "کاهش بوروکراسی‌های پیچیده و حل آسان‌تر مشکلات" با میانگین رتبه ۷/۵۲، "افزایش انعطاف‌پذیری" با میانگین رتبه ۷/۵۰ و "تسهیل مدیریت منابع" با میانگین رتبه ۶/۶۲ کم‌ترین اهمیت را دارا بوده و در اولویت‌های ۲۵ تا ۲۷ قرار دارند.

- **آزمون تی تک نمونه‌ای برای بررسی چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی**

چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی براساس حوزه‌های دانش مدیریت پروژه تقسیم‌بندی شده‌اند. در جدول ۸ نتیجه بررسی آماری هر چالش براساس حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه‌ی مربوطه مشخص شده است.

جدول ۸: نتایج آزمون تی تک نمونه ای برای بررسی چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی

متغیر	مقدار آزمون=۳						نتیجه
	آماره t	درجه آزادی	میانگین	Sig. (2-tailed)	فاصله اطمینان ۹۵٪		
				سطح معناداری	حد پایین	حد بالا	
نیاز به قراردادهای تعاملی چندعاملی	۲/۲۷۳	۳۱	۳/۵۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۱۴	۰/۹۴۸۶	تأیید
نیاز به تغییر در فرایندهای سازمانِ پروژه	۳/۹۷۳	۳۱	۳/۹۶۸	۰/۰۰۰	۰/۴۷۱۵	۱/۴۶۶۰	تأیید
کمبود سازگاری نرم‌افزاری از یک پروژه به پروژه دیگر	۳/۴۹۸	۳۱	۳/۷۸۱	۰/۰۰۱	۰/۳۲۵۸	۱/۲۳۶۷	تأیید
یکپارچگی	۳/۸۲۱	۳۱	۳/۷۵۰	۰/۰۰۱	۰/۳۴۹۷	۱/۱۵۰۳	تأیید
ایجاد تمام مدل‌ها در سطح مطلوبی از جزئیات و دقت و کاهش سرعت طراحی	۶/۹۸۴	۳۱	۳/۹۳۷	۰/۰۰۰	۰/۶۶۳۷	۱/۲۱۱۳	تأیید
زمان	۶/۹۸۴	۳۱	۳/۹۳۷	۰/۰۰۰	۰/۶۶۳۷	۱/۲۱۱۳	تأیید
هزینه‌بر بودن ابزارهای نرم‌افزاری و سخت-افزاری	-۴/۱۰۴	۳۱	۲/۱۸۷	۰/۰۰۰	-۱/۲۱۶۲	-۰/۴۰۸۸	رد
ایجاد هزینه‌ی آموزش و یادگیری	-۴/۱۷۶	۳۱	۲/۰۹۳	۰/۰۰۰	-۱/۳۴۸۹	-۰/۴۶۳۶	رد
جدال بر سر این که چه کسی باید هزینه VDC را بپردازد	۴/۹۸۴	۳۱	۳/۵۳۷	۰/۰۰۰	۰/۵۲۲۷	۱/۱۰۲۴	تأیید
هزینه	-۲/۷۴۸	۳۱	۲/۶۰۵	۰/۰۰۰	-۰/۶۵۸۶	-۰/۲۸۱۳	رد
نیاز به توافق همه ذینفعان با استانداردهای تبادل میان مدل‌سازی‌های مختلف	۱/۵۶۱	۳۱	۳/۲۱۸	۰/۱۲۹	-۰/۰۶۷۰	۰/۵۰۴۵	رد
ذینفعان	۱/۵۶۱	۳۱	۳/۲۱۸	۰/۱۲۹	-۰/۰۶۷۰	۰/۵۰۴۵	رد
نیاز به سطح بالایی از تخصص	۹/۰۰	۳۱	۴/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۸۷۰۱	۱/۳۷۹۹	تأیید
منابع انسانی	۹/۰۰	۳۱	۴/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۸۷۰۱	۱/۳۷۹۹	تأیید
وجود فرایندهای نوآورانه و ایجاد ریسک تغییر	۳/۲۱۵	۳۱	۳/۵۰۰	۰/۰۰۳	۰/۱۸۲۸	۰/۸۱۷۲	تأیید
ریسک	۳/۲۱۵	۳۱	۳/۵۰۰	۰/۰۰۳	۰/۱۸۲۸	۰/۸۱۷۲	تأیید

- **آزمون تحلیل واریانس رتبه‌ای فریدمن برای اولویت بندی چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی**

در این بخش به منظور اولویت‌بندی آن دسته از چالش‌های به‌کارگیری روش VDC که در آزمون تی تک نمونه ای تایید گردیده است، از آزمون فریدمن استفاده گردید. خروجی حاصل از نرم افزار SPSS برای این آزمون به‌شرح جدول ۹ و جدول ۱۰ می‌باشد.

جدول ۹: آماره‌های آزمون اولویت‌بندی چالش‌های به کارگیری روش VDC

تعداد نمونه	۳۲
آماره کای دو	۴۸/۰۰۸
درجه آزادی	۶
سطح معناداری	۰/۰۰۰

جدول فوق نشان می‌دهد که سطح معناداری بدست آمده برابر صفر بوده و کمتر از سطح خطای آلفای ۰/۰۵ می‌باشد لذا فرض صفر این آزمون که "اهمیت یکسان چالش‌های به‌کارگیری روش VDC در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه" است، رد شده و فرض مقابل مبنی بر "متفاوت بودن اهمیت چالش‌های به‌کارگیری روش VDC در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه" پذیرفته می‌شود.

جدول ۱۰: میانگین رتبه‌ها در اولویت‌بندی چالش‌های به‌کارگیری روش VDC

اولویت چالش	میانگین رتبه چالش	عنوان چالش	حوزه دانش مدیریت پروژه
۱	۴/۸۱	نیاز به تغییر در فرایندهای سازمانِ پروژه	یکپارچگی
۲	۴/۷۷	نیاز به سطح بالایی از تخصص	منابع انسانی
۳	۴/۵۲	ایجاد تمام مدل‌ها در سطح مطلوبی از جزئیات و دقت و کاهش سرعت طراحی	زمان
۴	۴/۴۲	کمبود سازگاری نرم‌افزاری از یک پروژه به پروژه دیگر	یکپارچگی
۵	۳/۸۶	نیاز به قراردادهای تعاملی چندعاملی	یکپارچگی
۶	۳/۶۶	وجود فرایندهای نوآورانه و ایجاد ریسک تغییر	ریسک
۷	۱/۹۷	جدال بر سر این که چه کسی باید هزینه VDC را بپردازد	هزینه

جدول فوق میانگین رتبه‌ها و اولویت هفت چالش به‌کارگیری روش VDC که در اتمام موفقیت‌آمیز پروژه تأثیر دارند را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود "نیاز به تغییر در فرایندهای سازمانِ پروژه" با میانگین رتبه ۴/۸۱، "نیاز به سطح بالایی از تخصص" با میانگین رتبه ۴/۷۷ و "ایجاد تمام مدل‌ها در سطح مطلوبی از جزئیات و دقت و کاهش سرعت طراحی" با میانگین رتبه ۴/۵۲ در بین چالش‌های به‌کارگیری روش VDC بالاترین اهمیت را دارا بوده و در اولویت‌های اول تا سوم قرار دارند. همچنین در بین چالش‌های به‌کارگیری روش VDC "نیاز به قراردادهای تعاملی چندعاملی" با میانگین رتبه ۳/۸۶، "وجود فرایندهای نوآورانه و ایجاد ریسک تغییر" با میانگین رتبه ۳/۶۶ و "جدال بر سر این که چه کسی باید هزینه VDC را بپردازد" با میانگین رتبه ۱/۹۷ کم‌ترین اهمیت را دارا بوده و در اولویت‌های پنجم تا هفتم قرار دارند.

۵-جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف تحقیق، "تبیین منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها" می‌باشد که ازطریق مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی ادبیات موضوع، منافع و چالش‌ها شناسایی شدند و برای بررسی آماری و تایید این منافع و چالش‌ها با نظر جامعه‌ی آماری هدف، از ابزار روش تحقیق کمی، پرسش‌نامه، استفاده شد. پس از تحلیل داده‌های حاصل از پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری‌شده، منافع و چالش‌های تأییدشده‌ی به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی با ذکر حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه‌ی مرتبط براساس اولویت ارائه شدند.

همان‌گونه که در بخش تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص شد، منافع مرتبط با حوزه‌ی مدیریت یکپارچگی حائز امتیازهای بالاتری نسبت به دیگر حوزه‌ها شده‌اند. در مرتبه‌ی بعدی نیز حوزه‌ی مدیریت زمان دارای امتیاز بالایی می‌باشد.

سه منفعت اصلی روش طراحی و ساخت مجازی شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. یکپارچگی و تعامل‌پذیری ساختارهای کسب‌وکار؛

۲. بهینه‌سازی کارآمدی در طول تمامی فازهای چرخه حیات پروژه؛

۳. ایجاد زمان‌بندی‌های کوتاه و تأثیر بر کاهش زمان پروژه.

همان‌گونه که اولویت‌دارترین منافع روش VDC به حوزه‌ی مدیریت یکپارچگی مربوط می‌شوند، بالاترین اولویت در چالش‌های ایجادشده پس از به‌کارگیری روش VDC نیز به این حوزه مرتبط می‌باشد. این موضوع نشان‌گر اهمیت روش VDC در ایجاد یکپارچگی بیش‌تر و نیز ایجاد چالش در این زمینه می‌باشد که نیاز به مدیریت کارآمد در این زمینه را خاطرنشان می‌سازد.

سه چالش اصلی روش طراحی و ساخت مجازی نیز شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. نیاز به تغییر در فرایندهای سازمانِ پروژه؛

۲. نیاز به سطح بالایی از تخصص؛

۳. ایجاد تمام مدل‌ها در سطح مطلوبی از جزئیات و دقت و کاهش سرعت طراحی.

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی همان‌گونه که خروجی‌ها نشان می‌دهند، با آن‌که روش طراحی و ساخت مجازی بیشترین منفعت را در حوزه‌ی مدیریت یکپارچگی پروژه ایجاد می‌نماید، از سوی دیگر بیش‌ترین چالش را نیز در این حوزه ایجاد می‌نماید. درنتیجه این موضوع گویای اهمیت توجه از تمامی جوانب به مقوله‌ی به‌کارگیری VDC می‌باشد و نشان می‌دهد که در هرحالتی پس از پیاده‌سازی آن نتیجه‌ی مثبت حاصل نمی‌گردد.

در این پژوهش تلاش شد که منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی در پروژه‌های ساخت شناسایی شده، براساس حوزه‌ی دانش مدیریت پروژه‌ی مرتبط تقسیم‌بندی شوند و در نهایت اولویت‌بندی گردند. از این‌رو پیشنهاد می‌گردد که باتوجه‌به بررسی منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش طراحی و ساخت مجازی برای تمامی حوزه‌های دانش مدیریت پروژه به‌صورت یکجا در تحقیق حاضر، منافع و چالش‌های به‌کارگیری روش VDC در جامعه‌ی آماری بزرگ‌تر و برای هریک از حوزه‌های ده‌گانه‌ی دانش مدیریت پروژه به‌صورت مجزا در تحقیقات آتی انجام گردد.

مراجع

[1] Khanzode, A., et al. (2006). *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

[2] Stewart, R. A. (2007). *IT enhanced project information management in construction: Pathways to improved performance and strategic competitiveness*. Automation in Construction, Volume 16.

[3] Froese, T. M. (2010). *The impact of emerging information technology on project management for construction*. Automation in Construction, Volume 19.

[4] Kunz, J. and M. Fischer (2012). *Virtual Design and Construction Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

[5] Barista, D. (2009). *BIM adoption rate exceeds 80% among nation's largest AEC firms*. Available at: www.bdcnetwork.com/article/bim-adoption-rate-exceeds-80-among-nation%E2%80%99s-largest-aec-firms [Accessed 16.02.2016].

[6] Kam, C., et al. (2013). *The VDC Scorecard Formulation and Validation*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

[7] Li, H., et al. (2009). *Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution*. Construction Management and Economics, Volume 27.

[8] Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry*. Leadership and Management in Engineering.

[9] Eastman, C., et al. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey. John Wiley & Sons.

[10] Sen, S. (2012). *The Impact of BIM/VDC on ROI, Developing a Financial Model for Savings and ROI Calculation of Construction Projects*. Department of Real Estate and Construction Management, Stockholm University. Master Thesis.

[11] Lahdou, R. and D. Zetterman (2011). *BIM for Project Managers, How project managers can utilize BIM in construction projects*. Master Thesis. Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology.

[12] Mahalingam, A., et al. (2010). *An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects*. Automation in Construction, Volume 19.

[13] Chachere, J., et al. (2004). *Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.

[14] Teixeira, H. (2014). *VDC implementation in transport infrastructure projects*. Master Thesis. Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology.

[15] Rheinlander, M., et al. (2009). *An Introduction to VDC*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Rapid Excavation and Tunneling Conference