

بررسی مفهوم، علل پیدایش، و پیامدهای خطای طراحی در پروژه‌های ساختمانی و راهکارهای حل آن^۱

سیدپویان غفوری^۴

محمدرضا حافظی^۲

دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

مجتبی حسینعلی پور^۳

استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

دریافت: ۱۰ شهریور ۱۳۹۷
پذیرش: ۳۰ دی ۱۳۹۷
(صفحه ۳۴-۲۱)

کلیدواژگان: خطاهای طراحی، مدیریت خطاهای طراحی، عوامل ایجاد خطاهای طراحی، پیامدهای خطاهای طراحی.

چکیده

در پروژه‌های ساختمانی، طراحان بیشترین اطلاعات مورد نیاز ساخت یک پروژه را از طریق طراحی تولید می‌کنند. بیشتر مسائل طراحی محدودیت‌ها و الزاماتی دارند که در صورت رعایت نکردن و تأمین نشدن آن‌ها از سوی طراحان، با خطای طراحی روبه‌رو هستیم. بنا بر این همه پروژه‌های ساختمانی در طول فرایند طراحی خطاهایی دارند که مدیریت آن‌ها تأثیر بسزایی در موفقیت عملکرد پروژه خواهد داشت. از این رو لازم است تا این خطاها و عوامل ایجادکننده آن‌ها و پیامدهایشان مطالعه گردند. از مهم‌ترین پیامدهای خطا می‌توان به افزایش زمان و هزینه ناشی از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع اشاره کرد. از جمله مهم‌ترین دلایل ایجاد این خطاها نیز فقدان هماهنگی لازم بین اعضای تیم طراحی و عوامل پروژه و ضعف جریان اطلاعات است. در این پژوهش، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، ابتدا خطاهای طراحی شناسایی و طبقه‌بندی گردیده و سپس به عوامل ایجادکننده آن‌ها و پیامدهایشان پرداخته شده است. در پایان نیز مجموعه‌ای از بهترین راهکارها به منظور مدیریت هرچه

بهرتر این خطاها بیان شده است که یکی از مؤثرترین روش‌ها استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان است.

۱. مقدمه

با مرور مقالات، پژوهش‌های داخلی و خارجی، و پایان‌نامه‌های انجام‌شده در زمینه خطای طراحی درمی‌یابیم که، تقریباً همه محققین خطای طراحی را یکی از بحرانی‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل مؤثر در روند پروژه می‌دانند. خطای طراحی عنصری اجتناب‌ناپذیر در پروژه‌ها و صنعت ساختمان است که تأثیرات منفی آن را می‌توان در مدیریت پروژه، کارآمدی، و اثربخشی آن مشاهده کرد. از میان اموری که تحت الشعاع این خطا خواهند بود، می‌توان به هزینه، زمان‌بندی، و عملکرد ایمنی اشاره کرد که در مجموع بر کیفیت طراحی و ساخت تأثیر می‌گذارد. برخی محققین دیگر نیز معتقدند این عوامل می‌توانند موجب کاهش سودآوری شرکت شود.^۶ محقق دیگری اولین پیامد منفی آن را دوباره‌کاری می‌داند که ممکن است تغییرات و

۱. مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده سوم است در رشته مدیریت پروژه و ساخت با عنوان مدیریت خطاهای طراحی با رویکرد مدیریت ناب و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، که با راهنمایی نگارندگان اول و دوم در سال ۱۳۹۷ در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی دفاع شده است.

۲. کارشناس ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی
mr-hafezi@sbu.ac.ir

3. m-hosseinalipour@sbu.ac.ir

۴. نویسنده مسئول،

s.pooyan.ghafoori@gmail.com

اصلاحاتی را نیز در پی داشته باشد.^۷ طبیعتاً شناخت و دسته‌بندی خطاهای طراحی و علل به وجود آمدن و پیامدهای آن‌ها تیم طراحی را در تشخیص، جلوگیری از پیدایش، اصلاح، و در واقع مدیریت هرچه بهتر آن‌ها کمک خواهد کرد. به منظور شناسایی و تحلیل خطاهای طراحی از منظر عوامل ایجادکننده و تأثیرات آن‌ها، ابتدا با مفهوم خطای طراحی پروژه‌های ساختمانی، انواع و دسته‌بندی‌های آن، سپس به ریشه‌یابی و عوامل بروز خطا، پس از آن به پیامدهای خطا، و در انتها به راهکارهای پیشنهادی محققین خواهیم پرداخت.

۲. روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مفاهیم خطاهای طراحی، انواع آن، عوامل ایجادکننده، و پیامدها و راهکارها شناسایی و طبقه‌بندی شدند. در این بخش ۶۱ منبع به طور کلی و ۲۲ منبع شامل مقالات، کتب، و رساله‌های دکتری به طور کامل بررسی شدند. در روند هر یک از قسمت‌های مختلف مقاله سعی شده است تا محدوده اصلی حفظ و در جهت یافتن نتیجه‌های کاربردی و راهکارهایی واقع‌بینانه و قابل اجرا قدم برداشته شود.

در هر بخش، معیارها و آیت‌های مختلف به تفکیک و بر مبنای تعدد تکرارشان در منابع ذکر شده‌اند. در ابتدا با استفاده از ادبیات مروری، در خصوص معنا، مفهوم، و انواع هر یک از فاکتورها توضیحات دقیقی بیان شده است. در ادامه ریشه مسائل بررسی و مصادیقی برای آن‌ها آورده شده است. بخش انتهایی در هر قسمت شامل یک دسته‌بندی جامع در خصوص موضوع مذکور است و مجموعه‌ای از آیت‌هایی را، که اکثر محققین بر آن‌ها اتفاق نظر داشتند، عرضه می‌شود. در بخش نتیجه‌گیری نیز مجموعه‌ای از مؤثرترین راهکارها برای مدیریت و حل معضل خطای طراحی به همراه مکانیزم تأثیرشان تشریح می‌گردد.

۳. مفهوم خطای طراحی پروژه‌های ساختمانی، انواع و دسته‌بندی‌های آن

از میان واژگانی که برای این مفهوم در مقالات به کار رفته می‌توان به خطا، نقص^۸، اشتباه^۹، ازقلم‌افتادگی^{۱۰}، اختلاف^{۱۱}، و اشکال^{۱۲} اشاره کرد. در جاهایی خطا را نقص، اشتباه، و ازقلم‌افتادگی، به منزله توضیحی برای شکست و یا انحراف از آنچه که باید انجام می‌شده است، گفته‌اند. خطا انحراف از ارزش

پرسش‌های تحقیق

۱. مفهوم خطای طراحی در پروژه‌های ساختمانی چیست و چه انواعی دارد؟
۲. عوامل پیدایش خطای طراحی کدام هستند؟
۳. خطای طراحی چه پیامدهایی را می‌تواند به دنبال داشته باشد؟
۴. چه راهکارهایی برای مدیریت و حل معضل خطای طراحی وجود دارد؟

۵. نک:

V. Peansupap & R. Ly, "Evaluating the Impact Level of Design Errors in Structural and other Building Components in Building Construction Projects in Cambodia"; M.-H. Construction, *Building Information Modeling Trends SmartMarket Report*.

۶. نک:

P.E. Love & R. Lopez & J.T. Kim, "Design Error Management: Interaction of People, Organisation and the Project Environment in Construction".

۷. نک:

P. Rajendran & T.W. Seow & K.C. Goh, "Building Information Modeling (BIM) Tools in Design Stage to Assist in Time for Construction Project Success".

8. defect
9. mistake
10. omission
11. discrepancies
12. bug

دلایلی چون تنبلی، جهل، و یا بدخواهی صورت می‌گیرد. مانند بررسی و مرور نکردن اطلاعات پروژه. در «جدول ۱» طبقه‌بندی مفهومی خطاها در هر مرحله از چرخه عمل مشاهده می‌شود.^{۱۵} در پژوهشی آقای باسبی اذعان می‌دارد که خطای طراحی حوادثی غیر منتظره هستند که لزوماً نمی‌توان آن‌ها را با شانس یا محدودیت مرتبط دانست.^{۱۶} بنا به تعریف آقای ریچارت نیز خطای طراحی شکست‌های اجتناب‌ناپذیرند و وقتی اتفاق می‌افتند که اطلاعات به‌درستی استفاده نشود و یا اطلاعات مرتبط در دسترس نباشند.^{۱۷}

یکی از قدیمی‌ترین و پرتکرارترین تعاریف خطا که اکثر مقالات به آن اشاره کردند، این گزاره است: «خطا در واقع انحراف از ارزش واقعی، کم‌دقتی، و یا تنوع در اندازه‌گیری به خاطر ایدئال نبودن انسان و یا ابزار است».^{۱۸}

ایراد در ورودی	خطای سهوی	خطاهای مهارت- عملکردمحور
ایراد در ذخیره‌سازی		
ایراد در خروجی		
لغزش در هر هدف	لغزش در اجرا	
لغزش در تصمیم		
لغزش در عمل مشخص		
لغزش در عمل اجرایی	لغزش در ارزیابی	
لغزش در درک		
لغزش در تفسیر		
لغزش در عمل ارزیابی	اشتباه در اجرا	
اشتباه در هر هدف		
اشتباه در تصمیم		
اشتباه در عمل مشخص	اشتباه در ارزیابی	
اشتباه در عمل اجرایی		
اشتباه در درک		
اشتباه در تفسیر	اشتباه در ارزیابی	
اشتباه در عمل ارزیابی		
اشتباه در عمل ارزیابی		
عدم انطباق‌های عمدی		خطاهای تخلف یا عدم انطباق‌های عمدی

واقعی، دقت ناکافی، و مجموعه‌ای از تناقض‌ها و ناهماهنگی در اندازه‌گیری‌ها است.^{۱۳}

در مجموع اشتباهات طراحی را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم کرد^۴:

۱. خطاهای انسانی: خطاهایی هستند که به طور طبیعی اتفاق می‌افتند و اجتناب‌ناپذیر هستند. یک طراح بی‌تجربه ممکن است اطلاعات طراحی را نادرست اعمال کند. این اشتباهات را می‌توان ناشی از یک لغزش یا ناتوانی حافظه دانست.

۲. از قلم‌افتادگی: زمانی رخ می‌دهد که، در طراحی، بخشی از سیستم را فراموش کرده باشیم.

۳. مغایرت‌های طراحی: آن‌هایی هستند که با هم تداخل دارند و در یک واحد زمانی قابل ساخت نیستند.

آقای لویز و همکاران در مقاله‌ای مروری، با دیدگاهی متفاوت، به دسته‌بندی، علت‌یابی، و راهکارهای جلوگیری از خطا در مهندسی ساختمان اشاره می‌کنند. ایشان با جمع‌بندی بسیاری از دیدگاه‌ها، یک طبقه‌بندی مفهومی از خطای طراحی عرضه می‌کنند. در این دیدگاه خطاهای طراحی به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- خطاهای مهارت- عملکردمحور،
- قانون- دانش محور، و
- تخلف یا عدم انطباق‌های عمدی.

خطاهای مهارت- عملکردمحور خطاهای سهوی و لغزش‌ها هستند. مانند بی‌دقتی، بی‌توجهی، یا ناتوانی حافظه که در هر مرحله از فرایند جریان اطلاعات می‌تواند رخ دهد. خطاهای قانون- دانش محور نیز اشتباهاتی هستند که به علت استنتاج غلط یا ناقص از اطلاعات صحیح رخ می‌دهند، که از دلایل وقوع آن می‌توان به قوانین سخت‌گیرانه محیط کار و یا مسائل شناختی انسان اشاره کرد. این دسته از خطا نیز می‌تواند در هر مرحله از چرخه عملیات رخ بنماید. خطاهای تخلف یا عدم انطباق‌های عمدی در واقع انحراف از متدهای مناسب کاری است که بنا به

۱۳. نک:

D. Kaminetzky, *Design and Construction Failures: Lessons from Forensic Investigations*.

۱۴. نک:

Peansupap & Ly, *ibid*.

۱۵. نک:

R. Lopez, et al, "Design Error Classification, Causation, and Prevention in Construction Engineering".

۱۶. نک:

J. Busby, "Error and Distributed Cognition in Design".

۱۷. نک:

G. Reichart, "How to Reduce Design and Construction Errors".

۱۸. نک:

Kaminetzky, *ibid*.

جدول ۱. جدول طبقه‌بندی مفهومی خطاها در هر مرحله از چرخه عمل، مأخذ: Kaminetzky, *ibid*.

واقعیت ۹۱ متر ولی در نقشه ۱۰۰ متر است،
 ۲. بخشی از طراحی فاقد عملکردی است که برای آن در نظر گرفته شده. مثال: آشپزخانه بدون کابینت یا اجاق گاز.^{۲۱}
 گاتلین نیز معتقد است که نقص طراحی عموماً نتیجه شکست طراح در تولید یک مجموعه اسناد طراحی و ساخت کامل، درست، و هماهنگ است. او نقوص طراحی را به سه دسته خطای طراحی، ازقلم‌افتادگی، و یا ترکیب این دو تقسیم می‌کند:

۱. خطای طراحی: این خطا یک اشتباه در عنصر طراحی است که یا ساخته شده است و یا در حال ساخت است. برای تصحیح آن به تعویض و یا بهبود نیازمندیم،
۲. ازقلم‌افتادگی: این خطا یعنی محدوده‌ای از طراحی که توسط طراح در اسناد طراحی فراموش و یا حذف شده است، اما بعداً کشف و با یک دستور تغییر به محدوده کار اضافه می‌شود.^{۲۲}
 در پژوهشی آقای بریتو^{۲۳}، بر اساس مطالعاتش، نموداری از خطاها و میزان تکرار آن‌ها در پروژه را بیان می‌کند (ت ۱).
 در «جدول ۲» خطاهایی را که اکثر محققین بر روی آن اتفاق نظر دارند را به همراه مثالی از آن‌ها بیان شده است. در این جدول جمع‌بندی مناسبی در باب شناسایی خطاها و تعاریف آن‌ها عرضه شده است.

۴. عوامل بروز خطای طراحی

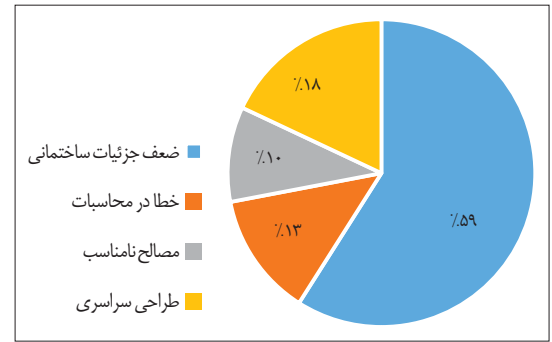
علت و ریشه اصلی خطاهای طراحی را می‌توان در سه سطح مردم^{۲۴}، سازمان^{۲۵}، و پروژه^{۲۶} قرار داد. همسویی و هماهنگی میان این سه رکن نیز راه حلی برای معضل خطای طراحی قلمداد می‌شود. در «جدول ۳» انواع خطا، سطح‌بندی، و طبقه‌بندی آن‌ها نشان داده شده است.

از جمله عوامل بروز خطا مغایرت و فقدان هماهنگی و انسجام بین این ۵ شاخه طراحی است: ۱. معماری، ۲. سیویل و سازه، ۳. تأسیسات مکانیکی، ۴. تأسیسات الکتریکی، ۵. لوله‌کشی.

در طراحی خطاها با ازقلم‌افتادگی‌ها و یا اشتباهات در نقشه‌کشی، محاسبات، و یا مشخصات شناخته می‌شوند. از آنجایی که طراحی درواقع محصول دست انسان است، قالب خطاها با خطاهای انسانی در ارتباط هستند.^{۱۹}

در پژوهش‌های پیشین روش‌های پیشگیرانه برای افراد و سازمان‌ها با پیش‌بینی نحوه و چرایی اشتباهات پیشنهاد شده‌اند، در حالی که تولید و انتشار خطا طبیعی پویا دارد. چگونگی ارتباط طراحان با یکدیگر و دیگر عوامل پروژه در یک شبکه اجتماعی و چگونگی تأثیر ساختار و خواص شبکه بر انتشار اشتباهات و اطلاعات حایز اهمیت است. در این دیدگاه خطاها غالباً به دو دسته مربوط می‌شوند:

۱. محدودیت‌های شناختی و ذاتی انسان و تأثیراتی که از محیط اطراف می‌گیرد.
 ۲. در نظر نگرفتن پتانسیل نیروهای بنیادی و مکانیزم خطا که منجر به پنهان شدن ریشه‌های خطا می‌شود.^{۲۰}
- خطای طراحی به معنای تأمین نشدن الزامات و محدودیت‌های طراحی است. مثال‌های زیر بیانگر نمونه‌هایی از این قبیل هستند:
۱. بخشی از طراحی که فقط بر روی نقشه هست اما در دنیای فیزیکی نیست، چون یا غیر ممکن است یا متناقض با سایر بخش‌ها. مثال: داکتی که در دیوار پرشده قرار دارد یا پلی که در



۱۹. نک: Andi and Takayuki Minato. "Representing Causal Mechanism of Defective Designs: Exploration through Case Studies".
 ۲۰. نک: M. Al Hattab & F. Hamzeh, "Using Social Network Theory and Simulation to Compare Traditional Versus BIM-lean Practice for Design Error Management".
 ۲۱. نک: G. Lee & C. Eastman & C. Zimring, "Avoiding Design Errors: A Case Study of Redesigning an Architectural Studio".
 ۲۲. نک: F. Gatlin, "Identifying & Managing Design and Construction Defects".
 23. Brito
 24. people
 25. organization
 26. project

ت ۱. فراوانی انواع مختلف نقوص طراحی، مأخذ: J.P. Couto, "Identifying of the Reasons for the Project Design Errors in the Portuguese Construction Industry".

عنوان خطا	تعریف از خطای طراحی	مثال
۱. خطای انسانی	خطاهای ناشی از اشتباهات افراد هستند که به طور طبیعی اتفاق افتاده‌اند و اجتناب‌ناپذیرند. این اشتباهات را می‌توان یک لغزش دانست (ناتوانی حافظه).	یک طراح بی‌تجربه ممکن است اطلاعات طراحی را نادرست اعمال کند، پیشنهاد مصالح نامناسب برای پروژه به دلیل نداشتن دید اجرایی معمار، طراحی نامناسب عایق‌بندی فضاها.
۲. از قلم افتادگی	زمانی رخ می‌دهد که، در طراحی، بخشی از سیستم را فراموش کرده باشیم.	در نظر نگرفتن فضاهای مورد نیاز کاربران، ناقص بودن اسناد مورد نیاز برای ساخت.
۳. مغایرت‌های طراحی	آن‌هایی هستند که با هم تداخل دارند و در یک واحد زمانی یا مکانی قابل ساخت نیستند.	خطاهای طراحی در ستون، دال، درب، یا پنجره. به طور مثال سطح نامناسب دال سازه‌ای باعث کاهش ارتفاع بازشوی درب شده است (Peansupap & Ly, "Evaluating the Impact Level of Design Errors in..."). نبود فضای کافی برای داکت‌های مکانیکی و نصب الزامات الکتریکی و تجهیزات اطفای حریق (Slater & Radford, "Perceptions in the Australian Building Industry of Deficiencies in..."). مکان نامناسب پنجره که با لوله تداخل دارد (Rajendran, et al, "Building Information Modeling (BIM) Tools in Design Stage to Assist in...").
۴. مغایرت یا عدم مطابقت با استانداردها	عدم مطابقت با استانداردهای عملکردی و مقررات قانونی و یا بی‌توجهی به استانداردهای اسناد مورد نیاز.	عدم مطابقت با استانداردهای بین‌المللی، آئین‌نامه ۲۸۰۰، مقررات ملی، عدم مطابقت با استانداردهای پایداری نظیر LEED در پروژه‌های پایدار زیست‌محیطی.
۵. طراحی فاقد عملکرد	توجه ناکافی به اقلیم یا رابطه بین طراحی فضا و عملکرد آن.	به طور مثال طراحی ایستگاه مترو بدون توجه به حجم عبور و مرور استفاده‌کنندگان از آن، عدم تفکیک فضای عمومی و خصوصی، طراحی فرم و ساختار نامناسب برای ساختمان بدون در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی.
۶. انحراف از ارزش واقعی	خطا در واقع انحراف از ارزش واقعی، کم‌دقتی و یا تنوع در اندازه‌گیری به خاطر ایدئال نبودن انسان و یا دستگاه است.	فاصله داشتن با ارزش‌های بنیادین سازمان، اشتباه محاسباتی، دور بودن از اهداف اولیه و حیاتی طرح.

۲۷. نک: Peansupap & Ly, ibid.

جدول ۲ (بالا).
دسته‌بندی خطاهای طراحی،
تدوین: نگارندگان.
جدول ۳ (پایین).
دسته‌بندی خطاهای طراحی
مردم، سازمان و پروژه، مأخذ:
R. Lopez, et al, "Design Error Classification, Causation, and Prevention in Construction Engineering".

سطح بندی	دسته‌بندی خطاها	طبقه‌بندی
شخصی (مردم)	از دست دادن آهنگ حیات (Biorhythm) رفتار نامطلوب (نداشتن استراتژی مطلوب)	خطاهای مهارت- عملکردمحور
سازمانی	آموزش ناکافی/عدم تجربه	خطاهای مهارت- عملکردمحور
	استفاده‌ی ناکارآمد از سیستم‌های اتوماسیون	خطاهای قانون- دانش محور
	ضمانت کیفی ناکافی	خطاهای قانون- دانش محور
	قیمت پایین در مناقصات	خطاهای مهارت- عملکردمحور
پروژه	مسائل کارفرما یا استفاده‌کننده نهایی	خطاهای تخلف یا عدم انطباق‌های عمدی
	محدودیت زمان	خطاهای مهارت- عملکردمحور
	هماهنگی و یکپارچگی ناکافی	خطاهای قانون- دانش محور
	ادراک ناکافی از ساخت‌پذیری	خطاهای قانون- دانش محور

خطاهای طراحی نقشه‌ها بنا به این عوامل می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر پروژه بگذارند:

۱. دید کلی ناشفاف به طراحی،
 ۲. ضعف فرایند هماهنگی،
 ۳. اشتباهات انسانی.
- محدودیت‌های زمانی و سطوح دقت مورد نیاز و خطاهای انسانی رایج منجر به خطای طراحی می‌شوند که می‌توانند بر کیفیت طراحی و یا ساخت تأثیرگذار باشند. در عمل، کارفرما، طراح، پیمانکار، و سایر ذی‌نفعان گرایش‌های متفاوتی دارند که نیاز به هماهنگی و یکپارچگی دارند. طبیعتاً فقدان این هماهنگی موجب خطای طراحی می‌شود.^{۲۷}

نیروی کار متخصص و مسلط به فیزیک و تکنولوژی ساختمان دانست. علت بسیاری از خطاها را می‌توان سه عامل کمبود هماهنگی در طراحی، اسناد و مدارک مبهم و یا ناقص، و نیروی ضعیف قلمداد کرد. بر اساس دسته‌بندی پیشنهادی آقای بریتو، ریشه خطاهای طراحی به فقدان اطلاعات مرتبط به کار ساخت و یا متدهای ساختی قبلاً استفاده شده بازمی‌گردد.^{۲۰}

علی‌رغم تأثیر بالای خطای طراحی در عملکرد پروژه، خطاها از ویژگی‌های ذاتی هر پروژه‌ای به حساب می‌آیند. ویژگی‌های انسان و شرایط او نمی‌تواند تغییر کند، اما شرایط سازمان و پروژه، که انسان در معرض آن است، قابل تغییر است. به طور مثال وقتی طراحان درگیر محدودیت‌های هزینه و زمان هستند، بررسی، مرور، و تأییدهای طراحی اغلب حذف می‌شوند یا ایشان بخشی از آن‌ها را بر عهده می‌گیرند و در نتیجه خطاهای طراحی موجود در اسناد قرارداد نادیده گرفته می‌شوند و تا زمان اتمام مرحله ساخت شناسایی نمی‌شوند. مشاوره با هدف افزایش درآمدها به منزله جانشین استفاده از مناقصه رقابتی برای خدمات طراحی، موجب کاهش بررسی، تأییدها، و مرور اطلاعات می‌شود. در نگاه اول به نظر می‌آید که تغییر شیوه از رقابتی به مذاکره بر سر قیمت موجب کاهش خطاها شود، اما در درازمدت رفتارهای بنیادی، فردی، و سازمانی تغییر می‌کند، به همین دلیل نیازمند یک رویکرد سیستمی بین مردم (افراد)،

سازمان، و پروژه هستیم.^{۳۱} چهار عامل خارجی ذیل می‌توانند موجب خطاهای افراد شوند:

۱. فشار زمانی،
۲. سختی فعالیت،
۳. بدشانسی،
۴. شرایط و محیط کاری پرسروصدا.

اکثر مشاجراتی که منجر به اختلاف بین عوامل پروژه می‌شوند ناشی از مدیریت ضعیف است و می‌توان آن‌ها را با

در پژوهشی که برای ارزیابی ساخت‌وساز در عربستان طراحی شده بود، ضمن معرفی ۴۵ اختلاف عمده، با بررسی مطالعات و پژوهش‌های پیشین، پرسشنامه‌ای بین ۴۸ مشاور و پیمانکار توزیع و تحلیل شد. حاصل این تحقیق میدانی تعیین ۵ عامل زیر عنوان مهم‌ترین عوامل و ۵ عامل نیز زیر عنوان کم‌اهمیت‌ترین عوامل اختلاف بود. شش عامل بااهمیت به این ترتیب هستند:

۱. کمبود تعامل و هماهنگی بین عوامل پروژه،
۲. جزئیات طراحی ناقص و ناکافی،
۳. دخالت طراح به عنوان مشاور،
۴. دخالت پیمانکار مشاور،
- ۵-۱. باورهای غلط مشارکت‌کنندگان و ۵-۲. ضعف درک جزئیات و مشخصات از سوی پیمانکار (این دو امتیازی برابر داشتند).
- همچنین شش عامل کم‌اهمیت نیز که در انتهای فهرست عوامل در پنج رتبه قرار گرفتند:
۱. مدیریت پروژه به مثابه یک خدمت حرفه‌ای مستقل،
۲. درگیری پیمانکار در فاز مفهومی طراحی،
۳. ملیت شرکت‌کنندگان،
۴. درگیری پیمانکار در فاز توسعه طراحی،
- ۵-۱. وضعیت آب‌وهوایی و ۵-۲. مشکلات پیش‌بینی نشده.

حدود ۷۵٪ از مشکلاتی که در کارگاه با آن مواجه می‌شویم، در فاز طراحی به ایجاد شده است. بنا بر این شناخت تأثیرگذارترین آن‌ها تأثیر بسزایی در عملکرد زمانی، هزینه‌ای، و کیفیت کار ما خواهد داشت.^{۲۸}

از دیدگاهی دیگر، ریشه خطاها غالباً مدل قرارداد^{۲۹}، مدیریت کیفیت و کنترل است. کاهش کیفیت از پیامدهای خطای طراحی است که علت آن را می‌توان فقدان دانش سیستماتیک، نبود ضمانت کارآمد، چارچوب نالیمن، تقاضا برای سرعت بیشتر ساخت، دغدغه‌های جدید معماران، ظهور مصالح جدید، و نبود

نک: ۲۸.

F.M. Arain & S. Assaf & L.S. Pheng, "Causes of Discrepancies between Design and Construction". 29. contracting model

نک: ۳۰.

J.P. Couto, "Identifying of the Reasons for the Project Design Errors in the Portuguese Construction Industry".

نک: ۳۱.

Love & Lopez & Kim, ibid.

۳۳. نک: Arain & Assaf & Pheng, ibid.

33. human error theory
34. distributed cognition

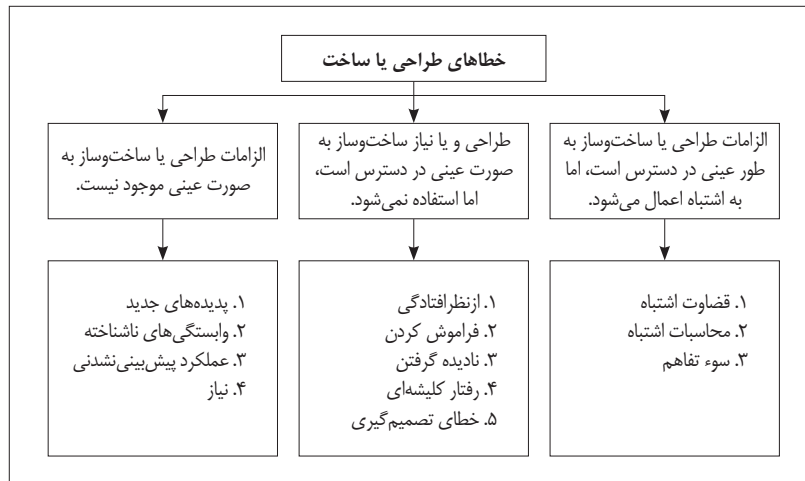
۳۵. نک: Al Hattab & Hamzeh, ibid.

۳۶. نک: H. Gibson & T. Megaw, "Quantifying Human Error for Predictive Safety Assessments-Huw Gibson and Ted Megaw outline How Data Has been Collected for Use in Safety Assessments".

۳۷. نک: Al Hattab & Hamzeh, ibid.

۳۸. نک: Reichart, ibid.

ت ۲. دلایل خطاهای طراحی یا ساخت، تدوین: نگارندگان.



استفاده نمی‌شود و یا به گونه‌ای ناصحیح در مرحله طراحی و ساخت از یک جزء یا سیستم استفاده می‌شود. همچنین دلیل اصلی بسیاری از خطاها انتقال یا پردازش ناقص اطلاعات است. علل خطاهای طراحی یا ساخت به سه دسته تقسیم می‌شوند. بنا به این دسته‌بندی راه حل‌های مربوطه در بخش مدیریت راهکارها بیان می‌گردد^{۳۸} (ت ۲).

سوء برداشت از استانداردهای طراحی می‌تواند منجر به خطا شود.^{۳۹} تیم طراحی خود می‌تواند عامل ایجاد خطا باشد. چنانچه خطا در مراحل اولیه کشف و مرتفع نشود، با افزایش قابل توجه زمان و هزینه روبرو خواهیم بود. طراحی فرایند تبدیل پی‌درپی اطلاعات و دانش است. بنا بر این شیوه برخورد و توزیع اطلاعات طراحی بر روند و نتایج آن تأثیر می‌گذارد.^{۴۰} هفت دلیل عمده برای علل خطاها وجود دارد:

۱. هماهنگی و تعامل ضعیف بین معمار و مشاوران،
۲. تعریف ناقص و غیر واضح از محدوده کار،
۳. تغییر در محدوده پروژه، به دلیل نداشتن تعریفی مشترک از محدوده بین عوامل پروژه (کارفرما، طراح، سازنده)،
۴. اعتبار ناکافی برای تولید اسناد باکیفیت،

صرف دقت و پیگیری بیشتر در روش‌های قراردادی کاهش داد.^{۳۳} حضور و شدت اشتباهات طراحی محققان و کارشناسان صنعت را برای یافتن راه حل‌های مؤثر برای به حداقل رساندن رخداد آن‌ها هدایت کرده است. محققان ابتدا در تعیین علل ریشه‌ای و طبقه‌بندی‌های مختلف خطاها، با استفاده از نظریه خطای انسانی^{۳۳} و شناخت توزیع شده^{۳۴}، مطالعه کردند. در پژوهش‌های پیشین برای کاهش خطاها، روش‌های پیگیری برای افراد و سازمان‌ها را با پیش‌بینی چگونگی و چرایی اشتباهات پیشنهاد کرده‌اند، در حالی که به طبیعت پویای تولید و انتشار خطا توجهی نداشتند. آن‌ها به این موضوع که چگونه طراحان با یکدیگر و سایر عوامل پروژه در یک شبکه اجتماعی ارتباط برقرار می‌کنند، و چگونه ساختار و خواص شبکه بر انتشار اشتباهات و اطلاعات تأثیر می‌گذارد، نمی‌پرداختند.^{۳۵} بررسی نمونه موردی‌هایی که نتایج شکست‌های ناشی از خطاها در پروژه ساختمانی را مستند می‌کنند، نشان می‌دهد که علل ریشه‌ای خطاها و مکانیزم تولید و انتشار خطاها نادیده گرفته شده است، این در حالی است که مدل‌های تحلیلی و کمی متنوعی برای پیش‌بینی خطا وجود دارد.^{۳۶} در تحقیقات آتی انواع مختلف خطاها شناسایی و عوامل مربوط به آن‌ها طبقه‌بندی و روش‌های عرضه‌شده برای مدیریت خطاها تعیین می‌شوند. چنانچه تنها رفتار و بازدهی شرکت‌کنندگان در طراحی را در انزوا قرار دهیم، به نتایج کاملی نخواهیم رسید؛ زیرا این امر فرصت دیدن چرخه وسیع‌تر خطاها را در زمان طراحی از محققان و متخصصان می‌گیرد. درحقیقت، تعاملات درون و بین تیم‌های طراحی رشته‌های مختلف و بررسی آنچه که پیش از این، با توجه به ماهیت تقابلی طراحی، طراحی شده است، بسیار مهم است.^{۳۷}

تجزیه و تحلیل‌های علل شکست نشانگر در دسترس نبودن اطلاعات راهنمای اجتناب از این شکست هستند، خطاهای طراحی یا ساخت زمانی اتفاق می‌افتند که از این تجزیه و تحلیل‌ها

۵. زمان ناکافی برای تولید و بازبینی اسناد،
 ۶. هماهنگی ضعیف بین شرکای اصلی،
 ۷. استفاده از جزئیات (دیتیل‌ها) تیپ پروژه‌های پیشین.^{۴۱}
 آرین و همکاران در پژوهشی سه عجل عمده را برای رخداد
 خطا معرفی می‌کنند:
 ۱. کمبود اطلاعات (کارفرما اطلاعات مورد نیاز را در اختیار
 معمار نمی‌گذارد)،
 ۲. کافی نبودن جزئیات تهیه‌شده برای ساخت،
 ۳. ناهماهنگی بین شرکای پروژه.^{۴۲}
 روانس که یکی از اولین محققین در این زمینه به‌شمار
 می‌رود، علل خطاها را در پنج دسته عرضه می‌کند:
 ۱. سوء برداشت از نیازهای کارفرما،
 ۲. ارتباطات ضعیف بین طراحان،
 ۳. استفاده از اطلاعات نادرست یا منسوخ،
 ۴. تولید مشخصات ناکافی و نادرست،
 ۵. سوء برداشت از استانداردهای طراحی.^{۴۳}
 طبق پژوهشی در جامعه مهندسين استراليا در سال ۲۰۰۸
 علل زیر شایع‌ترین مشکلات در سایت ساختمان شناخته شدند:
 ۱. فشارهای زمانی تحمیلی بر معمار از سوی سازندگان،
 کارفرمایان، و دیگر مشاوران برای تکمیل اسناد و بررسی آن‌ها،
 ۲. بی‌توجهی به استانداردهای اسناد مورد نیاز به دلیل استفاده
 ناصحیح و ناکارآمد از تکنولوژی (مانند استفاده غلط از نرم‌افزار
 اتوکد)،
 ۳. استفاده نادرست از جزئیات فنی،

گروه عاملی خطا	مثال	عامل بروز خطا
- تیم طراحی - عوامل پروژه	- هماهنگی ضعیف بین طراحان سازه و معماری - هماهنگی ضعیف بین تیم طراحان، پیمانکاران، و کارفرما	۱. هماهنگی ضعیف طراحان با یکدیگر و یا ارتباط ضعیف بین عوامل پروژه
- مدیران شرکت‌ها	- برگزار نکردن کلاس‌های ضمن خدمت	۲. آموزش ندادن نیروی متخصص
- مدیران سازمان	- جریان اطلاعات قابل اعتمادی در داخل سازمان وجود ندارد. کارفرما اطلاعات کاملی از سایت را اختیار طراح قرار نمی‌دهد.	۳. ضعف جریان اطلاعات (جریان اطلاعات ناکارآمد و یا فقدان اطلاعات مورد نیاز)
مدیران و کارمندان سازمان	- خطاهای ناشی از عدم استفاده و یا استفاده ناکارآمد از ابزار و تکنیک‌های به‌روز مانند نرم‌افزارها، BIM و...	۴. ابزار و تکنولوژی
کارفرما	- انتخاب روش سه عاملی در پروژه‌ای که در صورت اجرا به روش طرح و ساخت در زمان آن می‌توان صرفه‌جویی کرد.	۵. انتخاب سیستم اجرای نادرست. (خطاهای ناشی از انتخاب نوع قرارداد و شیوه واگذاری پروژه)
کارفرما	- استفاده از برخی روش‌های رقابتی مانند مناقصه	۶. اعتبار مالی ناکافی برای تولید و بازبینی اسناد
مهندسين معمار	- استفاده از دیتیل‌های تیپ پروژه‌های پیشین	۷. استفاده از اطلاعات نادرست و کافی نبودن دیتیل‌ها
کارفرما و مدیران پروژه	- مشخص نبودن اهداف و نیازهای کارفرما و یا سوء برداشت از آن‌ها - منشور پروژه ضعیف و یا نبود آن	۸. تعریف ناقص از محدوده کار و یا تغییر در آن
کارفرما	- انتظار کارفرما مبنی بر زودتر از موعد انجام شدن پروژه به دلیل شرایط فروش و سودآوری بیشتر	۹. فشارهای زمانی از سمت کارفرما
دستگاه‌های اجرایی معماران	- احکام مبهم و غیر واضح در مقررات - نداشتن تجربه در خصوص مقررات اجرایی	۱۰. نبود شفافیت در مقررات و استانداردها یا سوء برداشت از آن‌ها

۳۹. نک: G. Rounce, "Quality, Waste and Cost Considerations in Architectural Building Design Management"; M. Mryyian & P. Tzortzopoulos, "Identifying Sources of Design Error in the Design of Residential Buildings";
 ۴۰. نک: A.-n. Chang, *Design Process Assessment for an Architectural Design Team*.
 ۴۱. نک: G.N. Suther, *Evaluating the Perception of Design Errors in the Construction Industry*.
 ۴۲. نک: Arain & Assaf & Pheng, *ibid*.
 ۴۳. نک: Rounce, *ibid*.

جدول ۴. دلایل عمده خطا،
 تدوین: نگارندگان.

طراحی، مشکلات هماهنگی، دوباره‌کاری‌ها، و ایجاد مشکل در برنامه زمان‌بندی شود.^{۴۹}

خطای طراحی بر هزینه، زمان، ایمنی، و سودآوری سازمان تأثیر بسزایی دارد؛ چرا که موجب صرف منابع اضافی، دوباره‌کاری، تأخیر در زمان‌بندی، و... برای اصلاح خطاها می‌شود. تأثیر خطاها بر هزینه را می‌توان تا ۳۰٪ از ارزش قرارداد برآورد کرد. چنانچه خطاهای ناملموس مثل تأخیرات برنامه‌ریزی، دعاوی قضایی، و... که خود موجب اختلال می‌شود را نیز در نظر بگیریم، این درصد افزایش خواهد یافت.^{۵۰} اختلافات بین طرفین می‌تواند منجر به تأخیر در مدت زمان پروژه، پایین آمدن کیفیت، و یا افزایش هزینه شود.^{۵۱} خطاهایی که در روند فاز طراحی رخ می‌دهند، می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر فازهای بعدی و کل پروژه داشته باشند. از قلم‌افتادگی‌ها یا خطاهای طراحی که در خلال مرحله ساخت و یا دیرتر کشف می‌شوند، موجب از دست رفتن ارزشی حدود یک‌سوم قرارداد می‌شوند. همچنین به دو دلیل عمده موجب تأخیرات زمانی می‌شوند:

۱. دوباره‌کاری‌ها و

۲. تغییرات لازم به منظور سبک کردن تأثیرات منفی خطاها.^{۵۲} در «جدول ۵» پیامدهای اصلی خطاهای طراحی مشاهده می‌شود.

پیامدهای خطای طراحی
۱. تأخیرات و انحراف از برنامه زمانی
۲. افزایش هزینه و انحراف از بودجه
۳. دوباره‌کاری
۴. صرف منابع بسیار برای اصلاح خطاها
۵. کاهش ساخت‌پذیری
۶. صرف زمان زیاد برای مدیریت تناقضات و یافتن راه حل
۷. کاهش هماهنگی و همخوانی بین نقشه‌های طراحی و نیاز به بازبینی مجدد اسناد
۸. از بین رفتن اعتماد افراد درگیر در پروژه

جدول ۵.

پیامدهای خطای طراحی، طرح و بررسی: نگارندگان.

44. CAD: Computer Aided Design

نک: ۴۵.

R. Slater & A. Radford, "Perceptions in the Australian Building Industry of Deficiencies in Architects' Design Documentation and the Effects on Project Procurement".

نک: ۴۶.

E. Johansen & J. Carson, "Improving the Effectiveness of the Building Design Management Process in the UK".

نک: ۴۷.

S.N.H. Ishak & A.H. Chohan & A. Ramly, "Implications of Design Deficiency on Building Maintenance at Post-occupational Stage".

48. Tilley

نک: ۴۹.

Love & Lopez & Kim, *ibid.*

نک: ۵۰.

Ibid.

نک: ۵۱.

Arain & Assaf & Pheng, *ibid.*

نک: ۵۲.

Al Hattab & Hamzeh, *ibid.*

۴. کاهش هزینه‌های مشاوره،

۵. استفاده گسترده از کد^{۴۴} و انتقال سیستم اطلاعات که باعث حذف بررسی مجدد در زمان ترسیم مجدد می‌شود،

۶. هماهنگی و تناسب ناکافی بین اسناد معماری با سازه، سیویل، معماری منظر، طراحی داخلی، مکانیکی، و الکتریکی،

۷. تناقض و ناهماهنگی بین مستندات اساس ساختمان مانند: دیوار، کف، سقف و ...^{۴۵}

اگر اسناد فاقد فاکتورهای زیر باشند، نقص محسوب و عاملی برای به وجود آمدن خطا محسوب می‌شوند.

۱. به‌موقع بودن (تهیه‌ی استاد در زمان از پیش تعیین شده برای جلوگیری از تأخیر)،

۲. صحت و درستی (خالی بودن از خطاها، مغایرت‌ها، و ناهمخوانی‌ها)،

۳. کامل بودن (فراهم بودن همه‌ی اطلاعات مورد نیاز)،

۴. هماهنگی (میان همه‌ی رشته‌های طراحی)،

۵. مطابقت (با استانداردهای عملکردی و مقررات قانونی).^{۴۶}

«جدول ۴» مجموعه‌ای از پرتکرارترین دلایل به وجود آمدن خطا را با توجه به گروه عاملی آن نشان می‌دهد.

۵. پیامدهای خطا

در دنیای واقعی، طبق قانون سوم نیوتون، هر عملی عکس‌العملی در پی دارد، اتخاذ تصمیمات غلط تیم طراحی و در واقع بروز خطای طراحی نیز موجب پیامدهایی می‌شود که به آن پیامدهای خطای طراحی می‌گویند.^{۴۷}

از اولین و پرتکرارترین پیامدهای خطا که در مقالات مختلف ذکر شده است، دوباره‌کاری‌ها و نیاز به فرایند اصلاح و تغییر است که خود موجب افزایش هزینه، زمان، و کاهش کیفیت و رضایت ذی‌نفعان می‌گردد. آقای تیلی^{۴۸} در مقاله‌ای چنین می‌نویسد:

وقتی خطای طراحی اتفاق می‌افتد، می‌تواند تأثیرات مخربی داشته باشد و موجب افزایش درخواست برای اطلاعات، تغییرات

۶. مدیریت خطا و راه‌حل‌های پیشنهادی برای حل معضل خطای طراحی

هدف مدیریت خطا شناسایی ریشه‌های خطا و اتخاذ کنش مناسب نسبت به آن‌ها است. این کنش به منظور کاهش و به حداقل رساندن رخداد و پیامدهای خطا است که می‌تواند شامل: تغییر سیاست‌ها، رویه‌ها، و به‌کارگیری آموزش‌های ویژه باشد. مدیریت خطا باید خطاهای غیر عمدی را شناسایی و محیطی غیر تنبیهی برای برخورد با آن‌ها فراهم کند. کانسپ‌های اساسی مدیریت خطا شامل موانعی می‌شوند که برای جلوگیری از رخداد خطا از آن‌ها استفاده می‌کنند. برخی پدافندها بر دو عنصر تمرکز دارند:

۱. کاهش خطا (اقدامات طراحی شده برای محدود کردن وقوع خطا)

۲. محدود نگاه داشتن خطا (اقدامات طراحی شده برای افزایش تشخیص و شتاب دادن به فرایند اصلاح خطاها).^{۵۳}

پیشگیری از خطا نیازمند فرهنگ سازمانی است. فرهنگ گزارش خطا باید توسعه و پرورش یابد. سیستم گزارش خطا باید فضای کافی برای مرور و تحلیل خطاهای رخ داده را فراهم کند. شیوه‌های گزارشات مدیریت خطا برای رسیدن به نتایج مطلوب باید شامل موارد زیر باشد:

- گزارش غیر تنبیهی،
- رسیدگی محرمانه به اطلاعات،
- رسیدگی به گزارشات به طور مستقل،
- تغییرات سیستماتیک،
- گزارشات کیفیت.

بیشتر سازمان‌ها تمایل به تنبیه عاملین خطا دارند که این کار موجب کاهش ارتباط بالقوه در مورد رخدادها می‌شود و افراد در چنین سازمان‌هایی در صورت ارتکاب خطا به آن اعتراف نمی‌کنند.^{۵۴}

از دیدگاه محققین پروژه سه حوزه مفهومی برای کاهش و

محدود کردن خطا وجود دارد:

۱. شیوه‌های مدیریت یکپارچه
۲. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان
۳. طراحی ۴بعدی به وسیله رایانه (شامل ساخت‌های مجازی) زمانی که راهبری پروژه یکپارچه^{۵۵} با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان^{۵۶} و ابزارهای مرتبط با طراحی ۴بعدی به کمک رایانه کنار هم قرار می‌گیرند، بستری برای کاهش خطاها از طریق بهبود ارتباطات، همکاری، و مدیریت اطلاعات در پروژه‌های ساختمانی فراهم می‌شود. آقای تیلی در پروژه ساختمانی استرالیا پیش‌بینی می‌کرد تا بین ۶۰ تا ۹۰٪ تغییرات به دلیل خطا در طراحی نقشه‌ها است که می‌تواند با استفاده از BIM سازمان‌دهی شود. در طراحی ۴بعدی با رایانه آماده‌سازی بصری، برنامه‌ریزی پروژه، و ترکیب آن با اطلاعات پروژه می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در انتخاب استراتژی مناسب کمک کند. همچنین با پیش‌بینی ریچمولرو آلا رکن^{۵۷} در پروژه‌های این روش موجب کاهش زمان از ۱۸ ماه به ۱۶ ماه و کاهش ۱۰ درصدی خطاها شده است.^{۵۸}

سه رکن مردم، سازمان، و پروژه ارکان اساسی هر پروژه هستند. نبود هماهنگی و انسجام بین این سه رکن و زیرشاخه‌های آنان علت خطا و ایجاد تعامل و تحقق آن‌ها عاملی برای پیشگیری و بهبود خطا است. نمودار «ت ۳» چارچوبی سیستماتیک برای مدیریت خطا است که نحوه ارتباط این سه رکن و اجزای آن‌ها را بهتر نمایان می‌کند. این چارچوب کمک می‌کند تا بتوان پیشبرد غلط روند را پیش‌بینی کنیم.^{۵۹}

در این میان، افراد (مردم) از سازمان و پروژه تمایل بیشتری برای کاهش خطاها از طریق یادگیری و دانش دارند.^{۶۰} سه استراتژی مدیریت خطا توسط سازمان را می‌توان شامل این موارد دید: کیفیت، فرهنگ، و آموزش.

خطاهای مبتنی بر دانش با آموزش کاهش داده می‌شوند. آموزش صحیح سازمان از طریق سیستم بالا به پایین به پرسنل

۵۳. نک:

Love & Lopez & Kim, ibid.

۵۴. نک:

Ibid.
55. IPD: Integrated Project Delivery
56. BIM: Building Information Modeling
57. Rischemoller Alarcon

۵۸. نک:

Ibid.

۵۹. نک:

Ibid.

۶۰. نک:

Lopez, et al, ibid.

استراتژی‌های کنونی برای مدیریت خطاهای طراحی به نقش جریان اطلاعات مناسب و ارتباطات بین عوامل پروژه توجه کافی نمی‌شود. در مطالعات پیشین نیز اهمیت پویایی انتشار خطا، ساختار تیم طراحی، و مکانیزم تقابلی درون و بین تیمی نادیده گرفته شده‌اند.

درک روند پدیدار شدن خطاهای طراحی و استفاده از تئوری شبکه‌های اجتماعی امری لازم و شبیه‌سازی مبتنی بر BIM/Lean راه حلی قابل توجه برای مدیریت خطاهای طراحی است. این رویه بر ساختارهای تیمی، تعاملات پویا، و انتشار خطا تمرکز دارد. نتایج تئوری نشانگر آن است که استفاده از رویکرد BIM/Lean ساختار و ارتباطات تیم طراحی را بازسازی می‌کند. این کار موجب شناخت سریع‌تر خطاها، کاهش تکرار آن‌ها، و محدود کردن انتشار آن‌ها می‌شود. ایجاد مدل‌سازی اطلاعات (BIM) و مدیریت ناب که توانایی تبادل اطلاعات و ارتباطات تیم را افزایش می‌دهد، می‌تواند فرایند طراحی را، با به حداقل

است؛ اما برخی سازمان‌ها به دلیل ضعف اطلاعات، سیستم پایین به بالا دارند.^{۶۱}

برای جلوگیری و کاهش خطاهای طراحی می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

۱. داشتن پایگاه داده ملی با فهرست اقلام کمی برای پروژه‌های مختلف،
۲. به‌کارگیری سیستم کارآمد و مناسب سازمانی میان تیم طراحی به منظور هماهنگی بیشتر،
۳. نظارت بیشتر بر زمان‌بندی و بررسی دقیق‌تر مراحل اولیه مطالعات توجیه‌پذیری کارفرما،
۴. آگاهی بیشتر در خصوص فعالیت‌هایی در ساختمان‌سازی که ذاتاً توأم ریسک هستند،
۵. بهبود مدیریت بر اساس کیفیت و استفاده بیشتر از روش‌های لازم،
۶. به‌روزرسانی قوانین ناقص برای تفکیک و شفاف شدن مسئولیت‌ها،

۷. جلوگیری از شرط تخصیص نسبت به قیمت در مناقصات.^{۶۲} یکی از راه‌حلی‌هایی که برای کاهش اختلافات پیشنهاد می‌شود، حضور پیمانکار در مرحله طراحی است. در این صورت هم به طراحی کمک می‌شود و هم مشکلات جزئیات (دیتیل‌های) طراحی مرتفع می‌گردد. برای رفع مشکل دخالت پیمانکار و یا طراح در مقام مشاور نیز می‌توان از خدمات مدیریت پروژه با عنوان عامل سوم استفاده کرد که ریسک اختلافات احتمالی را کاهش می‌دهد. به صورت کلی نیز از طریق برگزاری جلسات کارآمد می‌توان درگیری و شکاف بین عوامل پروژه را کاهش داد.^{۶۳}

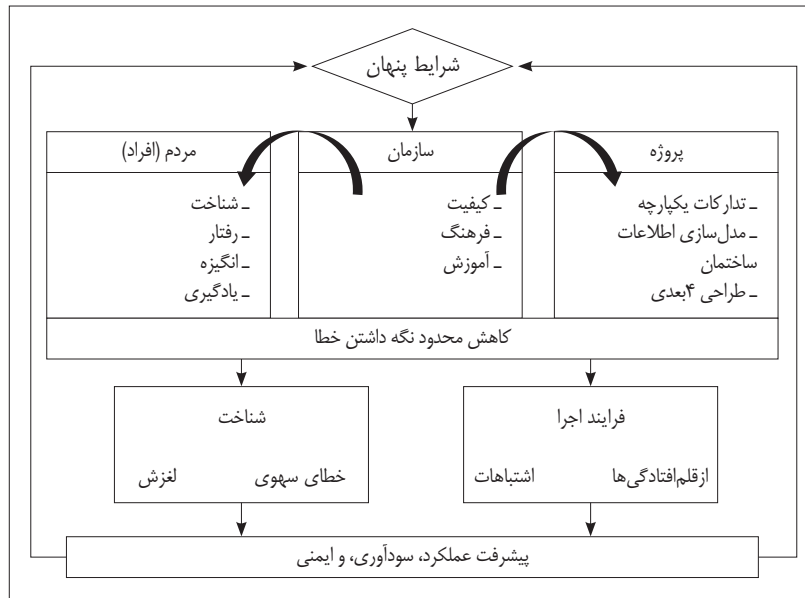
تلاش‌های اخیر معطوف به طراحی کیفیت طراحی را بهبود بخشیده و خطاها در دستاوردها، هزینه پروژه، و تکرار منفی آن‌ها را کاهش داده است. مطالعات پیشین تنها بر استخراج خطا از دیدگاه مبتنی بر داده‌های آماری و راه‌حلی‌هایی که کنش‌های فردی را در محیطی ایزوله هدف قرار می‌دهد، تمرکز داشتند. در

۶۱ نک: Love & Lopez & Kim, ibid.

۶۲ نک: Couto, ibid.

۶۳ نک: Arain & Assaf & Pheng, ibid.

ت ۳. چارچوب سیستماتیک برای مدیریت خطا، تدوین: نگارندگان.



۷. نتیجه گیری

پس از شناخت خطاها، انواع آن، دسته بندی، علل به وجود آمدن، پیامدها، و راهکارهای مدیریت آن، می توان نتیجه گرفت که شناخت این فرایندها، از مراحل قبل از وقوع تا پس از ساخت، تأثیر بسزایی بر روند طراحی، ساخت و ساز و رضایت استفاده کنندگان خواهد داشت. از آنجا که هر خطایی در طول دوره حیات خود مکانیزمی دارد و این مکانیزم پویا و قابل انتشار است، راهکارهای مدیریت آن نیز باید مکانیزمی داشته باشند. بنا بر این باید در نظر داشت که عرضه راهکار، بدون در نظر گرفتن این مهم، بی تأثیر خواهد بود. شناخت این مکانیزم نحوه تأثیر آن بر روند خطا را مشخص می کند و این امکان را به طراحان و مدیران می دهد تا گزینش دقیق تری از راه حل ها داشته باشند.

استفاده از سیستم BIM راه حلی نوین و کارآمد و یکی از بهترین راه حل ها شناخته می شود. در این سیستم می توان همه مراحل پروژه از کانسپ تا اجرا را مدل سازی کرد و خطاهای احتمالی را پیش از وقوع شناسایی و از رخداد آنها پیشگیری کرد. از آنجایی که عوامل اصلی پروژه (کارفرما، طراح، و پیمانکار) بعضاً خواستگاه های متفاوتی دارند، تعاملات حسنه این ذی نفعان موجب حل تناقضات و اختلافات پیش از اجرای پروژه می گردد. شایان ذکر است که همواره موضوع آموزش و افزایش سطح دانش و بلوغ سازمان ها، علی الخصوص در دنیای امروز، مزیت رقابتی و عاملی پیش برنده برای آنها محسوب می شود. این امر موجب می گردد تا، ضمن استفاده از آخرین تکنولوژی و دانش روز، احتمال بروز ناهماهنگی بین اعضای سازمان کاهش یابد. تجربه ثابت کرده است که استفاده از سیستم های مدیریت کیفیت نه تنها در صنعت، بلکه در سایر حوزه ها نیز تأثیرات چشمگیری دارد. بازبینی رکنی جدانشدنی از روند طراحی است. کیفیت بالای این بخش رابطه مستقیمی با کیفیت محصول نهایی طراحی دارد. چنانچه این مرحله توسط افراد باتجربه و هوشمندانه انجام گیرد، از بررسی های غیر ضروری و اتلاف

رساندن وقوع و انتشار خطاها در هنگام طراحی و کاهش تأثیرات نامطلوب انتشار طراحی ناقص، شکل دهد و انتظام بخشد.^{۶۴} دلیل اصلی خطاهای طراحی یا ساخت انتقال یا پردازش ناقص اطلاعات است. هرگونه تلاش برای کاهش تأثیر خطاهای طراحی و ساخت در درجه اول باید با هدف بهبود وضعیت اطلاعات در طول طراحی و ساخت و ساز همراه باشد. به همین منظور برای بهبود وضعیت اطلاعات باید در دو جنبه تلاش کرد: اول بهبود کیفیت اطلاعات و دوم مدیریت آنها. «جدول ۶» فهرست اهدافی است که برای بهبود کیفیت اطلاعات و مدیریت آنها باید دنبال شود.^{۶۵} بر اساس تقسیم بندی علل خطاهای طراحی و ساخت که در بخش علل وقوع خطا به آن پرداخته شد، در «جدول ۷» برای هر کدام به تفکیک راه حلی عرضه شده است.

اهداف	دسته بندی
تکمیل بودن	کیفیت اطلاعات
واضح و بدون ابهام بودن	
ساختار مشخص داشتن	
توزیع بین همه افراد مربوطه	مدیریت اطلاعات
نظارت بر جریان اطلاعات	
مستندسازی برای دسترسی و رسیدگی آسان	
هماهنگی مشکلات رابط	
بازبینی های مستقل از هم	
بازخورد از تجربه عملیاتی	

دلایل خطا	نقص اطلاعات	استفاده نکردن از اطلاعات	استفاده ناصحیح از اطلاعات
روش های مقابله با خطاهای طراحی و ساخت	احتمال اندکی برای بهبود وجود دارد و مؤثرترین راه آزمایش های بسیار زیاد و نزدیک به شرایط حقیقی است.	ساختاردهی اطلاعات	ساختاردهی اطلاعات
		مدیریت اطلاعات	بررسی های مستقل
		بررسی های مستقل	گروه های کاری متنوع
		همکاری	روش های مختلف، در صورت امکان

۶۴ نک: Al Hattab & Hamzeh, ibid.

۶۵ نک: Reichart, ibid.

جدول ۶ (بالا). اهداف برای بهبود کیفیت اطلاعات و مدیریت آنها، مأخذ: Reichart, ibid.
جدول ۷ (پایین). روش های مقابله با خطاهای طراحی و ساخت، مأخذ: Reichart, "How to Reduce Design and Construction Errors".

بیشتر باشد، هم در زمان و هزینه نهایی پروژه صرفه‌جویی می‌شود و هم موجب تکمیل هرچه بهتر این مثلث می‌گردد. این امر موجب می‌شود تا مراحل طراحی با دقت و کیفیت بیشتری انجام شوند و معمار را از دو عنصر خلاقیت و انگیزه، که تجلی‌بخش طراحی هستند، محروم نکند. در مجموع چنانچه بخواهیم فهرستی را از مؤثرترین راهکارهای مدیریت خطاهای طراحی و مکانیزم اثر آن‌ها در فرایند طراحی بیان کنیم، «جدول ۸» نشانگر این جمع‌بندی خواهد بود.

جدول ۸. راهکارهای مدیریت خطاهای طراحی و مکانیزم اثر آن‌ها، تدوین: نگارندگان.

وقت جلوگیری خواهد شد. بنا به تعریفی مشهور، مدیریت هنر انجام کار به وسیله دیگران است. به استناد این تعریف تعیین چارچوب‌های کاری، نقش‌ها، و مسئولیت‌ها جایگاه ویژه‌ای دارد. این عمل موجب جلوگیری از دخالت‌ها و تناقضات احتمالی و همکاری و هم‌افزایی بیشتر می‌گردد. هر پروژه، به فراخور مقتضیاتش، شامل نیازهایی است. تهیه چک‌لیست، به مثابه فعالیتی مستقل، به کاهش احتمال از قلم‌افتادگی یا فراموش کردن این نیازها کمک شایانی می‌کند. زمان و هزینه همیشه دو رأس از مثلث مدیریت پروژه محسوب می‌شوند. تجربه ثابت کرده است که هر قدر تخصیص این دو عامل به فرایند طراحی

مکانیزم اثر	راهکارهای پیشنهادی
توانایی تجسم جزئیات در سه بعد و بررسی مسائل ساخت در BIM به کارفرما و پیمانکار دیدی بهتر می‌دهد و موجب نزدیک شدن خواسته‌های آن‌ها با آنچه طراح انجام می‌دهد، می‌گردد. در نتیجه نیاز به اصلاح و دوباره‌کاری کاهش می‌یابد. BIM امکان تشخیص خطا و از قلم‌افتادگی را فراهم می‌کند. در نقشه‌های دوبعدی چنانچه تغییری در یک نقشه ایجاد شود، این تغییر در سایر نقشه‌ها اعمال نخواهد شد و در نتیجه موجب ناهمخوانی، خطا، و از قلم‌افتادگی می‌شود. BIM احتمال چنین رخدادی را از بین می‌برد.	۱. استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)
تعامل طراح و پیمانکار موجب کاهش احتمال نقص‌های طراحی و ساخت می‌شود. از سوی دیگر، وقتی کارفرما در فرایند طراحی درگیر شده باشد، تغییرات طراحی و هماهنگی‌هایی که در سراسر فاز طراحی رخ می‌دهد، قبل از ورود به فاز تولید اسناد ساخت، شناسایی می‌شود و تأثیر منفی این تغییرات کمتر خواهد بود.	۲. تعامل سازنده پیمانکار و کارفرما در فرایند طراحی
داشتن دانش عملی از تکنولوژی ساخت و به روز بودن دانش موجب کاهش احتمال رخداد خطاها و تناقضات می‌گردد.	۳. افزایش دانش حرفه‌ای طراحان و بررسی دقیق‌تر پیشینه کیفی اعضای تیم طراحی
مدیریت کیفیت صحیح فاز تهیه اسناد ساخت، متضمن کیفیت کلی، درستی و کامل بودن اسناد است.	۴. پیاده‌سازی سیستم مدیریت کیفیت در معماری و تعهد به برنامه آن
حضور همه اعضای تیم طراحی سبب می‌شود تا اسناد با زوایا و تجربه‌های متفاوت بررسی شوند و خطاها و از قلم‌افتادگی‌ها قبل از رسیدن اسناد به دست شرکای پروژه به حداقل برسد. مشخص شدن علت بازبینی از بررسی‌های غیر ضروری جلوگیری می‌کند.	۵. بازبینی گروهی اسناد و مشخص کردن علل بازبینی
این عمل موجب تعیین روش کار، تعریف نقش‌ها و مسئولیت‌ها، و در نتیجه تعیین چارچوب کاری به منظور جلوگیری از دخالت و یا هم‌پوشانی نامطلوب کارها و دوباره‌کاری می‌گردد.	۶. تعامل، همکاری، هماهنگی و تعریف دقیق مسئولیت اعضای تیم طراحی در آغاز پروژه
موجب رسیدن به یک فهم مشترک از نیازهای پروژه می‌گردد.	۷. تهیه چک‌لیست‌های حاوی اطلاعات و اسناد مورد نیاز
نبودن زمان کافی در فاز طراحی امکان بازبینی، بررسی و هماهنگ‌سازی اسناد طراحی و ساخت را از طراح می‌گیرد و موجب تصمیمات عجولانه و در نتیجه به وجود آمدن نقص‌ها می‌شود. اختصاص منابع مالی کافی، علاوه بر بالا بردن خلاقیت و انگیزه طراح، موجب می‌شود تا دقت بیشتر او می‌شود و نیروی کار ماهرتری را در نظر بگیرد. همچنین موجب می‌شود مطالعات همه‌جانبه از نیازهای پروژه، سایت، و مسائل اقتصادی و محیطی انجام شود.	۸. تخصیص زمان و بودجه کافی به فاز طراحی از سمت کارفرما

منابع و مأخذ

- و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۷.
- Al Hattab, M. & F. Hamzeh. "Using Social Network Theory and Simulation to Compare Traditional Versus BIM-lean Practice for Design Error Management", in *Automation in Construction*. 52 (2015), pp. 59-69.
- Arain, F.M. & S. Assaf & L.S. Pheng. "Causes of Discrepancies between Design and Construction", in *Architectural Science Review*, 47(3) (2004), pp. 237-249.
- Busby, J. "Error and Distributed Cognition in Design", in *Design Studies*, 22(3) (2001), pp. 233-254.
- Chang, A.-n. *Design Process Assessment for an Architectural Design Team*, 2005.
- Construction, M.-H. *Building Information Modeling Trends SmartMarket Report*, New York, 2008.
- Couto, J.P. "Identifying of the Reasons for the Project Design Errors in the Portuguese Construction Industry", in *Academic Research International*, 3(2) (2012), pp. 163.
- Gatlin, F. "Identifying & Managing Design and Construction Defects", in *Insight from Hindsight*, 5 (2013), pp. 1-11.
- Gibson, H. & T. Megaw. "Quantifying Human Error for Predictive Safety Assessments-Huw Gibson and Ted Megaw outline How Data Has been Collected for Use in Safety Assessments", in *Loss Prevention Bulletin*, 146 (1999), pp. 13-18.
- Ishak, S.N.H. & A.H. Chohan & A. Ramly. "Implications of Design Deficiency on Building Maintenance at Post-occupational Stage", in *Journal of Building Appraisal*, 3(2) (2007), pp. 115-124.
- Johansen, E. & J. Carson. "Improving the Effectiveness of the Building Design Management Process in the UK", in 19th Annual ARCOM Conference, 2003.
- Kaminitzky, D. *Design and Construction Failures: Lessons from Forensic Investigations*, Galgotia Publications, 2001.
- Lee, G. & C. Eastman & C. Zimring. "Avoiding Design Errors: A Case Study of Redesigning an Architectural Studio", in *Design Studies*, 24(5) (2003), pp. 411-435.
- Lopez, R., et al. "Design Error Classification, Causation, and Prevention in Construction Engineering", in *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24(4) (2010), pp. 399-408.
- Love, P.E. & R. Lopez & J.T. Kim. "Design Error Management: Interaction of People, Organisation and the Project Environment in Construction", in *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(6) (2014), pp. 811-820.
- Minato, Andi and Takayuki Minato. "Representing Causal Mechanism of Defective Designs: Exploration through Case Studies", in *Construction Management and Economics*, 22(2) (2004), pp. 183-192.
- Mryian, M. & P. Tzortzopoulos. "Identifying Sources of Design Error in the Design of Residential Buildings", in *Proceedings IGLC-21*, Fortaleza, Brazil, July 2013.
- Peansupap, V. & R. Ly. "Evaluating the Impact Level of Design Errors in Structural and other Building Components in Building Construction Projects in Cambodia", in *Procedia Engineering*, 123 (2015), pp. 370-378.
- Rajendran, P. & T.W. Seow & K.C. Goh. "Building Information Modeling (BIM) Tools in Design Stage to Assist in Time for Construction Project Success", in *Int J Concept Manag Soc Sci*, 2(3) (2014), pp. 52-71.
- Reichart, G. "How to Reduce Design and Construction Errors", in *Nuclear Engineering and Design*, 110(2) (1988), pp. 251-254.
- Rounce, G. "Quality, Waste and Cost Considerations in Architectural Building Design Management", in *International Journal of Project Management*, 16(2) (1998), pp. 123-127.
- Slater, R. & A. Radford. "Perceptions in the Australian Building Industry of Deficiencies in Architects' Design Documentation and the Effects on Project Procurement", in *Construction Economics and Building*, 8(1) (2012), pp. 23-33.
- Suther, G.N. *Evaluating the Perception of Design Errors in the Construction Industry*, DTIC Document, 1998.
- غفوری، سیدپویان. مدیریت خطاهای طراحی با رویکرد مدیریت ناب و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده معماری