طراحی و برنامه ریزی در معماری و شهرسازی
سال دوم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۳، صص ۵۵-۴۳
ISSN: ۲۷۱۷-۴۳۸۷

# لزوم تدوین مقررات ساختمانی کارکردی برای خودکارسازی کنترل ضوابط

**تاریخ دریافت مقاله :** ۱۴۰۳/۰۱/۱۵
**تاریخ پذیرش مقاله :** ۱۴۰۳/۰۵/۲۳

مجتبی ثابت فرد[۱] (نویسنده مسئول)

## چکیده

کنترل ضوابط و مقررات ساختمانی که امروزه در کشور به صورت دستی انجام می‌شود، فرایندی است دشوار، زمان‌بر و مستعد خطا. تلاش‌هایی در ایران و جهان برای خودکارسازی این فرایند انجام شده‌است و در برخی کشورها این فرایند به طور کامل به صورت خودکار توسط رایانه انجام می‌شود.

طبق مدل ایستمن و همکاران، ساختار کنترل خودکار ضوابط دارای چهار مرحله اصلی است که یکی از آن‌ها ترجمه مقررات از زبان انسان به زبان ماشین است. این مرحله چالش‌های زیادی از جنبه‌های برنامه‌نویسی و همچنین متون قانونی دارد که در این مقاله به چالش‌های متون پرداخته شده‌است. قوانینی که با رویکرد کارکردی تدوین شده باشند در مقایسه با قوانین تجویزی تناسب بیشتری برای خودکارسازی دارند.

برخی کشورها برای تسهیل خودکارسازی ضوابط و استفاده از مزایای آن متون قانونی خود را با رویکرد کارکردی بازنویسی کرده‌اند. در این مقاله پس از مرور تاریخچه و اصول خودکارسازی کنترل ضوابط، قوانین تجویزی و کارکردی تعریف شد. سپس با بررسی مقررات ملی ساختمان و تحلیل رویکرد آن‌ها، مشخص شد رویکرد بعضی مباحث کارکردی و رویکرد بعضی دیگر تجویزی است، در حالی که بعضی مباحث هردو رویکرد را به موازات بکدیگر به کار گرفته اند. ضوابط کارکردی عمدتا در مباحث مرتبط با معماری و ضوابط کارکردی عمدتا در مباحث فنی دیده شد. در انتها پیشنهاد شده‌است قوانین با رویکرد کارکردی نیز تدوین شده و در کنار قوانین تجویزی موجود قرار گیرند. رویکرد کارکردی، علاوه بر تسهیل خودکارسازی کنترل ضوابط، همچنین دارای مزایای دیگری از جمله، آزادی عمل بیشتر طراح، اختصار قوانین و انعطاف‌پذیری آن‌ها در صورت نیاز به تغییر است.

**کلمات کلیدی:** کنترل خودکار ضوابط، مقررات ملی ساختمان، رویکرد کارکردی، رویکرد تجویزی، قوانین ملاک عمل

۱. استادیار گروه معماری دانشکده معماری دانشگاه تهران، ایران (پست الکترونیک: mojtabasabetfard@ut.ac.ir).
ویژه اولین همایش ملی "معماری فردا شهر آینده: چالش ها و راه کنش های عصر هوشمندسازی"

## ۱- مقدمه

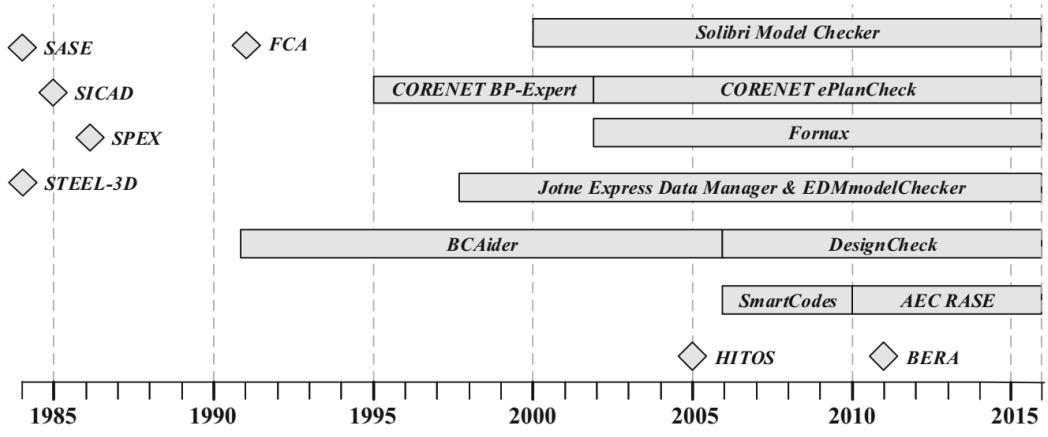
کنترل رعایت قوانین و مقررات ساختمانی در طرح‌های ساختمانی پیشنهادی، یکی از شروط مهم صدور پروانه ساختمانی است که در حال حاضر به صورت دستی توسط کارشناسان انجام می‌شود. این فرایند معمولا پرزحمت و زمان‌بر است و بعضا از خطای انسانی خالی نیست. تعداد قوانین ناظر بر هر طرح ساختمانی بسیار زیاد است و جنبه‌های مختلفی از کارکرد آن را پوشش می‌دهد. کارشناسی که رعایت قوانین را کنترل می‌کند باید دارای دانشی وسیع در قوانین و همچنین دقت نظر در بررسی طرح‌ها باشد و زمان فراوانی را برای هر طرح صرف کند. این خود وظیفه سنگینی است. با هر بار تغییر طرح بخشی از این فرایند باید دوباره انجام شود. هچنین در صورت تغییر قوانین در مقاطع زمانی مختلف، کارشناسان باتجربه که به قوانین قبلی عادت کرده بودند باید توجه فراوانی در کار به خرج دهند تا از بروز اشتباه جلوگیری شود. اما به طور طبیعی، دقت انسان در دفعات متعدد انجام یک کار پایین می‌آید. به همین دلایل بسیاری از کشورها به تدریج به سمت کنترل نیمه خودکار و خودکار رعایت ضوابط[1] ساختمانی حرکت کرده‌اند.

ایستمن و همکاران (۲۰۰۹) چهار مرحله را برای خودکارسازی کنترل ضوابط ذکر می‌کنند: ۱- ترجمه قوانین به زبان ماشین، ۲- دریافت داده‌های طرح، ۳- اجرای فرایند تطبیق قوانین بر طرح و نهایتا ۴- ارائه و نمایش نتایج. در این مراحل، دو حوزه از حوزه‌های مختلفی که دخیل هستند، از قبل وجود دارند و احتمالا نیازمند مناسب‌سازی هستند: اول، مجموعه ضوابط ساختمانی و دوم، نوع پرونده‌های ارسالی برای درخواست پروانه ساختمانی. در مقاله حاضر ملاحظات مربوط به ضوابط و قوانین ساختمانی مورد تاکید قرار می‌گیرد، مقررات موجود کشور از لحاظ امکان خودکارسازی بررسی می‌گردد و پیشنهاداتی در این راستا ارائه خواهد شد.

تبدیل قوانین ساخت و ساز از زبان انسان به زبان ماشین یکی از چالش‌های بزرگ خودکارسازی کنترل ضوابط است. مولین[2] (۱۹۹۲) و درگمولر[3] و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقات جداگانه‌ای یکی از دشواری‌های کنترل خودکار ضوابط را پیچیدگی تبدیل متون قانونی به قواعد هندسی قابل اعمال بر فایل نقشه‌ها می‌دانند. دیمیادی[4] و امور[5] (۲۰۱۳) بیان می‌کنند تا کنون تحقیقات کمی در این زمینه از سوی مراجع قانونی انجام شده‌است. برای حل این چالش در تجارب جهانی از یک سو قوانین مورد بازبینی و اصلاح قرار گرفته‌اند و از سوی دیگر رویکردها و الگوریتم‌های مختلف برنامه‌نویسی برای قرائت قوانین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. وجود ابهامات، تناقضات، قراردادهای نانوشته، نواقص و همپوشانی‌ها در قوانین، باعث می‌شود حتی با الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی نیز، نتوان متون قانونی را مستقیما به زبان ماشین ترجمه کرد. اگرچه وجود این ابهامات و مسائل در کنترل ضوابط به دست انسان نیز اشکال ایجاد می‌کند، در کنترل خودکار باعث بروز معضلات عظیمی می‌شود که ضرورت اصلاح قوانین و تغییر رویکردهای قانون‌نویسی را بیش از پیش تقویت می‌نماید.

## ۲- سابقه خودکارسازی کنترل ضوابط در سایر کشورها

در چهار دهه اخیر تحقیقات مختلف و نرم‌افزارهای متعددی در زمنیه کنترل نیمه خودکار و خودکار ضوابط ساختمانی ارائه شدند که برخی از آن‌ها در شکل زیر قابل مشاهده است. تعدد نرم‌افزارها و تحقیقات نماینده اهمیت فزاینده این حوزه در سال‌های اخیر است.




شکل ۱ – زمان نگاری منتخبی از نرم‌افزارها و سامانه‌های کنترل خودکار ضوابط در جهان (Preidel & Borrmann, 2018)

## ۲-۱- نرم‌افزارهای توسعه یافته در کشورهای جهان

در سال ۱۹۹۵، نهاد قانونی ساختمان سنگاپور پلتفرم کورنت[۶]را راه‌اندازی کرد. نرم‌افزار BP-Expert که نقشه‌های دوبعدی را بررسی می‌کرد، قوانین آتش‌نشانی و دسترسی معلولین را کنترل می‌نمود. از سال ۱۹۹۸ با به کارگیری استاندارد IFC این نرم‌افزار توانست مدل‌های سه بعدی را نیز کنترل کند .انتشار نرم‌افزار e-Plan Check گستره وسیعی از مقررات ساختمانی قابلیت کنترل خودکار پیدا کرد (Eastman, Lee, JeongYeon-suk, & Lee, 2009).

شرکت نروژی Jotne EPM در سال ۱۹۹۸ پلتفرم EDM[۷] و ابزارهایی از جمله EDMmodelChecker را برای تعریف و فرموله کردن قوانین ساختمانی منتشر کرد.

نرم‌افزار Solibri Model Checker در سال ۲۰۰۰ توسط یک شرکت فنلاندی به همین نام منتشر شده‌است. برای تعریف قوانین در این نرم‌افزار ۴۲ قالب ثابت و برای هرکدام تعدادی پارامتر وجود دارد و کاربر (کارشناس شهرداری) می‌تواند قوانین را در این نرم‌افزار تعریف کند یا تغییر دهد. البته به علت پیچیدگی‌های فنی این روند، عمدتا از قوانین پیش فرض عمومی نرم‌افزار (مانند کنترل عدم نقص اطلاعات مدل یا عدم برخورد عناصر ساختمانی در مدل) یا افزونه‌های رایگان (مانند قابلیت استفاده معلولین طبق ADA/ABA، تخلیه اضطراری و تطابق اطلاعات با فرمت COBie) استفاده می‌شود. همچنین برای استفاده‌های بخصوص، امکانات بیشتری از طریق یک API[۸] خصوصی قابل دسترس است. به عنوان مثال موسسه تکنولوژی جورجیا با استفاده از همین API برای اداره خدمات عمومی آمریکا نرم‌افزاری برای کنترل ضوابط فضایی، ایمنی، مصرف انرژی و همچنین تاسیسات ساختمان دادگاه‌ها ساخته است (Eastman, Lee, JeongYeon-suk, & Lee, 2009).

شرکت Invicara در سال ۲۰۱۶ پلتفرم BIM Assure را منتشر کرد که از اولین نمونه‌های برخط و مبتنی بر پردازش ابری است. در حال حاضر، در تطابق با آیین نامه PAS 1192-2 بریتانیا، نرم‌افزارهای مختلفی محیط مشترک داده[۹]را به رسمیت شناخته‌اند که کنترل مدل‌های سه بعدی ساختمانی گام مهمی از آن است. پلتفرم BIM Assure مدل را از

طریق یک افزونه در نرم‌افزار Autodesk Revit دریافت و کنترل می‌کند. در نتیجه خطاهای غیر هندسی مانند نامگذاری اشتباه عناصر یا... درجا قابل اصلاح هستند (Preidel & Borrmann, 2018).

## ۲-۲- تاریخچه تحقیقات در حوزه خودکارسازی کنترل ضوبط

ریشه‌های کنترل خودکار ضوابط را می‌توان در به‌کارگیری جداول تصمیم‌گیری در موسسه آمریکایی ساخت و ساز فولادی در ۱۹۶۹ یافت. این جداول که بر اساس یک استاندارد روندمحور[۱۰]تهیه شده بودند تا ۱۵ سال مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در سال ۱۹۸۴ سامانه[۱۱]SASE توسعه یافت که تدوین و توسعه جداول را مدیریت می‌کرد (Fenves, Garrett, Kiliccote, Law, & Reed, 1995) (Lopez, Elam, & Reed, 1989).

پیشرفت‌های بعدی شامل توسعه سامانه‌های پایگاه دانش[۱۲]و سامانه‌های خبره[۱۳]بود. در کنار توسعه نرم‌افزارها، پیشرفت‌هایی در برنامه‌نویسی نیز انجام شد. در سال ۲۰۰۲ در کنار توسعه نرم‌افزار کورنت یک کتابخانه C++ به نام FORNAX توسعه پیدا کرد تا برنامه‌نویسی در آینده را تسهیل نماید. نرم‌افزارهای شرکت Jotne EPM از زبان مدلسازی داده EXPRESS استفاده می‌کنند که خود بخشی از استاندارد[۱۴]STEP می‌باشد و بعدها مبنای ایجاد فرمت و استاندارد IFC شد (Preidel & Borrmann, 2018). نرم‌افزار سولیبری که در سال ۲۰۰۰م منتشر شد دارای رویه‌های داخلی برای تصحیح فایل‌های IFC است. زیرا فایل IFC تولید شده توسط هر نرم‌افزار اختلافات جزئی‌ای با سایر نرم‌افزارها دارد و یکسان نیست.

در آخرین پیشرفت های این حوزه، پریدل[۱۵]و بورمان[۱۶](۲۰۱۸) در راستای تامین مسئولیت‌های قانونی، بر لزوم شفافیت فرایند کنترل خودکار تاکید می‌کنند. روند متداول الگوریتم‌نویسی که مبتنی بر کدنویسی سخت[۱۷]داده‌ها است، اگرچه آسان‌تر و سریع‌تر انجام می‌شود، تحت رویکرد جعبه سیاه قرار می‌گیرد؛ بدین معنی که برای کاربر نهایی تنها اطلاعات ورودی و خروجی قابل مشاهده است. برای امکان‌پذیری نظارت، روشن شدن مسئولیت مقامات، سهولت تغییرات آتی برنامه و امکان مشارکت طراح معمار در فرایند، لازم است از رویکردی شفاف استفاده شود که در آن فرایندهای داخلی کنترل خودکار نیز قابل رویت باشد.

## ۳- ساختار کنترل خودکار

طبق مدل ایستمن و همکاران (۲۰۰۹) ساختار و ملاحظات خودکارسازی کنترل ضوابط به چهار مرحله قابل تقسیم است.

### ۳-۱- قوانین

تبدیل قوانین موجود که به زبان طبیعی انسان نوشته شده‌اند به دستورالعمل‌هایی که بتوان به زبان رایانه برنامه‌نویسی کرد مرحله پرچالشی از خودکارسازی کنترل ضوابط ساختمانی است. دشواری این مرحله نه در کدنویسی به زبان‌هایی مثل سی[۸]یا پایتون؛[۹]بلکه در استخراج منطق قوانین است. متن بندهای قوانین عموما دارای منطقی پیچیده است و ناظر به

چند کارکرد مختلف است (Tan, Hammad, & Fazio, 2010). از آنجا که دلالت‌های معنایی قوانین ممکن است مبهم باشد، باید توسط کسی تفسیر شوند که تجربه، دانش و مسئولیت لازم را داشته باشد (Eastman, Lee, JeongYeon-suk, & Lee, 2009).

### ۳-۱-۱- ضوابط تجویزی و ضوابط کارکردی

بعضی ضوابط از نوع تجویزی[۲۰]محسوب می‌شوند. بدین معنی که تعیین می‌کنند طراح در هنگام طراحی باید چه ملاحظاتی را رعایت کند. در این نوع ضوابط باید همه حالت‌های ممکن پیش‌بینی و تعیین تکلیف شود. به عنوان مثال ضوابط توقفگاه خودرو در ایران از نوع تجویزی است. بدین معنا که حالات مختلف حرکت (یک طرفه، دوطرفه، در شیبراهه، از بین دو ستون و...)، گردش (۹۰ درجه، ۱۸۰ درجه و...) و توقف خودرو (دو طرف باز، دو طرف بسته و...) در آن‌ها تعیین شده‌است. این نوع ضوابط معمولا محدودیت‌هایی را برای طراح در فرایند طراحی ایجاد می‌کنند و مانع بروز خلاقیت می‌شوند.

ضوابط کارکردی[۲۱]ضوابطی هستند که به جای فرایند طراحی ناظر به محصول طراحی هستند. به بیان دیگر به جای آن که تعیین کنند در هنگام طراحی چه ملاحظاتی باید مد نظر قرار گیرد (مانند ضوابط تجویزی)، تعیین می‌کنند آنچه نهایتا طراحی می‌شود چه خصوصیاتی باید داشته باشد و بدین ترتیب دست طراح را در فرایند طراحی خلاقانه باز می‌گذارند. در ضوابط کارکردی، ملزومات کارایی بخش‌های مختلف ساختمان از جنبه‌های متفاوت و همچنین معیارهای کمی و کیفی که ساختمان باید آن‌ها را رعایت کرده باشد تعیین می‌شود (Dimyadi & Amor, 2013). طرح در انتهای فرایند طراحی از جنبه‌های مختلف ارزیابی می‌شود و اگر کارایی لازم را تامین کرده باشد مورد قبول قرار می‌گیرد. به عنوان مثال برای کنترل کارایی انرژی پوسته خارجی ساختمان، به جای تعیین لایه‌های مورد نیاز و چینش آن‌ها در دیوار، پنجره و در برای حالات و موقعیت‌های مختلف، تنها ضریب هدایت حرارتی کل پوسته را محاسبه و با مقدار مرجع مقایسه می‌کنند.[۲۲] علاوه بر آزادی عمل بیشتری که این نوع ضوابط به طراح می‌دهند، تدوین و کنترل چنین ضوابطی آسان‌تر از ضوابط تجویزی نیز هست.

## ۳-۲- فایل طرح و داده‌های آن

### ۳-۲-۱-ترسیم دوبعدی یا سه‌بعدی

تا چند سال اخیر کنترل رعایت قوانین در طرح‌ها توسط کارشناسان بر نقشه‌های دوبعدی انجام می‌شد و در موارد بسیاری هنوز هم انجام می‌شود. نقشه‌های دوبعدی رایانه‌ای از دهه ۱۹۶۰ میلادی در معماری استفاده می‌شدند. فایل نقشه های دوبعدی یا سه‌بعدی که صرفا ترسیم خطی یا حجمی عناصر ساختمانی است، برای کنترل خودکار مناسب نیستند و نیاز به یک مرحله اضافه برای تشخیص هویت عناصر ساختمانی دارد.

### ۳-۲-۲-مدل اطلاعات ساختمان

با توسعه نرم‌افزارها به تدریج مدلسازی سه‌بعدی امکان‌پذیر شد و امروزه مدل‌های اطلاعات ساختمان که در آن اشیا واجد نام و خصوصیات هستند رواج یافته است (Eastman, Teicholz, Sacks, & and Liston, 2011). با پیشرفت روش‌های دیجیتال، به ویژه مدلسازی اطلاعات ساختمان[۲۳]و توسعه استانداردهای مدلسازی در صنعت ساختمان از جمله فرمت فایل IFC[۲۴] امکانات و ابزارهای جدیدی برای خودکارسازی کنترل ضوابط ایجاد شده‌است (Nibset, Wix, &

(Conover, 2009). فایل‌های مبتنی بر BIM شامل شکل سه بعدی اجزای ساختمانی و همچنین اطلاعات ماهوی آن‌ها هستند که با حذف مرحله تشخیص نقشه، کنترل خودکار قوانین را تسهیل و تدقیق می‌نماید.

دقت، صحت و همسازی مدل ساختمانی، یک شرط لازم برای امکان پذیری کنترل خودکاراست. باید استانداردهایی برای مدلسازی تدوین شود و همچنین یک مرحله پیش پردازش قبل از کنترل خودکار قوانین لازم است تا از رعایت استاندارد در مدلسازی اطمینان حاصل شود (Preidel & Borrmann, 2018).

## ۳-۳- الگوریتم تطبیق قوانین بر طرح

حوزه کدنویسی در فرایند خودکارسازی ضوابط شامل این بخش و بخش بعد است. کدنویسی معمولا با رویکرد جعبه سیاه انجام می‌شود که در آن قوانین در قالب الگوریتم‌های مبتنی بر قاعده در می‌آید. در این نوع برنامه‌ها معمولا قوانین کدنویسی سخت می‌شود که تغییرات آن در آینده ساده نیست. همچنین بحث‌های مفصلی در زمینه شفاف‌سازی و انعطاف‌پذیری کدنویسی و استفاده از یادگیری ماشین مطرح است که در حوزه بررسی این مقاله نمی‌گنجد.

## ۳-٤- ارائه

به عنوان آخرین مرحله، باید نتایج کنترل ضوابط به کاربر ارائه شود به نحوی که کاربر بتواند نتایج را فهمیده و احیانا اقدام لازم برای رفع خطاها را انجام دهد. خطاهای یافته شده باید در قالب گزارش متنی یا ترجیحا تصویری ارائه شود. فرمت BCF[۲۵] توسط موسسه buildingSMART برای این امر توسعه داده شده‌است (BIM Collaboration Format (BCF), 2022).

# ٤- قوانین ملاک عمل در پروژه‌های ساختمانی کشور

مراجع مختلفی قوانین ناظر بر امور ساختمانی کشور را تدوین می‌نمایند که هریک حوزه کاربرد متفاوتی دارد. مقررات ملی ساختمان در تمام کشور، ضوابط طرح تفصیلی در هر شهر و احیانا مصوبات اداره کل تدوین ضوابط شهرداری‌ها در هر منطقه شهری باید رعایت شود. با توجه به دامنه کاربرد فراگیر مقررات ملی ساختمان، در این مقاله به بررسی آن پرداخته می‌شود.

## ٤-۱- مقررات ملی ساختمان

مطالعه اولیه برای تدوین مقررات ملی ساختمان از سال ۱۳۵۲ شروع شد. از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۴ بخشی از مقررات منتشر شد که عبارت است از مباحث پنجم، هفتم، نهم، دهم، دوازدهم، سیزدهم، شانزدهم و نوزدهم. در سال ۱۳۷۵ شورای تدوین مقررات ملی ساختمان در وزارت مسکن و شهرسازی تشکیل شد و تا سال ۱۳۸۴ مباحث دوم، سوم، ششم، یازدهم، چهاردهم، پانزدهم، هفدهم و هجدهم مقررات ملی ساختمان را منتشر کرد. در سال‌های بعد این مقررات توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، دفتر امور مقررات ملی ساختمان و دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان مورد بازبینی قرار گرفت و سایر مباحث ۲۲ گانه تدوین شد (رزمی و طاهری جبلی, ۱۴۰۰).

در طول تدوین و بازنگری‌های تدریجی، این مباحث رشد و توسعه هماهنگی نداشته‌اند و از توجه یکسانی برخوردار نشده‌اند. مباحث مرتبط با سوانح و حوادث، مانند مباحث سازه‌ای و ایمنی در برابر حریق، بسیار مفصل‌تر از مباحث موثر بر زندگی عادی مانند الزامات عمومی هستند. تحقیقی در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی نشان داده است که بعضا در این مباحث مطالب چند بار تکرار شده‌است (رزمی و طاهری جبلی, ۱۴۰۰) در حالی که مثلا در مبحث چهارم، برای

بسیاری از موقعیت‌های رایج و پرتکرار موضوعاتی که بدان پرداخته‌اند، تکلیفی تعیین نشده‌است، حتی در امور عینی مانند توقفگاه خودرو و نورگیر.

از طرف دیگر مباحثی که مبتنی بر محاسبه عددی و شبیه سازی رایانه‌ای هستند، مانند صرفه جویی در مصرف انرژی، بسیار دقیق‌تر و روشن‌تر از سایر مباحث نوشته شده‌اند. در این مبحث، چهار روش مختلف ارائه شده‌است و هریک با ذکر شرایط استفاده، نمودار گردشی مراحل و جداول لازم تشریح شده‌است. همچنین برای سهولت بیشتر ، کتابچه جداگانه‌ای تحت عنوان «راهنمای مبحث نوزدهم» توسط دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان منتشر شده‌است. این در حالی است که مباحثی مانند الزامات عمومی ساختمان، دارای ابهامات بسیاراند و بعضا کارشناسان مختلف، برداشت‌های مختلفی از آن‌ها دارند. مسلما ذات محاسباتی برخی مباحث، توسعه و شفافیت آن‌ها را تسهیل کرده است، اما عدم جامعیت و وجود ابهام در سایر مباحث قابل توجیه نیست. ضمنا به علت همین ابهامات، نظارت بر رعایت این مقررات توسط کارشناسان بسیار دشوار است و نظارت خودکار رایانه‌ای در آن‌ها بعضا امکان پذیر نیست.

## ٤-٢- اقدامات انجام شده در ایران در راستای خودکارسازی کنترل ضوابط ساخت و ساز

در کشور ما، اگرچه گام‌هایی در زمینه خودکارسازی کنترل ضوابط برداشته شده‌است، هنوز راه درازی در پیش است. تحقیقات انجام شده در این زمینه شامل چند پایان نامه و مقاله از سال ۱۳۹۸ است که در آن‌ها مطالعاتی بر خودکارسازی کنترل ضوابط مباحث سه و چهار مقررات ملی ساختمان انجام شده و راه حل‌هایی برای کنترل ضوابط در موضوعات مختلف، شامل نورگیرها، پله و آسانسور، توقفگاه خودرو و... ارائه شده‌است.

مهم‌ترین گام عملی در این زمینه، پروژه‌ای است که در همکاری بین شهرداری تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر و دانشگاه تهران انجام شد. طی این پروژه، سامانه‌ای طراحی شد که با دریافت فایل IFC طرح می‌تواند منتخبی از ضوابط مبحث چهار مقررات ملی ساختمان را بررسی نموده و نتیجه را به صورت متنی و تصویری به کاربر ارائه نماید. حوزه کاربرد این سامانه زمین‌های زیر ۲۵۰ متر مربع است و ضوابطی در آن کنترل می‌شود که ناظر بر این زمین‌ها باشد و همچنین قابلیت کنترل خودکار توسط برنامه رایانه‌ای را نیز داشته باشد. این پروژه با رویکرد کدنویسی سخت (جعبه سیاه) دارای پارامترهای قابل تعیین توسط کارشناس انجام شده‌است. سامانه مذکور هنوز برای بهره برداری عمومی به صورت برخط منتشر نشده‌است.

آنچه از خودکارسازی کنترل ضوابط در حال حاضر در سامانه برخط شهرداری تهران در حال بهره برداری است، کنترل هوشمند جدول اطلاعات بنا و تطبیق آن‌ها بر ضوابط یا محاسبه عوارض و... از روی آن است. البته این سامانه، مساحت‌ها را از روی نقشه ارسال شده برداشت نمی‌کند، بلکه طراح باید علاوه بر ارسال نقشه‌ها، در مرحله جداگانه‌ای مساحت تک تک عرصه‌ها و فضاهای طرح خود را مطابق با لیستی که سایت در اختیار او قرار می‌دهد وارد کند و سپس صحت این اطلاعات توسط کارشناس شهرداری کنترل می‌گردد. این روند بار اضافه‌تری بر دوش طراح می‌گذارد و امکان خطا یا غرض‌ورزی را نیز ایجاد می‌کند.

در زمینه قوانین و استانداردها می‌توان به رونمایی از اولین استاندارد و آیین نامه مدلسازی اطلاعات ساختمان در سال ۱۴۰۰ اشاره کرد. همچنین با تصویب آیین نامه اجرایی پیاده سازی بیم در مناطق آزاد شامل چابهار، کیش، اروند و به‌کارگیری مدلسازی اطلاعات ساختمان در این مناطق الزامی است. توسعه و ترویج مدلسازی اطلاعات ساختمان روند خودکارسازی کنترل ضوابط را تسهیل می‌کند.

## ۵- بررسی مقررات ملی ساختمان از لحاظ امکان‌پذیری خودکارسازی کنترل

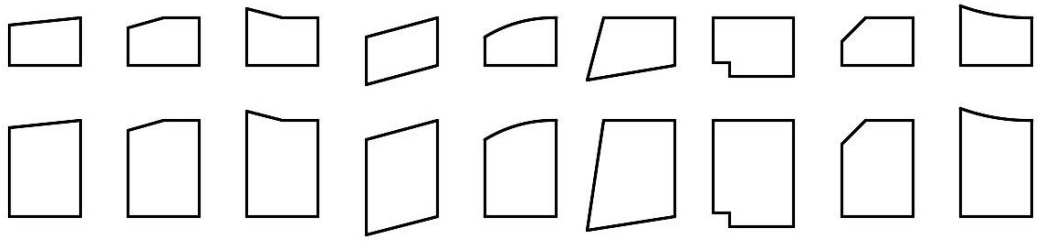
الزامات مطرح شده در مقررات ملی ساختمان ترکیبی از ضوابط تجویزی و کارکردی است. در این میان ضوابط ناظر بر جنبه‌های فنی مانند سازه، مصرف انرژی و تاسیسات الکتریکی عمدتا از نوع کارکردی هستند و جنبه‌های معماری مانند الزامات عمومی، پله و آسانسور عمدتا از نوع تجویزی می‌باشند. این امر می‌تواند علل مختلفی داشته باشد، از جمله کیفی بودن مسائل معماری در مقابل مسائل فنی کمی. جنبه‌های فنی عموما از نوع محاسباتی هستند که بر طرح تهیه‌شده انجام می‌شود و نوعا مسائل معین‌تری هستند. به همین علت می‌توان به سادگی آن‌ها را با رویکرد کارکردی تدوین کرد. در حالی که طراحی معماری، مساله‌ای کثیرالوجه، مبهم، نامعین و پیچیده است و در نقطه آغاز آن هنوز طرحی وجود ندارد که بتواند مورد ارزیابی کمی و محاسبه قرار بگیرد. به همین علت فرایند طراحی مورد توجه قانونگذاران قرار می گیرد و قوانین از نوع تجویزی نوشته می شوند.

به عنوان مثال، در طراحی یک آپارتمان مسکونی، طراح باید فضاهای واحدهای مسکونی در طبقات و تعداد محل توقف خودروها در همکف یا زیر زمین را که هندسه و ابعاد متفاوتی دارند به طور همزمان طراحی کند، به نحوی که محل پله و آسانسور نیز در همه طبقات مشترک باشد. این درحالی است که باید دسترسی و امکان حرکت در توقفگاه خودرو و طبقات تامین شود. همچنین نورگیری همه واحدها نیز از محلی که موجب اشراف به همسایگان نشود تامین گردد. در عین حال ستون‌های سازه که از همه طبقات عبور می‌کنند باید در مکان‌هایی قرار گیرند که مزاحم کارایی‌های فوق، از جمله حرکت و توقف خودروها و همچنین فعالیت‌های داخل واحدهای مسکونی نشوند و همزمان هندسه و فواصل معقولی داشته باشند. هریک از جنبه‌های مذکور بر سایر جنبه‌ها موثر است و تغییر هرکدام باعث تغییر در دیگران می‌شوند. بنابراین نمی‌توان آن‌ها را یکی پس از دیگری حل کرد. در طراحی معماری باید همه این مسائل همزمان حل شود.

حل کردن همزمان این مسائل، در مرحله‌ای که هنوز طرح شکل نگرفته است و قابل محاسبه نیست، مستلزم تخمین‌هایی از ابعاد و اندازه است که مشخصات امکان‌پذیر را تعیین کند و کارایی طرح را در انتهای فرایند تا حدودی تضمین کند. ضوابطی نظیر ابعاد توقف و حرکت خودرو، ابعاد نورگیر، ارتباط‌های عمودی یا... با در نظر گرفتن این نکته تدوین شده‌اند. به بیان دیگر، این ضوابط ابعاد گرد شده (و دست بالای) عناصر فوق را در حالات ابتدایی تعیین کرده‌اند. این ضوابط از نوع تجویزی محسوب می‌شوند، بدین معنی که مثلا بیان می‌کنند اگر عرض مسیر حرکت مستقیم خودرو به اندازه الف و شعاع خارجی گردش ۹۰ درجه خودرو مقدار ب باشد، مسیر حرکت خودرو قابل قبول است. کنترل کردن این نوع ضوبط توسط انسان روی نقشه‌های کاغذی با یک خط‌کش نیز به سادگی امکان‌پذیر است. اما در این نوع ضوابط، حرکت خودروی واقعی با زوایا و ابعاد واقعی ملاک نیست.

قوانین حوزه معماری، عمدتا ناظر بر فرایند نوشته شده‌اند و لاجرم از نوع تجویزی‌اند. در تدوین این ضوابط تجویزی، قانونگذار ناگزیر است همه حالت‌های ممکن را در نظر گرفته و برای آن‌ها تعیین تکلیف نماید. واضح است که هرچه قوانین طولانی‌تر و مفصل‌تر باشند، کار کردن با آن‌ها چه در مرحله طراحی و چه در کنترل ضوابط دشوارتر است و در تدوین خود ضوابط نیز امکان بروز تناقض میان آن‌ها و احتمال از قلم افتادن برخی حالات ممکن بیشتر است. در حالی که در رویکرد تجویزی تنها تعیین روش ارزیابی و مقدار مرجع کفایت می‌کند.

بررسی متن قوانین موجود نیز نشان می‌دهد بسیاری از حالت‌های امکان پذیر، حکم روشنی صادر نشده و نیازمند قضاوت کارشناسی است. به عنوان مثال ابعاد نورگیرهای مستطیل شکل در مبحث چهار به روشنی تعیین شده، اما برای چندضلعی‌های دیگر و فرم‌های قوسی چیزی تعیین نشده‌است (شکل ۲). همچنین ابعاد لازم برای دور زدن خودرو در پیچ‌های غیر ۹۰ درجه مثالی دیگر از وضعیت‌های تعیین تکلیف نشده‌است.



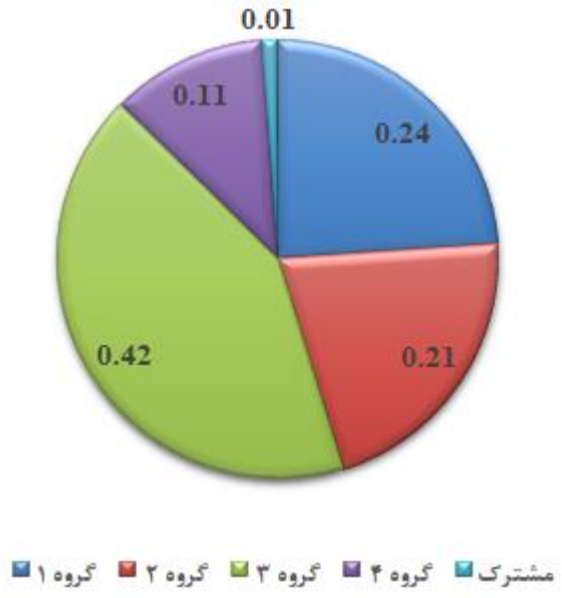
شکل ۲ – حالات مختلف نورگیر که در مقررات ملی ساختمان تعیین تکلیف نشده‌است.

در پژوهشی که دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۱۴۰۰) به منظور خودکارسازی کنترل ضوابط انجام داده است، بندهای مبحث چهار مقررات ملی ساختمان از لحاظ قابلیت کنترل خودکار به چهار دسته تقسیم شده اند: ۱- ضوابط روشن و بدون ابهام که مستقیما قابل خودکارسازی هستند؛ ۲- ضوابطی که برای کنترل خودکار نیازمند شفاف سازی توسط کارشناسان هستند؛ ۳- ضوابطی که قابلیت کنترل خودکار ندارند؛ ۴- ضوابطی که به آیین نامه یا دستورالعمل‌های دیگر ارجاع داده‌اند؛ بعضی ضوابط نیز بین این چهار دسته مشترک‌اند و نمی‌توان آن‌ها را صرفا در یک دسته جای داد. جدول ۱ نمونه‌هایی از هر دسته را نشان می‌دهد.

از ۲۵۳ بند بررسی شده در این پژوهش، به ترتیب ۶۰، ۵۴، ۱۰۷، ۲۹ بند در دسته‌های مذکور قرار گرفته‌اند و ۳ بند نیز بین چند دسته مشترک محسوب شده‌اند. بدین ترتیب تنها حدود ۲۵ درصد از ضوابط فعلی قابلیت خودکارسازی دارند که درصد بسیار کمی است. ۷۵ درصد باقیمانده به نحوی نیازمند رفع ابهام‌اند (شکل ۳).

جدول ۱ – نمونه‌ای از ضوابط هر دسته (امیرکبیر, ۱۴۰۰)

| دسته | شماره بند ضابطه | متن ضابطه |
|---|---|---|
| ۱ | ۴-۷-۱-۱-۲۴ | در زمینهای بزرگتر از ۲۰۰ مترمربع اگر فضاهای اقامت اصلی از دو تصرف مسکونی مستقل، از یک حیاط داخلی نور و هوا بگیرند، فاصلهٔ دیوارهای پنجرههای مقابل آنها از هم نباید کمتر از ۶ متر باشد. |
| ۲ | ۴-۴-۱-۱-۲ | در صورت طراحی اتاقک آسانسور و خرپشته بر روی بام، محل استقرار این مجموعه حتی الامکان به سمت وسط پلان ساختمان انتقال داده شود، تا تأثیر آن بر نما تقلیل یابد. |
| ۳ | ۴-۴-۳-۴ | تغییر یک فضا یا واحد تصرف به فضا یا واحد تصرفی با کارکرد دیگر، تنها در صورت عدم ایجاد اختلال در ایمنی، دسترسی و کارکرد فضاها یا تصرف‌های مجاور و انطباق مشخصات جدید آن فضا و ساختمان با الزامات تعیین شده در مباحث مقررات ملّی ساختمان مجاز است. در این گونه موارد، رعایت مقررات مربوط به تصرف‌های با خطر بیشتر الزامی خواهد بود. |
| ۴ | ۴-۴-۱-۱-۴ | در بافتهای شهری تاریخی، محدودیت ارتفاع و اندازه‌ای بنا باید طبق ضوابط مورد تایید سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری در نظر گرفته شود. |
| مشترک | ۴-۴-۱-۲-۱ | (ارتفاع مجاز گروه‌های ساختمانی) که موضوع مورد بررسی در این ضابطه به سایر ضوابط و مقررات قانونی ارجاع داده شده‌است. |




شکل ۳ – سهم هر دسته از ضوابط بررسی شده (امیرکبیر, ۱۴۰۰)

قوانین تجویزی، اگرچه در ابتدای طراحی، تخمین‌های مناسبی به طراح می‌دهد و به او اجازه می‌دهند مثلا تعداد خودرورهای قابل گنجاندن در توقفگاه را تعیین کند، در ادامه با ابهاماتی که دارند فرایند طراحی را کند نموده و طراح را محدود به حالت‌های پیش‌بینی‌شده می‌کنند. در غیر این صورت در مرحله بررسی، طرح باید منتظر نظر کارشناس بماند و فرایند کنترل ضوابط کند می‌گردد. از طرفی، حالات پیش‌بینی‌نشده و نیاز به نظر کارشناسی، کنترل خودکار ضوابط را غیر ممکن می‌کند. همچنین تعدد حالت‌های پیش‌بینی‌شده، فرایند کدنویسی را طولانی و مستعد خطا می‌نماید. این به شرطی است که خود قوانین واجد تناقض نباشند. هرچه قوانین متعددتر برای حالات ممکن بیشتر نوشته شود، از آنجا که اندازه‌ها با تخمین و دست بالا تعیین می‌شود، احتمال بروز تناقض در بین آن‌ها بیشتر می‌شود. وجود حالات متناقض یا حالات بلاتکلیف در متون قانونی، کارکرد سامانه‌های خودکار رایانه‌ای را، با هر نوع کدنویسی و رویکرد طراحی الگوریتم، متوقف و غیر ممکن می‌سازد.

به همین علت تعدادی از کشورها رویکرد خود را در تدوین قوانین از تجویزی به کارکردی تغییر داده‌اند. کره جنوبی و نیوزلند دو نمونه بارز از این تغییر رویکرد هستند. مقررات ملی ساختمان در نیوزلند که شامل ۲ مبحث عمومی و ۳۵ مبحث فنی است، تماما با رویکرد کارکردی نوشته شده‌است (Dimyadi & Amor, 2013). این تغییر رویکرد علاوه بر تسهیل خودکارسازی کنترل ضوابط، کنترل آن‌ها توسط انسان را نیز آسان‌تر کرده و محدودیت‌های کمتری به طراح اعمال می‌نماید. همچنین قوانین کارکردی انعطاف‌پذیری بیشتری دارند. با بازبینی و تغییرات قوانین که معمولا هر پنج سال یک بار اتفاق می‌افتد، به جای بازبینی همه حالت‌های ممکن، در رویکرد کارکردی تنها لازم است مقادیر مرجع تغییر کند.

در نهایت باید اضافه کرد در قوانین کارکردی مقدارهای مطلق مورد نیاز مطرح می‌شود در حالی که در رویکرد تجویزی تخمین‌های دست بالا به عنوان حداقل تعیین می‌شوند. در نتیجه کارایی و بازدهی طراحی با رویکرد کارکردی بیشتر از رویکرد تجویزی است. شاهد این مدعا تفاوت مقادیر حداقلی در مقررات ملی ساختمان و طرح‌های تفصیلی، مثلا در عرض توقف چند خودرو است. طرح تفصیلی تهران ابعاد کوچک‌تری را می‌پذیرد و این نشان می‌دهد ابعاد مطرح شده در مقررات ملی ساختمان دست بالا گرفته شده است. افزایش بازدهی در همه طرح‌ها لازم است، خصوصا در زمین‌ها کوچک و

بدشکل که در متن قوانین پیش‌بینی نشده‌است. قوانین کارکردی در این زمین‌ها می‌تواند بسیار مفید باشد. نوشتن قوانین با رویکرد کارکردی، می‌تواند به موازات قوانین تجویزی صورت پذیرد، چنان که در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان انجام شده‌است. بسیاری از موضوعات مطرح شده در مقررات ملی ساختمان را می‌توان به سادگی با رویکرد کارکردی نوشت، از جمله قوانین توقفگاه خودرو، نورگیری، پله، آسانسور و... که درباره اشیاء معین با ابعاد و حرکت‌های مشخص صحبت می‌کنند. تعیین ابعاد و اندازه‌های شیء مرجع و مشخصات حرکت‌های آن در این موارد کافی است.

## ٦- نتیجه گیری

مقررات ملی ساختمان از لحاظ قابلیت خودکارسازی کنترل، با استفاده از مدل چهارمرحله‌ای ایستمن و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. تحقیقات و تجارب جهانی در مرحله «ترجمه قوانین به زبان ماشین» نشان می‌هد قوانین کارکردی تناسب بیشتری با کنترل خودکار ضوابط دارند. برخی کشورها برای استفاده از مزایای کنترل خودکار ضوابط، قوانین خود را با رویکرد کارکردی بازنویسی کرده‌اند. مقررات ملی ساختمان ایران ترکیبی از قوانین کارکردی و تجویزی است. البته قوانین ناظر بر موضوعات معماری عموما تجویزی و قوانین ناظر بر موضوعات فنی بیشتر از نوع کارکردی هستند. در این میان مبحث نوزدهم دارای قوانین تجویزی و کارکردی به موازات یکدیگر است و طراح می‌تواند با در نظر گرفتن شرایط، از هریک از آن‌ها استفاده کند. در تحقیق حاضر لزوم تدوین ضوابط کارکردی برای خودکارسازی کنترل پروانه تشریح شد و پیشنهاد گردید در همه مباحث از جمله مباحث ناظر بر معماری نیز به تدوین ضوابط کارکردی اقدام شده و جهت استفاده در کنار ضوابط تجویزی موجود قرار گیرد. ضوابط کارکردی، علاوه بر تسهیل کنترل خودکار، دارای مزایای دیگری نیز هستند، از جمله اعطای آزادی عمل بیشتر به طراح و فراهم کردن زمینه خلاقیت بیشتر، بالا بردن کارایی طرح و انعطاف‌پذیری بیشتر خود قوانین.

## ۷. فهرست منابع


- معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۱۴۰۰). *پروژه تحقیق و پژوهش در توسعه مدل هوشمند کنترل نقشه معماری در فرآیند صدور پروانه شهرداری تهران برای اولین بار در کشور با رویکرد مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM).* نظارت: اداره کل تدوین ضوابط، نظارت و صدور پروانه. تهران: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران.
- رزمی, س., & طاهری جبلی, ب. (۱۴۰۰). مقررات ملی ساختمان کشور؛ جایگاه، شرایط تدوین و ترویج (ویرایش دوم). *گزارش‌های کارشناسی (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی)*, ۴۵۴-۴۸۰.
- Dimyadi, J., & Amor, R. (2013). Automated Building Code Compliance Checking – Where is it at? *Proceedings of CIB WBC, 6.*
- Drogemuller, R., Woodbury, R., & and Crawford, J. (2000). Extracting Representation from Structured Text: Initial Steps. *Proceedings of CIB W78 Conference*, (pp. 302-307). Reykjavik, Iceland.
- Eastman, C., Lee, J.-m., JeongYeon-suk, & Lee, J.-k. (2009). Automatic rule-based checking of building designs. *Automation in Construction*, 18, 1011-1033.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & and Liston, K. (2011). *BIM Handbook*. John Wiley & Sons.
- Fenves, S. J., Garrett, J. H., Kiliccote, H., Law, K. H., & Reed, K. A. (1995). Computer representations of design standards and building codes: US perspective. *International Journal of Construction Information Technology*, 3(1), 13-34.

- Lopez, L. A., Elam, S., & Reed, K. (1989). Software concept for checking engineering designs for conformance with codes and standards. *Engineering with computers*, 78, 63-78.

- Moulin, B. (1992). Automated Generation of Rules from the National Building Code Text. *Proceedings of CIB W78 Conference*, (pp. 343-358). Montreal, Canada.

- Nibset, N., Wix, j., & Conover, D. (2009). The future of virtual construction and regulation checking. In P. S. Brandon, & T. Kocaturk (Eds.), *Virtual futures for design, construction & procurement.* Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

- Preidel, C., & Borrmann, A. (2018). BIM-Based Code Compliance Checking. In A. Borrmann, M. Konig, C. Koch, & J. Beets (Eds.), *Building information modeling: Technology foundations and industry practice* (pp. 367-381). Springer International Publishing.

Tan, X., Hammad, A., & Fazio, P. (2010). Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 24(2), 203-211

## ۸- پی نوشت ها

1. automated code compliance checking
2. Moulin
3. Drogemuller
4. Dimyadi
5. Amor
6. CORENET
7. express data manager
8. application programming interface
9. common data environment (CDE)
10. procedural
11. Standards Analysis, Synthesis and Expression
12. knowledge-based system
13. expert system
14. standard for the exchange of product model data (ISO 10303)
15. Preidel
16. Borrmann
17. hard coding
18. C
19. python
20. prescriptive
21. performance-based

۲۲. این محاسبه می تواند از طریق فرمول ها یا از طریق شبیه سازی رایانه ای انجام پذیرد.

23.building information modeling (BIM)

24. Industry Foundation Class

25 BIM communication format

Designing and Planning in Architecture and Urbanism
Volume:2, Issue:2

# The necessity to devise performance-based building regulations for automated code checking

## Abstract:

Mojtaba Sabetfard [1](corresponding author)

Code compliance checking, which is still a manual process in Iran, is a cumbersome, time-consuming process, prone to errors. There have been several efforts worldwide as well as in Iran, to automate this process, today some countries have reached fully automated code compliance checking, done entirely by computers.

According to Eastman et al, automated code checking comprises four stages, one of which is to translate building code from human language to a machine language. This is a challenging stage regarding computer programming, as well as in building codes themselves. This paper investigates building codes. For automated code checking performance-based codes are found more suitable than prescriptive codes.

Some countries have rewritten their building codes with a performance-based approach in order to facilitate automated code checking. In this paper, having reviewed the history of automated code compliance checking and its principles, the definition of prescriptive codes as well as performance-based codes are mentioned. Then an investigation on the national building code of Iran and analyzing its approach showed that some chapters are prescriptive and some are performance based while few employ both approaches alongside each other. the prescriptive approach was largely found in architecture chapters and the performance-based approach in the engineering chapter. At the end, it is suggested to devise a performance-based version of all codes to be used alongside their current prescriptive ones. The performance-based approach facilitates automated code compliance checking, while also has benefits such as more authority for designers, briefer regulation texts, and more flexibility in case a change in the regulations is necessary.

**Keywords**: automated code checking, national building code, performance-based approach, prescriptive approach, building requirements

[1] Departmetn of Architectecture, University of Tehran, Tehran, Iran (email: mojtabasabetfard@ut.ac.ir)