همسازی سازه و معماری در راستای جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها به روش الگوریتم ژنتیک (نمونه موردی: پوشانه‌های با فرم آزاد، طراحی شده بر اساس هندسه گره ایرانی)

کریم مردمی[1]، مهدی سهیلی فرد[2]، مجید آقاعزیزی[3]

چکیده:

بهره‌گیری از هندسه در پیمایش همساز میان فرم، ایستایی و تناسبات، به‌عنوان اصلی جاری در تعاملِ سازه و معماری سنتی ایران همواره برقرار بوده است. شناخت رفتار هندسیِ اجزا در مسیر ایجاد اتحادِ ارگانیک میانِ سامانه‌های کالبد، فضا و زمینه، موجب شکل‌گیری بازخوردی یکپارچه به‌عوامل مؤثر در پایایی مجموعه می‌گردد. گره‌های ایرانی بر مبنای قیودِ هندسی موجود در ساختار و تناسبات خویش، به‌عنوان واحدهای مدولار، قابلیت توسعه و گسترش در محورهای x و y، با حفظِ همسازی میان ارزش‌های بصری و کارایی عملکردی را دارا می‌باشند. با توجه به روندِ نظم پذیریِ ساختارِ گره‌های ایرانی در محورهای اشاره شده، انتقال این نظم در محور z، برای حفظ کارکردِ سه‌بُعدیِ مجموعه سازه، مسئله‌ای قابل بحث است. از این رو، مقاله حاضر نخست به بررسی نحوه استفاده از پارامترهای مولدِ هندسه گره با استفاده از نرم‌افزار کدنویسی گرافیکی گرس‌هاپر پرداخته، سپس با معرفی روش الگوریتم ژنتیک، مجموعه حاصل از تولید فرم‌های مختلفِ منتج از هندسه گره را به‌عنوان جمعیتی از ژن‌های قابل تحلیل معرفی می‌کند. در این راستا، فرایند جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها، با حفظ کارکردِ سه‌بُعدی میان اجزا، در مسیر دستیابی به هندسه‌ای کارآمد از فرم گره را پیش می‌گیرد. بر همین اساس، پس از تحلیل همزمانِ فرم و سازوکارِ متعاقب سازه‌ای به‌وسیله افزونه کارامبا، جمعیت برتر از مجموعه ژن‌های معرفی شده، گزینش گردیده و بهینه‌ترین حالت جانمایی تکیه‌گاه‌ها، در شرایطی که اجزای سازه دارای تنش حداقل هستند، گزینش می‌شود. در ادامه نیز با بررسی عملکردِ حالت بهینه و نمونه‌ای منتظم در جانمایی تکیه‌گاه‌ها رفتار متعاقب هر دو حالت نسبت به انتقال بار به پی، مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استناد به نتایج این پژوهش، می‌توان این‌گونه برآورد نمود که سازوکار هندسی در گره‌های ایرانی، با تعریف قیود خاص، موجب کنترل رفتار یکپارچه و کارکردِ چندبُعدی میانِ پارامترهای کیفی نظیر هندسه منعطف جهت طراحی سازه‌های پوششی و پارامترهای کمّی همچون رفتار متناسب با نیروها می‌گردد. این بازخوردِ همساز میان معماری و سازه در جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها که به مدد روش الگوریتم ژنتیک حاصل می‌گردد، کاهش تنش در اجزای سازه و همچنین پایاییِ حداکثری سازه را همراه با صرفه اقتصادی در مصالح مورد استفاده، در کنار حفظ ارزش‌های معماری به‌دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: ساختار هندسی سازه‌ای پوشانه‌ها، جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها، گره‌های معماری سنتی ایران، الگوریتم ژنتیک، تعاملِ معماری و سازه

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۵

۱ - استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران (نویسنده مسوول) K_Mardomi@IUST.ac.ir
۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد معماری اسلامی دانشکده و پژوهشکده هنر و معماری اسلامی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا(ع)، مشهد، ایران M.Soheylifard@Gmail.com
۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد معماری اسلامی دانشکده و پژوهشکده هنر و معماری اسلامی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا(ع)، مشهد، ایران Eng_Mazizi@yahoo.com

مقدمه

ساماندهی اجزای طرح در معماری سنتی ایران، با نگرشی برگرفته از همسازی میان تمامی پارامترهای مؤثر بر کیفیت فضا صورت پذیرفته است. در این راستا، معمار ایرانی، با نگاهی به ایجاد هماهنگی با طبیعت، اثر خود را تا مرحله‌ای پیش می‌برد که محصول وی معرف روش زندگی ساکنین، همسو با حفظ شرایط آسایش و البته همسازی تمامی مجموعه، با عوامل محیطی و محاطی مؤثر بر فضای معماری خواهد بود. بهره‌گیری از چنین دیدگاهی منجر به یکپارچگی سامانه‌های کالبد، زمینه و عملکرد می‌گردد. الگوهای پایه و تناسبات در معماری اسلامی، به‌عنوان مولد گزینه‌های طراحی متعدد در زمانی اندک هستند. در معماری اسلامی، هندسه به‌عنوان واحد معرف هماهنگی و زیبایی در محاسبات، مقیاس‌ها و تناسبات، عملکردی چند جانبه دارد که در حقیقت مفاهیم اسلامی را بر مبنای هماهنگی با یکتایی جهتِ حرکتیِ نظام هستی عرضه می‌دارد (Abdelsalam 2012,). بر همین اساس، ایجاد این همسازی میان عوامل مؤثر در سامانه‌های معرفی شده، پاسخی آشنا برگرفته از نظم در هستی و برای افزایش کیفیت رفتاری مد نظر در محصول معماری خواهد بود. در مسیر کنترل اثر فعلی عواملی که در هریک از سامانه‌های مزبور به‌عنوان عملکردی مؤثر نقش می‌پذیرند، می‌توان از الگوریتم‌های[1] مولد ساختارهای هندسی بهره گرفت. روش‌های نخستین استفاده از این نوع الگوریتم‌ها در معماری، در سال ۱۹۶۰ توسط جان فرازر[2]، در کتاب "معماری منقلب"[3] معرفی گردید. نتیجه پژوهش‌های وی، منتهی به ایده طراحی فضایی پاسخگو به نیازهای مختلف بود و در بیشتر موارد مسیر فعالیت‌های وی، ساختار خودساز مدل مطالعاتی[4] مطرح بود که در محیطی پویا[5] انجام می‌گرفت (O'Reilly,2007 and Hemberg). به‌همین سبب، شکلگیری تحلیل‌های این‌چنین به سمت همسازی عوامل مؤثر بر ساختارهای معماری قرار گرفت که منجر به رویکردی با عنوان فرایند طراحی پارامتریک در مسیر کنترل پارامترهای مؤثر بر طراحی شد. بررسی عملکرد با کنترل پارامترهای مؤثر از جنبه‌های مختلفی نظیر کارایی مهندسی، عملکرد فضایی، هزینه‌ها و ساخت در میان طراحی فرم‌های خلاقانه میسر گردیده است (HEMBERG, O'Reilly, 2004 and O'Reilly). طراحی پارامتریک، دستیابی به پارامترهای اصلی مولد ساختارهای پیچیده هندسی را به‌عنوان مدلی هوشمند میسر می‌سازد. مدل‌های هوشمند با قابلیت تبدیل خطوط، قوس‌ها، صفحات و احجام به اتحادهای جبری در فضای سه‌بعدی، امکان بررسی الگوهای پایه و روابط هندسی را جهت تولید گزینه‌های مختلف طراحی براساس مدول اولیه فراهم می‌کنند (Abdelsalam, 2012). با توجه به توضیحات داده شده، نگرش اصلی در مسیر پژوهش حاضر، بهره‌گیری از همسازی یکپارچه میان سامانه‌های کالبد، زمینه و عملکرد خواهد بود. این ویژگی با تکیه بر شناخت پارامترهای تأثیرگذار بر رفتار همساز مدنظر، شناخته می‌شود. اما روش در تقابل قرار دادن این تأثیرات پارامتریک به‌عنوان فرایند تطبیقی در جریان این پژوهش، مسئله‌ای اساسی است که نیاز به واکاوی دارد.

همواره یکی از چالش‌های میان مهندسین سازه و معماران، تحلیل و قابلیت محاسبه فرم طراحی‌شده به‌عنوان کالبد، بوده است. حال آنکه اگر این فرم به‌سببی آزاد نیز می‌بود، ایجاد تعامل میان سازه و معماری با پیچیدگی‌های خاص همراه می‌شد. با ظهور ابزارهای CAD[6]، در بررسی فرم‌های آزاد توانایی عبور از مقولات محاسباتی تحلیلی سنتی و حرکت به سمت بررسی فرم‌های خلاقانه، به‌صورت همزمان میسر شد. با بهره‌گیری از پیشرفت‌های اخیر در ابزارهای CAD، قابلیت پارامتربندی عوامل مؤثر بر طرح جهت واکاوی متنوع مفاهیم طراحی در جهت گرایش‌ها و نیات طراح فراهم آمده، اگرچه مبنا و اساس ساختارهای هندسی همچنان ثابت باقی مانده است (Shea, Aish, and Gourtovaia, 2005). یکی از نمونه‌های بارز در طراحی همساز میان عوامل مؤثر بر پایداری سازه با حفظ کیفیات فضا، معماری سنتی ایرانی است. برگرفته از قیود مشخص هندسی، متکی بر تکنولوژی زمان، معماران ایرانی، واحدی یکپارچه را میان سامانه‌های اشاره شده پدید می‌آوردند. اما سؤال اساسی، در حقیقت چگونگی *کنترل کارکرد سه بُعدی سازه در محورهای y،x و z، برای نیروها و همچنین میان عملکرد زیبایی‌شناسانه طرح در کنار پایایی ساختار فرمی آن در قالب واحدی یکپارچه است*؛ که در ادامه برای پاسخ بدان و تطبیق عملکرد این موضوعات در قالب مجموعه‌ای متعامل، سؤالات دیگری نیز مطرح می‌گردد:

بهره‌گیری از ویژگی‌های یکپارچه‌ساز در معماری سنتی ایران، در طراحی معماری امروزی فرم‌های پیچیده و آزاد چگونه به پیشبرد معماری همساز کمک می‌کند؟

چگونه می‌توان به‌صورت همزمان رفتار پایای یک سامانه سازه‌ای را در هر سه محور x، y و z، در کنار بررسی پارامترهای مربوط به کیفیات معماری به‌سمت شرایط بهینه هدایت نمود؟

با جستاری در عناصر مشترک تعریف‌کننده عملکردهای مؤثر بر سازه و معماری، می‌توان دریافت که بهره‌گیری از نظم هندسی در ساختار اصلی شکل‌دهنده، به‌عنوان فرایند لازم اتحاد ارگانیک میان سازه و معماری، نمود اساسی دارد. این‌گونه به نظر می‌رسد که با شناخت این پارامترها می‌توان در مسیر حفظ روابط میان سازه و معماری، همواره رفتاری یکپارچه را نیز در برابر عوامل برهم‌زننده نظام ساختاری مجموعه مورد انتظار قرار داد. نکته نهفته در این بخش، چگونگی استفاده از این قیود، کنترل آن‌ها در تطبیق با نیازهای معماری امروز و همچنین توسعه‌پذیر نمودن آن‌ها برای ایجاد شرایط مشابه در ساختارهای پیچیده و فرم‌های آزاد کنونی است، با توجه به اینکه سازه‌های پوششی موجود تحت تأثیر اشکال قالب مثلث‌بندی و نظام خرپایی در سطوح هستند، عدم وجود قابلیت انعطاف در فرم پایه و همچنین یکنواختی تأثیر بصری این نوع از ساختارها خصوصاً در مورد سازه‌های فضاکار، به‌عنوان ضعف اینگونه سیستم‌های سازه معرفی می‌گردد. لذا بر اساس هویت گره‌های ایرانی در راستای زیبایی‌شناسی و حس فضا، ساختارهای برگرفته از هندسه اصلی گره، علاوه بر فراهم نمودن انعطاف بصری و دوری از یکنواختی فرم در ابعاد گسترده سازه، با ایجاد قابلیت انعطاف اعضا در دو بُعد x و y، موجبات کنترل مسیر بار و نیروی وارده را فراهم می‌کند. از سویی دیگر برای در تقابل قرار دادن تمامی عوامل یادشده، در این پژوهش روش الگوریتم ژنتیک، با تعریف متغیرها به‌عنوان ژن‌های مؤثر بر رفتار همساز سامانه، پیشنهاد می‌شود. پژوهش حاضر، در حقیقت به بررسی چگونگی برقراری این فرضیه و فرایند تأثیر آن بر مسیر طرح و ساخت می‌پردازد.

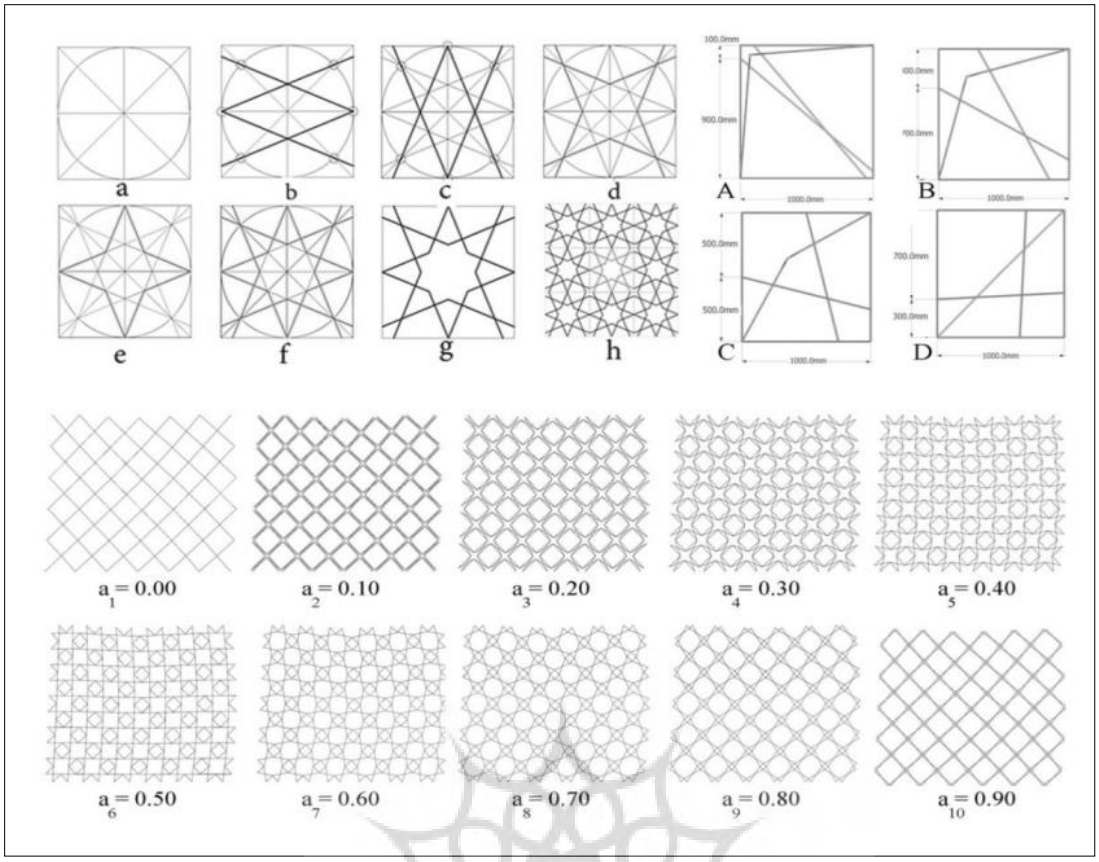
فرایند پژوهش

یکی از رویکردهای مطرح در سال‌های اخیر بررسی رفتار سازه‌ها با استفاده از عملیات بهینه‌سازی است. هدف اصلی از بهینه‌سازی فرم سازه‌ها در حقیقت یافتن ساختار هندسی متناسب برای رفتار یکپارچه سازه با حفظ روابط مشخص مربوط به پایایی آن است تا در تعامل با ویژگی‌های معماری رفتاری همساز را اختیار کند (Hassani, Tavakkoli, and Moghadam, 2011). در بیشتر مسائل موجود، چندین هدف باید به‌صورت همزمان پاسخ داده شوند تا شرایط بهینه در رفتار حاصل از مجموعه، پدید آید. یکپارچه‌سازی روند رفتاری عناصر می‌تواند برگرفته از همین نگرش باشد. برای پیشبرد مسائل همواره پارامترهای مؤثر در رفتار نمونه مورد مطالعه بررسی می‌شود و سپس با ثابت فرض کردن مجموعه‌ای خاص از پارامترها، تأثیر عوامل متغیر بر فرایند رفتاری سازه، تحلیل می‌گردد. در این حالت دست طراح برای بررسی گزینه‌های موجود حاصل از تطبیق چندجانبه بسته خواهد بود (Coello and Christiansen, 2000). باتوجه به تحقیقات انجام شده، اینگونه به‌نظر می‌رسد که الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی همساز با حفظ تأثیر چندین پارامتر می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر، فرایند تطبیق عملکرد میان سازه و معماری را پدید آورد. بنابراین با تکیه بر همین نکته، پژوهش جاری، نخست ساختار هندسی گره‌های ایرانی را به‌عنوان عناصری کارا از منظر معماری، در شکل‌گیری توسعه همگون مدولار برای اجزای سازه در نظر می‌گیرد. بر همین اساس، با توجه به شبکه معرف گره مورد بحث .در این پژوهش: گره "هشت چهار لنگه" .پرداخته، سپس با در نظر گرفتن هندسه پایه گره به‌عنوان واحد منعطف مدولار در تولید فرم، شبکهی پوشاننده سازه برای فرمی آزاد گزینش می‌گردد. چالش اصلی با معرفی پارامترهای مشخص و مؤثر در فرایند مورد نظر تعریف خواهد شد. از این رو، ساختار کنترل کننده هندسه گره، ابعاد و اندازه اجزای سازه، تنش موجود در عناصر سازه‌ای، جابه‌جایی حداکثر سازه بر اثر بار وزن و در نهایت جانمایی تکیه‌گاه‌ها، به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر ایجاد همسازی مجموعه، نسبتی را با حداقل تنش در اجزای سازه، فرم گره و همچنین جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها حفظ خواهند نمود. بنابراین باتوجه به استفاده از الگوریتم ژنتیک، پارامترهای مشخص شده به‌عنوان آشکارکننده ژن‌های[7] حاصل از فرایند تطبیق عملکرد عوامل، در جمعیتی[8] که به سمت تابع سازگاری[9] با هدف به حداقل‌رسانی تنش در اجزا در حرکت است، معرفی خواهند شد. از پس این همسازی میان هدف سازگاری و پارامترهای تعریف شده، بهینه‌ترین جانمایی تکیه‌گاه‌ها براساس ایجاد کارکرد توسعه‌یافته و توزیع‌دهنده نیروها توسط گره در محور x و y، گزینش می‌گردد. فرایند مزبور براساس شکل ۱-۱، به پیش خواهد رفت.

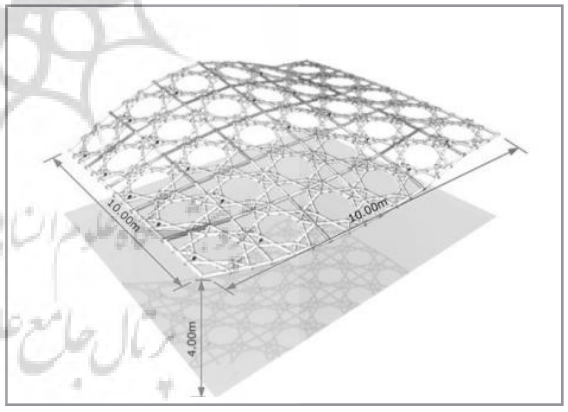
روش تحقیق

معرفی ساختار هندسی و مدول پایه

با تکیه بر معیارهای مشخص هندسی امکان دستیابی به طرح‌هایی که در آن نمایشی از درک طراح برای ایجاد ارتباط میان هندسه و سازه هست پدید می‌آید. نتیجه مثبت شمول معیارهای سازه‌ای در کدبندی هندسی صفحات، قادر ساختن کاربر برای درک عملکرد ارتباطی این معیارها به سمت ویژگی و یا مسئله‌ای خاص خواهد بود، به‌عنوان مثال صفحات تاشده همواره از صفحات



شکل ۲-۱: روند بهره‌گیری از مدول مولد فرم از ساختار پایه گره برای تولید شبکه اجزای سازه در بخش پوشاننده مدل/ به ترتیب از a تا h، مراحل ترسیم گره هشت چهارلنگه و پس از تعریف پارامترهای مشخص (نمونه‌های A-D)، براساس تغییر متغیر فاصله‌ی مؤثر گره، ai ها در بازه i=۱ تا i=۱۰، نیز معرفی گردید/ منبع: مؤلفین و (Broug, 2008)



شکل ۲-۲: جزئیات ابعاد مد نظر قرار گرفته و مدل فرضی با اعمال فرم آزاد به طرح برگرفته از منحنی‌های پایه در نرم افزار Rhinoceros/ منبع: مؤلفین

معمولی سخت‌ترند (HEMBERG, O'Reilly, and 2004, O'Reilly). در این پژوهش، ویژگی اشاره شده، در حقیقت، همان یکپارچگی عملکرد اجزای سازه در شبکه گره‌هاست. به این ترتیب، ساختار گره‌های ایرانی با حفظ کارکرد درونی میان اجزا در محورهای x و y، توسعه‌پذیری رفتار سازه‌ای خویش را با توجه به پارامترهای مدول واحد در تشکیل ساختار گره، به‌عنوان سامانه‌ای مولد در تولید فرم نمایه می‌سازند. سامانه‌های مولد به دو دسته «زیستی» و یا «وابسته به زبان گویا» - به عبارتی، ساختار طبیعی و خوانا - تقسیم می‌شوند. خوانایی هندسی برگرفته از تأثیر ترکیبی قواعد مؤثر و براساس ساختار شکل‌گیری طرح معرفی می‌شود (DİNO 2012). با استناد به اینکه مسئله بهره‌گیری از ویژگی‌های هندسی جاری در ساختار نظام‌مند گره‌ها، چنین رفتاری را موجب می‌گردد، لذا روند گزینش ساختار پوشاننده سازه در مسیری از کنترل پارامترهای مؤثر بر تشکیل فرم معرفی شد. از این رو، مدول گره به‌عنوان واحد مولد، در نرم‌افزار گرس‌هاپر[۱۰]، کدبندی گردید و منتج از الگوریتم ایجاد شده، ساختارهای اشاره شده در شکل ۲-۱ پدید آمد.

تولید فرم و سامانه سازه‌ای

براساس آنچه که تا مرحله تولید فرم مطرح شد، مبنای پژوهش با فرض سامانه سازه‌ای، پوشاننده فضایی در ابعاد ۱۰ متر در ۱۰ متر در نظر گرفته شد. اطلاعات فرایند فرم‌دهی مولد به منظور ایجاد ساختار اصلی سامانه، در ۴ بخش تشکیل گردید:

۱- شرایط و پارامترهای آغازین به‌عنوان داده‌های ورودی،

جزئیات مشخص اجزای سازه		
فرم هندسی و ابعاد پروفیل	پروفیل مستطیل	ight = 8cm ikness = 8cm
جنس مصالح	جهت افزایش سرعت محاسبات به صورت پیش فرض در نظر گرفته شد	
بار وارده	تنها بار خود سازه در راستای محور z، نظر گرفته شد	
تعداد تکیه‌گاه‌ها	در گروه‌هایی با ۵ عضو به صورت تصادفی از مجموعه تمامی نقاط اصلی مدل هندسی	= Ty = Tz = 1 = Ry = 0, Rz = 1

* در خصوص تکیه‌گاه‌ها، عدد ۱ به منزله‌ی فعال بودن و عدد صفر به منظور عدم فعال بودن تکیه‌گاه در شرایط چرخش و نتقال روی محورهای x، y و یا z می‌باشد.

جدول ۲-۱: مشخصات اعمال شده به عنوان پارامترهای آنالوگ جهت فرایند تحلیل سازه

۲- مکانیزم مولد به‌عنوان قواعد،

۳- عملکرد نمونه‌های متنوع تولید شده به‌عنوان خروجی،

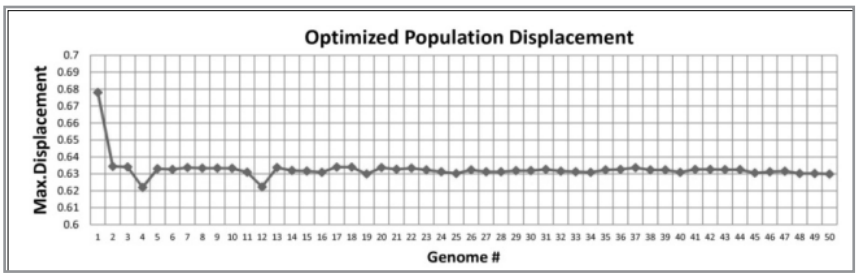
۴- گزینش بهترین حالات ممکن. به همین منظور ساختار هندسی مدل شده با این فرض، در جهت کشف فرم بهینه گره منتج از تغییر ساختار هندسی مدول پایه، به‌عنوان سازه مورد تحلیل، با حفظ پایایی در راستای به‌حداقل رسانیدن تنش در اجزای سازه آماده گردید. با توجه به شکل ۲-۲، ارتفاع مدنظر قرار گرفته برای مدل نیز ۴ متر در نظر گرفته شد. در طراحی پارامتریک کارا، دگردیسی در تنوع فضایی در ارتباط پیشرو با ترکیب تأثیرپذیر متغیرهاست، و هماهنگی و همگرایی این متغیرها به‌سمت هدف مشخص، نقش خود را در بنیان عملکرد بهینه می‌یابد. جهت فرایندِ طراحیِ عملکردیِ یکپارچه، معیارهای مؤثر بر مسئله از نظام تفکری چند وجهی، توافق مشترک عوامل برای هدایت عملکردی پارامترها تشکیل می‌شود. در همین راستا برای ایجاد این توافق مشترک، دو مسئله اساسی مطرح شد:

۱ - پارامتربندی متناسب برای طرح در راستای ایجاد قابلیت تحلیل عملکرد،

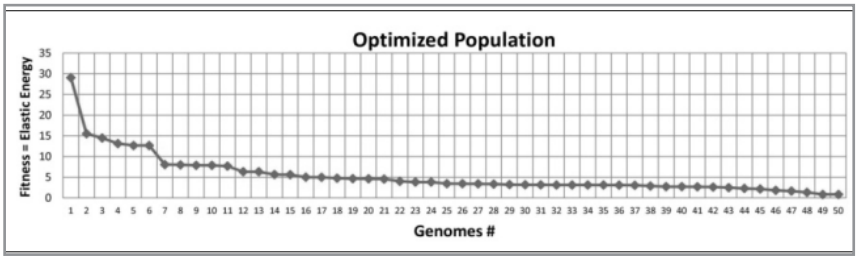
۲ - ساختارمندی اسکیما[11] یا کدبندی پارامترها برای امکان ایجاد دگرگونی در مسیر کنکاش حول مدل یا طرح نمونه.

بر همین اساس، طراح نیازمند تعریف صحیحی از کدبندی متغیرها و عملکردنگاری آن برای کاوش است. پارامترهای مؤثر بر میزان تنش در اجزاء علاوه بر مسیر تولید فرم در رویه تعریف مصالح، ابعاد پروفیل‌ها و همچنین بارهای وارده نیز معرفی می‌گردند. به گفته آکین[12]، معماری دامنه‌ای اشباع از مسائل برای هدایت دو جریان متمایز آنالوگ[13] و سیمبولیک[14] در طراحی است. آنالوگ مربوط به طراحی مدل‌های واقعی و مجازی در راستای کشف عملکرد بافت، ترکیب‌بندی، تناسب و قابلیت ساخت است. سیمبولیک به بخش‌های مرتبط با فیزیک و ریاضی معرف تعاریفی چون میزان و کیفیت نور، جریان انتقال حرارت و توزیع صدا باز می‌گردد. یک سامانه پارامتریک می‌تواند ابزاری جهت کنترل هر دو نوع در این بخش‌ها باشد که نمایش فرایند شکل‌گیری فرم و همچنین نحوه عملکرد حاصل از فرم انتخابی براساس پارامترها و الگوریتم مربوطه را می‌توان در این مسیر مثال زد (NO D 2012). بنابراین، جهت پیشبرد مسیر پژوهش و برای ایجاد شرایط ثابت با فرض عدم تغییر چنین پارامترهایی که به‌عنوانی جزو متغیرهای سمبولیک به حساب می‌آیند، دسته حاضر به‌صورت استاتیک و ثابت در نظر گرفته شد (جدول ۲-۱).

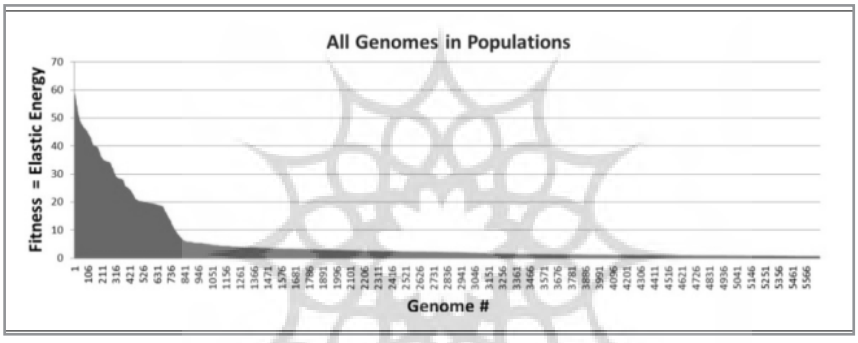
براساس روندی مشخص برگرفته از رفتار مد نظر، تکیه گاه‌ها تجهیز می‌گردند تا از انحراف و به‌هم ریختگی رفتار اجزای سازه جلوگیری نمایند (Wang, 2004) . بررسی محل مناسب تکیه‌گاه‌ها در کاهش تغییر شکل سازه برای طراحی سازه‌های متحمل وزن خویش مسئله مهمی به شمار می‌رود (Jang, Shim, and Kim, 2009). از این رو، نحوه رفتار تکیه‌گاه‌ها در برابر بارها و همچنین جانمایی آن‌ها نکته بسیار مهمی است که از جهات مختلفی نظیر پایایی سازه در برابر بارهای وارده و همچنین حفظ یکپارچگی عملکرد سازه قابل بحث است. لذا به‌منظور کارکرد ساختار هندسی فرم گزینش شده برگرفته از گره مزبور، در راستای محور z، با استناد به الگوریتم مولد فرم، عملیات تحلیل انجام پذیرفت. همچنین در تعریف عملکرد تکیه‌گاه‌ها نیز، براساس آنچه که دوگانگی چرخش



نمودار ۳-۳: روند تغییرات جابه جایی حداکثری اجزای تشکیل دهنده‌ی سازه در جمعیت بهینه



نمودار ۳-۳ نمودار معرف روند تغییرات تنش در اجزای سازه، برای جمعیت بهینه شده با ۵۰ حالت ممکن نهایی



نمودار ۳-۳ تمامی حالات ایجاد شده براساس ژن های پدید آمده از پارامترهای تعریف شده، ۱۳۴ جمعیت ۵۰

و جابه‌جایی برای ساختار رفتاری همه تکیه‌گاه‌ها معرفی می‌شود، بنابراین در این پژوهش عملکرد هر تکیه‌گاه براساس جدول ۲-۱ مشخص گردید.

تحلیل سازه به روش الگوریتم ژنتیک

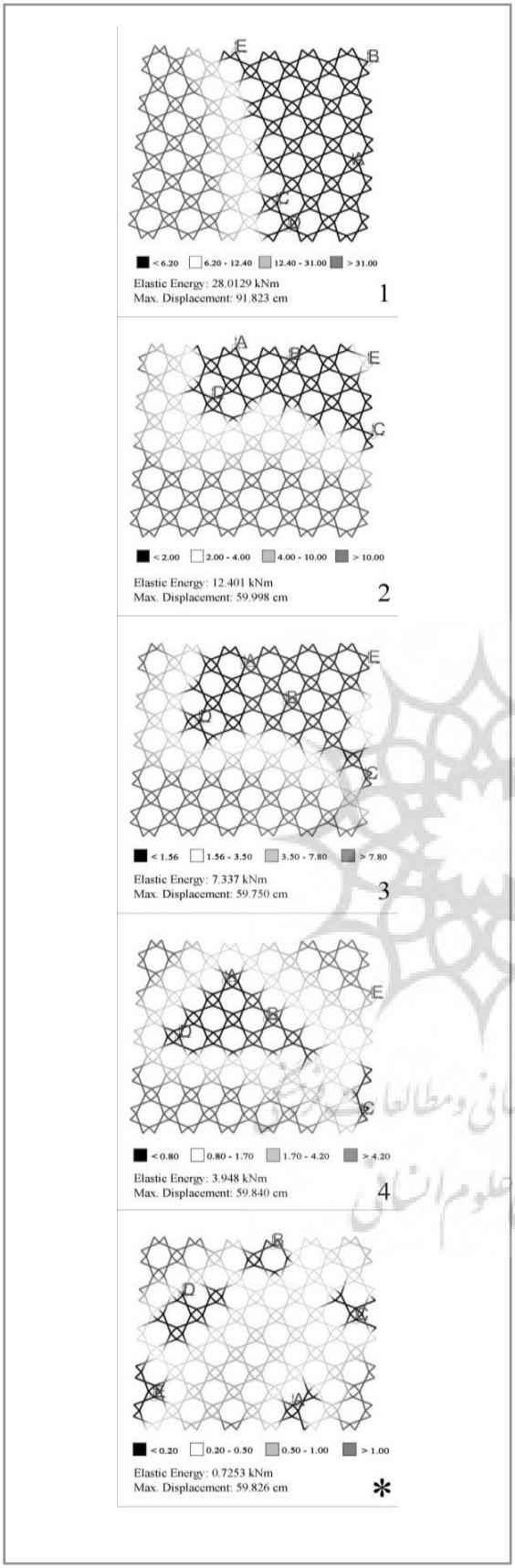
تعریف پارامترهای مؤثر و تابع سازگاری

الگوریتم‌های ژنتیک به‌دلیل سرعت در بررسی حالت‌های ممکن و همچنین تعادل قابل دسترسی بین تأثیر و کارایی در تحلیل مسئله، به‌سرعت رو به استفاده همه‌جانبه هستند. در تعیین مواردی که همواره به سمت بهینه‌یابی و یا تأثیر تکاملی چندین مجموعه پارامتر بر هم مورد بحث است، الگوریتم‌های ژنتیک راهگشای بررسی ایتعاملات هستند. امروزه از ساختار الگوریتم ژنتیک در جانمایی دسترسی‌های فضاهای شهری، حوزه طراحی شهری، بهینه‌یابی جانمایی عناصر سازه‌ای در طراحی سازه‌های خاص، بررسی جانمایی فضاهای معماری و کنترل روابط فضایی بهینه در معماری و مثال‌های متعدد حوزه‌های دیگر استفاده می‌گردد که تجمیع این مسائل با مجموعه عوامل مؤثری همچون انرژی و نیروهای محیطی مسیر دستیابی به تصمیمات کارآمدتر را ممکن ساخته است. در این پژوهش نیز، فرایند بهینه‌سازی سازه، مدل‌سازی هندسی، تحلیل و آنالیز رفتار سامانه و همچنین عملیات شبیه‌سازی، به‌صورت یکپارچه، توسط همین روش کنترل می‌گردد. الگوریتم‌های ژنتیک براساس نظریه "بقای اصلح‌تر" داروین و درهم‌تنیدگی با ساختارمندی تبادل اطلاعات، عمل می‌کنند(Krishnapillai and Jones, 2009). ابزار الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی رفتار سازه در صنعت مهندسی توسط گلدبرگ[۱۵] معرفی شد (جهت مطالعه بیشتر مراجعه شود به مراجع (Goldberg and Holland ۱۹۸۸; Goldberg, Korb, and Deb ۱۹۸۹; Horn, Nafpliotis, and Goldberg ۱۹۹۴; Horn, Nafpliotis, and Goldberg ۱۹۹۳).

در ادامه مسیرِ تحقیقاتِ وی، گالانته[۱۶] از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی سازه‌های با عملکرد سطحی و خرپاها

استفاده کرد (Galante,۱۹۹۶). آنیچیاریکو[۱۷] و سرولازا[۱۸] نیز با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک به کاهش تنش در سازه‌های دو و سه بُعدی پرداختند (جهت مطالعه بیشتر مراجعه شود به مراجع (W Annicchiarico and William Annicchiarico;2001,1999,1998 Cerrolaza Cerrolaza, Annicchiarico, and ;2004 and Cerrolaza (2000 Martinez

در این پژوهش تعریف پارامترهای مؤثر بر ایجاد ژن‌ها، براساس هماهنگی اشاره شده میان متغیرهای آنالوگ و سمبولیک صورت پذیرفت. از این رو، توابع متعین کننده ژن‌ها به ترتیب، کنترل کننده‌های ساختار هندسی مدول پایه در گره –aiها در توضیحات شکل ۲-۱، سامانه گزینش گروه‌های ۵ عضوی جانمایی تصادفی تکیه‌گاه‌ها در محور xو محورy، قرار گرفت. همچنین تابع سازگاری نیز برای انرژی ذخیره شده[۱۹] به‌عنوان تنش در اجزای سازه تعریف شد. در مراحل ابتدایی جمعیت حاضر از ژن‌ها بصورت ناهمگون[۲۰]، قرار دارند و ژن‌ها ـ مجموعه‌ای متعامل از تکیه‌گاه‌های جانمایی شده در مسیر کاهش انرژی ذخیره شده در اجزای سازه .به‌صورت اتفاقی گزینش می‌گردند. انتخاب ژن‌ها براساس تطبیق آن‌ها با سازگاری مورد نظر به‌صورت عملیات تولید مجدد برگزیده‌ها ادامه می‌یابد (نمونه‌هایی از جانمایی تکیه‌گاهی با کمترین جابجایی اجزای سازه‌ای). همواره ژن‌های با تطبیق بیشتر با تابع سازگاری احتمال گزینش بیشتری خواهند داشت. سپس مرحله بررسی جهش[۲۱] و همگذری متقاطع[۲۲] نیز به‌کار گرفته می‌شود تا براین اساس ژن‌های دارای بیشترین تطابق با سازگاری در جمعیت جدیدی معرفی گردند (در همگذری متقاطع احتمال مسیرهای کاهش جابه‌جایی اجزا به تبع جانمایی تکیه‌گاه‌ها به‌صورت رفت و برگشتی با در نظر گرفتن جانمایی بهینه و کاهش انرژی ذخیره شده متعاقب و همچنین کاهش انرژی ذخیره شده و جانمایی بهینه اتفاق می‌افتد، همچنین در جهش ژن‌ها نیز عملاً در صورتی‌که از مجموعه ۵۰ تایی اول گزینه‌ای همخوان با مجموعه‌های بعدی هماهنگی بهینه‌ای را برقرار کند، بررسی خواهد شد). نتایج حاصل از نسل‌های جدید در این مجموعه مجددا برای جمعیت بهینه مورد تحلیل قرار می‌گیرند. این فرایند تا جایی ادامه می‌یابد که بهبود وضعیت ژن‌ها در تطبیق با سازگاری به‌سمت همسانی[۲۳]، پیش رود. کدبندی جمعیت گزینش شده ادامه یافته تا مجموعه پاسخ همساز با سازگاری کوچک و کوچکتر گردد و به حداکثر هماهنگی میان ژن‌ها و تابع سازگاری رسد. از پس فرایندی این چنین، جریان تطبیقی الگوریتم ژنتیک با استفاده از افزونه گالاپاگوس[۲۴]، ۱۳۴ جمعیت ۵۰ تایی



شکل ۳-۱: نمونه‌های ژن‌های ۱-۵۰ در نسل بهینه‌ی حاصل، با فواصل ۱۰ گامی، به ترتیب از ۱-۴، و پاسخ نهایی الگوریتم ژنتیک به‌عنوان بهینه‌ترین حالت در تصویر

از ژن‌های معرف حالات مختلف بررسی شد. در هریک از حالات ممکن با توجه به مسیر حرکت الگوریتم نسبت به ایجاد جمعیتی با تنش کمتر در اعضای سازه‌ای، میزان انرژی ذخیره شده در عناصر سازه، که به‌عنوان عامل سازگاری پارامترهای معرفی شده مد نظر بود، به سمت کمترین مقدار خود پیش رفت (نمودار 3-3). همچنین با توجه به نتیجه تنش حاصل از بار وارده بر سازه منجر به جابه‌جایی اجزای سازه‌ای مجموعه پوشانه، طبق نمودار ۳-۳، در تطبیق با کاهش تنش موجود، ثبات مشخصی از جابه‌جایی برای سازه تعریف گرید.

بررسی تحلیلی عملکرد نسل بهینه روی رفتار سازه

جهت بهینه‌سازی نسبت اندازه به هندسه در سازه‌ها با گونه‌ای ثابت، بهینه‌سازی همزمان مقطع سازه و هندسه سازه ضرورت می‌یابد. روش بررسی انرژی ذخیره شده در عناصر سازه یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در تحلیل سازه‌های خطی و غیرخطی است (Rahami, Kaveh, and Gholipour, 2008). با استناد به نتایج حاصل از بررسی نمودار ۳-۳، نمودار ۳-۳ و نمودار ۳-۳، نسل بهینه ژن‌ها مبتنی بر جانمایی تکیه‌گاه‌ها با حفظ حداقل تنش در اجزای سازه، مشخص گردید. لذا در این مرحله با توجه به مسیر تطبیق ژن‌ها، مشخص گردید که فاصله مؤثر مدول پایه گره (مشخص شده در شکل ۲-۱)، به سمت ۰/۷۰ میل دارد. بر همین اساس طبق شکل ۳-۱، چهار حالت مختلف از نسل بهینه با شماره‌های ۱ الی ۴ مشخص گردید و همچنین بهینه‌ترین حالت نیز در همین شکل با عنوان * مشخص شد. با توجه به شکل ۳-۱/۱، و همچنین نحوه چیدمان تکیه‌گاه‌ها در این شکل، EE= ۲۸,۰۱۲۹kNm و MD= ۹۱,۸۲۳cm، محاسبه شده است (EE= Elastic Energy و MD= Max Displacement به ترتیب مشخص کننده تنش ذخیره شده در اعضای سازه و حداکثر جابه‌جایی سازه می‌باشند). در ادامه نیز در شکل ۳-۲/۱، این رویه با کاهش تنش معادل EE= ۱۲,۴۰۱kNm و MD= ۵۹,۹۹۸cm، همراه بوده است. در حقیقت نمایش رفتاری اینچنین، تمایل تابع سازگاری را به سمت کاهش تنش ذخیره شده در اعضای سازه در حین کاهش میزان جابه‌جایی متعاقب از آن نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۳-۳/۱ نیز این روند به ترتیبی EE= ۷,۳۳۷kNm و MD= ۵۹,۷۵۰cm، برقرار شد. در این بخش با حرکت از ژن ابتدایی در نسل بهینه، روندی به‌سمت تغییرات حداقل و تمایل به سمت پاسخ نهایی به‌عنوان ژنِ برتر مشاهده می‌گردد. بر همین اساس در شکل ۳-۴/۱، EE= ۳,۹۴۸kNm و به تبع آن MD= ۵۹,۸۴۰cm، مشخص گردیده است. در نهایت در شکل ۳-۱/*، ژن برتر به‌عنوان پاسخ نهایی برای جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها در سامانه مورد بحث با EE= ۰,۷۲۵۳kNm و MD= ۵۹,۸۲۶cm، معرفی شد. در ژن برتر همچنین تفاوت مشخص نسبت به نخستین ژن همین جمعیت کاملاً روشن است. لذا می‌توان این‌گونه براورد نمود که فرایند حل مسئله در ساماندهی بهینه‌سازی مد نظر در خصوص جانمایی تکیه‌گاه‌ها، با حفظ کارکرد پارامترهای مشخص شده در بخش ۲-۲- تولید فرم و سامانه سازه‌ای، به‌سمت تابع سازگاری پیش رفته و این روند تا جایی که در حقیقت تغییرات به کمترین میزان خود می‌رسد ادامه می‌یابد.

طراحی سازه‌ای به‌طور معمول بسیار مقید به تنش‌های جاری، جابه‌جایی سازه و اجزا، هندسه و جنبه‌های دیگری از رفتار سازه است. توجه کاربردی یکپارچه به تمامی این جنبه‌ها به نظر مشکل‌ترین بخش عملیات بهینه‌سازی است (Engineering and Jenkins, 1997). به همین منظور استفاده از روش مد نظر در این پژوهش در حقیقت پاسخی به مسئله همگرایی میان معماری و سازه با حفظ ثبات پارامترهای سمبولیک و نقش‌پذیری پارامترهای آنالوگ به پیش رفت. همچنین با اسناد به شکل ۳-۱، می‌توان دریافت که محدوده‌بندی شرایط جابه‌جایی نیز در بازه‌های مشخص شده با طیف رنگی، نشان از کاهش فواصل میان بازه‌ها و همچنین اختلاف کمتر میان حداقل و حداکثر جابه‌جایی سازه (به‌ترتیب با رنگ‌های زرد و سبز)، نیز دارد.

بررسی تأثیر گزینش جانمایی تکیه‌گاه‌ها روی سازه در مقابل میزان به‌هم ریختگی فرمی به‌عنوان واحدی پوشاننده از اهمیت بسیاری برخوردار است. فرم‌های آزاد در معماری مجموعه‌ای از چالش‌های مهندسی و ایده‌های وسیعی را به‌همراه دارند. به‌طور قطع میان فرایند طراحی، شکل‌گیری فرم‌های اینچنین، جزئیات اجرا و البته رفتار آن‌ها در برابر عوامل اثرگذار بر بهم‌ریختگی سازه، مسائل پیچیده‌ای پدید می‌آید. (Pottmann et al, 2007). بر همین اساس و با توجه به گزینش شکل ۳-۱/*، به‌عنوان پاسخ نهایی الگوریتم ژنتیک، روند رفتاری سازه در شرایط مختلف نیز بنابر رفتار قابل پیش‌بینی به‌سبب اعمال بار نیز اهمیت می‌یابد. از این رو، تقابل سازه در برابر اعمال ضریب به بار موجود به‌عنوان تابع تغییر شکل سازه در شکل ۳-۲، مطرح می‌گردد. با توجه به‌تصویر فوق، شکل ۳-۲/*، به‌عنوان تغییر شکل استاندارد از پس تجمیع بار وارده با ضریب ۱، شکل ۳-۱/۲، نمایش تغییر شکل و بهم ریختگی فرمی براساس بار وارده با ضریب

۲۰، شکل ۳-۲/۲، همچنین به همین شکل بار وارده با ضریب ۴۰، شکل ۳-۳/۲، ضریب بار ۶۰ و در نهایت در شکل ۳-۴/۲، بار با ضریب ۱۰۰، نمایش داده شده است.

عملکرد تکیه‌گاه‌ها براساس جانمایی بهینه

با در نظر گرفتن مدل نهایی از پس فرایند تطبیقی الگوریتم ژنتیک، درج شده در شکل ۳-۱/*، گزینش تکیه‌گاه‌ها صورت پذیرفت. نحوه عملکرد تکیه‌گاه‌ها بنابر توضیحات جدول ۲-۱، در حالات انتقالی برای هر سه محور x، y و z، فعال فرض شد. برگرفته از اطلاعات همین جدول، عملکرد دورانی (چرخشی)، تکیه‌گاه‌ها نیز برای چرخش در راستای x و y، آزاد بوده تا تکیه‌گاه قابلیت هماهنگی با جابجایی اجزای تشکیل‌دهنده سازه را داشته و چرخش در جهت محور z، توسط تکیه‌گاه مهار شده است. لذا بدین ترتیب Tx، Ty و Tz برای حرکت انتقالی تکیه‌گاه‌ها فعال در نظر گرفته شد. همچنین برای حرکت چرخشی تکیه‌گاه‌ها نیز، Rx و Ry بدون واکنش تکیه‌گاهی اما Rz فعال در نظر گرفته شد. بنابراین با توضیح اینکه نمایش میزان جابه‌جایی اجزای سازه در شکل ۳-۱، به‌صورت پلان در نظر گرفته شد و همچنین در همین شکل ، محل تکیه‌گاه‌ها نیز مشخص گردید، به همین منظور، عملکرد تکیه‌گاه‌ها در ژن‌های مشخص شده طبق شکل ۳-۱، در مورد واکنش نسبت به Rz به‌صورت مجموع هر ۵ تکیه‌گاه در نمودار ۳-۴ نمایش داده شد. طبق نمودار مزبور، مجموع واکنش تکیه‌گاه‌ها در حالت شکل ۳-۱/۱ برابر با ۲۵۹,۷kN، برای شکل ۳-۲/۱، با کاهشی به‌سبب تمایل الگوریتم به‌سمت حداقل تنش در اجزای سازه‌ای معادل ۷۳,۵۵kN براورد شد. به‌همین ترتیب واکنش تکیه‌گاهی برای ژن سوم در شکل ۳-۳/۱، معادل ۸۱,۳۷kN، و همچنین برای ژن چهارم در شکل ۳-۴/۱، مقداری برابر با ۳۴,۹۴kN، تعریف گردید. در حالت بهینه نهایی نیز برای شکل ۳-۱/*، روند واکنش مجموع تکیه‌گاه‌ها در عملکرد چرخشی راستای محور z، به حداقل مقدار خود رسیده و برابر با ۱۹,۹۸kN، مشخص گشت. لذا بر همین اساس، تابع سازگاری شرایط مشخص پارامترهای جاری را به‌گونه‌ای متمایل به‌سمت ایجاد حداقل تنش در اجزای سازه ساماندهی نمود.

بررسی تطبیقی رفتار مدل بهینه و نمونه منتظم

با استناد به‌مراحل طی شده، نمونه بهینه پس از محاسبات مشخص در بند ۳-، به‌عنوان مدل کنترل شده از منظر جانمایی تکیه‌گاهی گزینش شد. از سوی دیگر با توجه به اینکه روش معمول در جانمایی تکیه‌گاه‌ها، استفاده از سیستم‌های منتظم است، لذا مدل دیگری نیز بر مبنای تعیین و تحلیل عملکرد منتظم تعریف گردید. جزئیات مشخص جهت تحلیل رفتار سازه‌ای در هر مدل نیز طبق جدول ۳-۱، در نرم‌افزار ETABS، به‌نمونه‌ها اعمال شد. نتیجه تحلیل رفتاری در هر دو نمونه کنترل‌شده و منتظم براساس شکل ۳-۳ مشخص گردید. با استناد به همین شکل می‌توان مشاهده نمود که نمونه کنترل‌شده براساس جدول ۳-۱، و تطبیق a_i با $Press_i$، به سمت کاهش فشار وارده بر سطح خاک گزینش شده است. از این رو، می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که براساس جانمایی برگرفته از مدل بهینه، عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها به‌دلیل توزیع مناسب نیروهای وارده بر سازه و همچنین کاهش تنش در اجزا، همواره کاهش یافته است. در نتیجه ضخامت و ارتفاع پی در نمونه کنترل شده به‌مراتب کمتر از نمونه منتظم خواهد بود. آنچه که از پس بررسی‌ها در این بخش به‌عنوان برآیند معرفی می‌گردد، ویژگی‌های استفاده از روش الگوریتم ژنتیک است که مستند از همین نوشتار می‌توان سطح طراحی به‌سمت ساخت را در مسیری کوتاه‌تر و با حفظ شرایط بهینه به پیش برد. در روش‌های پیشین، نوع تکثیر یکپارچه خرپاهای مثلثی به‌عنوان ایجاد کننده هماهنگی قلمداد می‌شود، این در حالیست که تحت روش جاری، با وجود اینکه شرایط توزیع بار به‌صورت مشابه مطرح می‌گردد، اما ساختار مورد بحث، از پس تعریف انعطاف در عملکرد سازه، شرایط توزیع بار را در کنار زیبایی بصری، ایجاد حس فضای معمارانه و همچنین تطبیق کارکرد اجزا در راستای مجموعه‌ای با عملکرد یکپارچه حفظ می‌نماید. لذا با استناد به رفتار متعاقب از هندسه گره، می‌توان بازخوردی هماهنگ را از مجموعه سازه انتظار داشت. مسئله اساسی در ایجاد چنین رویکردی در حقیقت، کارکرد سه‌بُعدی اعضای گره در مسیر توزیع در محورهای x و y، و انتقال بار به‌ستون‌ها در محور z است. در سازه‌های پوششی مشابه، جانمایی ستون‌ها براساس تراکم اجزا در ساختار پوشاننده و همچنین تناسب طول دهانه‌ها با رفتار متعادل سازه انجام می‌پذیرد. لذا جهت بررسی یکپارچه رفتار سازه، وجود روشی برای همگرا نمودن پارامترهای مؤثر الزامی است. پس از استفاده از روش الگوریتم ژنتیک که عملاً می‌توان شرایط را برای تمامی ستون‌ها و با توجه به ایجاد کمترین تنش در اعضای سازه بررسی کرد، مواردی اینچنین به‌عنوان ویژگی در این روش حاصل گردید:

- بررسی یکپارچه کارکرد اعضا در سه محور x، y و z، به‌عنوان واحدهایی هماهنگ در مسیر تنش حداقل،

- بررسی اکثریت حالت‌های ممکن برای دستیابی به حالتی بهینه در صرف مصالح با حفظ مقاومت بهینه،

- تطبیق همزمان رفتار متعاقب اعضای سازه برگرفته از تغییرات فرم هندسه در گره و تطبیق با جانمایی ستون‌ها،

- با توجه به این روش، کنترل و هدایت بار در سطحی دو بعدی توسط هندسه گره، به‌صورت سه بُعدی در ترکیب مسیر انتقال از صفحه XY به محور Z (از سطح گره به ستون‌ها) نیز صورت می‌پذیرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با هدف یکپارچه‌سازی عملکرد سازه و معماری، پارامترهای مؤثر برای تعریف چنین شرایطی در کارکرد با یکدیگر قرار گرفت و جریانِ نظمِ مورد نظر، در هر سه محور x ،y و z، مورد مطالعه واقع گردید. لذا بدین منظور نمونه موردی با فرم آزاد طبق شکل ۲-۲، گزینش گردید. جهت حفظ کیفیات معماری از منظر زیبایی‌شناسی و اهمیت تناسبات هندسی، مدول پایه برای شکل‌گیری شبکه اجزای سازه از نمونه گره هشت چهارلنگه جهت بررسی تعریف شد (شکل 2-1). با در نظر گرفتن هندسه مولد حاصل از a_iها در توضیحات شکل ۲-۱، پارامترهای مشخص برای انتخاب فرم بهینه با در نظرگرفتن شرایط حداقل تنش در اعضا را معرفی نمود. در راستای ایجاد کارکرد در سه بُعد، جریان توزیع نیرو در محور x و y، با نیاز به عملکردِ مبنی بر انتقالِ بار به محور z، ادامه یافت. همچنین در این مسیر، مسئله اساسی پژوهش نیز بر اساس جانمایی بهینه تکیه‌گاه‌ها در راستای انتقال نیروها از محورهای افقی به محور عمودی، مطرح گردید. لذا با توجه به تعریف پارامترهای تعیین‌کننده فرم، ساختار هندسی گره و انتخاب محل تکیه‌گاه‌ها، تابع سازگاری به‌عنوان حد مطلوب به‌سمت ایجاد حداقل تنش در اجزای سازه تعریف گردید. روند پیشنهادی جهت فرایند تطبیقی الگوریتم ژنتیک، برای ۱۳۴ نسل، هریک دارای ۵۰ ژن (در این مجموعه، ژن‌ها نمایانگر حالات قرارگیری تکیه‌گاه‌ها و به‌تبع آن فرم هندسی مشخص در هر حالت می‌باشند)، بررسی شد. گزینش نسل بهینه براساس سه عملگر "گزینش تصادفی"، "همگذری متقاطع" و "جهش"، انجام و نسل برتر با توجه به شکل ۳-۱، برای مرحله بعدی پژوهش شناخته شد. نتایج حاصل از بررسی رفتار متعاقب از شکل ۳-۱/ *، به‌عنوان گزینه بهینه در جانمایی تکیه‌گاه‌ها برگرفته از جریان کارکردی میان تمامی پارامترهای معرفی شده، بیان داشت که الگوریتم ژنتیک در ایجاد یکپارچگی میان پارامترها به‌عنوان رویکردی مناسب قابل تکیه است. بدین ترتیب با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که، عوامل زیبایی شناسانه موجود در مدول پایه گره، به‌عنوان تناسبات کارا، در حفظ پایایی سازه و نیز در ایجاد کیفیات معماری نقش می‌پذیرد. از این رو، روش مزبور در مسیر به حداقل‌رسانی تنش در اعضای سازه، صرف مصالح برای برقراری پایداری مجموعه و همچنین، کارکرد هماهنگ در هر سه بُعد x ،y و z، معرف رویه‌ای همگون میان اجزاست. لذا در صورت استفاده از روش فوق برای جانمایی ستون‌ها، طراح می‌تواند با توجه به همین مکانیابی دست به‌طراحی فرم‌های پیچیده‌تری در همه بخش‌ها زده و در عین حال به‌صورت همزمان حالتی بهینه را برای کاهش مصرف مصالح و البته تنشِ ایجاد شونده در اعضا پیشنهاد دهد. همچنین نتایج حاصل نشان داد که این جانمایی بهینه که در راستای تجمیع چندین عامل تعریف گردید، میتواند با اعمال محدودکننده‌های منطبق با طرح معماری، تعامل میان معماری و سازه را به‌صورت محدود میان مجموعه عوامل مؤثر و تأثیرپذیر تعریف شونده در الگوریتم، پیاده‌سازی کند. بررسی این مسیر در بخش‌های مختلفی که میان معماری و سازه می‌تواند ارتباط مشترک و البته همساز برقرار کند، نیازمند پژوهش‌های آتی خواهد بود. پیشنهاد می‌گردد جهت پیشبرد نگاه چند بُعدی به مسئله در راستای همسازی پارامتریک برای ایجاد کیفیات کامل‌تر در یک طرح، چالش‌های اینچنین از جوانب مختلف بررسی گردد.

قدردانی

در این پژوهش مجموعه عوامل مؤثر از منظر سازه‌های خطی به‌عنوان پارامترهای اساسی سازه پیشنهادی مطرح شد. تحلیل‌های مربوط به انتخاب گزینه برتر از مجموعه ژن‌های تعریف شده توسط افزونه کارامبا (نگارش شده برای محیط ابزار کدنویسی گرس‌هاپر) انجام پذیرفت. لذا مؤلفین در اینجا مراتب تشکر و قدردانی خویش را از تیم نرم افزاری کارامبا[۲۵] در موسسه سازه دانشگاه وین اتریش، جهت در اختیار گذاردن این افزونه به‌منظور انجام این تحقیق اعلام می‌دارند.

منابع و مراجع

۱. الگوریتم، مجموعه‌ای محدود از دستورالعمل‌هایی جهت تکمیل فرایندی خاص برای هدفی معلوم در محدوده‌ای از مراحل یا گام‌های مشخص است (DiNO 2012).

2. John Frazer

3. *An Evolutionary Architecture,* Architectural Association Publications, Themes VII, copyright John Frazer and the Architectural Association 1995.

۴. منظور از ساختار خودساز مدل مطالعاتی، مدلی است که بنابر کارکرد فضا هندسه ساختاری خود را در تطبیق با همان عملکرد تغییر می‌دهد.

۵. Non-Steady State: در بررسی و شبیه‌سازی شرایط با توجه به اینکه پارامترهای گسترده‌ای بر مطالعات اثر می‌گذارند، بنابر این پیشنهاد می‌شود که حداکثر این عوامل در رفتار نمونه مورد بررسی مد نظر قرار گیرند به این حالت اصطلاحاً رویه ناپایدار یا همان Non-Steady State گفته می‌شود.

۶. Computer-Aided Design: طراحی به کمک ابزار تکمیل کننده سیستم‌های رایانه‌ای.

۷. Genome: ژن‌های مشخص شده به‌عنوان حالت‌های مختلف معرف روابط ساختاری هندسی گره هستند که بنابر تعریف ژن، ویژگی‌های یک مدول را مشخص می‌سازند (در این تحقیق روابط طولی و عرضی که براساس تناسب خاص موجب تولید فرم‌های خاص می‌شوند به‌عنوان ژن معرفی می‌گردند).

۸. Population: مجموعه‌ای از ژن‌ها در کنار هم ویژگی‌های منحصر به‌فردی را شکل می‌دهند که به‌عنوان خصوصیات بارز در هر نسل برآورد می‌شود (در این تحقیق، فرم قالب گره‌ها به‌عنوان نسل‌های مشخص تولید شده و برای بررسی عملکرد سازه‌ای آماده می‌شوند).

۹. Fitness Function: تابع سازگاری در حقیقت مسیر حرکت نسل‌ها به‌سمت همسازی با ویژگی مشخص این تابع است که در نهایت مجموعه ژن‌ها در هر نسل و در هر بازتولید، همگرا به‌سبب این تابع خواهند بود.

۱۰. Grasshopper: افزونه ایجاد الگوریتم‌های مولد، کدنویسی گرافیکی، در ابزار مدل‌سازی "راینوسروس" (Rhinoceros - یکی از قویترین نرم‌افزارهای تولید و آنالیز فرم با بهره‌گیری از NURBS: Non-Uniform, Rational B-Splines).

۱۱. Schema: بستر قرارگیری کدها برای اعمال یک صفت مشخص به مجموعه ای از پارامترها.

۱۲. Akin

۱۳. Analogue: معرف ویژگی‌های قابل لمس

۱۴. Symbolic: معرف ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت فضای معماری برگرفته از قوانین علوم پایه و فرایندهای در جریان پدیده‌ها

۱۵. Goldberg : محقق و پژوهشگر علوم کامپیوتر و مهندسی عمران، دپارتمان سیستم‌های مهندسی صنعتی دانشگاه ایلینویز، مسئول بخش تحقیقات الگوریتم‌های ژنتیک.

16. Galante

17. Annicchiarico

18. Cerrolaza

۱۹. Elastic Energy: نیروی مکانیکی ذخیره شده در ساختار یک ماده و یا یک سامانه فیزیکی که فرم و شکل آن را مورد تأثیر قرار می‌دهد.

۲۰. Heterogeneous: ترکیب بندی اجزای یک ماده به‌صورت ناهمگن.

۲۱. Mutation: فرایند جهش در حرکت ژن‌ها به‌سبب ایجاد نسل سازگار با تابع مشخص شده، با توجه به این خاصیت ممکن است یک ژن از یک نسل به تناسب عملکرد بهتر در تابع سازگاری، به نسل بعد نیز منتقل شود به این رویه جهش یک ژن میگویند.

۲۲. Crossover: تلفیق ژن‌ها همواره به‌صورت تطبیق متقابل صورت می‌گیرد لذا گاهی این تطابق به جهت سازگاری بهتر به صورت برعکس انجام می‌پذیرد به این فرایند همگذری متقاطع گفته می‌شود.

۲۳. Homogeneous: ترکیب‌بندی اجزای یک ماده به‌صورت همگن

۲۴. Galapagos: افزونه محاسب الگوریتم ژنتیک، نوشته شده توسط دیوید روتن (David Rutten)، اساس کار این افزونه، بر مبنای تعریف مجموعه ژن‌ها به‌عنوان متغیر و تابع هدف به‌عنوان مقصد است که بهینه‌ترین حالت را برای تطبیق قرارگیری ژن‌ها محاسبه می‌کند تا تابع هدف در حداقل و یا حداکثر شرایط قرار گیرد.

25. http://www.karamba3d.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی