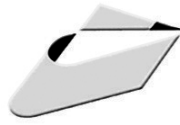


به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری  
دیبیاگران تهران

# مدل سازی، تحلیل و طراحی پل ها

## با CSiBridge

مؤلفان

اکبر رسول نیا

محسن عظیمی

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

## مدل سازی، تحلیل و طراحی پل ها با CSI Bridge

مؤلفان : اکبر رسول نیا - محسن عظیمی  
ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

صفحه آرای: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: صدف

نوبت چاپ: ششم

تاریخ نشر: ۱۳۹۸

تیراژ: ۲۰ جلد

قیمت: ۱۰۰۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۳۴۷-۹

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

فروشگاههای اینترنتی :

[www.mftbook.ir](http://www.mftbook.ir)

[www.mftdibagaran.ir](http://www.mftdibagaran.ir)

[www.dibagarantehran.com](http://www.dibagarantehran.com)

نشانی تلگرام: @mftbook

نشانی اینستاگرام: Dibagaran\_publishing

می توانید اپلیکیشن دیباگران را از سایتهای اینترنتی دیباگران دریافت و نصب نمایید

سرشناسه : رسول نیا، اکبر، ۱۳۶۵-  
عنوان و نام پدید آور : مدل سازی، تحلیل و طراحی پل ها با  
CSI Bridge  
مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران -۱۳۹۶  
مشخصات ظاهری: ۳۲۸ ص. مصور.  
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۳۴۷-۹  
وضعیت فهرست نویسی: فیپای مختصر  
یادداشت : این مدرک در آدرس <http://opac.nlai.ir> قابل  
دسترسی است.  
شناسه افزوده: عظیمی، محسن، ۱۳۶۶-  
شماره کتابشناسی ملی : ۳۵۳۲۰۹۹

# فهرست مطالب

مقدمه ناشر ..... ۶

مقدمه مؤلفان ..... ۷

## فصل اول: اصول طراحی پل با CSiBridge

۱-۱ مقدمه ..... ۹

۱-۲ قابلیت‌های برنامه ..... ۹

۱-۳ تحلیل بار زنده ..... ۱۶

۱-۴ خصوصیات تحلیل ..... ۱۷

۱-۵ مشخصه‌های طراحی ..... ۱۸

۱-۶ مشخصه‌های طراحی لرزه‌ای ..... ۱۸

۱-۷ بررسی ظرفیت حمل بار زنده سازه پل ..... ۱۸

۱-۸ دستورات منوی Advanced ..... ۱۹

۱-۹ فرایند طراحی ..... ۱۹

۱-۱۰ مسیرهای عبور وسیله‌های نقلیه ..... ۲۰

۱-۱۱ خطوط و سطوح تأثیر ..... ۲۱

۱-۱۲ بار زنده وسیله‌های نقلیه ..... ۲۱

۱-۱۳ وسیله نقلیه کلی ..... ۲۴

۱-۱۴ وسیله‌های نقلیه استاندارد ..... ۲۵

۱-۱۵ گروه وسیله نقلیه ..... ۲۹

۱-۱۶ حالت‌های بارگذاری بار متحرک ..... ۳۰

۱-۱۷ تحلیل مرحله به مرحله ..... ۳۴

## فصل دوم: رابط گرافیکی

۲-۱ دورنمای برنامه ..... ۳۷

## فصل سوم: Orb

۳-۱ مقدمه ..... ۴۷

۳-۲ Orb > new ..... ۴۷

۳-۳ Orb > Open ..... ۴۹

۳-۴ Orb > Save As و Orb > Save ..... ۴۹

۳-۵ Orb > Import ..... ۵۰

۳-۶ Orb > Export ..... ۵۱

۳-۷ Orb > Batch File ..... ۵۳

۳-۸ Orb > Print ..... ۵۳

۵۴	.....Orb > Report ۳-۹
۵۶	.....Orb > Pictures ۳-۱۰
۵۸	.....Orb > Settings ۳-۱۱
۶۰	.....Orb > Language ۳-۱۲

### فصل چهارم: Home

۶۳	.....مقدمه ۴-۱
۶۳	.....Home > Bridge Wizard دستور ۴-۲
۶۶	.....مراحل مدل سازی گام به گام پل ۴-۳
۷۳	.....Home > View ۴-۴
۷۶	.....Home > Snap ۴-۵
۷۷	.....Home > Select ۴-۶
۷۹	.....Home > Display ۴-۷

### فصل پنجم: Layout

۸۳	.....مقدمه ۵-۱
۸۳	.....Layout > Layout Lines ۵-۲
۹۰	.....Layout > Lanes ۵-۳

### فصل ششم: Components

۹۵	.....مقدمه ۶-۱
۹۵	.....Components > Properties ۶-۲
۱۰۳	.....Components > Superstructure ۶-۳
۱۰۸	.....Components > Substructure ۶-۴

### فصل هفتم: Loads

۱۱۳	.....مقدمه ۷-۱
۱۱۳	.....Loads > Vehicles ۷-۲
۱۱۶	.....Loads > Load Patterns ۷-۳
۱۱۸	.....Loads > Functions ۷-۴
۱۲۲	.....Loads > Loads ۷-۵

### فصل هشتم: Bridge

۱۲۷	.....مقدمه ۸-۱
۱۲۷	.....Bridge > Bridge Object ۸-۲
۱۳۸	.....ایجاد مدل لینک شده ۸-۳
۱۳۸	.....Update > Update ۸-۴

### فصل نهم: Analysis

۱۴۱	.....	مقدمه ۹-۱
۱۴۱	.....	Analysis > Load Cases ۹-۲
۱۵۲	.....	Analysis > Bridge ۹-۳
۱۵۳	.....	Analysis > Lock ۹-۴
۱۵۳	.....	Analysis > Analyze ۹-۵
۱۵۵	.....	Analysis > Shape Finding ۹-۶

### فصل دهم: Design/Rating

۱۵۷	.....	مقدمه ۱۰-۱
۱۵۷	.....	Design/Rating > Load Combinations ۱۰-۲
۱۶۱	.....	Design/Rating > Superstructure Design ۱۰-۳
۱۶۳	.....	Design/Rating > Seismic Design ۱۰-۴
۱۶۶	.....	Design/Rating > Load Rating ۱۰-۵

### فصل یازدهم: Advanced

۱۷۱	.....	مقدمه ۱۱-۱
۱۷۱	.....	Advanced > Edit ۱۱-۲
۱۷۴	.....	Advanced > Define ۱۱-۳
۱۷۶	.....	Advanced > Draw ۱۱-۴
۱۷۸	.....	Advanced > Assign ۱۱-۵
۱۸۷	.....	Advanced > Assign Loads ۱۱-۶
۱۹۱	.....	Advanced > Analyze ۱۱-۷
۱۹۵	.....	Advanced > Tools ۱۱-۸

### فصل دوازدهم: مثال‌های طراحی پل

۱۹۷	.....	مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده ۱۲-۱
۲۲۶	.....	مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بارهای متحرک ۱۲-۲
۲۴۵	.....	مدل‌سازی و تحلیل پل با شاهتیرهای فولادی تحت بار امواج ۱۲-۳
۲۷۵	.....	تحلیل و طراحی پل با شاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری لرزه‌ای ۱۲-۴
۳۱۵	.....	مدل‌سازی و تحلیل ساخت مرحله‌ای پل معلق کابلی ۱۲-۵
۳۲۸	.....	فهرست منابع ۱۲-۶

## خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرضه کتاب های است که تواند

### خواسته های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی ترین و راحت ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع رسانی، بیش از پیش روشن می نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه مندان قرار دهند. کتابی که در دست دارید با همت " آقایان اکبر رسول نیا و محسن عظیمی " و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویراستاری: مینا ضرابی

ویرایش و صفحه آرایی کامپیوتری: معصومه گنجی پور

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش - راضیه گودرزی

طرح جلد: مریم فرجیان

ناظر چاپ: علیرضا گلشادی

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش پژوه گرامی درخواست می نماید با مراجعه به آدرس [dibagaran.mft.info](mailto:dibagaran.mft.info) (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می داند، یاری فرماید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

[publishing@mftmail.com](mailto:publishing@mftmail.com)

## مقدمه مؤلفان

با گسترش تمدن شهرنشینی نیاز انسان به سازه‌های متنوع و پیچیده روز به روز بیشتر می‌شود و استفاده از فناوری رایانه را در تحلیل و طراحی این گونه سازه‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌کند. از طرف دیگر نیز جامعه مهندسی در صدد برآورد این نیاز بشر است و ظهور سازه‌های پیچیده را در سطح شهرها شاهد هستیم. در این میان پل به عنوان عنصر ارتباطی و کلیدی، باعث تسهیل در امر تردد و کاهش ترافیک در سطح شهر می‌شود. لذا ایجاد زمینه‌هایی در امر تسهیل و تسریع تحلیل و طراحی چنین سازه‌هایی، امری ضروری است. شرکت CSi یکی از شرکت‌هایی است که سال‌های متمادی در زمینه رایانه‌ای کردن و تسهیل مدل‌سازی، تحلیل و طراحی طرح‌های سازه‌ای فعالیت دارد که دستاورد این تلاش‌ها برنامه‌های متنوع CSi است که برنامه‌های قدرتمندی در مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه‌های پیچیده در مقایسه با محصولات سایر شرکت‌ها است.

یکی از محصولات شرکت CSi برنامه SAP2000 است که کمتر مهندسی پیدا می‌شود که با این برنامه آشنایی نداشته باشد. این محصول ابزار قدرتمندی برای مدل‌سازی، تحلیل و طراحی انواع سازه‌ها است. منوی در این برنامه وجود دارد که برای طراحی سازه پل استفاده می‌شود. با توجه به گستردگی سازه‌های پل، این شرکت اخیراً اقدام به ارائه برنامه‌ای تحت عنوان CSiBridge کرده و مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه‌های پل را با جزئیات و تنوع بیشتر در این برنامه گنجانده است. سادگی و کاربرپسند بودن این نرم‌افزار آن را به یکی از محبوب‌ترین نرم‌افزارهای طراحی سازه‌ای پل تبدیل کرده است. با استفاده از این برنامه، مهندسان می‌توانند به راحتی پل‌هایی با هندسه پیچیده، شرایط مرزی و حالت‌های بارگذاری مختلف تعریف کنند. همچنین مدل‌های پل را می‌توان به صورت پارامتری از جمله خطوط طرح، دهانه‌ها، نشیمن‌گاه‌ها، پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی و مفصل‌ها معرفی کرد. زمانی که پارامترهای تعریف پل معرفی شدند، نرم‌افزار، مدل‌های خطی، پوسته‌ای یا حجمی را ایجاد می‌کند. این نرم‌افزار اجازه یک طراحی سریع و آسان و همچنین مقاوم‌سازی پل‌های فولادی و بتنی را به کاربر می‌دهد. مدل‌سازی پارامتری این امکان را به کاربر می‌دهد که مدل‌های ساده و پیچیده‌ای از پل‌ها را به راحتی ایجاد کند، همچنین با کنترل کلی روی فرایند طراحی، می‌تواند تغییرات مؤثری اعمال کند. مسیرهای عبور و وسیله‌های نقلیه را می‌توان به راحتی تعریف کرد. به علاوه، نمودارهای ساده و کاربردی گانت این امکان را به کاربر می‌دهند که مراحل ساخت را شبیه‌سازی کند.

این برنامه شامل ابزار مدل‌سازی گام‌به‌گام پل نیز می‌باشد که برای سهولت در ایجاد مدل پل‌ها به کار می‌رود. در تحلیل مدل سازه‌ای پل از موتور قدرتمند SAPFire، با قابلیت تحلیل ساخت مرحله‌ای، تحلیل انقباض و خزش، کشش کابل‌ها تا نیروهای هدف، اعمال غیرخطی بودن هندسه مدل (اثر P-Delta و جابه‌جایی‌های بزرگ)، غیرخطی بودن مصالح (روسازه، نشیمن‌گاه، زیرسازه و خاک)، کماتش و تحلیل‌های استاتیک و دینامیک استفاده می‌کند. تمام این موارد به یک مدل واحد و جامع اعمال می‌گردد. به علاوه ضوابط طراحی آشتو (AASHTO) شامل طراحی لرزه‌ای و ترکیب بارهای خودکار به روش LRFD نیز در این بسته گنجانده شده است.

با توجه به نیاز مبرم دانشجویان و مهندسان عزیز به استفاده از این برنامه قدرتمند و از طرف دیگر فقدان منبع مفید به زبان فارسی در این زمینه، برآن شدیم تا این مجموعه را که شامل سه قسمت اصلی مبنای طراحی (فصل اول)، واسط گرافیکی (فصل دوم تا یازدهم) و مثال‌های کاربردی (فصل دوازدهم) است، گردآوری کنیم. در فصل اول، تحت عنوان اصول و مبنای طراحی پل با CSiBridge، مبنای و ضوابط لازم برای درک بهتر مسائل مربوط به مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل با استفاده از برنامه آورده شده است. این تعاریف در ارتباط با مسائلی است که خوانندگان محترم در فصل‌های بعدی با آن‌ها روبه‌رو می‌شوند. این فصل شامل قابلیت‌های برنامه، تحلیل بار زنده، خصوصیات تحلیل، مشخصه‌های طراحی لرزه‌ای، بررسی ظرفیت حمل بار زنده سازه پل، فرایند طراحی، مسیرهای عبور وسیله‌های نقلیه، توضیحاتی در ارتباط با خطوط و سطوح تأثیر، بار زنده وسیله‌های نقلیه، وسیله نقلیه کلی، وسیله‌های نقلیه استاندارد، حالت‌های بارگذاری بار متحرک و تحلیل مرحله به مرحله است. در فصل‌های دوم تا یازدهم کاربر با واسط گرافیکی و مراحل و ابزارهایی که برای مدل‌سازی، تحلیل و طراحی لازم دارد، آشنا می‌شود و توضیحات لازم در ارتباط با کارکردهای منوها و دستورات موجود در برنامه داده شده است. در فصل دوازدهم، مثال‌های کاربردی از انواع پل آورده شده است که مراحل کامل مدل‌سازی، تحلیل و طراحی را به صورت عملی و همراه با تصاویر مدل و پنجره‌های برنامه تشریح می‌کند. در این فصل پنج مثال کاربردی شامل پل با شاهتیرهای بتنی پیش‌تنیده، پل با شاهتیرهای فولادی تحت بارهای متحرک، پل با شاهتیرهای فولادی تحت بارگذاری امواج و پل با شاهتیرهای بتنی تحت بارگذاری لرزه‌ای و پل معلق کابلی مدل‌سازی شده و مراحل تحلیل و طراحی به صورت گام به گام توضیح داده شده است. همانگونه که مشخص است، سعی شده است مطالب به صورت مرحله به مرحله ارائه شوند تا خواننده با آشنایی و پیش زمینه کافی وارد مرحله بعدی شود و هیچ مسأله مبهمی باقی نماند.

در گردآوری و تدوین مطالب این کتاب چند تن از دانشجویان عزیز مهندسی زلزله - سازه دانشگاه‌های صنعتی شریف و علم و صنعت نیز مشارکت داشته‌اند که لازم می‌دانیم کمال تشکر و قدردانی را از ایشان به عمل آوریم. از خانم مهندس نسرين عظیمی که در ویرایش فنی این کتاب زحمت فراوانی را متحمل شدند؛ و همچنین از انتشارات دیباگران تهران که در تمام مراحل تدوین، صفحه‌آرایی و چاپ راهنمای نویسندگان بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد. در انتها از خوانندگان گرامی خواهشمندیم که ما را از نقطه نظرات و انتقادات سازنده خود در ارتباط با این کتاب مطلع سازند تا در کارهای آتی راهگشا و راهنمای ما باشند.

**اکبر رسول‌نیا**

**محسن عظیمی**

**a\_rasoulnia@mehr.sharif.ir**

**azimi\_mohsen@civileng.iust.ac.ir**

**ضمن سپاس بیکران و باکمال احترام و امتنان**

**تقدیم می‌کنیم به پدر و مادر مهربانان که در تمام مراحل زندگی همراه و پشتیبانان بودند و تمند.**