

طراحی پایگاه داده‌های مهندسی ارزش پروژه‌های ژئوتکنیکی ایران

شقایق السادات یوسفی خوانساری^{۱*}، حسین معماریان^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن دانشگاه تهران

۲. استاد مهندسی زمین، دانشکده فنی دانشگاه تهران

* Sh.yousefy@yahoo.com

چکیده

امروزه مهندسی ارزش به‌عنوان یکی از کارآمدترین روش‌های اقتصادی در عرصه فعالیت‌های مهندسی، شناخته شده است. مهندسی ارزش باعث صرفه‌جویی‌های فراوان در هزینه و زمان اجرای پروژه‌ها و افزایش کارایی آنها شده است. در ایران هم در چندین سال گذشته، از این روش در اجرای طرح‌های بزرگ، خصوصاً در طرح‌های عمرانی و ژئوتکنیکی، استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بازدهی مطالعات مهندسی ارزش را می‌توان با استفاده از تجربیات مشابه قبلی، بهبود بخشید. در این راستا دستیابی به داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش انجام شده، علاوه بر بهبود کیفیت مطالعات مهندسی ارزش، باعث صرفه‌جویی در زمان این مطالعات نیز خواهد شد. متأسفانه در ایران استاندارد برای مدیریت و مستندسازی داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش در بخش ژئوتکنیک وجود ندارد. در این مقاله فرایند طراحی پایگاه داده‌های مهندسی ارزش، برای مستندسازی و مدیریت داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش در بخش ژئوتکنیک، ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، ژئوتکنیک، پایگاه داده، ایران.

۱. مقدمه

مهندسی ارزش به‌عنوان یک روش مهم در عرصه فعالیت‌های مهندسی، بیش از ۵۰ سال است که شناخته شده است. این روش سودمند به خاطر کمبود مواد و مصالح در طول جنگ جهانی دوم، در شرکت جنرال الکتریک شکل گرفت. مهندسی ارزش از دهه ۸۰ به بعد به علت مزایای ملموس از رونق بالایی برخوردار بوده، به نحوی که سیاست اکثر کشورها بر توسعه استفاده از مهندسی ارزش قرار گرفته است. در چند سال گذشته، بسیاری از طرح‌ها و پروژه‌های ژئوتکنیکی در سطح ملی از مهندسی ارزش استفاده نموده‌اند که نتایج چشمگیری در برداشته است. متأسفانه این ارزش در سطح ملی به‌طور پراکنده انجام می‌شود و مستندسازی در این زمینه انجام صورت نمی‌گیرد. با توجه به اینکه نتایج مطالعات مهندسی ارزش را می‌توان با استفاده از تجربیات مشابه گذشته بهبود بخشید، دسترسی به داده‌های کارگاه مهندسی ارزش از اهمیت زیادی برخوردار است. در سال‌های گذشته برخی از کشورها از روش‌های مختلفی برای ذخیره‌سازی و مستندسازی داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش استفاده کرده‌اند. متأسفانه تاکنون روشی برای ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌های کارگاه مهندسی ارزش در طرح‌های ژئوتکنیکی در ایران، طراحی و اجرا نشده است. بنابراین طراحی و اجرای یک روش مناسب برای ثبت این داده‌ها در پروژه‌های ژئوتکنیکی از اهمیت بالایی برخوردار است. با این نگرش طراحی و پیاده‌سازی پایگاه داده‌های مهندسی ارزش

پروژه‌های ژئوتکنیکی در ایران، صورت گرفته است. از اهداف طراحی این پایگاه داده، جمع‌آوری و ثبت نتایج مطالعات مهندسی ارزش طرح‌های ژئوتکنیکی در سطح ملی، سامان‌دهی این داده‌ها، دسترسی راحت به داده‌های کارگاه‌ها برای استفاده از تجربیات کارگاه‌های گذشته و در نهایت تدوین یک استاندارد برای انجام بهتر فرایند مهندسی ارزش در سطح ملی؛ می‌باشد.

در این مقاله پس از معرفی فرایند مهندسی ارزش و به‌کارگیری این فرایند در پروژه‌های ژئوتکنیکی، اهمیت تهیه پایگاه داده‌های مهندسی ارزش در بخش ژئوتکنیک و مراحل طراحی این پایگاه ارائه شده است. طراحی این پایگاه داده برای مستندسازی و مدیریت داده‌های کارگاه مهندسی ارزش، علاوه بر بهبود کیفیت و عملکرد مهندسی ارزش، باعث صرفه‌جویی در زمان این مطالعات و کاهش زمان تصمیم‌گیری برای پروژه‌های آتی نیز، خواهد شد.

۲. مهندسی ارزش

مهندسی ارزش تلاشی سازمان‌یافته و خلاق است که با هدف بررسی و تحلیل تمام کارکردها و هزینه‌های یک طرح، از زمان شکل‌گیری تفکر اولیه تا مرحله طراحی و اجرا، و سپس راه‌اندازی و بهره‌برداری صورت می‌گیرد. مهندسی ارزش را نباید با تحلیل‌های متعارف مربوط به کاهش هزینه اشتباه کرد. زیرا مهندسی ارزش یک روش حل مسئله با استفاده از خلاقیت است. خلاقیتی که بر یک موضوع مشخص، کارگروهی و طرح کار مهندسی ارزش تمرکز دارد [۱].

ساختار مهندسی ارزش بر طرح کار (job plan) استوار است. طرح کار چارچوبی است که فرآیند مهندسی ارزش براساس آن عملی می‌شود. به‌طور کلی طرح کار مهندسی ارزش از سه مرحله تشکیل می‌شود: الف) پیش مطالعه، ب) مطالعه ارزش یا کارگاه مهندسی ارزش و ج) پس مطالعه یا اقدامات تکمیلی پس از کارگاه مهندسی ارزش. این سه مرحله به‌صورت متوالی انجام می‌پذیرند. مدت زمان کل مطالعه ارزش از ابتدا تا انتها (به غیر از فاز اجرا)، نباید بیش از سه ماه طول بکشد [۲].

به‌طور کلی در پیش مطالعه، اقدامات و تدارکات مربوط به جمع‌آوری اطلاعات، شناخت کلیت موضوع و هماهنگی برای برگزاری کارگاه مهندسی ارزش انجام می‌شود. پس از اقداماتی که در پیش مطالعه صورت گرفت، زمان آن می‌رسد که گروه مهندسی ارزش به‌طور منسجم گرد هم جمع شوند و به‌طور پیوسته در طی چند روز در کارگاه مهندسی ارزش حضور داشته باشند. مدت زمان کارگاه‌های مهندسی ارزش معمولاً بین سه تا هفت روز است. به‌طور کلی این مرحله از مهندسی ارزش شامل شش مرحله زیر است [۳]: مرحله اطلاعات، مرحله تحلیل کارکرد، مرحله خلاقیت، مرحله ارزیابی، مرحله توسعه، مرحله ارائه. در جدول ۱، فعالیت‌های انجام شده در مراحل مختلف کارگاه مهندسی ارزش، به‌اختصار شرح داده شده است.

جدول ۱- فعالیت‌های انجام شده در کارگاه مهندسی ارزش

مراحل کارگاه مهندسی ارزش	فعالیت
مرحله اطلاعات	جمع‌آوری اطلاعات، تعیین اهداف مطالعه، تعیین و وزن‌دهی معیارهای طراحی
مرحله تحلیل کارکرد	شناسایی کارکردها، طبقه‌بندی کارکردها، ترسیم نمودار تحلیل کارکرد، تخصیص هزینه و بها به کارکردها، انتخاب کارکردهای مهم و با ارزش برای مرحله خلاقیت
مرحله خلاقیت	تولید ایده‌هایی برای کارکردهای انتخاب شده در مرحله تحلیل کارکرد
مرحله ارزیابی	تعیین مزایا و معایب ایده‌های ارائه شده، وزن‌دهی ایده‌ها با استفاده از معیارهای طراحی، تحلیل هزینه و ریسک ایده‌ها

مرحله توسعه	انتخاب ایده برتر برای ارائه به کارفرما، بررسی دقیق تر ایده های انتخاب شده
مرحله ارائه	ارائه شفاهی پیشنهاد مهندسی ارزش، آماده کردن گزارش نهایی کارگاه مهندسی ارزش

در مرحله پس از کارگاه مهندسی ارزش، پیشنهادهایی که به تصویب کارفرما رسیده است به اجرا در می آید. مستندسازی و پی گیری برای اجرای پیشنهادها از اهم موضوعات است. هدف اصلی این مرحله، اطمینان از اجرای پیشنهادهای کارگاه مهندسی ارزش و اعمال تغییرات تصویب شده است.

۳. مهندسی ارزش در ایران

موضوع مهندسی ارزش، از سال ۱۳۷۸ در شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس و برخی دانشگاهها، وزارت نیرو، وزارت نفت و سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور به تدریج مطرح شد. تدوین دستورالعمل ارجاع کار و انعقاد قرارداد با واحدهای خدمات مهندسی ارزش، توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور در سال ۱۳۷۹، دورنمای روشن و امیدوارکننده ای را برای توسعه فرهنگ و به کارگیری مهندسی ارزش و تدوین الزامات قانونی و رفع موانع در این زمینه، ترسیم کرد [۴]. در سال ۱۳۸۰ همایش مهندسی ارزش در صنعت نفت و اولین سمینار ملی مهندسی ارزش در دانشگاه صنعتی امیرکبیر، برگزار شد. در این سال همچنین کمیته مهندسی ارزش در وزارت راه و ترابری تشکیل شد و گروه مهندسی ارزش در چند شرکت مشاوره و پیمانکاری شکل گرفت. در سال ۱۳۸۱ انجمن مهندسی ارزش ایران با هدف رشد و ارتقای مهندسی ارزش در ایران تأسیس شد [۲].

در طی یک دهه گذشته، مهندسی ارزش در بسیاری از پروژه های عمرانی و ژئوتکنیکی، به کار گرفته شده است. در فاصله سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۴ بیشترین فعالیت های مطالعات مهندسی ارزش در طرح های عمرانی و ژئوتکنیکی بخش آب، متمرکز بوده است [۴]. به کارگیری این فرآیند سودمند در این طرح ها باعث صرفه جویی های زیاد و کسب منافع بسیاری شده است. در جدول ۲ برخی از نتایج به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی و ژئوتکنیکی کشور، ذکر شده است [۵].

جدول ۲- نتایج حاصل از به کارگیری مهندسی ارزش در پروژه های عمرانی و ژئوتکنیکی کشور [۵].

نام طرح	نتیجه کارگاه	صرفه جویی در زمان (ماه)	صرفه جویی در هزینه
شبکه آبیاری پاشاکلا	تغییر طراحی کانال	۲	۵۸۰۰ میلیون ریال در هزینه های طول عمر (۴۵٪)
کانال کنترل سیلاب رامشیر	حذف دراپ ۳ و ۴	۱۰	۱۲ میلیارد ریال در مبلغ قرارداد
سد قلعه جای	انتخاب گزینه مناسب برای سرریز سد	۲	۶/۱ میلیارد ریال در مبلغ قرارداد
سد رئیسعلی دلواری	تغییر محور سد و کاهش ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب از بدنه سد	۲	۶ میلیارد ریال در هزینه های اجرایی
سد و شبکه آبیاری شفارود	کاهش ارتفاع سد و تغییر نوع سد	۲۴	۲۲۰ میلیارد ریال (حدود ۵۰٪)
انتقال آب دشت آزادگان	تأیید گزینه ثقلی آب	۶	۸۳۷ میلیون ریال در مبلغ قرارداد (حدود ۵٪)
انتقال آب دز به قمرود	تغییر در روش اجرای طرح	۶	۹۰ میلیارد ریال (۱۵٪ هزینه های اجرایی)

۴. پایگاه داده‌های مهندسی ارزش

همان‌طور که اشاره شد، مستندسازی و مدیریت داده‌های کارگاه مهندسی ارزش برای افزایش بهره‌وری مطالعات مهندسی ارزش از اهمیت بسیاری برخوردار است. تجربه بعضی از کشورها در این زمینه نشان داده است که طراحی پایگاه داده برای مطالعات مهندسی ارزش، علاوه بر بهبود عملکرد و کیفیت این مطالعات، باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه اجرای برگزاری کارگاه مهندسی ارزش نیز خواهد شد. برخی از کشورها از سال‌ها قبل اقدام به طراحی پایگاه داده‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی مختلفی برای ثبت و مدیریت داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش کرده‌اند. به‌طور مثال در کشور هنگ‌کنگ یک سیستم اطلاعاتی، به‌منظور افزایش بهره‌وری کارگاه‌های مهندسی ارزش در صنعت ساخت و ساز طراحی شده است [۶]. در کشور کره یک سیستم پایگاه داده تحت وب، برای مطالعات مهندسی ارزش در صنعت ساخت و ساز طراحی شده است. این پایگاه داده دارای قابلیت‌هایی مانند ترسیم نمودار FAST برای مرحله تحلیل کارکرد، و صفحات استاندارد برای انجام فرایند طرح کار مهندسی ارزش و همچنین ماتریس ارزیابی برای ارزیابی ایده‌ها در مرحله ارزیابی، می‌باشد [۷]. در عربستان سعودی نیز یک برنامه کامپیوتری با هدف ذخیره تمام اطلاعات کارگاه‌های مهندسی ارزش، کامپیوتری کردن فرایند طرح کار مهندسی ارزش به‌منظور حذف خطاهای انسانی، صرفه‌جویی در زمان مطالعات و آموزش مهندسی ارزش به شرکت‌کنندگان کارگاه‌های مهندسی ارزش؛ در صنعت ساخت و ساز طراحی شده است [۸]. در کشور آمریکا نیز چندین پایگاه داده با هدف ثبت داده‌های کارگاه مهندسی ارزش برای بهبود عملکرد فرایند مهندسی ارزش، طراحی شده است [۹]. در ایران نیز تنها شرکت توانیر، اقدام به طراحی پایگاه داده‌های مهندسی ارزش در صنعت برق نموده است [۱۰].

با توجه به گستردگی و پراکندگی مطالعات انجام شده مهندسی ارزش طرح‌های ژئوتکنیکی در سطح ملی، جمع‌آوری، ثبت و مستندسازی نتایج این مطالعات اهمیت بسیاری دارد. پایگاه داده‌های مهندسی ارزش پروژه‌های ژئوتکنیکی ایران، با هدف جمع‌آوری و ثبت داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش در بخش ژئوتکنیک، به‌منظور دسترسی آسان به این داده‌ها، طراحی و پیاده‌سازی شده است. از دیگر اهداف طراحی این پایگاه داده، استفاده از تجربیات کارگاه‌های مشابه قبلی به‌منظور بهبود عملکرد مطالعات مهندسی ارزش و بهینه‌سازی نتایج استفاده از فرایند مهندسی ارزش در بخش ژئوتکنیک، سامان‌دهی داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش پروژه‌های ژئوتکنیکی ایران و همچنین استانداردسازی فرایند مهندسی ارزش در سطح ملی؛ می‌باشد.

برای طراحی این پایگاه داده، از مدل رابطه‌ای و نرم‌افزار Microsoft SQL ۲۰۰۵ استفاده شده است. در این پژوهش سطح دسترسی به پایگاه داده (data access layer)، طراحی و پیاده‌سازی شده است. مراحل تهیه این پایگاه داده به شرح زیر می‌باشد:

۱. نیازسنجی؛
۲. طراحی جداول پایگاه داده؛
۳. وارد کردن جداول در نرم‌افزار SQL و ترسیم شمای مفهومی پایگاه داده با کمک نمودار EER؛
۴. نوشتن دستورات لازم.

۱.۴. نیازسنجی

برای توسعه یک سیستم پایگاه داده مناسب برای داده‌های مهندسی ارزش که تمام خواسته‌ها و نیازمندی‌ها را پاسخ دهد، در مرحله اول لازم است که نیازها و خواسته‌های کاربران شناسایی شود. به این معنا که لازم است مشخص شود کاربران بخش

مهندسی ارزش و ژئوتکنیک به چه پارامترهایی نیاز دارند که در این پایگاه داده ذخیره شود. برای تحقق یافتن این هدف در مرحله اول با مطالعه تمام مقالات منتشر شده در بخش مهندسی ارزش و ژئوتکنیک کشور، و همچنین مطالعه گزارش‌های منتشر شده کارگاه‌های مهندسی ارزش توسط شرکت مه‌اب قدس در بخش ژئوتکنیک، و مقالات مشابهی که در دیگر کشورها منتشر شده است، این پارامترها شناسایی شدند. در مرحله بعد با مصاحبه با افراد متخصص در بخش مهندسی ارزش و متخصصین ژئوتکنیک، اصلاح و بهینه‌سازی این پارامترها صورت گرفت. برای طراحی پایگاه داده‌ای که به‌طور کامل نیازهای کاربران را پوشش دهد، لازم است این مرحله با دقت انجام شود، زیرا طراحی پایگاه داده بر اساس جزئیات این بخش انجام می‌پذیرد. در نهایت پارامترهای شناسایی شده در قالب جداول و در سه بخش اصلی مرحله پیش مطالعه، طرح کار مهندسی ارزش و مرحله پس مطالعه، به شرح زیر طبقه‌بندی شدند:

۱. جداول مرحله پیش مطالعه

- ۱.۱. معرفی پروژه: شامل نام و موقعیت پروژه، اهداف پروژه، هزینه طول عمر پروژه، زمان‌بندی پروژه و مشخصات پروژه.
- ۲.۱. عوامل پروژه: شامل مشخصات کارفرما، پیمانکار، مشاور و مشاور مادر.
- ۳.۱. مشخصات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی: شامل گزیده شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی، منابع، مراجع و نقشه‌های لازم.
- ۴.۱. اطلاعات گروه مهندسی ارزش: شامل مشخصات اعضای گروه مهندسی ارزش از جمله شغل، تحصیلات، تلفن تماس و غیره و نقش هر فرد در گروه مهندسی ارزش.
- ۵.۱. بازدید اعضای گروه از محل پروژه: شامل نام اعضای شرکت کننده در بازدید، تاریخ شروع و پایان بازدید و گزارش بازدید از محل پروژه.
- ۶.۱. مشخصات کارگاه مهندسی ارزش: شامل محل برگزاری کارگاه، تاریخ شروع و پایان کارگاه.

۲. جداول طرح کار مهندسی ارزش

- ۱.۲. جدول مرحله اطلاعات: شامل علل تقاضا برای مطالعه مهندسی ارزش، دامنه مطالعه مهندسی ارزش، محدودیت‌های مطالعه مهندسی ارزش، معیارهای طراحی، درصد پیشرفت طرح و زمان انجام مرحله اطلاعات.
- ۲.۲. مرحله تحلیل کارکرد: شامل نام‌گذاری و دسته‌بندی کارکردها، رسم نمودار FAST، تخصیص هزینه و بها به کارکردها، انتخاب کارکردهای با ارزش برای مطالعه بیشتر و زمان انجام مرحله تحلیل کارکرد.
- ۳.۲. مرحله خلاقیت: شامل ارائه ایده برای کارکردهای انتخاب شده، دسته‌بندی ایده‌های مشابه و زمان انجام مرحله خلاقیت.
- ۴.۲. مرحله ارزیابی: شامل ارزیابی مزایا و معایب ایده‌ها، تحلیل ریسک و هزینه هر ایده، وزن‌دهی ایده‌ها، تعیین شاخص هر ایده، نام فرد مدافع ایده و زمان انجام مرحله ارزیابی.
- ۵.۲. مرحله توسعه: شامل انتخاب دو تا چهار ایده با شاخص ارزش بالاتر برای ارائه به کارفرما، تهیه اطلاعات تکمیلی گزینه‌ها و زمان انجام مرحله توسعه.
- ۶.۲. جدول مرحله ارائه: شامل شرح طرح (های) پیشنهادی، مزایا و معایب طرح (های) پیشنهادی، تحلیل ریسک و هزینه طرح (های) پیشنهادی، برنامه زمان‌بندی طرح (های) پیشنهادی، صرفه‌جویی حاصل از اجرای طرح (های) پیشنهادی و زمان انجام مرحله ارائه.
۳. جدول مرحله پس مطالعه: این جدول شامل گزارش کارگاه مهندسی ارزش، حصول به اهداف، نتیجه اجرا و برآورد انتظارات است. یک نمونه از این جداول طراحی شده (جدول مرحله اطلاعات) در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- جدول مرحله اطلاعات

موارد	توضیح
۱	علل تقاضا برای مطالعه مهندسی ارزش
	• چه مسئله‌ای باعث برگزاری کارگاه مهندسی ارزش شده است؟ (مسئله چیست؟)
	- کاهش هزینه
	- کاهش زمان
	- حل و فصل موانع و مشکلات طرح
	سایر موارد
۲	دامنه مطالعه مهندسی ارزش
	در این مرحله، دامنه برای انجام مطالعه مهندسی ارزش مشخص می‌شود و تعیین می‌شود در چه بخشی از پروژه قرار است مطالعه ارزش صورت گیرد.
۳	محدودیت‌های مطالعه مهندسی ارزش (گاوهای مقدس)
	• چه محدودیت‌هایی در انجام مطالعات مهندسی ارزش وجود دارد؟ (این محدودیت‌ها بخش‌هایی از پروژه یا طرح هستند که از طرف کارفرما، امکان تغییر آن‌ها وجود ندارد)
۴	عوامل ذینفع
	• چه عواملی به طور مستقیم از نتایج مطالعه ارزش تأثیر می‌پذیرند؟
	• چه عواملی به طور غیر مستقیم از نتایج مطالعه ارزش تأثیر می‌پذیرند؟
۵	معیارهای طراحی
	• فهرست معیارهای طراحی
	• وزن‌دهی معیارهای طراحی
۶	درصد پیشرفت طرح
	• درصد پیشرفت پروژه در زمان برگزاری کارگاه مهندسی ارزش
۷	زمان انجام مرحله اطلاعات
	• تاریخ شروع و پایان مرحله اطلاعات

۲.۴. طراحی جداول پایگاه داده

همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، برای طراحی این پایگاه داده از مدل رابطه‌ای استفاده شده است. دلیل اصلی انتخاب این مدل برای طراحی پایگاه داده‌های مهندسی ارزش، سادگی و پشتوانه تئوریک بسیار قوی این مدل است. در این مدل رابطه به صورت جداول پیاده‌سازی می‌شود که یک مفهوم ساده است. از سوی دیگر به دلیل سرمایه‌گذاری‌های زیادی که روی این مدل از سوی مؤسسات مختلف انجام شده است، تعداد زیادی کتاب و مقاله در این مقوله به رشته تحریر در آمده است و تمامی زوایای آن به خوبی روشن شده است. بنابراین پایگاه داده‌های مهندسی ارزش به صورت رابطه‌ای طراحی شده است.

پایگاه داده رابطه‌ای مجموعه‌ای از آرایه‌های دوبعدی است که جدول یا رابطه نامیده می‌شود. جدول مهم‌ترین ساختار داده‌ای در سیستم پایگاه داده رابطه‌ای است. هر جدول داده‌ها را به صورت سطرها و ستون‌ها نشان می‌دهد. هر سطر شامل یک نمونه منحصر به فرد داده است و ستون‌ها صفات یا ویژگی‌های آن را بیان می‌کند. ترتیب سطرها و ستون‌ها در جداول اهمیت ندارند [۱۱]. بنابراین در قدم بعدی پس از مرحله نیازسنجی لازم است که پارامترهای شناسایی شده در قالب جداولی طراحی شود. طراحی جداول در مدل رابطه‌ای عملی بسیار دقیق است.

برای طراحی جداول مدل رابطه‌ای در مرحله اول تمام جداول طراحی شده در مرحله نیازسنجی، مطابق با استاندارد جداول رابطه‌ای مرتب شدند. ستون‌های جداول رابطه‌ای همان موارد اشاره شده در جداول نیازسنجی است. برای نام گذاری ستون‌های جداول، از نام انگلیسی متناسب با آن استفاده می‌شود. به طور مثال برای طراحی جدول "مرحله اطلاعات" که در بخش نیازسنجی به آن اشاره شد، "دامنه مطالعه مهندسی ارزش" به "Scope" (محدوده)، ترجمه می‌شود. به این صورت

در مرحله اول تمامی جداول بر روی کاغذ طراحی و نام گذاری شدند. باید دقت کرد اسامی یکسان در جداول در صورتی استفاده می شود که در جداول مختلف کاربرد یکسانی داشته باشد. در غیر این صورت اسامی متفاوت به کار می رود. پس از طراحی جداول، اصلاح و بهینه سازی جداول صورت گرفت. در مدل رابطه ای به این فرایند، نرمال سازی گفته می شود. نرمال سازی در مدل رابطه ای بررسی این مطلب است که آیا جداول طراحی شده، بهترین است؟ با استفاده از این روش می توان جداول خوبی طراحی کرد و یا جداول موجود را بهینه نمود [۱۲]. به طور مثال رابطه "مرحله اطلاعات" که در مرحله قبل در یک جدول طراحی شده بود، برای عملکرد بهتر به پنج جدول شکسته شد. به این ترتیب در مجموع ۴۲ جدول آماده شد که برای پیاده سازی وارد نرم افزار SQL شدند. در نرم افزار SQL، پس از تعریف یک پایگاه داده به نام "Value Engineering"، ساخت جداول صورت گرفت.

در مدل رابطه ای هر جدول دارای یک شناسه است که کلید نامیده می شود. کلیدها انواع مختلفی دارند مانند کلید اصلی، کلید خارجی، کلید فرعی و مانند آن [۱۲]. بنابراین در هنگام ساخت جداول، کلیدها نیز باید مشخص شوند. در مدل رابطه ای معمولاً یک کلید به نام کلید هویت (Identity) تعیین می شود که در حقیقت همان کلید اصلی است، مقدار این کلید عدد است (integer) و نمی توان مقدار تهی (null) برای این کلید وارد کرد. هدف از طراحی این کلید جلوگیری از بروز خطا هنگام وارد کردن سطرها تکراری در یک رابطه است. بنابراین پس از وارد کردن هر جدول، کلید و کلیدهای خارجی آن جدول تعیین شد. در مرحله بعد، مشخص شد که مقادیر هر پارامتر در جدول از چه نوعی است. مقادیر می توانند عدد صحیح، عدد اعشاری، متن و غیره باشند. بعد از این مرحله، روابط بین جداول مشخص شد. و در نهایت پس از وارد کردن تمام جداول نمودار EER کل سیستم پایگاه داده رسم شد. در این نمودار می توان، می توان تمامی بخش های سیستم پایگاه داده که در ارتباط با یکدیگر هستند را مشاهده کرد، همچنین روابط بین جداول به خوبی قابل دیدن است.

۳.۴. نوشتن دستورات لازم

در SQL چهار دستور اصلی وجود دارد: وارد کردن، حذف، انتخاب و به روز کردن داده ها. با کمک این دستورات می توان در جداول طراحی شده، داده های جدید وارد کرد، یا از جداول طراحی شده داده هایی را حذف نمود، همچنین می توان سطرهایی از جداول را برای نمایش داده های مورد نظر انتخاب کرد و یا داده های جداول را به روز کرد. برای اجرای هر دستور در SQL کافی است متن دستور مورد نظر را در قسمت Query برنامه SQL وارد کرد و برای اجرای دستور از کلید اجرا و یا کلید F5 استفاده کرد. به طور مثال برای نمایش داده های جدول فاز اطلاعات کافی است دستور زیر را وارد کرد:

```
Select * from information Phase
```

همچنین برای نمایش سطرهای یک ستون خاص مانند ستون اهداف پروژه (Scope)، کافی است به جای اسم جدول، اسم ستون را وارد کرد.

۵. نتیجه گیری

امروزه مهندسی ارزش در سطح گسترده ای در طرح های ژئوتکنیکی، در کشور استفاده می شود. متأسفانه تمام مطالعات انجام شده به صورت پراکنده بوده و نتایج این مطالعات در بخش ژئوتکنیک، ثبت نشده است. پایگاه داده های مهندسی ارزش پروژه های ژئوتکنیکی ایران با هدف جمع آوری، ثبت و سامان دهی نتایج کارگاه های مهندسی ارزش پروژه های ژئوتکنیکی، طراحی و پیاده سازی شده است. از دیگر اهداف این پایگاه داده، استفاده از تجربیات کارگاه های مشابه و استاندارد سازی فرایند

مهندسی ارزش در سطح ملی می‌باشد. برای طراحی این پایگاه داده از مدل رابطه‌ای با توجه به قابلیت‌های زیاد این مدل در طراحی پایگاه‌های داده، استفاده شده است. پس از نیازسنجی و تعیین نیازهای کاربران بخش مهندسی ارزش و ژئوتکنیک، طراحی جداول رابطه‌ای صورت گرفت. در مجموع ۴۲ جدول طراحی شد که برای پیاده‌سازی وارد نرم‌افزار SQL شد. طراحی این پایگاه داده می‌تواند کمک بسیار بزرگی در ارتقای عملکرد این فرایند با کمک ثبت، مستند سازی و مدیریت داده‌های کارگاه‌های مهندسی ارزش؛ باشد. همچنین صرفه‌جویی در زمان انجام این مطالعات و کاهش زمان تصمیم‌گیری، از دیگر نتایج طراحی این پایگاه داده است. بررسی‌های تحلیلی انجام فرایند مهندسی ارزش طرح‌های ژئوتکنیکی برای یافتن نقاط ضعف اجرای این فرایند، گام بعدی در تهیه پایگاه داده‌های مهندسی ارزش است. در این مقاله طراحی سطح دسترسی به داده‌های پایگاه داده، شرح داده شده است. پیشنهاد می‌شود طراحی سطح ارائه پایگاه داده برای استفاده از این پایگاه داده با کمک یک نرم‌افزار قدرتمند مانند NET. نیز انجام شود.

منابع:

۱. Mukhopadhyaya, A. K., (۲۰۰۹), "Value Engineering Mastermind", SAGE Publication Inc, New Delhi, India.
۲. www.sive.org
۳. SAVE International, (۲۰۰۷), "Value Standard and Body of Knowledge".
۴. روانشادنی، م. (۱۳۸۴)، "روند پیشرفت مهندسی ارزش در بخش ساخت و ساز کشورهای جهان"، دومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش، تهران، دانشگاه علم و صنعت.
۵. شفیع‌زاده، م. (۱۳۸۵)، "جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت منابع انرژی"، چهارمین همایش تخصصی مهندسی صنایع، تهران، دانشگاه امام حسین.
۶. Shen, Q., Guo, J. and Zhang, j., (۲۰۰۹), "Using Data Mining Techniques to Support Value Management Workshops in Construction", Tsinghua Science and Technology, pp ۱۹۱-۲۰۱, Volume ۱۳.
۷. Hyun, CH. T., Kim, Y. T., (۲۰۰۲), "Development of Database System for VE Proposal using Web Technology", SAVE International.
۸. Assaf, S., Jannadi, O. A. and Al-Tamimi, A., (۲۰۰۰), "Computerized System for Application of Value Engineering Methodology", journal of computing in civil engineering.
۹. Bogue, W. A. and Bryant, A. G., (۱۹۹۵), "Uses of Value Engineering Data", SAVE International Proceeding.
۱۰. کشفیان، م. و خرم‌آبادی، ن.، (۱۳۸۷)، "تجربه ایجاد بانک اطلاعاتی داده‌های کارگاه مهندسی ارزش"، سومین کنفرانس ملی مهندسی ارزش.
۱۱. Ramakrishnan, R., (۲۰۰۹), "Database Management System", McGraw-Hill Companies.
۱۲. حق‌جو، م.، (۱۳۸۶)، "بانک اطلاعات علمی- کاربردی"، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.