

نشریه علمی-تخصصی

پژوهش‌های نوین مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی
سال سوم، مرداد و شهریور ۱۳۹۷، شماره ۱۹ و ۲۰

بررسی عملکرد، ارزیابی و بهینه سازی طراحی انواع
سقف های سازه های فولادی و بتنی در برابر اصابت
خیماره ۶۰

علیرضا محمدی، فیاض اسلامی، صابر درویش مسلک

بررسی پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی در ساختگاه
سد سرمشک

امیررضا کرشکی، جعفر رهنما راد

طراحی کنترل کننده لغزشی برای یک موتور القایی
محمد زمانی

برنامه ریزی توسعه خطوط TEP برای شبکه انتقال مجهز
به TCSC با توجه به عدم قطعیت تقاضای بار مشترکین و
خروجی توربین های بادی WTGs
نادر مرتضوی، حسن پنج مینی

بررسی تاثیر تعهد سازمانی کارکنان بر یکپارچگی
تأمین کننده در بنگاه های کوچک و متوسط؛ مطالعه
موردی: شرکت خودروسازی سایپا
محبوبه صادق پور، یوسف غلامپور

تعیین عمق بحرانی برای جلوگیری از گردابه آزاد در
سرریز نیلوفری با استفاده از نرم افزار فلو ترییدی
عرفان رضوی، حسن احمدی، حمیدرضا رحیمی

پژوهش‌های نوین مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی،
سال سوم، شماره ۵ و ۶ (پیاپی: ۱۹ و ۲۰)، مرداد و شهریور ۱۳۹۷

صاحب امتیاز و مدیر مسئول:
امیرحسین یوسفی
سر دبیر: میلاد فتاحی
مدیر داخلی: منیژه ملائی

اعضای شورای علمی نشریه:

جناب آقای دکتر محمدعلی ارجمند، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجایی
جناب آقای دکتر شهروز اسدی، دانشگاه شهید بهشتی
جناب آقای دکتر رضا افضل، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
جناب آقای دکتر علی جباری، دانشگاه اراک
سرکارخانم دکتر ساغر جازچی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
جناب آقای دکتر چنگیز دهقانیان، دانشگاه تهران
جناب آقای دکتر نعمت حسینی، دانشگاه شهید بهشتی
سرکارخانم دکتر راحله خادمیان، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
جناب آقای دکتر علی رحمانی، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجایی
سرکارخانم دکتر فائزه رحمانی، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
جناب آقای دکتر قدرت الله رودینی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر محیعلی رهدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر مرتضی ربودار، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر محمدحسین کاظمی، دانشگاه شاهد
جناب آقای دکتر علی فروغی، دانشگاه تبریز
جناب آقای دکتر علی لکی روحانی، دانشگاه زنجان
جناب آقای دکتر سیدحمید هاشمی، دانشگاه اراک

۰۲۱ ۳۳۲۰۲۴۸۷

۰۲۶ ۳۲۷۲۴۷۸۷



۰۲۱ ۴۳۸۵۷۱۲۴

۰۲۶ ۳۲۷۴۷۱۵۸

تهران: افسریه ۱۵ متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج: چهارراه هفت تیر، خیابان لاله ۱، پلاک ۱۴، طبقه همکف

فراخوان پذیرش مقاله

توسعه پرشتاب و گسترده علوم به ویژه در حوزه فنی و مهندسی، انجام اقدامات علمی برای معرفی دستاوردهای علمی را بیش از پیش ضروری کرده است. توسعه پایدار ایران اسلامی، مستلزم ایجاد زیرساخت‌های علمی به ویژه در حوزه علوم مهندسی است. موسسه مدیریت دانش شباک با همکاری اساتید برجسته دانشگاهی با هدف معرفی پژوهش‌های علوم مهندسی و ایجاد فرصتی برای تبادل مطالعات و تجارب در این حوزه، نشریه پژوهش‌های نوین علوم مهندسی را منتشر می‌کند.

تحریریه به منظور انتشار گسترده پژوهش‌های روزآمد از اساتید، صاحب‌نظران، مهندسان، دانشجویان، کارشناسان، پژوهشگران و علاقه‌مندان علوم مهندسی، دعوت می‌کند تا با ارائه مقالات علمی ارزشمند خود، از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.nres.ir ضمن مشارکت فعال به غنای این نشریه کمک نمایند. برای ارسال مقاله به نشریه کافی است تا در وبسایت نشریه ثبت‌نام نموده و با ورود به پنل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید. پس از بررسی اولیه و داوری علمی از طرف تحریریه جهت انتشار مقاله با نویسنده مسئول تماس گرفته می‌شود.

موضوعات نشریه پژوهش نوین علوم مهندسی:

- مهندسی صنایع
- مهندسی عمران
- مهندسی مکانیک
- مهندسی معدن
- مهندسی هوا فضا
- مهندسی مواد و متالورژی
- مهندسی برق و الکترونیک
- مهندسی انرژی و فیزیک
- مهندسی شیمی، نفت و پلیمر
- مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
- مبانی علوم مهندسی
- مدیریت دانش در علوم مهندسی

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	بررسی عملکرد، ارزیابی و بهینه سازی طراحی انواع سقف های سازه ای فولادی و بتنی در برابر اصابت خمپاره ۶۰ علیرضا محمدی، فیاض اسلامی، صابر درویش مسلک
۱۹	بررسی پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی در ساختگاه سد سرمشک امیررضا گرشکی، جعفر رهنما راد
۳۵	طراحی کنترل کننده لغزشی برای یک موتور القایی محمد زمانی
۴۵	برنامه ریزی توسعه خطوط TEP برای شبکه انتقال مجهز به TCSC با توجه به عدم قطعیت تقاضای بار مشترکین و خروجی توربین های بادی WTGs نادر مرتضوی، حسن پنج مینی
۵۷	بررسی تاثیر تعهد سازمانی کارکنان بر یکپارچگی تامین کننده در بنگاه های کوچک و متوسط (مطالعه موردی: شرکت خودروسازی سایپا) محبوبه صادق پور، یوسف غلامپور
۷۱	تعیین عمق بحرانی برای جلوگیری از گردابه آزاد در سرریز نیلوفری با استفاده از نرم افزار فلوتریدی عرفان رضوی، حسن احمدی، حمیدرضا رحیمی

بررسی عملکرد، ارزیابی و بهینه سازی طراحی انواع سقف های سازه ای فولادی و بتنی در برابر اصابت خمپاره ۶۰

علیرضا محمدی^۱، فیاض اسلامی^۲، صابر درویش مسلک^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه دانشگاه خوارزمی تهران

۲- کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل گرایش طراحی دانشگاه جامع امام حسین

۳- کارشناسی مهندسی عمران گرایش عمران دانشگاه علم و فرهنگ

Civil.mohammadi@yahoo.com

چکیده

در سراسر جهان کشورهای مهم همیشه در معرض خطر حملات مخرب زمینی و هوایی از جانب سایر کشورها هستند. لذا اهمیت مهندسی پدافند غیر عامل در ساخت و حفظ سازه های کشور در برابر حملات احتمالی مانند خطر تهدیدات موشکی و خمپاره ها نقش ویژه ای را ایفا میکند. آسیب پذیرترین بخش یک سازه سقف آن است. در این مطالعه به بررسی اثرات مخرب بار انفجار خمپاره ۶۰ میلیمتری بر سقف های سازه ای موجود در دنیا (سقف تیرچه بلوک، سقف تیرچه کرومیت، سقف کامپوزیت، سقف عرشه فولادی، سقف دال بتن آرمه، سقف یوبوت، سقف وافل، سقف پیش تنیده پس کشیده و سیستم قالب تونلی) پرداخته شده است. در این مطالعه پس از مدلسازی توسط نرم افزار آباکوس و بررسی خرابی های موجود مشخص گردید که سقف تیرچه بلوک ضعیف ترین عملکرد را در میان مدل ها را دارد. استفاده از سقف تیرچه کرومیت با توجه به عملکردی قابل قبول توجیه اقتصادی ندارد. سقف های کامپوزیت، عرشه فولادی، دال بتن آرمه، وافل و سیستم قالب تونلی عملکرد خوب و قابل قبول همراه با توجیه اقتصادی از خود نشان دادند. سقف های یوبوت و پیش تنیده عملکردی عالی با توجیه اقتصادی از خود نشان دادند و استفاده از آن ها در سازه های با دهانه های بزرگ و پر اهمیت توصیه میگردد. **واژگان کلیدی:** خمپاره ۶۰ میلیمتری، سقف های بتنی، سقف های فولادی، بار انفجار، نرم افزار آباکوس

۱- مقدمه

به مجموعه اقدامات غیر مسلحانه ای که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب پذیری، تداوم فعالیت های ضروری، ارتقای پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در برابر اقدامات و تهدیدهای نظامی دشمن می شود، پدافند غیرعامل می گویند. یکی از مصادیق بارز و غیر قابل انکار تهدیدها و اقدامات نظامی و انسان ساز، تهدیدها و خسارت های ناشی از پدیده انفجار و آثار اولیه و ثانویه آن است؛ که علاوه بر تهدید نیروی انسانی، دارایی های حیاتی حساس و مهم یک کشور را در معرض خطر قرار می دهد. این موضوع با در نظر گرفتن سیر تحولات جنگ ها و گرایش های بیش از پیش طراحان سناریوهای نظامی به تهدید اعماق سرزمینی و نیروهای غیر نظامی و فعالیت های شهری جدی تر خواهد شد. هدف از پدافند غیرعامل، استمرار فعالیت های اساسی، تأمین نیازهای حیاتی، تداوم خدمت رسانی عمومی و تسهیل اداره کشور در شرایط تهدید و بحران تجاوز خارجی و حفظ بنیه دفاعی علی رغم حملات خصمانه و مخرب دشمن است. انجام اقدامات پدافند غیرعامل در جنگ های نامتقارن امروزی در جهت مقابله با تهاجمات خصمانه و تقلیل خسارت ناشی از حملات مختلف بوده است.

۲- بیان مسئله تحقیق

در مطالعه حاضر مکانیزم بارگذاری انفجاری خمپاره ۶۰ و مقادیر موجود TNT محاسبه و نحوه اصابت آن به سقف های پرکاربرد و موجود کشور و دنیا مدلسازی گردیده است. سقف مورد نظر توسط نرم افزار ABAQUS با تمامی جزئیات

مدلسازی شده، امان های پوسته ای مورد نظر تعریف گردیده، مشخصات مکانیکی مصالح مورد نظر (مدول الاستیسیته فولاد و بتن، ضرایب پواسون، ضرایب حرارتی و ...) معرفی شده، شرایط مرزی جزئیات سقف ها تعیین گردیده و اثر اصابت بار خمپاره ۶۰ بر سازه سقف در دهانه ۶ متر تحلیل گردیده است. مبنای تحلیل و طراحی در این مطالعه بر اساس آن است که اولاً سازه سقف در اثر اصابت بار خمپاره ۶۰ پایداری و ایمنی خود را از دست ندهد، یعنی به سرویس پذیری خود ادامه دهد. ثانیاً سازه از نظر اقتصادی توجیه پذیر و بهینه باشد. ثالثاً نتایج مطالعه حاضر میتواند ملاک طراحی و اجرای سازه هایی باشد که در مناطق حساس و مهم کشور در معرض این حملات هستند. سقف های مورد بررسی در مطالعه حاضر عبارتند از: سقف تیرچه بلوک، سقف تیرچه کرومیت، سقف کامپوزیت، سقف عرشه فولادی، سقف دال بتن آرمه، سقف یوبوت، سقف وافل، سقف پیش تنیده پس کشیده و سیستم قالب تونلی.

۳- فرضیات تحقیق و محدودیت ها

فرضیات و محدودیت های مطالعه حاضر به شرح ذیل میباشند:

- ۱- در این مطالعه فرض شده است که مصالح کاملاً مطابق مدل رفتاری موهر- کلمب رفتار نماید و سپس وارد محدوده پلاستیک شوند.
- ۲- فولاد مصرفی از نوع St-37 می باشد.
- ۳- میلگرد مصرفی از نوع آج دار A3 می باشد.
- ۴- مقاومت مشخصه بتن مصرفی ۳۰، ۳۵ و ۴۰ مگاپاسکال می باشد. لازم به ذکر است برای بتن های رده C20 و بالاتر تعیین نسبت های بهینه اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی بر اساس دوام صورت گیرد.

۴- بررسی روابط حاکم بر مدلسازی بار انفجار [۱]

رابطه تعادل سازه تحت بارگذاری انفجاری عبارت است از:

$$f_{ext} = Mq''(t) + Cq'(t) + f_{int} \quad (۱)$$

$$f_{int} = Kq(t) \quad (۲)$$

که در آنها به ترتیب $q(t)$ ، $q'(t)$ و $q''(t)$ (بردارهای شتاب، سرعت و جابجایی هستند. K و C ، به ترتیب ماتریس های جرم، میرایی و سختی سیستم هستند.

f_{ext} و f_{int} به ترتیب بردارهای نیروهای مقاوم داخلی و نیروهای خارجی اعمال شده هستند.

نیروهای داخلی در برگیرنده روابط غیر هندسی و مواد هستند که باید در هر بازه زمانی اصلاح شوند. برخلاف الگوریتم ضمنی که در آن برای به دست آوردن مقدار جابجایی در زمان آینده نیاز به معکوس نمودن ماتریس سختی است. روش صریح ازقانون تعادل و رابطه (۱) برای محاسبه جابجایی، سرعت و شتاب استفاده میکند که باعث کاهش مدت زمان لازم برای حل مسأله خواهد شد. به این ترتیب در یک مدل اجزای محدود میتوان برای به دست آوردن بردارهای شتاب، سرعت و جابجایی، تعداد درجات آزادی و در نتیجه تعداد تقسیمات فضای مورد مطالعه را افزایش داد [۶]. به عبارت دیگر، در مدت زمان کمتر، تحلیل دینامیکی را با دقت بیشتری انجام داد. یکی از بهترین روش هایی که در برنامه های اجزای محدود در حل مسأله به کار گرفته میشود، روش تفاضل مرکزی است که در آن مطابق روابط (۳) و (۴) بردارهای شتاب و سرعت به دست می آیند [۱]:

$$q(t) = \frac{1}{\Delta t} (q(t + \frac{\Delta t}{2}) - q(t - \frac{\Delta t}{2})) \quad (۳)$$

$$\dot{q}(t) = \frac{1}{\Delta t} (q(t + \frac{\Delta t}{2}) - q(t - \frac{\Delta t}{2})) \quad (۴)$$

در الگوریتم های صریح برای بازه زمانی، محدودیت وجود دارد؛ به طوری که این بازه زمانی بحرانی به فرکانس بیشینه مدل اجزای محدود (کوچکترین عضو) وابسته است و در روش تفاضل مرکزی بازه زمانی باید مطابق رابطه (۵) باشد:

$$\Delta t_{critical} \leq \frac{2}{\omega_{max}} \quad (5)$$

در این رابطه ω_{max} فرکانس بیشینه مدل اجزای محدود است. با جایگذاری معادلات (۳) و (۴) در رابطه (۱) و در نظر گرفتن $C = cM$ ، در رابطه (۶) برای حل صریح رابطه حرکت سیستم به دست می آید [۶].

$$q_i \left(t + \frac{\Delta t}{2} \right) = \frac{2 - c(t)\Delta t}{2 + c(t)\Delta t} q_i \left(t - \frac{\Delta t}{2} \right) + \frac{2\Delta t}{m_{ii}(2 + c(t)\Delta t)} (f_{exti}(t) - f_{inti}(t)) \quad (6)$$

در رابطه بالا، $f_{int_i}(t)$ نیروی داخلی و $f_{ext_i}(t)$ نیروی اعمالی خارجی در لحظه t بر درجه آزادی i است. بزرگترین مقدار ویژه یک ماتریس همواره از هر ترم ماتریس کوچکتر است:

$$\omega_i \leq \frac{1}{m_{ii}} \sum_{j=1}^N |k_{ij}| \quad (7)$$

با جایگزینی رابطه (۵) در رابطه (۷)، رابطه (۸) بدست می آید:

$$\omega_i \geq \frac{1}{4} \Delta t^2 \sum_{j=1}^N |k_{ij}| \quad (8)$$

ضریب میرایی در رابطه (۶) را میتوان از رابطه (۹) بدست آورد [۱]:

$$v = 1 = \frac{2}{\omega_0} \quad (9)$$

در این رابطه v و ω_0 ، C به ترتیب کوچکترین فرکانس ویژه سیستم، ضریب میرایی و کاهش میرایی هستند. کوچکترین فرکانس اصلی سیستم اجزای محدود را میتوان از تقریب خارج قسمت رایلی به دست آورد [۵].

$$\omega_0 \leq \frac{q(t) K q(t)}{q(t) M q(t)} \quad (10)$$

با در نظر گرفتن روابط (۹) و (۱۰)، رابطه (۱۱) برای ضریب میرایی در لحظه t به دست می آید:

$$c(t) = 2. \sqrt{\frac{q(t) K q(t)}{q(t) M q(t)}} \quad (11)$$

۵- مشخصات مدل های مورد مطالعه

۱. ابعاد سقف ها ۶ متر در ۶ متر به مساحت ۳۶ متر مربع میباشد.
۲. نوع و مقدار ماده منفجره موجود در خمپاره TNT و به میزان ۳۰۰ گرم میباشد [۷].
۳. محل فرود خمپاره بر روی سقف در نظر گرفته شده است.
۴. بار زنده سقف به عنوان سازه مسکونی ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است [۳].
۵. میلگردهای مورد استفاده از نوع A3 آجدار هستند [۲].

۶. مقاومت مشخصه کلیه مدل‌ها ۴۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- مشخصات مدل‌های مورد مطالعه

مدل سقف	ضخامت سقف (mm)	ضخامت بتن (mm)	قطر میلگرد (mm)	ارتفاع تیرچه IPE یا (mm)	توضیحات
تیرچه بلوک	۳۵۰	۱۰۰	۲۰	۲۵۰	۱- روی تیرچه‌ها یک لایه مش آرماتور نمره ۲۰ آجدار به فواصل ۱۰۰ میلیمتری در نظر گرفته شده است. ۲- قالب از جنس یونولیت فشرده است. ۳- ژوئن به فواصل ۲۰۰۰ میلیمتری با دو عدد میلگرد نمره ۲۰ در نظر گرفته شده است. ۴- میلگردهای مورد استفاده در تیرچه ۳ عدد میلگرد نمره ۱۸ در قسمت تحتانی و ۱ میلگرد نمره ۱۸ میلیمتری در قسمت فوقانی وجود دارد. ۵- فاصله محور تا محور تیرچه‌های دابل سقف ۵۰۰ میلیمتر است.
تیرچه کرومیت	۳۵۰	۱۰۰	۲۰	۲۵۰	۱- روی تیرچه‌ها یک لایه مش آرماتور نمره ۲۰ آجدار به فواصل ۱۰۰ میلیمتری در نظر گرفته شده است. ۲- قالب از جنس یونولیت فشرده است. ۳- ژوئن به فواصل ۲۰۰۰ میلیمتری با دو عدد میلگرد نمره ۲۰ در نظر گرفته شده است. ۴- نبشی ۴۰ در ۸ میلیمتر در قسمت فوقانی و ضخامت ورق تحتانی به همراه یک میلگرد تقویت نمره ۱۸ در نظر گرفته شده است. ۵- فاصله محورتامحور تیرچه دابل ۵۰۰ میلیمتر
کامپوزیت	۳۲۰	۱۰۰	۲۰	۲۲۰	۱- شبکه میلگردهای مورد استفاده با قطر ۲۰ میلیمتر و به فواصل ۱۵۰ میلیمتر هستند. ۲- فواصل تیرهای فرعی ۱۲۰۰ میلیمتر میباشد.
عرشه فولادی	۴۰۰	۱۰۰	۲۰	۲۲۰	۱- شبکه میلگردهای مورد استفاده با قطر ۲۰ میلیمتر و به فواصل ۱۰۰ میلیمتر هستند. ۲- فواصل تیرهای فرعی ۱۲۰۰ میلیمتر میباشد. ۳- ارتفاع قالب ۷۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. ۴- زاویه قالب با راستای افق ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است.
دال بتن آرمه	۲۰۰	۱۴۰	۲۰	-----	شبکه میلگردهای مورد استفاده با قطر ۲۰ میلیمتر و به فواصل ۱۵۰ میلیمتر هستند.
وافل	۳۰۰	۱۰۰	۲۰	-----	۱- شبکه میلگردهای مورد استفاده فوقانی و تحتانی با قطر ۲۰ میلیمتر و به فواصل ۱۰۰ میلیمتر هستند. ۲- قالب به صورت مکعب مستطیل به ضلع ۸۰ و ارتفاع ۱۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. ۳- فاصله قالب‌ها از یکدیگر ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است.

۱- شبکه میلگردهای مورد استفاده فوقانی و تحتانی با قطر ۲۰ میلیمتر و به فواصل ۱۰۰ میلیمتر هستند. ۲- قالب به صورت مکعب مربعی به ضلع ۱۶۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. ۳- فاصله قالب ها از یکدیگر ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است.	یوبوت	۳۰۰	۱۰۰	۲۰	-----
۱- تنش تسلیم کابل ها ۱۸۲۴ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. ۲- قطر کابل ها ۱۵,۲۴ میلیمتر در دو جهت به فواصل ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است. ۳- میزان کشش کابل ها ۳۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است.	پیش تنیده	۲۰۰	۲۰۰	۱۵,۲۴	-----
۲ شبکه میلگرد در سقف به قطر ۲۰ و در دیوار ۲۲ میلیمتر به فواصل ۱۰۰ میلیمتر است.	قالب تونلی	۲۰۰	۱۲۰	۲۰-۲۲	-----

در این قسمت به خواص بتن پرداخته شده است. به طوری که چگالی آن ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ، ضریب پواسون ۰,۲ و مدول یانگ آن ۲۹۷۲۵ مگاپاسکال فرض شده است [۴].

جدول ۲- مشخصات محدوده پلاستیک بتن

Dilatio Angle (زاویه اتساع)	Eccentricity (خروج از مرکزیت)	fb0/fc0	K (ضریب شکل)	Viscosity parameter (پارامتر ویسکوزیته)
۳۰	۰,۱	۱,۱۶	۰,۶۶۷	۰,۰۰۱

جدول ۳- مقادیر تنش تسلیم و کرنش غیر الاستیک بتن

Yield Stress(Mpa)	Inelastic Strain(mm)
۱۷,۵۷	۰
۱۹,۰۲۸۳۳۳۳۳	۰,۰۰۰۰۰۴
۲۰,۲۵۳۳۳۳۳۳	۰,۰۰۰۰۱۶
۲۱,۴۳۱۶۶۶۶۷	۰,۰۰۰۰۲۹
۲۵,۶۰۸۳۳۳۳۳	۰,۰۰۰۰۹۹
۲۷,۳۸۱۶۶۶۶۷	۰,۰۰۰۱۴۳
۳۵	۰,۰۰۰۹۰۵
۳۱,۸۷۳۳۳۳۳۳	۰,۰۰۱۵۰۲
۲۰,۶۶۱۶۶۶۶۷	۰,۰۰۲۳۵۳
۱۷,۳۱۳۳۳۳۳۳	۰,۰۰۲۵۵۸
۹,۴۵	۰,۰۰۳۰۰۴

جدول ۴- مقادیر تنش تسلیم و کرنش ترک خوردگی بتن

Yield Stress(Mpa)	Cracking Strain(mm)
۳,۸۳۸۳۳۳۳۳	۰
۲,۶۸۳۳۳۳۳۳	۰,۰۰۰۰۵
۱,۱۱۵	۰,۰۰۰۲
۰,۰۲۳۳۳۳۳۳	۰,۰۰۱

جدول ۵- مقادیر خرابی کششی و کرنش ترک خوردگی بتن

Damage Parameter	Cracking Strain(mm)
۰	۰
۰,۱۰۹۸۴۳۰۸۴	۰,۰۰۰۰۵
۰,۳۸۰۶۹۸۶۴۳	۰,۰۰۰۲
۰,۹۵	۰,۰۰۱

جدول ۶- مقادیر خرابی فشاری و کرنش غیر الاستیک بتن

Damage Parameter	Inelastic Strain(mm)
۰	۰
۰,۰۰۱۲۸۹۴۲۵	۰,۰۰۰۰۰۴
۰,۰۰۴۷۰۵۱۳۶	۰,۰۰۰۰۱۶
۰,۰۰۸۶۱۳۳۴۵	۰,۰۰۰۰۲۹
۰,۰۲۹۰۸۵۶۶۳	۰,۰۰۰۰۹۹
۰,۰۴۲۱۶۲۳۳	۰,۰۰۰۱۴۳
۰,۲۶۴۸۴۶۷۵	۰,۰۰۰۹۰۵
۰,۴۳۷۳۷۱۰۰۶	۰,۰۰۱۵۰۲
۰,۶۷۹۷۱۸۹۰۳	۰,۰۰۲۳۵۳
۰,۷۳۷۴۲۴۳۲۲	۰,۰۰۲۵۵۸
۰,۸۶۲۳۳۴۷۸۲	۰,۰۰۳۰۰۴

در این قسمت به خواص آرماتور فولادی پرداخته شده است. به طوری که چگالی آن ۷۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ضریب پواسون ۰,۳ و مدول یانگ $۲,۰۵ \times ۱۰^۵$ مگاپاسکال فرض شده است [۲].

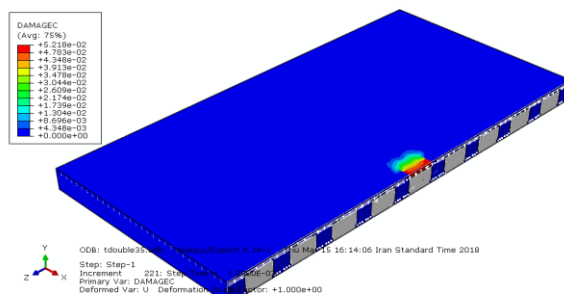
جدول ۷- مقادیر محدوده پلاستیک میلگردها

Yield Stress(Mpa)	Plastic Strain(mm)
۳۰۰	۰
۳۱۰	۰,۰۱
۳۵۰	۰,۱
۴۰۰	۰,۵

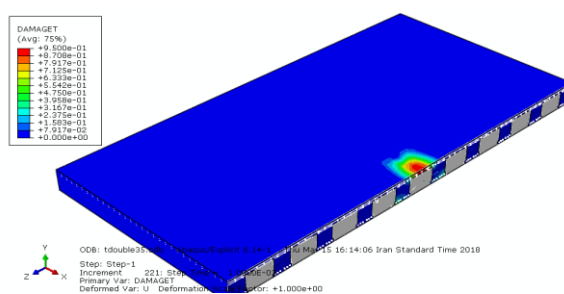
۶- کانتور مدل های مورد مطالعه

در این قسمت کانتورهای خرابی کششی و فشاری، تنش، تغییر مکان و کرنش پلاستیک نشان داده شده است.

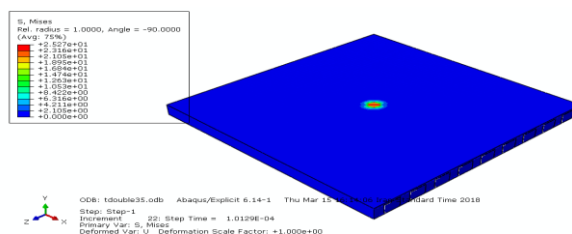
۶-۱- کانتورهای مدل سقف تیرچه بلوک



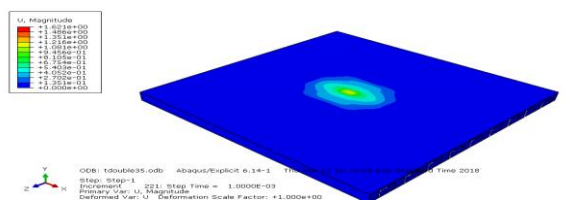
شکل ۱ - کانتور خرابی فشاری سقف تیرچه بلوک



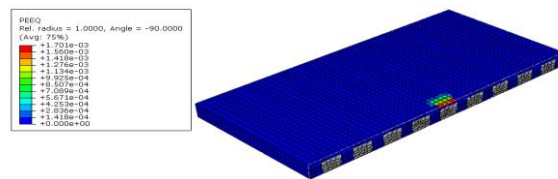
شکل ۲ - کانتور خرابی کششی سقف تیرچه بلوک



شکل ۳ - کانتور تنش سقف تیرچه بلوک



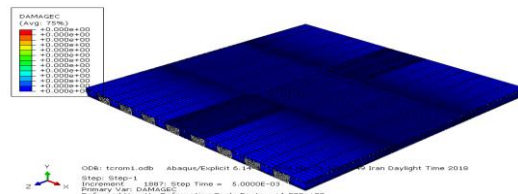
شکل ۴ - کانتور تغییرمکان سقف تیرچه بلوک



ODB: tdouble35.odb Abaqus/Explicit 6.14-1 Thu Mar 15 16:14:06 Iran Standard Time 2018
Step: Step-1
Increment: 221; Step Time = 1.0000E-03
Primary Var: PEEQ
Deformed Var: U; Deformation Scale Factor: +1.000e+00

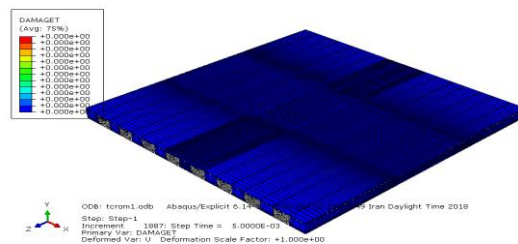
شکل ۵ - کانتور کرنش پلاستیک سقف تیرچه بلوک

۶-۲- کانتورهای مدل سقف تیرچه کرومیت



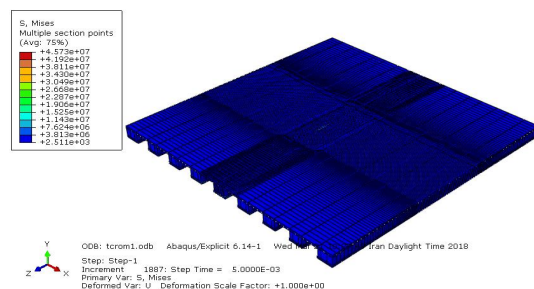
ODB: tcrom1.odb Abaqus/Explicit 6.14-1 Wed Mar 14 16:02:03 Iran Daylight Time 2018
Step: Step-1
Increment: 1887; Step Time = 5.0000E-03
Primary Var: DAMAGE
Deformed Var: U; Deformation Scale Factor: +1.000e+00

شکل ۶ - کانتور خرابی فشاری سقف تیرچه کرومیت



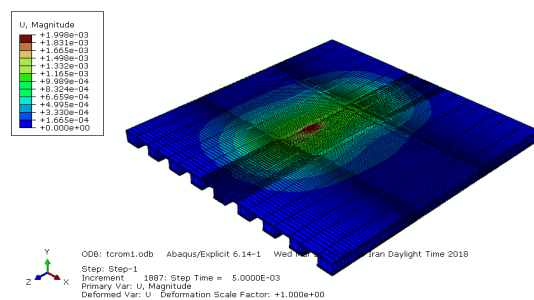
ODB: tcrom1.odb Abaqus/Explicit 6.14-1 Wed Mar 14 16:02:03 Iran Daylight Time 2018
Step: Step-1
Increment: 1887; Step Time = 5.0000E-03
Primary Var: DAMAGE
Deformed Var: U; Deformation Scale Factor: +1.000e+00

شکل ۷ - کانتور خرابی کششی سقف تیرچه کرومیت



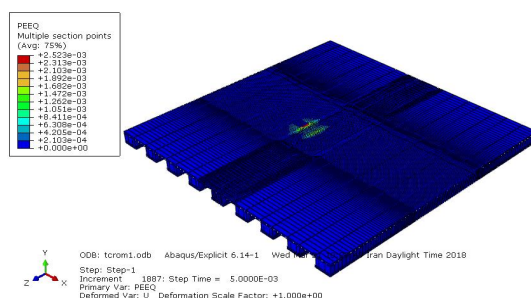
ODB: tcrom1.odb Abaqus/Explicit 6.14-1 Wed Mar 14 16:02:03 Iran Daylight Time 2018
Step: Step-1
Increment: 1887; Step Time = 5.0000E-03
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U; Deformation Scale Factor: +1.000e+00

شکل ۸ - کانتور تنش سقف تیرچه کرومیت



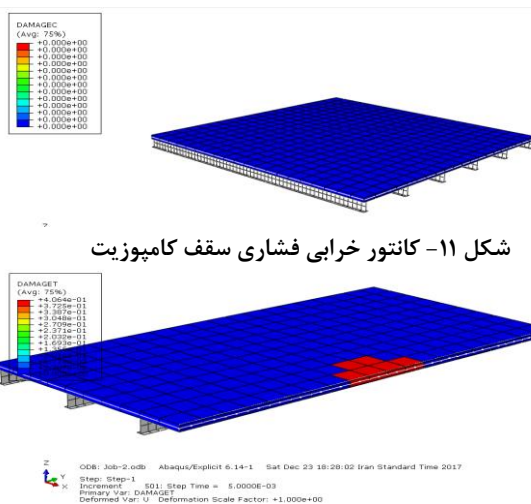
ODB: tcrom1.odb Abaqus/Explicit 6.14-1 Wed Mar 14 16:02:03 Iran Daylight Time 2018
Step: Step-1
Increment: 1887; Step Time = 5.0000E-03
Primary Var: U, Magnitude
Deformed Var: U; Deformation Scale Factor: +1.000e+00

شکل ۹- کانتور تغییر مکان سقف تیرچه کرومیت



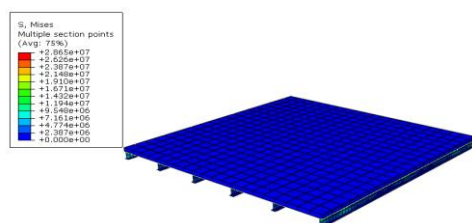
شکل ۱۰- کانتور کرنش پلاستیک سقف تیرچه کرومیت

۳-۶- کانتورهای مدل سقف کامپوزیت

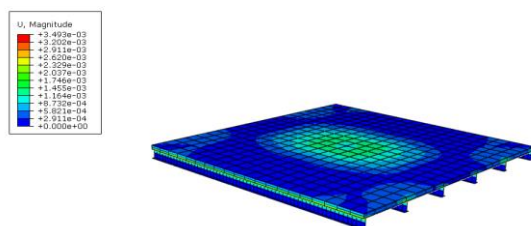


شکل ۱۱- کانتور خرابی فشاری سقف کامپوزیت

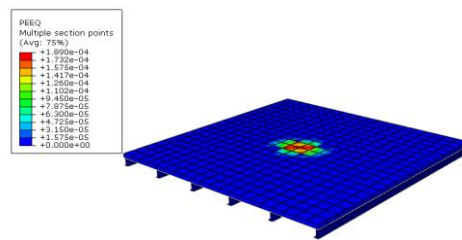
شکل ۱۲- کانتور خرابی کششی سقف کامپوزیت



شکل ۱۳- کانتور تنش سقف کامپوزیت

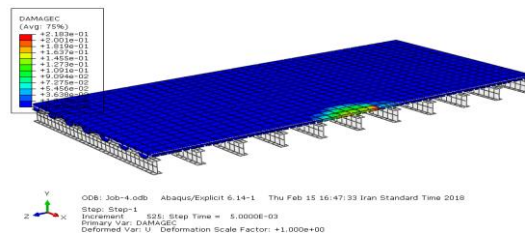


شکل ۱۴- کانتور تغییر مکان سقف کامپوزیت

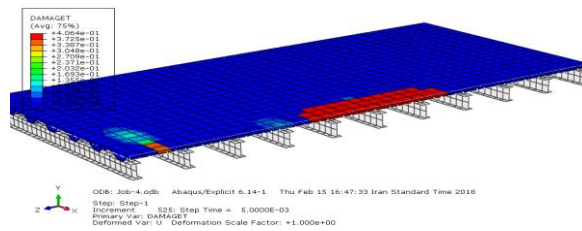


شکل ۱۵- کانتور کرنش پلاستیک سقف کامپوزیت

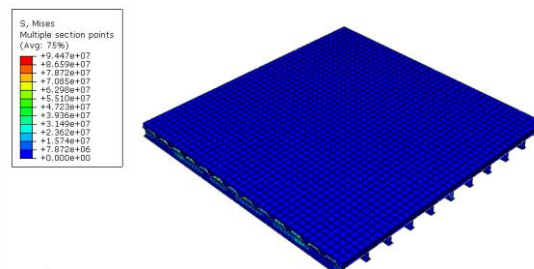
۴-۶- کانتورهای مدل سقف عرشه فولادی



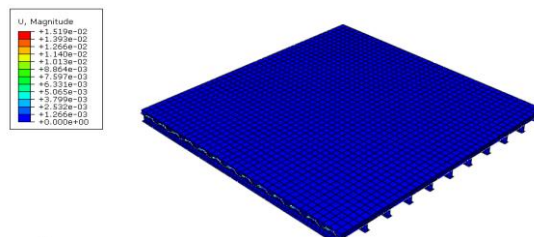
شکل ۱۶- کانتور خرابی فشاری سقف عرشه فولادی



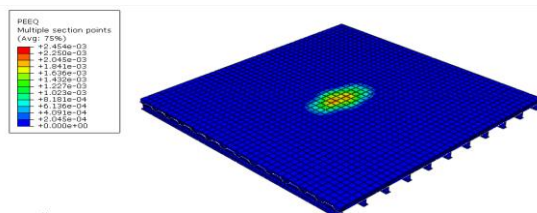
شکل ۱۷- کانتور خرابی کششی سقف عرشه فولادی



شکل ۱۸- کانتور تنش سقف عرشه فولادی

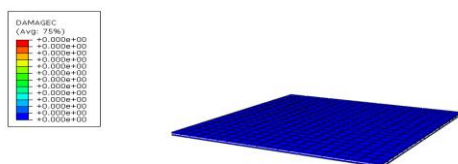


شکل ۱۹- کانتور تغییر مکان سقف عرشه فولادی

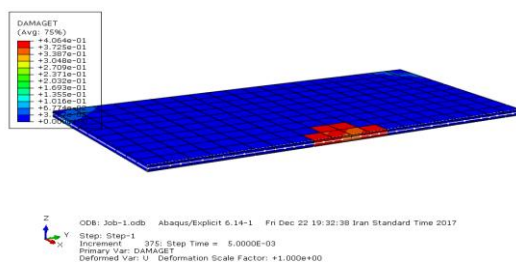


شکل ۲۰- کانتور کرنش پلاستیک سقف عرشه فولادی

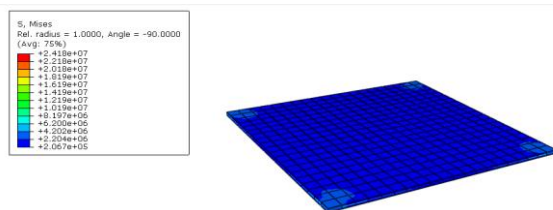
۵-۶- کانتورهای مدل سقف دال بتن آرمه



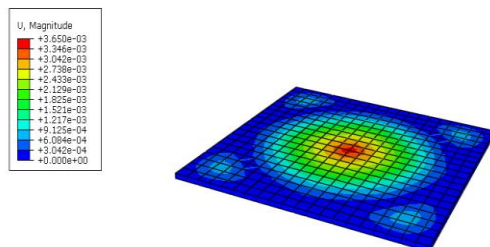
شکل ۲۱- کانتور خرابی فشاری سقف دال بتن آرمه



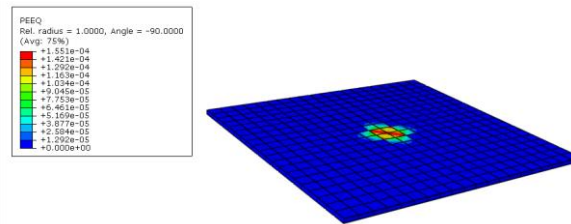
شکل ۲۲- کانتور خرابی کششی سقف دال بتن آرمه



شکل ۲۳- کانتور تنش سقف دال بتن آرمه

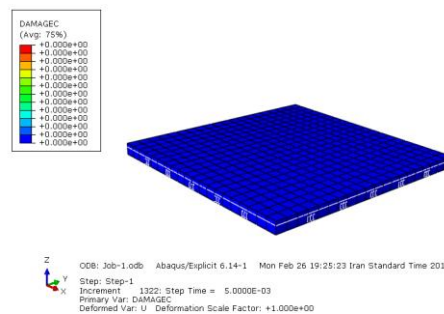


شکل ۲۴- کانتور تغییر مکان سقف دال بتن آرمه

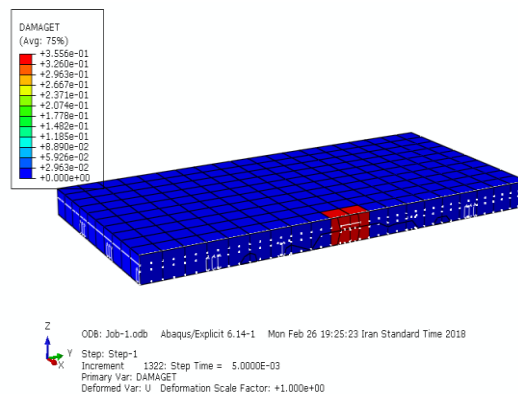


شکل ۲۵- کانتور کرنش پلاستیک سقف دال بتن آرمه

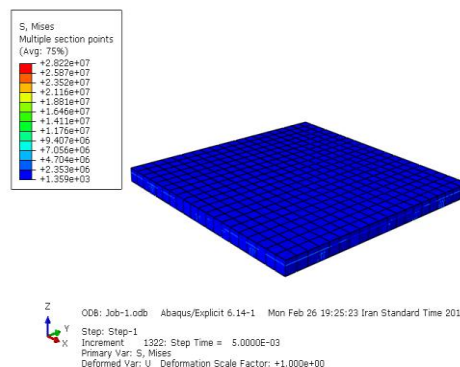
۶-۶- کانتورهای مدل سقف وافل



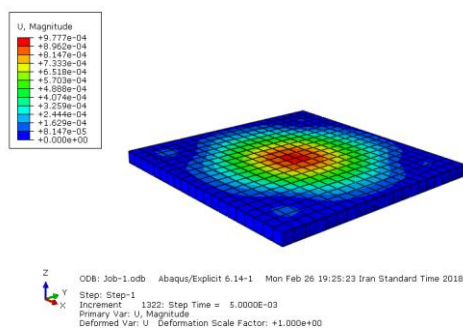
شکل ۲۶- کانتور خرابی فشاری سقف وافل



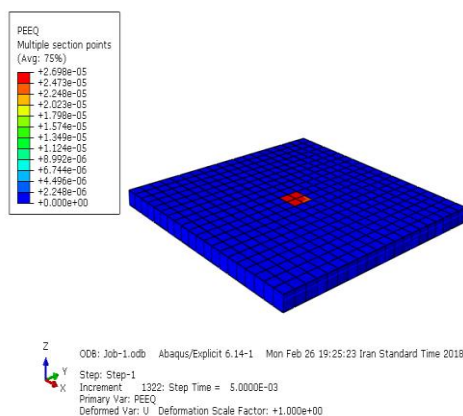
شکل ۲۷- کانتور خرابی کششی سقف وافل



شکل ۲۸- کانتور تنش سقف وافل

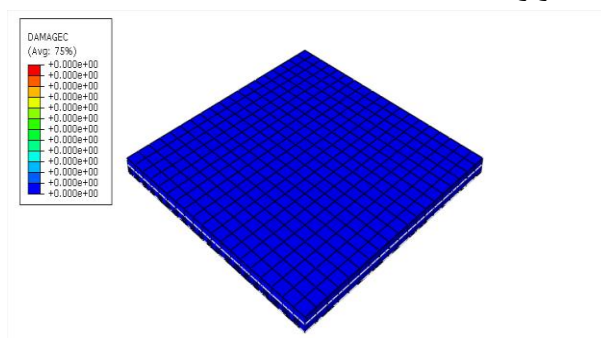


شکل ۲۹- کانتور تغییر مکان سقف وافل

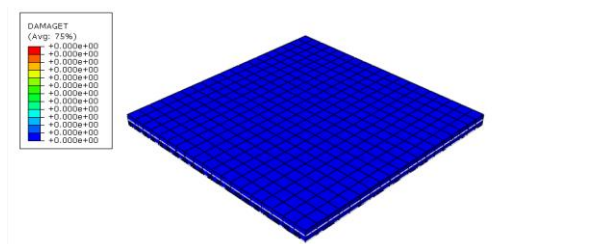


شکل ۳۰- کانتور کرنش پلاستیک سقف وافل

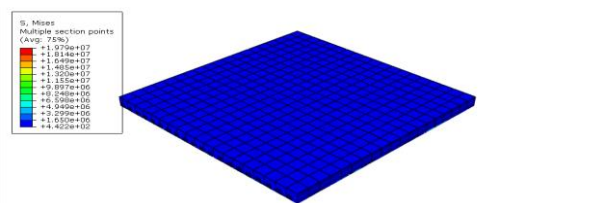
۶-۷- کانتورهای مدل سقف یوبوت



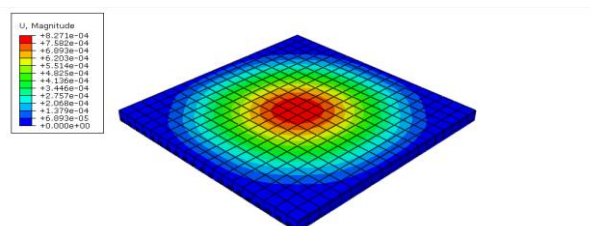
شکل ۳۱- کانتور خرابی فشاری سقف یوبوت



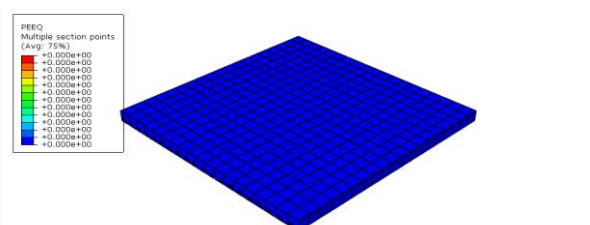
شکل ۳۲- کانتور خرابی کششی سقف یوبوت



شکل ۳۳- کانتور تنش سقف یوبوت

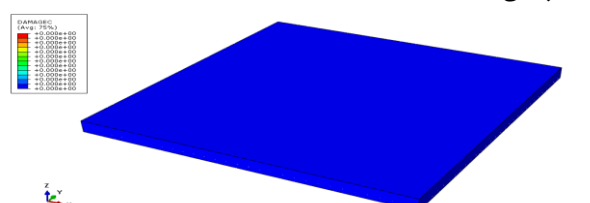


شکل ۳۴- کانتور تغییر مکان سقف یوبوت

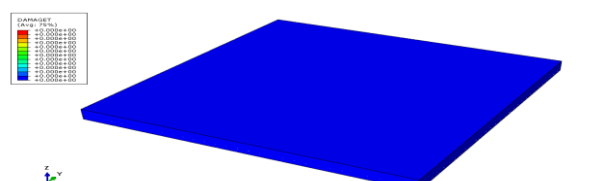


شکل ۳۵- کانتور کرنش پلاستیک سقف یوبوت

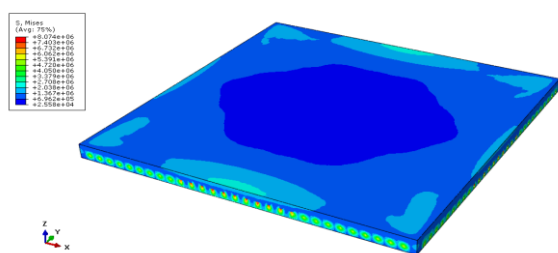
۸-۶- کانتورهای مدل سقف پیش تنیده



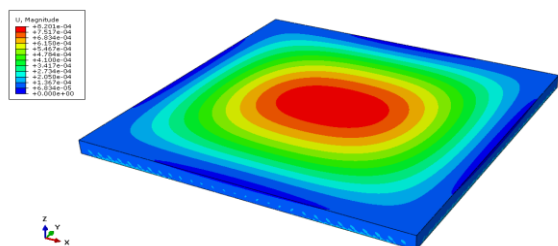
شکل ۳۶- کانتور خرابی فشاری سقف پیش تنیده



شکل ۳۷- کانتور خرابی کششی سقف پیش تنیده

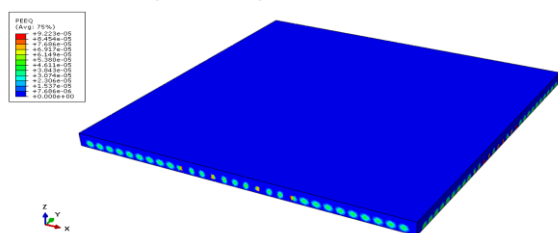


شکل ۳۸- کانتور تنش سقف پیش تنیده



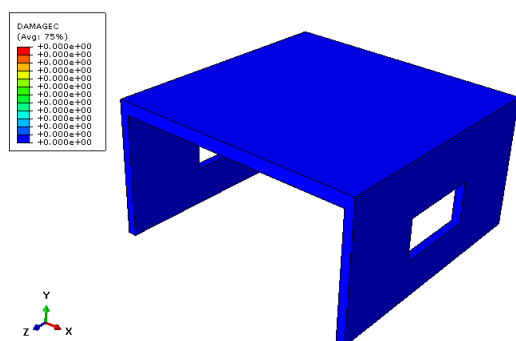
(۱)

شکل ۳۹- کانتور تغییرمکان سقف پیش تنیده

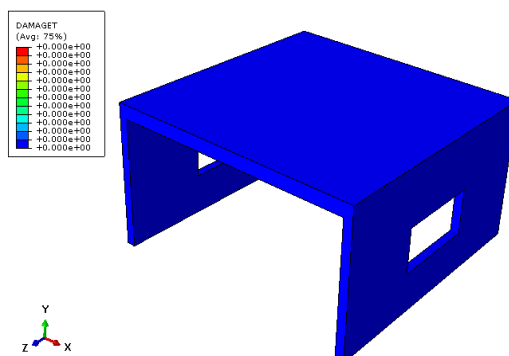


شکل ۴۰- کانتور کرنش پلاستیک سقف پیش تنیده

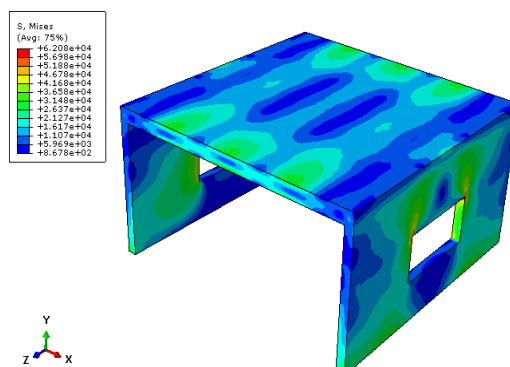
۹-۶- کانتورهای مدل سقف قالب تونلی



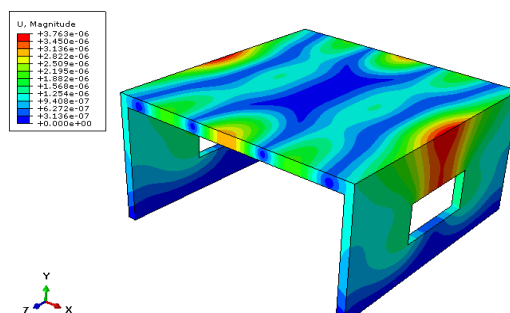
شکل ۴۱- کانتور خرابی فشاری سقف قالب تونلی



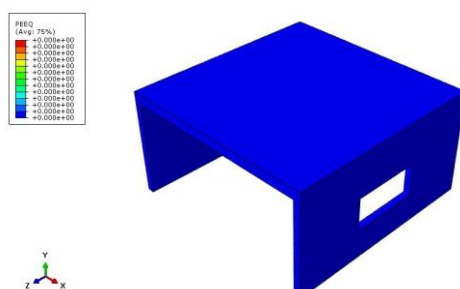
شکل ۴۲- کانتور خرابی کششی سقف قالب تونلی



شکل ۴۳- کانتور تنش سقف قالب تونلی



شکل ۴۴- کانتور تغییر مکان سقف قالب تونلی



شکل ۴۵- کانتور کرنش پلاستیک سقف قالب تونلی

۷- نتیجه گیری

در این مطالعه پس از مدلسازی توسط نرم افزار آباکوس و بررسی خرابی های موجود مشخص گردید که سقف تیرچه بلوک ضعیف ترین عملکرد را در میان مدل ها را دارد. استفاده از سقف تیرچه کرومیت با توجه به عملکردی قابل قبول توجیه اقتصادی ندارد. سقف های کامپوزیت، عرشه فولادی، دال بتن آرمه، وافل و سیستم قالب تونلی عملکرد خوب و قابل قبول همراه با توجیه اقتصادی از خود نشان دادند. سقف های یوبوت و پیش تنیده عملکردی عالی با توجیه اقتصادی از خود نشان دادند و استفاده از آن ها در سازه های با دهانه های بزرگ و پر اهمیت توصیه می گردد.

مراجع

- ۱- بحیرایی، محمد. (۱۳۹۴)، "بررسی روش آنالیز دینامیکی با رویکرد صریح در بارگذاری های شدید (مطالعه موردی بر روی سه نمونه دال بتنی)"، مجله علوم و مهندسی زلزله، سال دوم، شماره اول.
- ۲- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (سازه های فولادی)، سال ۱۳۹۲.
- ۳- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان)، سال ۱۳۹۲.
- ۴- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (سازه های بتن آرمه)، سال ۱۳۹۲.
5. Rong, B.D. and Xian, L.J. (2009). Numerical Simulation of Bridge Damage under Blast Loads. *Transactions on Computers*; 8; p. 1564-1574.
6. Van der meer, L.J. (2008). Dynamic Response of HighRise Building Structures to Blast Loading. Research report; Eindhoven University of Technology; A-2008.3, O-2008.8
7. 60mm mortar bombs NATO STANDARD ENG.

بررسی پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی در ساختگاه سد سرمشک

امیررضا گرشکی^۱، جعفر رهنما راد^۲

دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان
Argereshki@gmail.com

دانشیار و عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان
Jrahnama2003@gmail.com

چکیده

پارامترهای زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی نقش بسیار مهمی در طراحی و نحوه اجرای سدها خواهد داشت. نقش فاکتورهای طبیعی هیچکدام مهمتر از فاکتور زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی نمی باشد. این بدین منظور نیست که فقط باید خصوصیات سازند را بدست آورد، اما مواد و مصالح در دسترس نسبت به دیگر مصالح از اهمیت بسزایی برخوردار است. مثالهای بسیار زیادی را میتوان مطرح نمود که عدم توجه دقیق به شرایط و وضعیت زمین شناسی ساختگاه برای ساختن آن سد مشکلات فراوانی به همراه هزینه های سرسام آور برای احداث آن متقبل شده است. محل ساختگاه سد سرمشک در جنوب استان کرمان و حدود ۲۵ کیلومتری شرق شهر رابر و ۴۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان بافت و در بر روی رودخانه سرمشک و از سرشاخه های رودخانه هلیل رود قرار دارد. در این ساختگاه با توجه به گمانه های حفاری شده خصوصیات ژئومکانیکی و ژئوتکنیکی ساختگاه را استخراج نموده و با استفاده از وضعیت زمین شناسی مهندسی در ساختگاه سد به طبقه بندی توده سنگی براساس RMR، Q و GSI پرداخته شده است که نتایج حاصل از این مطالعه نشان میدهد در محدوده محور و تکیه گاههای سد سرمشک، شاخص کیفی توده سنگ در رده خیلی خوب تا عالی بوده و با افزایش عمق شاخص کیفی توده سنگ افزایش می یابد که این خود نشان دهنده کیفیت قابل قبول توده سنگ در محدوده محور سد می باشد و از طرفی نتایج بدست آمده از نشان دهنده وضعیت کیفی مناسب در ساختگاه سد بوده است.

واژگان کلیدی: زمین شناسی مهندسی، پارامترهای ژئومکانیکی، ساختگاه سد، خصوصیات ژئوتکنیکی

۱-مقدمه

امروزه با توجه به رشد سریع جمعیت و پیشرفت چشمگیر صنایع، نیاز به منابع آب بیش از پیش احساس می شود. از طرفی کشور ما در منطقه گرم و نیمه خشک واقع شده است که بارندگی در آن از میانگین جهانی کمتر است و در بیشتر نقاط کشورمان بارندگی به صورت فصلی بوده و در صورت مهار نشدن به صورت آب های جاری و سیلاب هدر خواهد رفت. منابع آب زیرزمینی نیز محدود می باشند و در صورت استفاده بی رویه، از بین خواهند رفت. بنابراین نیاز به کنترل نزولات جوی و مهار آن امری لازم و ضروری می باشد.

سدها سازه هایی هستند که برای به تله انداختن و محصور نمودن آب احداث می شوند و برای مقاصد مختلفی چون ذخیره کردن آب برای مصارف شهری، کشاورزی، تولید نیروی الکتریسیته، مقابله با سیل و ... استفاده می گردند (معماریان، ۱۳۷۴). یکی از مسائل مهم در ارتباط با سدها انتخاب محل مناسب می باشد زیرا شرایط مناسب و خوب پی از نیازهای اساسی در سد سازی می باشد محل سدها بایستی به لحاظ پایداری در مقابل لغزندگی، نشست، تغییر شکل، نفوذ و نشست و فشار بالا دهنده (فشار تحتانی) مورد بررسی قرار گیرند که در این رابطه آب زیر زمینی و میزان نشست از مهمترین مسائل در پایداری سدها می باشد (کیوانی، ۱۳۶۹). فرار بیش از حد آب از خلال شکافها و حفرات موجود در سنگ ها و یا خاکریز بدنه سدها و یا سنگ ها و

¹Uplift

رسوبات زیر آن باعث کاهش ظرفیت مخزن می‌شود. آمار نشان می‌دهد که جریان نشت در زیر پی سدها باعث ۲۵ درصد خرابی‌ها در همه انواع سدها و ۳۰ درصد خرابی‌ها در سدهای خاکی بوده است (کیوانی، ۱۳۶۹).

برای شناسایی بهتر شرایط زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی و تعیین میزان و چگونگی نشت آب از ساختگاه سد و راه‌کارهای مقابله با آن، آزمایش‌های فشار آب و تزریق آزمایشی دوغاب در گمانه‌های اولیه حفاری شده انجام می‌گیرد. برای این منظور تعیین هندسه درزه‌ها و ناپیوستگی‌ها، جهت و وضعیت بازشدگی درزه‌ها حائز اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. با توجه به داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها و در نظر گرفتن ویژگی‌های مغزه حفاری می‌توان رفتار هیدرولیکی سنگ‌ها را تفسیر نمود و جزئیات مناسب عملیات تزریق دوغاب برای ایجاد پرده آب‌بند را ارائه نمود. (Houlsby, 1976)

مطالعات زیادی توسط محققین مختلف بر روی نفوذپذیری توده‌های سنگی و درزه‌های موجود در سنگ در ساختگاه‌های سدهای مختلف انجام شده است، از آن جمله می‌توان مطالعات Snow (۱۹۸۸) اشاره کرده همچنین Kutzner (۱۹۹۶) و Priest (۱۹۹۳) به بررسی شرایط زمین برای آب بندی پی سد از نظر وضعیت و آرایش پرده آب‌بند با توجه به خصوصیات زمین شناسی ساختگاه پرداخته است. Witherspoon و همکاران (۱۹۸۰) به بررسی مفهوم بازشدگی هیدرولیکی درزه‌ها پرداخته اند که این مطالعات توسط lee و همکاران (۱۹۹۵)، Barton و Quadros (۱۹۹۷)، Priest (۱۹۹۳)، Wei و همکاران (۲۰۰۱) و Park و همکاران (۲۰۰۲) دنبال شده است. همچنین محققین زیادی به بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه سدها و تاثیر آن بر آبگذری پرداخته‌اند که از جمله می‌توان به Turkmen (۲۰۰۳)، Gobadi و همکاران (۲۰۰۵)، Kocbay و Kilic (۲۰۰۶)، Uromeihy و Barzegari (۲۰۰۷)، Gurocak و Alemdag (۲۰۱۱)، Ajalloeian و همکاران (۲۰۱۱)، Zeidabadi و همکاران (۲۰۱۲)، Sadeghiyeh و همکاران (۲۰۱۲)، Rastegarnia و همکاران (۲۰۱۶)، Rahimi و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد.

با توجه به اینکه هر ساختگاه دارای خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و درزه‌داری متفاوتی با یکدیگر می‌باشند. بنابراین بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی هر ساختگاه جهت بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و نفوذپذیری ساختگاه از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود؛ بنابراین با توجه به خصوصیات زمین‌شناسی، زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیکی و درزه‌های منطقه مورد مطالعه ساختگاه سد سرمشک به آبگذری در ساختگاه پرداخته و همچنین با توجه به نتایج آزمایشگاهی و صحرایی در ساختگاه به بررسی رگرسیونی بین پارامتر مختلف زمین‌شناسی مهندسی نسبت به نفوذپذیری پرداخته شده است.

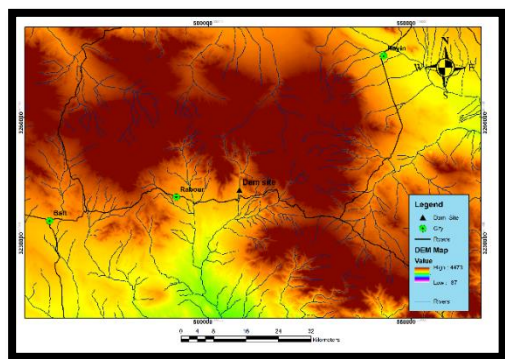
۲- منطقه مورد مطالعه

سد سرمشک در استان کرمان و حدود ۲۵ کیلومتری شرق شهر رابر و ۴۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان بافت قرار دارد. مختصات جغرافیایی ساختگاه سد موقعیت $29^{\circ} 18' 24''$ عرض شمالی و $57^{\circ} 4' 11''$ طول شرقی می‌باشد. دستیابی به ساختگاه از طریق حدود ۱۸۴ کیلومتر جاده آسفalte کرمان - رابر و حدود ۲۲ کیلومتری بعد از شهر رابر در مسیر رابر - ساردوئیه از سمت چپ جاده جدا شده و در حاشیه رودخانه سرمشک پیش می‌رود و پس از طی ۲/۷ کیلومتر به موقعیت سد سرمشک می‌رسد. (شکل ۱)

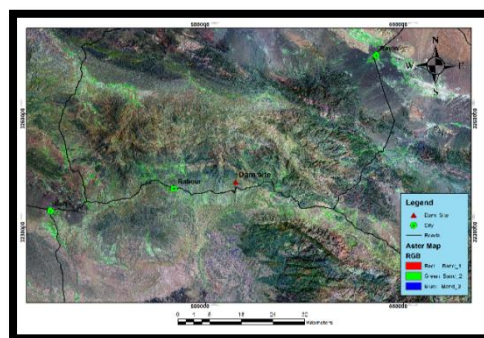
۳- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

براساس تقسیمات ناحیه ای، گستره طرح در کمربند آتشفشان زون ارومیه - دختر قرار گرفته است. که در منطقه کرمان توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی کشور به زیر کمربندهای دهج - ساردوئیه، بلوک میانی جبالبارز و ناحیه اسفندقه - سبزواران (جیرفت) تقسیم بندی شده است. محدوده مورد مطالعه از شمال، شمال باختر توسط کوههای لاله زار با حداکثر ارتفاع ۴۳۷۶ متر از سطح دریا از جنوب، خاور توسط کوه بحرآسمان با حداکثر ارتفاع ۳۰۳۰ متر از سطح دریا احاطه شده است. ناحیه مورد مطالعه از دو قسمت کوهستانی در شمال و جنوب خاور و قسمت پست و کوهپایه ای در جنوب و باختر تشکیل شده است. بیشینه رقوم ارتفاعات در قسمت‌های شمال و شمال خاور در کوههای لاله زار و هنزا به بیش از ۴۰۰۰ متر از سطح دریای آزاد رسیده و کمینه رقوم ارتفاعی در قسمت‌های جنوبی و باختری بین ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا متغیر می‌باشد. به دلیل اینکه ارتفاعات از سنگهای آذرآواری و آتشفشانی و نفوذیه‌های آذرین دوران سوم تشکیل شده و سراسر دشتها توسط

نئوژن و کواترنر پوشانده شده است، رفتار متفاوت فرسایش و عوامل هوازدگی باعث ایجاد یک سیستم زهکش متمرکز، نزدیک یکدیگر در جهت شمال به جنوب باختر شده است. رودخانه های منطقه طرح غالباً به صورت فصلی هستند و در حقیقت جمع کننده سیلابها و طغیانهای منطقه می باشند. بطور کلی از دیدگاه زمین ریخت شناسی محل طرح در منطقه نسبتاً پست و کوهپایه ای با دره های تا حدودی عمیق و دامنه های تقریباً پر شیب قرار گرفته است (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت سد در نقشه رقومی منطقه



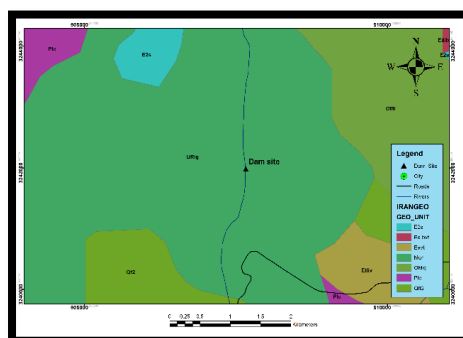
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در منطقه مورد مطالعه واحدهای سنگی ائوسن تا عهد حاضر دیده می شود که واحدهای ائوسن شامل سنگهای آذرآواری، آذرین و رسوبی که شامل توف، آلگومرا و خاکستر آتشفشانی می باشد. واحدهای الیگوسن شامل سازندهای رسوبی قم با توالی آهکی و آوارپهای ضخیم لایه مشخص شده است. واحدهای میوسن شامل سنگهای آذرین (گرانودیوریت، داسیت-آندزیت) و سنگهای رسوبی (کنگلومرا، ماسه سنگ، گلسنگ) می باشد و واحدهای پلیوسن شامل لایه های ضخیم و آواری دیده می شود. در محدوده ساختگاه و مخزن سد بر روی سازند قرمز فوقانی با سن میوسن می باشد که شامل ماسه سنگ و میکروکنگلومرا و گل سنگ می باشد (شکلهای ۳ تا ۶).

گسلهای اصلی منطقه شامل گسلهای کوهبنان، نای بند، گوک و سبزواران است که نسبت به منطقه مورد مطالعه فاصله بیش از ۲۰ کیلومتری را دارند.



شکل ۴- واحدهای ماسه سنگی در ساختگاه سد



شکل ۳- نقشه زمین شناسی ساختگاه سد



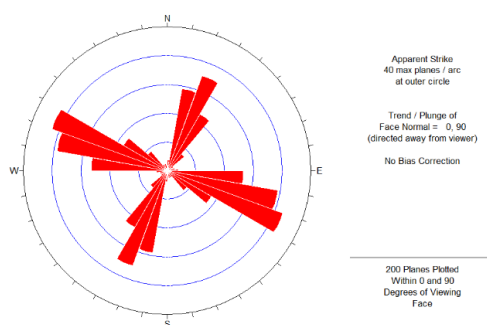
شکل ۶- نمای از وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه



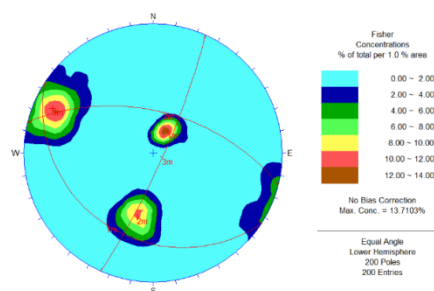
شکل ۵- نمای از واحدهای ماسه سنگی در ساختگاه سد

۴- خصوصیات ناپیوستگی‌ها

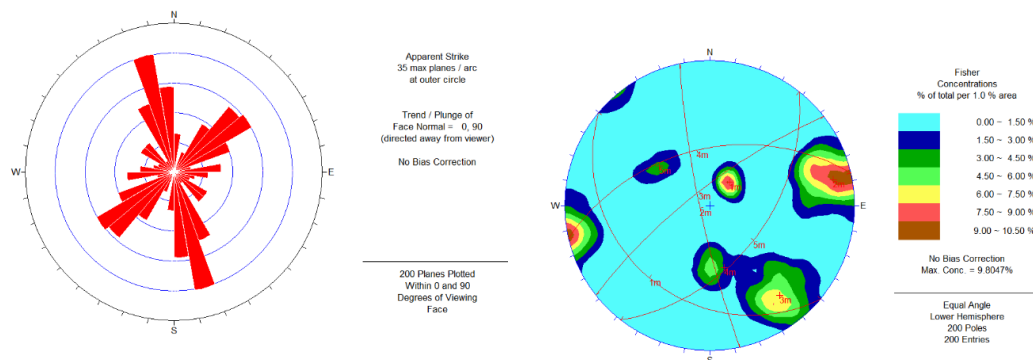
مطالعات زمین شناسی سطحی و برداشت ناپیوستگی‌های موجود در واحدهای سنگی در ساختگاه سد نشان می‌دهد که در این واحدها با توجه به برداشتهای انجام شده در مجموع ۳ دسته ناپیوستگی بوده که شامل یک دسته لایه بندی و دو دسته درزه می‌باشد. با توجه به برداشتهای صحرایی با توجه به استاندارد ISRM برداشتهای درزه‌ها در این منطقه انجام گردید که خصوصیات این درزه‌ها در هر دو تکیه‌گاه با توجه به واحدهای سنگی در این ساختگاه ثبت و سپس مورد تحلیل قرار گرفت. واحدهای سنگی در منطقه توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده و لایه مزبور تحت فرسایش قرار گرفته و به همین دلیل اندازه-گیری مشخصات سیستم درزه و لایه‌بندی در این لایه‌ها مشکل می‌باشد. لذا در موقعیت ساختگاه سد سعی شد در برونزدهایی که سیستم درزه‌ها و لایه‌بندی در ارتفاعات و در مسیر رودخانه دیده می‌شد برداشت انجام گیرد و بیشتر در نواحی مرتفع و در قسمتهایی که لایه‌های ماسه‌سنگی برونزد دارند و سطح لایه‌بندی مشخصی دیده شده برداشت صورت گرفته است. تعداد مجموع برداشتهای انجام شده برابر با ۴۰۰ درزه بوده است که ۲۰۰ درزه در تکیه‌گاه راست و ۲۰۰ درزه در تکیه‌گاه چپ برداشت شده است. در اشکال ۷ و ۸ و جدول ۱ نمایی از وضعیت درزه‌ها در تکیه‌گاه راست سد و در اشکال ۹ و ۱۰ و جدول ۲ وضعیت درزه‌ها در تکیه‌گاه چپ نشان داده شده است.



شکل ۸- رز دیاگرام درزه‌ها در تکیه‌گاه راست سد



شکل ۷- وضعیت درزه‌ها در تکیه‌گاه راست سد



شکل ۹- وضعیت درزه ها در تکیه گاه چپ سد

شکل ۱۰- وضعیت درزه ها و رزدیگرام درزه ها در تکیه گاه چپ سد

جدول ۱- مشخصات درزه های برداشت شده در محدوده تکیه گاه راست

ویژگیه های هندسی		فاصله داری (سانتیمتر)				طول (متر)				بازشدگی (میلیمتر)		زبری		نایبوستگی
شیب	جهت شیب	۲۰-۶	۶۰-۲۰	۲۰-۶۰	۲۰۰	۱	۲-۱۰	۸	۰.۵	۱۰-۰.۵	صاف-زبر	موج دارد-زبر		
54	014		85.71	14.29			100			100			100	J1
81	114	28.57	42.87	28.57		71.43	28.57			100	57.14	42.86		J2
23	213	18.75	78.13	3.12					100	100		100		BEDDING

جدول ۲- مشخصات درزه های برداشت شده در محدوده تکیه گاه چپ

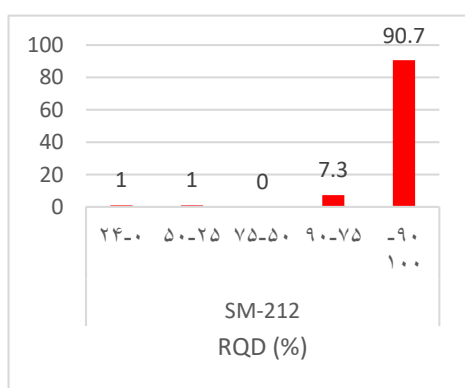
ویژگیه های هندسی		فاصله داری (سانتیمتر)				طول (متر)				بازشدگی (میلیمتر)		زبری		نایبوستگی
شیب	جهت شیب	۲۰-۶	۶۰-۲۰	۲۰-۶۰	۲۰۰	۱	۲-۱۰	۱۰	۰.۵	۱۰-۰.۵	صاف-زبر	موج دارد-زبر		
82	258	75	25				41.67		50	50		100		J1
76	322	45.46	40.9	13.64		40.91	31.82		34.9	65.18	22.73	77.27		J2
47	347	100								100	37.5	62.5		J3
48	128	25	37.5	37.5				100		100		100		J4
24	220	18.75	62.5	18.75					100	100	50	50		BEDDING

۵- گمانه‌های اکتشافی

به منظور دستیابی به شرایط زیرسطحی و مقایسه با یافته‌های زمین‌شناسی سطحی نیاز به حفر گمانه در ساختگاه سد بوده است. به همین منظور تعداد ۵ گمانه در ساختگاه به مجموع ۱۲۰ متر حفاری گردید که در این گمانه‌ها علاوه بر نمونه‌گیری، آزمایش‌های صحرایی نظیر لوفران و لوژون و SPT انجام گردید است که در شکل ۱۱ موقعیت گمانه‌های اکتشافی در ساختگاه نشان داده شده‌است.

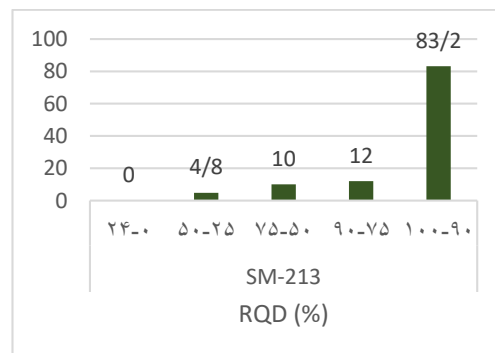
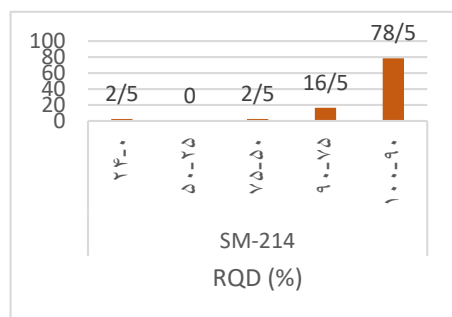
۶- کیفیت توده سنگ (RQD)

بمنظور توصیف کیفی سنگ براساس نتایج حفاریهای اکتشافی، شاخص کیفی سنگ (RQD) برای کلیه گمانه‌های حفر شده محاسبه گردیده است. نتایج بدست آمده از حفاری گمانه‌های اکتشافی، بیانگر وجود سیستم‌های درز و شکاف و توسعه هوازدگی در بخشهای سطحی سنگ می‌باشد که با عمیق تر شدن گمانه‌ها، شاخص کیفی سنگ بهبود می‌یابد. در اشکال ۱۲ تا ۱۶ میزان درصد تغییرات شاخص کیفیت توده سنگ در هر گمانه نشان داده شده است.



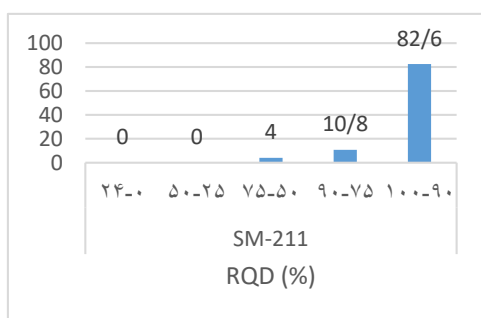
شکل ۱۲- طبقه بندی شاخص کیفیت توده سنگ در گمانه SM-212

شکل ۱۱- موقعیت گمانه‌های حفر شده در ساختگاه سد

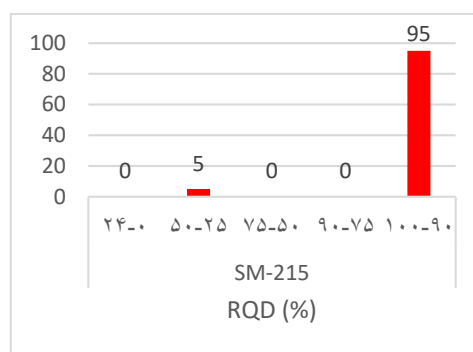


شکل ۱۴- طبقه بندی شاخص کیفیت توده سنگ در گمانه SM-214

شکل ۱۳- طبقه بندی شاخص کیفیت توده سنگ در گمانه SM-213



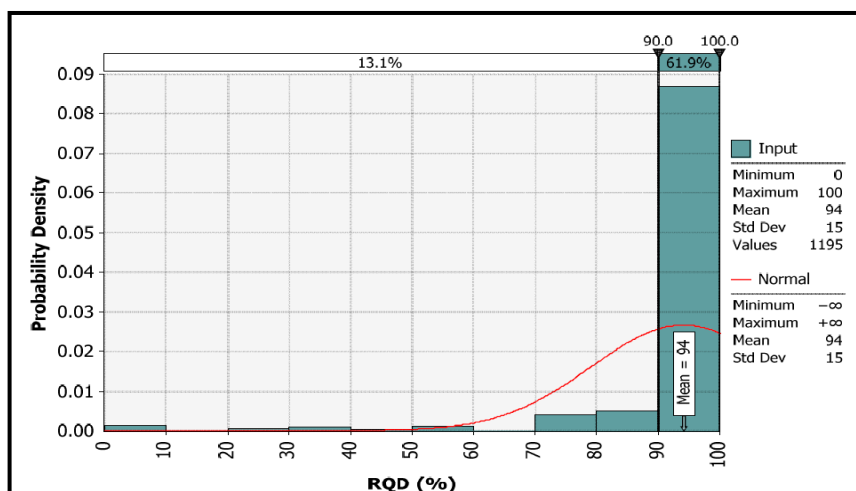
شکل ۱۶- طبقه بندی شاخص کیفیت توده سنگ در گمانه SM-211



شکل ۱۵- طبقه بندی شاخص کیفیت توده سنگ در گمانه SM-215

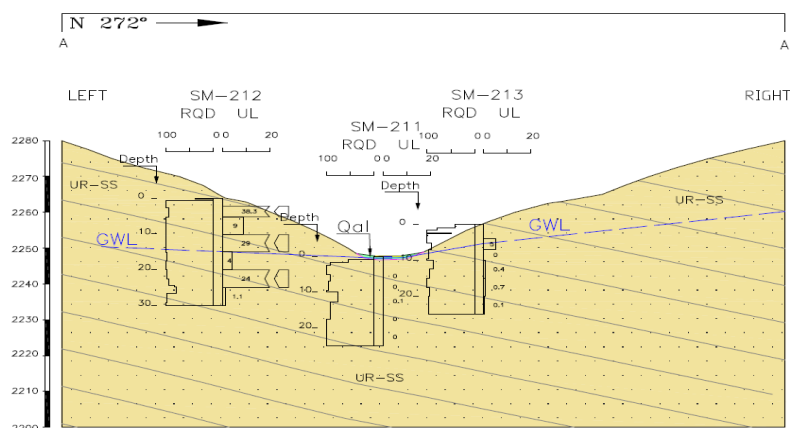
همانطور از بررسی نتایج مندرج در جداول فوق بر می آید، در فواصل ابتدایی گمانه ها با توجه به تاثیر هوازدگی سطحی مقادیر RQD در رده ضعیف تا خیلی ضعیف قرار می گیرد در حالیکه در اعماق بیشتر که از زون های هوازده سطحی فاصله گرفته اند، دارای مقادیر شاخص کیفی توده سنگ در کران بالای رده متوسط تا عالی می باشد. متوسط عمق زون ها هوازده براساس نتایج گمانه های اکتشافی ۲-۳ متر ارزیابی شده است و معمولاً در پایین تر از این عمق، ضمن کاهش عوامل هوازدگی و دانسیته درزه داری شاخص کیفی سنگ بهبود قابل ملاحظه ای می یابد لازم به ذکر است که در بخشهای مختلف، وجود گسلها، درزه ها و زونهای خرد شده تکتونیکی، توده سنگ در شرایط سالم و عالی قرار می گیرد.

بر این اساس شاخص کیفی سنگ در گمانه های اکتشافی مربوط به سد سرمشک مورد بررسی قرار گرفته که نتایج تغییرات RQD هر ناحیه در قالب هیستوگرام در شکل ۱۷ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود وضعیت کیفی توده در هر دو تکیه گاه در رده خوب تا عالی است و تنها در برخی نقاط به صورت موضعی، شاخص کیفی اندکی کاهش می یابد. نتایج بدست آمده از حفاری گمانه های اکتشافی مسیر سد سرمشک، بیانگر وجود سیستم درز و شکاف و توسعه هوازدگی در بخشهای سطحی سنگ می باشد که با عمیق تر شدن گمانه ها، درزه ها و زونهای تکتونیکی بصورت موضعی مقادیر شاخص کیفی سنگ بهبود می یابد. لازم به ذکر است که در بخشهای مختلف وجود گسلها، درزه ها و زونهای تکتونیکی بصورت موضعی مقادیر شاخص کیفی سنگ را کاهش می دهد ولی با دور شدن از شعاع تاثیر زونهای خرد شده تکتونیکی، توده سنگ در شرایط سالم و عالی قرار می گیرد. همانطور که در شکل ۱۷ نشان داده شده است میانگین RQD در ۳ گمانه مورد بررسی ۶۵ درصد به دست آمده است.



شکل ۱۷- هیستوگرام پراکندگی داده های RQD در گمانه های ساختگاه سد

با توجه به نتایج بدست آمده در ساختگاه سد، مقطع زمین شناسی مهندسی همراه با جایگاه گمانه‌ها و تغییرات RQD در آن در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸- مقطع زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد با توجه به وضعیت نفوذپذیری ساختگاه و تغییرات RQD

۷- خصوصیات ژئومکانیکی سنگ بکر

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سنگ، آزمایشهای مختلفی بر روی نمونه‌های اخذ شده از گمانه‌های اکتشافی حفر شده در موقعیت سد سرمشک انجام گردیده است. که این آزمایش‌ها مطابق با روشهای پیشنهادی انجمن بین المللی مکانیک سنگ (ISRM) و استاندارد مصالح آمریکا (ASTM) انجام شده اند.

- آزمایش‌های تعیین مشخصات فیزیکی شامل وزن مخصوص، تخلخل، درصد رطوبت و دوام به وارفنگی
- آزمایش مقاومت تک محوری (UCS) با تعیین مدول الاستیسیته و نسبت پواسون
- آزمایش مقاومت فشاری محصور (سه محوره)
- آزمایش برش مستقیم بر روی سطوح آره بر و درزه‌های طبیعی
- آزمایش کشش غیر مستقیم (برزیلین)
- آزمایش تعیین سرعت عبور امواج فشاری و برشی

براساس نتایج به دست آمده از آزمایش‌های آزمایشگاهی ارائه شده، خلاصه نتایج این آزمایش‌ها برای سنگ سالم در محل سد سرمشک در جدول ۳ ارائه شده است. دانسیته و تخلخل نمونه‌ها، شاخص‌هایی برای ارزیابی میزان تراکم و سیمان‌شدگی دانه‌ها هستند. این کمیت تابع شکل، ابعاد، استحکام و درجه تراکم و سیمان‌شدگی دانه‌ها می‌باشند. نتایج آزمایش‌های دانسیته، بیانگر تراکم نسبتاً بالا و تخلخل کم تا متوسط ماسه سنگ‌های محدود سد سرمشک است. هیستوگرام دانسیته و تخلخل این سنگ در شکلهای ۱۹ و ۲۰ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود دانسیته سنگ‌های مذکور در بازه ۲/۵ تا ۲/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و تخلخل آنها در بازه ۳ تا ۱۰ درصد قرار دارد. گمبل (۱۹۷۱) با استفاده از شاخص دوام وارفنگی در دومین چرخه آزمایش، سنگ‌ها را در شش رده مختلف دوام داری طبقه‌بندی کرده است. در این رده بندی سنگ‌هایی که شاخص دوام آنها بیش از ۹۸ باشد در رده کمی نا مقاوم، جای می‌گیرند. با توجه به جدول ۴ می‌توان دریافت که ماسنگ‌های سد سرمشک در رده مقاوم قرار می‌گیرند.

برای تعیین خواص دینامیکی سنگ‌ها، روی تعدادی از نمونه‌ها آزمایش اندازه‌گیری سرعت امواج برشی و فشاری در شرایط اشباع انجام شد. هیستوگرام داده‌های سرعت امواج فشاری و برشی این سنگ‌ها به ترتیب در شکلهای ۲۱ و ۲۲ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود متوسط سرعت عبور موج فشاری ۳۷۵۰ متر بر ثانیه و متوسط سرعت عبور موج برشی در حدود ۲۱۳۵ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شده است.

آزمایش بار نقطه‌ای روشی است که برای اندازه‌گیری غیرمستقیم مقاومت سنگ کاربرد دارد. در این آزمایش شاخص بار نقطه‌ای، $IS(50)$ ، اندازه‌گیری شده و با استفاده از آن مقاومت فشاری سنگ بصورت غیرمستقیم برآورد میشود. براساس این آزمایش، میانگین مقاومت فشاری ماسه سنگ محل سد سرمشک در شرایط اشباع برابر ۷۴ مگاپاسکال به دست آمده است.

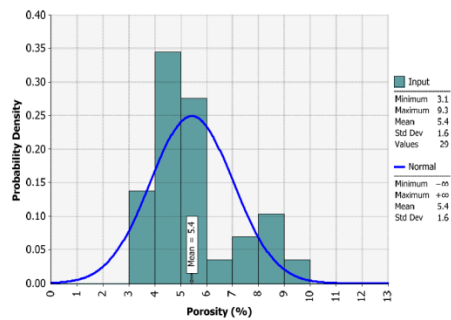
جدول ۳- جمع بندی نتایج آزمایش های آزمایشگاهی انجام شده در ساختگاه سد سرمشک

آزمایش	کمیت	واحد	ماسه سنگ
آزمایش های شاخص	دانسیته خشک، γ_{dry}	gr/cm^3	۲/۶۰
	دانسیته اشباع، γ_{sat}	gr/cm^3	۲/۶۵
	چکالی، n	%	۵/۴
خواص دینامیکی	سرعت عبور موج فشاری، v_p	m/sec	۳۷۵۰
	سرعت عبور موج برشی، v_s	m/sec	۲۱۳۵
	مدول یانگ دینامیکی، E_d	Gpa	۳۰/۵
	نسبت پواسون، ν	-	۰/۲۶
مقاومت فشاری نامحصور	مقاومت فشاری نامحصور، UCS	Mpa	۷۵
	مدول یانگ، E	Gpa	۱۴/۷
	ضریب پواسون، ν	-	۰/۳۱
مقاومت فشاری محصور	مقاومت فشاری تک محوره،	Mpa	۱۰۷/۵
	ثابت m_i	-	۱۰
	چسبندگی، c	Mpa	۲۴/۹
	زاویه اصطکاک،	($^\circ$)	۴۱
آزمایش برزیلی	مقاومت کششی برزیلی،	Mpa	۵
برش مستقیم	چسبندگی سطح، c	Mpa	۰
	زاویه اصطکاک پایه،	($^\circ$)	۳۶

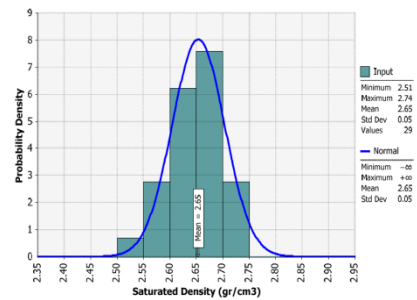
آزمایش مقاومت فشاری نامحصور در دو حالت خشک و اشباع انجام شده که بر اساس آن مقاومت فشاری، مدول الاستیسیته و نسبت پواسون سنگها اندازه گیری شده است. در شکلهای ۲۳ و ۲۴ هیستو گرام پراکندگی داده های مقاومت فشاری نامحصور و مدول الاستیسیته ماسه سنگ در شرایط اشباع ارائه شده است. بر اساس طبقه بندی انجمن بین المللی مکانیک سنگ (ISRM)، مقاومت فشاری این سنگ در رده محکم (Strong) که بازه ۵۰ تا ۱۰۰ مگاپاسکال را در بر می گیرد قرار دارد. میانگین نسبت مدولی (نسبت مدول یانگ به مقاومت فشاری) ماسه سنگ برابر ۲۰۰ به دست آمده است. بر اساس طبقه بندی دیر و میلر (۱۹۶۶)، بازه ۵۰ تا ۲۰۰ در رده نسبت مدولی کم و بازه ۲۰۰ تا ۵۰۰ در رده نسبت مدولی متوسط قرار می گیرد. همانطور که شکل ۲۵ نشان می دهد نسبت مدولی ماسه سنگ در محدوده نسبت مدولی کم تا متوسط قرار دارد.

آزمایش های سه محوره با هدف برآورد پارامترهای ورودی معیارهای شکست موهر-کولمب و هوک - براون انجام شده است. لازم به ذکر است این آزمایش ها بر روی ماسه سنگ های محل سد در شرایط اشباع انجام شد. در مجموع این آزمایش بر روی ۳۳ نمونه (در قالب ۱۱ سری آزمایش) انجام شد که نتایج آنها در جدول ۴ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود مقدار ثابت m_i که از این آزمایش به دست آمده با محدوده پیشنهادی هوک (۲۰۰۰) برای ماسه سنگ ها تفاوت دارد. در شکل ۲۶ دواير موهر آزمایش ها و پوش شکست برآزش یافته بر آنها بر اساس معیارهای تسلیم هوک - براون و موهر-کولمب نشان داده شده است.

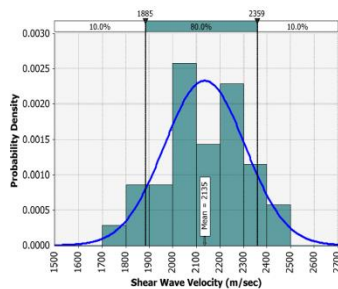
به منظور تعیین مقاومت برشی سطوح ناپیوستگی، آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه های اشباع انجام شد. با پردازش معیار خطی کولمب بر روی نتایج، زاویه اصطکاک پایه برآورد شده است که نتایج آنها در جدول ۴ ارائه شده است. نمودار شکل ۲۷، نتایج مقاومت برشی سطوح بر حسب تنش قائم اعمال شده برای ماسه سنگ های سد سرمشک ارائه شده است.



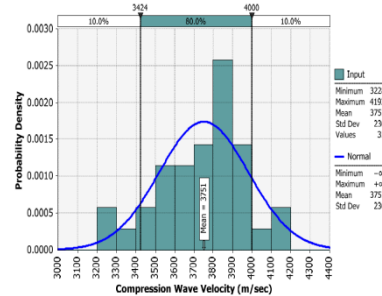
شکل ۲۰- هیستوگرام پراکندگی نتایج آزمایش تخلخل اشباع ماسه سنگ



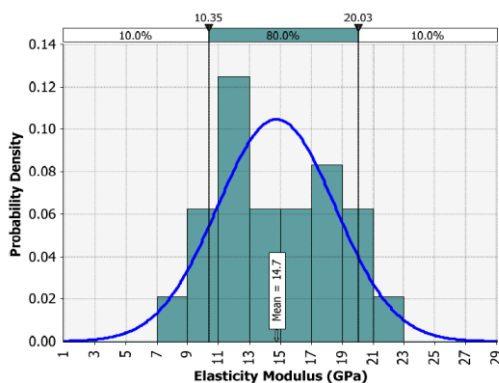
شکل ۱۹- هیستوگرام پراکندگی نتایج آزمایش دانسیته اشباع ماسه سنگ



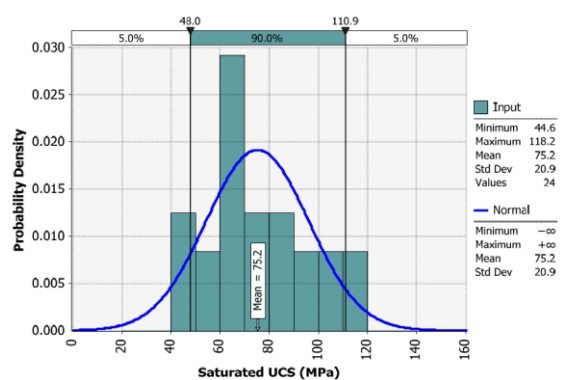
شکل ۲۲- هیستوگرام نتایج سرعت عبور امواج برشی ماسه سنگ اشباع



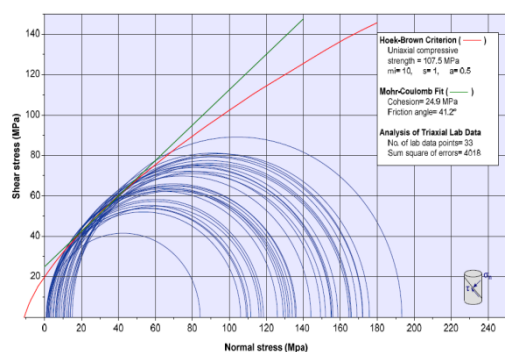
شکل ۲۱- هیستوگرام نتایج سرعت عبور امواج فشاری ماسه سنگ اشباع



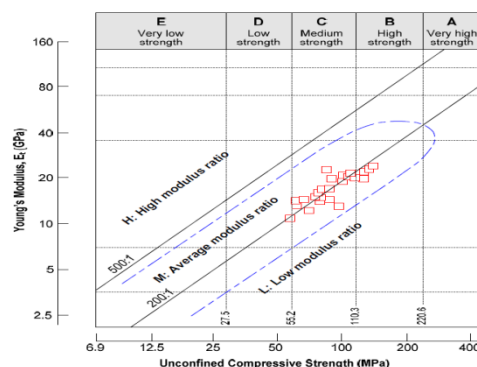
شکل ۲۴- هیستوگرام پراکندگی نتایج مدول الاستیسیته ماسه سنگ اشباع



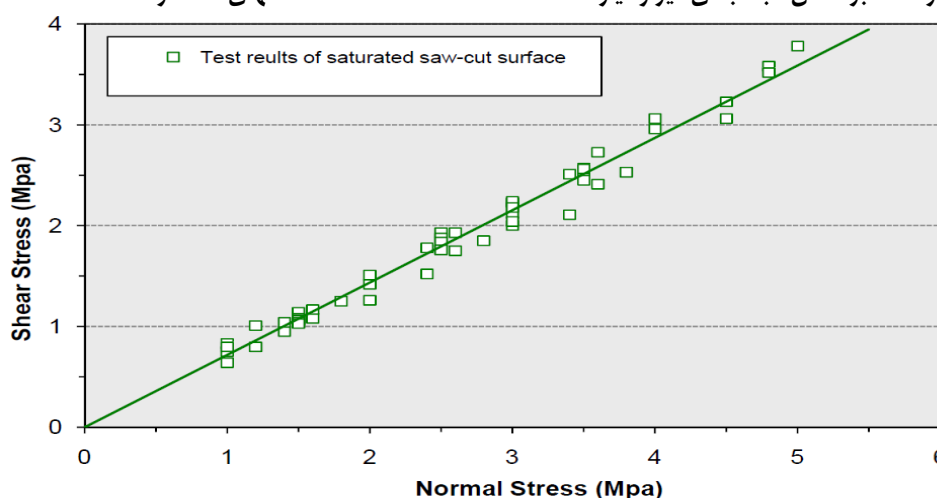
شکل ۲۳- هیستوگرام پراکندگی نتایج مقاومت فشاری نامحصور ماسه سنگ اشباع



شکل ۲۶- نتایج آزمایش فشاری محصور بر روی ماسه سنگهای سد سرمشک



شکل ۲۵- تغییرات نسبت مدولی ماسه سنگ محل سد سرمشک براساس طبقه بندی دیر و میلر



شکل ۲۷- نتایج مقاومت برشی مستقیم بر روی نمونه های اره بر ماسه سنگ محل سد سرمشک

۸- طبقه بندی توده سنگ در ساختگاه

طبقه بندی مهندسی از روش های متداول برای رده بندی بخشهای مختلف توده سنگ و ارزیابی کیفیت و پارامترهای ژئومکانیکی آن است. روش های مختلفی برای طبقه بندی ارائه شده و مورد استفاده مهندسين و طراحان قرار می گیرد. در این روش معمولاً براساس معیارهایی شامل مشخصات سنگ و ناپیوستگی های توده سنگ، کیفیت توده سنگ به صورت کمی درآمده و براساس آن، رده بندی می شود. از روش مرسوم برای رده بندی توده سنگ، RMR (Rock Mass Rating) و طبقه بندی Q اشاره کرد که با توجه به نوع پارامتر و نتایج مورد استفاده تطابق بیشتری با نیازهای طرح دارند.

۸-۱- طبقه بندی RMR

طبقه بندی RMR که توسط بیناوسکی در سال ۱۹۷۶ ارائه شده یکی از مهمترین طبقه بندی های موجود در زمینه رده بندی مهندسی سنگ است. با تحلیل اطلاعات جمع آوری شده مربوط به شرایط آب زیرزمینی، وضعیت درزه ها و فاصله داری آنها، شاخص کیفی سنگ (RQD) و مقاومت فشاری نامحصور، مقادیر هر پارامتر استخراج و امتیاز توده سنگ بر اساس مجموع امتیازهای ذکر شده مطابق جدول ۵ محاسبه شده است.

جدول ۵- : طبقه بندی ژئومکانیکی RMR در توده سنگ محل سد سرمشک

پارامتر	مقدار	میانگین	حداقل	حداکثر
مقاومت فشاری سنگ بکر (Mpa)	۵۰-۱۱۰	۸	۷	۱۰
شاخص کیفی سنگ، RQD درصد	۹۰-۱۰۰	۱۹	۱۸	۲۰
فاصله داری ناپیوستگی ها (cm)	۲۰-۶۰	۱۰	۱۰	۱۲
پایایی (m)	۰-۳	۴	۲	۴
بازشدگی (mm)	۰/۱	۴	۴	۴
وضعیت سطوح ناپیوستگی	زبری سطح	۳	۳	۵
	پرشدگی	۲	۲	۴
	هوازدگی	۵	۵	۵
وضعیت آب زیرزمینی	خشک	۱۵	۱۵	۱۵
امتیاز RMR توده سنگ	۷۰	۶۶	۷۹	

۸-۲- طبقه بندی Q

روش طبقه بندی Q به وسیله بارتن و همکاران در سال ۱۹۷۴ در انسیتو ژئوتکنیک نروژ ارائه گردید. / شاخص Q بر مبنای ۶ پارامتر شامل شاخص کیفی سنگ (RQD)، عدد دسته درزه ها (J_N)، عدد زبری درزه ها (J_r) عدد هوازدگی و یا پرشدگی درزه ها (J_a) (ضریب کاهش آب) (J_w) و ضریب کاهش تنش (SRF) مطابق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (۱-۴)$$

دامنه تغییرات شاخص Q برآورد شده و نتایج آنها در جداول ۶ ارائه شده است:

جدول ۶- طبقه بندی Q در توده محل سد سرمشک

کمیت	مقدار	میانگین	حداقل	حداکثر
شاخص کیفی سنگ (RQD)	۹۰-۱۰۰	۹۴	۹۰	۱۰۰
عدد دسته درزه ها (J _N)	سه دسته درزه	۹	۹	۹
عدد زبری درزه ها (J _r)	درزه ها با پایایی کم، زبر و نامنظم	۴	۳	۴
عدد هوازدگی و یا پرشدگی درزه ها (J _a)	درزه ها تمیز و دارای آغشتگی	۱	۱	۱
عدد تراوش آب (J _w)	خشک	۱	۱	۱
ضریب کاهش تنش (SRF)	روباره کم	۲/۵	۲/۵	۲/۵
امتیاز Q	۱۶/۷	۱۲	۱۷/۸	

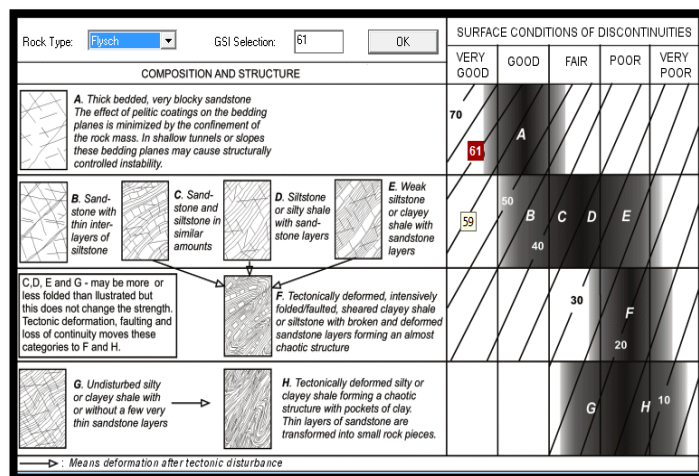
۸-۳- طبقه بندی GSI

شاخص GSI (Geological Strength Index) که در سال ۱۹۹۴ توسط هوک ارائه شده است در حقیقت یک فاکتور کاهنده (تبدیلی) برای تعیین مقاومت توده سنگ از مقاومت سنگ بکر باتوجه به شرایط ساختاری توده سنگ است. این شاخص، دو پارامتر زیر از توده سنگ را در نظر می گیرد:

- ساختمان توده سنگ از نظر تعداد درزه ها که از بلوکی تا خرد شده متغیر است.
- وضعیت و کیفیت درزه ها

ماسه سنگ محل سد سرمشک ماهیت بلوکی دارند، لذا می توان این توده سنگها از نظر ابعاد بلوک در زمره سنگهای بلوکی (B) دانست. از نظر وضعیت سطوح ناپیوستگی نیز نتایج برداشتهای انجام شده حاکی از سطح زبر ناهموار است که در بسیاری

موارد فاقد پرشدگی یا پرکننده های ژئوپس و کلسیت می باشد. بنابراین براساس شکل ۲۹ میانگین شاخص GSI در لایه های ماسه سنگی ساختگاه سد برابر ۶۱ برآورد می شود.



شکل ۲۹- طبقه بندی توده سنگ براساس GSI

۹- پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ

برای محاسبه پارامترهای مقاومت برشی توده سنگ از معیار گسیختگی هوک - براون که آخرین ویرایش آن توسط هوک و همکاران (۲۰۰۲) ارائه گردیده است، استفاده شده است. صورت کلی این معیار برای توده سنگ به صورت زیر است:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (2-4)$$

که در آن σ_{ci} مقاومت فشاری نامحصور سنگ بکر m_b ، s و α ثابت معیارهای هوک و براون برای توده سنگ هستند که با استفاده از روابط زیر بدست می آیند. (هوک، ۲۰۰۶)

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad (3-4)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad (4-4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (5-4)$$

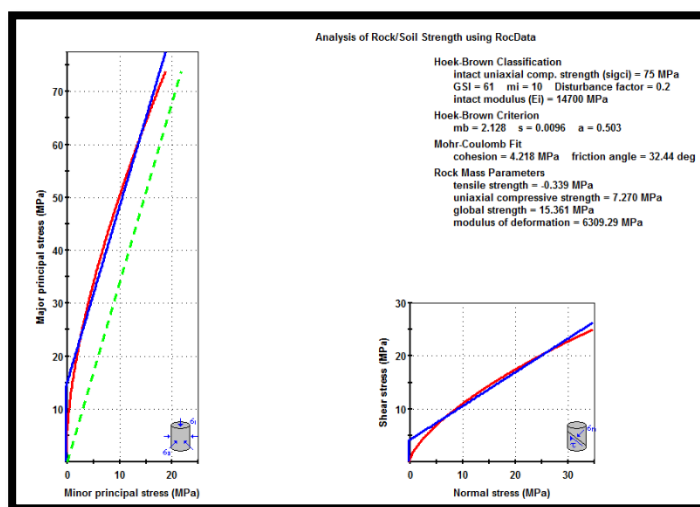
که D ضریب آشفتگی (Disturbance factor) می باشد.

در شکل ۳۰ پارامترهای ورودی این معیار معرفی شده است. لازم به ذکر است برای انجام محاسبات از نرم افزار RocData کمک گرفته شده است. در این محاسبات ضریب آشفتگی برابر ۰/۲ فرض شده است. برای محاسبه پارامترهای معیار شکست موهر-کولمب (شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی)، تنش القایی وارد بر هر یک از حفاری های نرم افزار RocData وارد شده و با برازش معیار خطی موهر-کولمب بر منحنی غیر خطی هوک - براون پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک معادل برآورد شده است. (شکل ۳۰).

برای برآورد مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ مذکور از نتایج آزمایشگاهی و برآورد پارامتر با استفاده از روابط ارائه شده توسط هوک و دایدریچز (۲۰۰۶) استفاده شده است. این رابطه در حال حاضر یکی از مناسبترین روابط برای این منظور است:

$$E_m = E_i \left[0.02 + \frac{1 - 0.5D}{1 + \exp((60 + 15D - GSI)/11)} \right] \quad (6-4)$$

در شکل ۳۰ نتایج برآورد مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ‌ها ارائه شده است.



شکل ۳۰- پارامترهای هوک و براون و موهر کلمب در ساختگاه سد

۱۰- نتیجه گیری

ساختگاه سد سرمشک در جنوب استان کرمان از واحدهای تکتونیکی در ایران، در زون ایران مرکزی قرار دارد. محدوده سد از نظر چینه شناسی در سازند قرمز بالایی قرار گرفته است که عمدتاً از واحدهایی شامل ماسه سنگ، گل سنگ و سنگ آهک تشکیل شده است. سن این واحدهای سنگی متعلق به دوران میوسن است. برآوردهای اولیه از وضعیت سنگ چینه شناسی و ساختاری محور شامل بررسی نفوذپذیری توده ماسه سنگ‌های محدوده سد و تکیه گاهها و همچنین وضعیت آبگذری سازند قرمز بالایی در پایین دست سد و بررسی ساختارهای زمین شناسی محدوده، نمایانگر پایین بودن احتمال فرار آب می باشد.

یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار بر فرار آب وضعیت تکتونیکی منطقه شامل سیستم ناپیوستگی ها، گسل ها و وضعیت لایه بندی است که نقش عمده ای در آبگذری دارند. اما با توجه به شیب و جهت شیب ناپیوستگی ها، بازشدگی و مواد پرکننده آنها، این ناپیوستگی ها تنها در صورت ایجاد شبکه شکستگی قابلیت انتقال آب را دارند. از سوی دیگر با توجه وجود مقاطع با نفوذپذیری نسبتاً بالا در برخی گمانه ها، که نشان دهنده پتانسیل احتمالی آبگذری است و همچنین وجود لایه های با قابلیت فرسایش پذیری نظیر گل سنگ ها که در صورت جریان آب فرسایش می یابند.

نتایج بدست آمده از حفاری گمانه های اکتشافی، بیانگر وجود سیستم های درز و شکاف و توسعه هوازدگی در بخشهای سطحی سنگ می باشد که با عمیق تر شدن گمانه ها، شاخص کیفی سنگ بهبود می یابد. بر این اساس شاخص کیفی سنگ در گمانه های اکتشافی مربوط به سد سرمشک مورد بررسی قرار گرفته که نتایج تغییرات RQD هر ناحیه نشان می دهد وضعیت توده کیفی در هر دو تکیه گاه در رده خوب تا عالی است که نشان دهنده کیفیت قابل قبول توده سنگ در محدوده محور سد می باشد.

با استفاده از شاخص دوام وارفتگی، سنگ هایی که شاخص دوام آنها بیش از ۹۸ باشد در رده کمی نامقاوم، جای می گیرند. با نگاهی می توان دریافت که ماسه سنگ های سد سرمشک در رده مقاوم قرار می گیرند.

نتایج آزمایش های مقاومت فشاری نامحصور در دو حالت خشک و اشباع برای نمونه ماسه سنگ محل سد سرمشک بر اساس طبقه بندی انجمن بین المللی مکانیک سنگ (ISRM)، مقاومت فشاری این سنگ در رده محکم (Strong) که بازه ۵۰ تا ۱۰۰ مگاپاسکال می باشد قرار می گیرد.

میانگین نسبت مدولی (نسبت مدول یانگ به مقاومت فشاری) ماسه سنگ برابر ۲۰۰ به دست آمده است. بر اساس طبقه بندی دیر و میلر (۱۹۶۶)، بازه ۵۰ تا ۲۰۰ در رده نسبت مدولی کم و بازه ۲۰۰ تا ۵۰۰ در رده نسبت مدولی متوسط قرار می گیرد. نسبت مدولی ماسه سنگ در محدوده نسبت مدولی کم تا متوسط قرار دارد

ماسه سنگ محل سد سرمشک ماهیت بلوکی دارند، لذا می توان این توده سنگها از نظر ابعاد بلوک در زمره سنگهای بلوکی (B) دانست. از نظر وضعیت سطوح ناپیوستگی نیز نتایج برداشتهای انجام شده حاکی از سطح زبر ناهموار است که در بسیاری موارد فاقد پرشدگی یا پرکننده های ژئیس و کلسیت میباشد. میانگین شاخص GSI در لایه های ماسه سنگی ساختگاه سد برابر ۶۱ برآورد می شود.

مراجع

- ۱- کیوانی، ع.، ۱۳۶۹، "اصول تکنولوژی تزریق"، انتشارات رودکی ارومیه، ۱۴۵ ص.
- ۲- معماریان، ح. ۱۳۷۷، «زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۹۵۳ ص.
- 3- Ajalloeian R., Fatehi L, Ganjalipour K (2011) Evaluation of hydrojacking and hydrofracturing behavior in Aghajari formation (Gotvand dam site foundation), Iran, Journal of Geology and Mining Research Vol. 3(3) pp. 46-53.
- 4- Ewert, F.k., 1997, Permeability, Groutability and grouting of Rocks, Related to Dam sites", Part 1: Grouting Examples and Groundwater flow in Rock: Dam engineering. v.VIII, Issue 1, pp. 31- 77.
- 5- Ghobadi MH, Khanlari GR, Djalali H (2005) Seepage problems in the rightabutment of the Shahid Abbaspour Dam, southern Iran. Eng Geol 82:119-126.
- 6- Gurocak Z, Alemdag S (2011) Assessment of permeability and injection depth at the Atasu dam site (Turkey) based on experimental and numerical analyses. Bull Eng Geol Environ. Vol 64:400-409.
- 7- Houlshby, A. C., 1976, Engineering of Grouting Curtains to Standards, Jorنال of Geotechnical Eng. Div, ASCE GT9, P. 953-970.
- 8- Kocbay A., Kilic R., 2006, Engineering geological assessment of the Obruk dam site (Corum, Turkey), Engineering Geology 87 (2006) 141-148
- 9- Kutzner, C., "Grouting of rock and soil", A. A. Balkema, Rotterdam, 1996
- 10- Lee, C. H. , Deng, B. W."A continuum approach for estimating permeability in naturallyfractured rocks", Eng. Geology, 39, pp. 71-85, 1995
- 11- Park, B. Y., Kim, K.S., Kwon, S., "Determination of the hydraulic conductivity components using a three-dimensional fracture network model in volcanic rock", Eng. Geo., 66, pp. 127-141, 2002
- 12- Priest, S.D., "Discontinuity analysis for rock engineering", Chapman & Hall, 1993
- 13- Rahimi E., Sharifi Teshnizi E., Rastegarnia A., Motamed Al-shariati E., 2018, Cement take estimation using neural networks and statistical analysis in Bakhtiari and Karun 4 dam sites, in south west of Iran, Bulletin of Engineering Geology and the Environment <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1271-0>
- 14- Rastegarnia A, Lashkaripour GR, Ghafoori M (2016) Prediction of grout take using rock mass properties. Bull Eng Geol Environ, 10: 1-12. DOI: 10.1007/s10064-016-0956-5
- 15- Rastegarnia A, Sohrabibidar A, Bagheri V, Razifard M, Zolfaghari A (2017) Assessment of Relationship between Grouted Values and Calculated Values in the Bazoft Dam Site.
- 16- Sadeghiyeh S. Hashemi M. Ajalloeian R. (2012) Comparison of Permeability and Groutability of Ostur Dam Site Rock Mass for Grout Curtain Design. Rock Mech Rock Eng. Vol 603: 283-286.
- 17- Turkmen S (2003) Treatment of the seepage problems at Kalecik Dam (Turkey). EngGeol 68:159-169.
- 18- Uromeihy A, Barzegari G (2007) Evaluation and treatment of seepage problems at Chapar-Abad Dam, Iran. Eng Geol 91:219-228.
- 19- Zeidabadi Nezhad H, Ajalloeian R, Azimian A (2012) Evaluation of Geological and Engineering Geological Properties of Cheshmeh-Asheq Dam Site. Electronic Journal of Geotechnical Engineering.
- 20- Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering rock mass classification. Wiley, NewYork.
- 21- Barton, N., Bandis, S.C., and bakhtar k., 1985, "strength, deformation and conductivity of rock joints". International Journal of rock Mechanics and Mining Sciences, Abstracts, 22, No. 3, pp. 121- 40.

- 22- Barton, N., Olsson, R., 2000, "an Improved model for hydromechanical Coupling during Shearing of Rock Joints" International Journal Of Rock Mechanics & Mining Science, V., &, pp. 317- 329.
- 23- Barton, N., 2002, "Some new Q-value correlations to assist in site characterizations and tunnel design". International Journal Of Rock & Mining Sciences, v.39.pp. 185- 216.
- 24- Barton, N., 2007, " Rock Quality, seismic velocity, Attenuation, and Anisotropy", Taylor & Francis, 729 p.
- 25- Deer, D.U., 1964, "Technical description of rock cores for engineering purpose", Rock Mechanics and Rock Engineering, v. 1, pp 17 – 22.
- 26- Deer, D.U., 1989, "Rock Quality Designation (RQD) after twenty years" u.s.ARMV Corps of Engineering contact Report GL – 89 – 1, water ways experiement Station Viks, M. Sc, 67p.
- 27- Hoek, E., 1994, Strength of rock and rock masses. ISRM News, J 2(2), pp. 4-16.
- 28- Hoek E, Brown ET (1997) Practical estimates of rock mass strength. Int J Rock Mech Min SciGeomechAbstr 34(8):1165–1186.
- 29- ISRM (1978) Rock characterization testing and monitoring. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int J Rock Mech Min SciGeomechAbstr 15:319.
- 30- ISRM (1981) Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. In: Rock characterization, testing and monitoring. Pergamon, Oxford.

طراحی کنترل کننده لغزشی برای یک موتور القایی

محمد زمانی^۱

کارشناس ارشد کنترل

zamani.mohammad851@gmail.com

چکیده

در این مقاله طراحی کنترل کننده لغزشی برای یک موتور القایی ارائه می گردد. هدف کنترل مقاوم سرعت و شار در برابر تغییرات پارامترهای موتور می باشد. با اجرای این روش کنترلی اثرات چترینگ با در نظر گرفتن یک تابع مخصوص برطرف می گردد. نتایج شبیه سازی نشان دهنده اجرای تکنیک کنترل تحت بار آشوب و پارامترهای نامشخص است. **واژگان کلیدی:** موتور القایی، کنترل لغزشی، کنترل مقاوم

۱-مقدمه

امروزه روش کنترل جهت میدان بصورت وسیع در صنایع برای اجرا در ماشینهای القایی بکار می رود. جایی که شناسایی سرعت زاویه گردش سنکرون اغلب مورد نیاز است. کنترل ماشین القایی تحت تاثیر تغییرات پارامترهای ماشین است. بطور مخصوص ثابت زمانی رتور و بطور مثال پره های رتور که با درجه حرارت و اشباع اندوکتانس مغناطیسی^۱ نا معینی ها همانند تغییرات پارامترهای مکانیکی و آشوب های خارجی و پارامترهای نامشخص به علت جهت میدان غیر ایده آل در حالت گذرا و دینامیک های مدل نشده است. روش کنترل پیشنهادی در واقع کنترل جهت میدان مستقیم رتور است که با تنظیمات جریانهای استاتور صورت می گیرد. در این مقاله یک طراحی مناسب برای مقابله با پارامترهای نامشخص در کاربردهای عملی برای کنترل جهت مستقیم میدان رتور ارائه می گردد. راه پیش رو برای کنترل مقاوم بر اساس سیستمهای ساختار متغیر و کنترل مد لغزشی است. برای اجرای کنترل مقاوم در برابر تغییرات پارامترهای موتور و بار آشوب از روش کنترل لغزشی استفاده می شود. نتایج شبیه سازی بوضوح نشان می دهد که با استفاده از روش پیشنهادی میتوان کنترل مقاوم را در برابر تغییرات پارامترهای موتور و در حضور پارامترهای نامشخص اجرا نمود. همچنین با انتخاب صحیح پارامترهای کنترل کننده می توان اثرات چترینگ را کاهش داد.

۲- تئوری کنترل لغزشی

فرض کنید سیستم کنترل مورد نظر بوسیله معادلات دیفرانسیل غیرخطی بفرم ۱ توصیف شود.

$$1) \dot{X} = f(x, t, u)$$

که در آن x بردار حالت و u کنترل ورودی و f بردار تابع است.

با در نظر گرفتن f بصورت ناپیوسته بر روی سطح

$$2) \sigma = (x, t) \cong 0$$

$$f(x, t, u) = \begin{cases} f^+(x, t, u^+) & \text{for } \sigma \rightarrow 0^+ \\ f^-(x, t, u^-) & \text{for } \sigma \rightarrow 0^- \end{cases}$$

بنابراین سیستم در مد لغزشی خواهد بود اگر داشته باشیم:

$$(3) \quad \sigma = (x, t) \cong 0 \Rightarrow \lim_{\sigma \rightarrow 0^+} \frac{d\sigma}{dt} < 0, \lim_{\sigma \rightarrow 0^-} \frac{d\sigma}{dt} > 0$$

۱-۲- مدل ریاضی موتور القایی

مدل یک ماشین القایی می‌تواند با معادلات حالت پایدار در قالب معادلات مرجع که در آن d بردار شار رتور هم محور است، $\phi_{rd} = \phi_r$; $\phi_r \approx 0$ در نظر گرفته شود بنابراین:

$$I_{sd}^* = -\gamma I_{sd} + w_s I_{sq} + \frac{K}{Tr} \phi_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sd} \quad (۴)$$

$$\dot{I}_{sq} = -w_s I_{sq} - \gamma I_{sq} - p\Omega k \phi_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} U_{sq} \quad (۵)$$

$$\phi_{rd}^* = \frac{Msr}{Tr} I_{sq} - \frac{1}{Tr} \phi_{rd} \quad (۶)$$

$$\phi_{rq}^* = \frac{Msr}{Tr} I_{sq} - (w_s - P\Omega) \phi_{rd} \quad (۷)$$

$$\dot{\Omega} = \frac{PMsr}{JLr} (\phi_{rd} I_{sq}) - \frac{Tl}{J} - \frac{f}{J} \Omega \quad (۸)$$

که در آن:

$$K = \frac{Msr}{\sigma L_s L_r} \quad \sigma = 1 - \frac{Msr^2}{L_s L_r}; \quad Tr = \frac{L_r}{R};$$

$$\gamma = \frac{R_s}{\sigma L_s} + \frac{R_r Msr^2}{\sigma L_s L_r^2}$$

در معادلات 1 تا ϕ_{rd} و ϕ_{rq} شار محور d رتور و شار محور q رتور و U_{sq} و U_{sd} ولتاژهای استاتور و I_{sq} و I_{sd} جریان‌های استاتور می‌باشند. σ فاکتور فاصله هوایی و P تعداد جفت قطب است. R_s و R_r مقاومت استاتور و رتور می‌باشند. L_s و L_r اندوکتانس استاتور و رتور و f فرکانس دمپینگ و Tl گشتاور بار است.

۲-۲- تخمین شار

برای کنترل خطوط شار مستقیم میدان یک ماشین القایی شناسایی دقیق خطوط میدان و موقعیت بردار شار رتور ضروری است. در یک موتور رتور قفس سنجابی جایی که جریان رتور قابل اندازه‌گیری نیست. شار رتور باید تخمین زده شود. انواع متفاوت اندازه‌گیری و تخمین‌ها را می‌توان پیشنهاد نمود. تخمین شار که در اینجا پیشنهاد می‌شود بر پایه ادغام معادلات ولتاژ استاتور در یک قالب ثابت می‌باشد. در نتیجه می‌توان بوسیله معادلات 9-11 در نظر گرفته شود. که Te گشتاور الکترومغناطیسی و Msr اندوکتانس متقابل استاتور و رتور و Tl گشتاور بار است. و J ثابت اینرسی موتور القایی است. و F فرکانس دمپینگ است.

$$\dot{\phi_{r\alpha}} = \frac{L_r}{Msr} (U_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha} - \sigma L_s \dot{I}_{s\alpha}) - \frac{Tl}{J} - \frac{f}{J} \Omega \quad (۹)$$

$$\dot{\phi_{r\beta}} = \frac{L_r}{Msr} (U_{s\beta} - R_s I_{s\beta} - \sigma L_s \dot{I}_{s\beta}) - \frac{Te}{J} - \frac{f}{J} \Omega \quad (۱۰)$$

$$\theta_s = \arctan \left[\frac{\dot{\phi r \beta}}{\dot{\phi r \alpha}} \right] \quad (11)$$

که در آن θ_s زاویه مابین بردار شار رتور ϕr و محور (α, β) است. جایی که $\phi r \alpha$ و $\phi r \beta$ تخمین شار رتور و α و β اندازه جریانهای استاتور هستند.

۳- کنترل لغزشی

۳-۱ کنترل لغزشی موتور القایی

مطابق رابطه 3 می توان اثبات کرد سیستم در مد لغزشی است. اگر نقطه کار روی سطح لغزش $\sigma = 0$ باشد. توجه به این نکته ضروری است که در موتور القایی کنترل مورد نظر باید در دو فاز در نظر گرفته شود. فاز اول انتخاب یک سطح لغزش متمایل دینامیکی است. که معمولاً خطی و نزولی است. دومین فاز انتخاب یک قانون کنترل می باشد. که متغیر حالت را به سمت سطح لغزش نزدیک و در آنجا ثابت می کند. مطابق قضیه کنترل تعریف شده در بالا و با توجه به رابطه 1 کنترل مورد نظر باید بصورت 12 در نظر گرفته شود.

که در آن $X \in R^n$ بردار حالت و $U \in R^m$ بردار کنترل و $f(x, t) \in R^n$ و $B(x, t) \in R^{n \times m}$ بردار تابع می باشد. که برای پیدا کردن تابع S براساس بردار پیش رونده X می باشد. بنابراین:

$$\dot{X} = f(x, t) + B(x, t)u(x, t) \quad (12)$$

$$S = \{X(t) | S(x, t) \equiv 0\} \quad (13)$$

جایی که:

$$S(x, t) = [S1(x, t), S2(x, t), \dots, Sm(x, t)]^T \quad (14)$$

در این رابطه $[\bullet]^T$ دلالت بر بردار انتقال دارد. و S سطح لغزش نامیده می شود. برای آوردن متغیر حالت روی سطح لغزش دو وضعیت همانند ۱۲ باید در نظر گرفت. بنابراین:

$$S(x, t) = 0, \quad \dot{S}(x, t) = 0 \quad (15)$$

در نتیجه:

$$U = U^{eq} + U^n \quad (16)$$

که در آن U بردار کنترل است. و U^{eq} بردار کنترل معادل و U^n قسمت سویچینگ کنترل است. U^{eq} می تواند بوسیله در نظر گرفتن یک سطح لغزش بصورت $S(x, t) = 0$ که معادل قرار دادن متغیر حالت روی سطح لغزش است بدست آید. برای اطمینان از همگرایی حالت های سیستم برای سطح لغزش در زمان محدود مورد نیاز است. اثرات چترینگ را می توان بوسیله ارایه یک باند لایه از عرض ϕ یا طرف سطح لغزش کاهش داد. سپس U^n بصورت 17 تعیین می گردد.

$$U^n = K \times \text{sat}(S(x)/\phi) \quad (17)$$

که در آن $\text{sat}(S(x)/\phi)$ تابع سطح اشباع است. ϕ عرض باند لایه است. K بهره کنترل است که برای پایداری لیپانف طراحی شده است. با در نظر گرفتن تابع لیپانف بصورت 18 خواهیم داشت:

$$V = \frac{1}{2} S^2 \quad (18) \quad \dot{V} = S \dot{S} \leq -\mu |S| \quad (19)$$

که در آن μ یک ثابت مثبت معین است. در اینجا $S(x, t)$ بردار مد لغزشی است. بنابراین:

$$S(x) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda \right)^{n-1} e \quad (20)$$

$$X = \begin{bmatrix} x, \dot{x}, \dots, x^{n-1} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$(22)$$

$$X^d = \begin{bmatrix} X^d, \dot{X}^d, \dots, X^d \end{bmatrix}^T$$

$$e \cong X^d - X = \begin{bmatrix} e, \dot{e}, \dots, e^{n-1} \end{bmatrix} \quad (23)$$

که 21 بردار حالت و 22 بردار حالت جهشی است. و 23 بردار خطا و λ بردار قطب‌های S می باشد. بصورت معمول در کنترل موتور القایی از قضیه کنترل لغزشی استفاده می شود. سطحی که انتخاب می گردد بعنوان تابع خطا مابین سیگنال های مرجع ورودی و سیگنال های اندازه گیری شده می باشد. پس از این مرحله بصورت واقعی می توان یک قانون کنترل که موجب نزدیکی بردار حالت در طول سطح لغزش گردد تعیین نمود.

۴- کنترل سرعت

برای کنترل سرعت ماشین القایی سه سطح انتخاب می گردد. متغیرهای کنترل سرعت و شار ϕ هستند. خطوط شار در مقدار نامی برای داشتن یک مقدار گشتاور ماکزیمم نگه داشته می شوند. اگر قرار دهیم $n=1$ معادلات متعدد کنترل سرعت می تواند مطابق روابط 25-24 بدست آید.

$$S(\Omega) = \Omega_{ref} - \Omega \quad (24)$$

$$\dot{S}(\Omega) = \dot{\Omega}_{ref} - \dot{\Omega} \quad (25)$$

با جایگذاری مقدار $\dot{\Omega}$ از معادله 8 در رابطه 25 خواهیم داشت:

$$\dot{S}(\Omega) = \dot{\Omega}_{ref} - \left(\frac{PMsr}{JLr} \phi r dIsq - \frac{TL}{J} - \frac{f\Omega}{J} \right) \quad (26)$$

اگر قرار دهیم:

$$Isq = Isq^{eq} + Isq^n \quad (27)$$

در طول مد لغزشی و در ترم مغناطیسی خواهیم داشت:

$$S(\Omega) = 0, \quad \dot{S}(\Omega) = 0, \quad Isq^n = 0 \quad (28)$$

که کنترل معادل برابر است با:

$$Isq^{eq} = \frac{JLr}{\rho_{Msr} \varphi_{rd}} \left(\Omega_{ref} + \frac{f}{J} \Omega + \frac{T_L}{J} \right) \quad (29)$$

در طول حالت همگرایی شرط $S(\Omega) \dot{S}(\Omega) \leq 0$ باید برقرار باشد.

بنابراین:

$$\dot{S}(\Omega) = -\frac{\rho_{Msr}^2 \varphi_{rd}}{JLr} Isq^n \quad (30)$$

بنابراین برای ضریب تصحیح خواهیم داشت:

$$I^n_{sq} = Kisq \quad Sat(S(\Omega)) \quad (31)$$

برای داشتن یک سیستم پایدار پارامتر $Kisq$ باید مثبت در نظر گرفته شود.

۵- کنترل جریان استاتور و محدودیت

برای داشتن محدودیت اوورشوت جریان I_{qs} ، باید یک محدودکننده جریان همانند 32 در نظر گرفت.

$$I^{Lim_{sq}} = Isq^{max} \times sat(Isq) \quad (32)$$

برای کنترل جریان خواهیم داشت:

$$S(Isq) = Isq^{Lim} - Isq \quad (33)$$

$$\dot{S}(Isq) = \dot{Isq}^{Lim} - \dot{Isq} \quad (34)$$

با جایگذاری Isq معادله ۵ در رابطه 34 خواهیم داشت:

$$\dot{S}(Isq) = \dot{Isq}^{Lim} - \left(-wsIsd - \gamma Isd - P\Omega K\varphi_{rd} + \frac{1}{\sigma L_s} Usd \right) \quad (35)$$

برای کنترل ولتاژ خواهیم داشت:

$$U_{sq}^{ref} = U_{sq}^{eq} + U_{sq}^n \quad (36)$$

$$U_{sq}^{ref} = \sigma L_s \left(I_{sq}^{\lim} + w s I_{sq} + \lambda s q + P \Omega K \varphi r d \right) \quad (37)$$

$$U_{sq}^n = K U_{sq} \times \text{sat}(S(I_{sq})) \quad (38)$$

برای داشتن پایداری سیستم پارامتر $Kvqs$ باید مثبت در نظر گرفته شود.

۶- کنترل شار

در کنترل پیشنهادی اگر قرار دهیم $n=2$ برای کنترل U_{sd} می توان گفت :

$$S(\varphi_r) = \lambda \varphi (\varphi_r^{ref} - \varphi_r) + \left(\varphi_r^{\bullet ref} - \dot{\varphi}_r \right) \quad (39)$$

$$\dot{S}(\varphi_r) = \lambda \varphi (\varphi_r^{\bullet ref} - \dot{\varphi}_r) + \left(\varphi_r^{\bullet\bullet ref} - \ddot{\varphi}_r \right) \quad (40)$$

برای ولتاژ کنترل:

$$U_{sd} = U_{sd}^{eq} + U_{sd}^n \quad (41)$$

$$U_{sd}^{eq} = \sigma L_s \left(\varphi_r^{ref} + \lambda_{\varphi} \varphi_r^{ref} + \left(\frac{1}{T} - \lambda \varphi \right) \varphi_r \right) \frac{Tr}{Ms_r} - \sigma L_s \left(-\gamma_{sd} + w s I_{sq} + \frac{K}{T_r} \varphi r d \right) \quad (42)$$

$$U_{sd}^n = K u_{sd} \times \text{sat}(S(\Omega)) \quad (43)$$

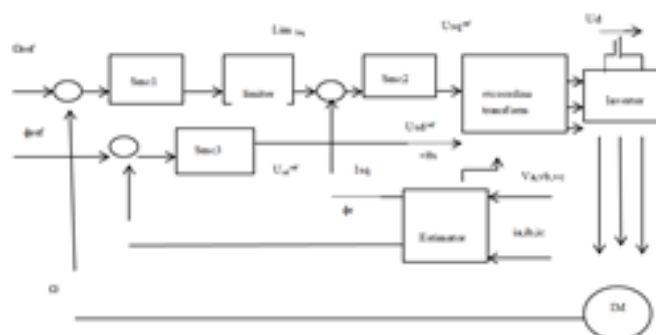
برای پایداری سیستم پارامتر $Kusd$ باید مثبت در نظر گرفته شود.
انتخاب ضرایب $Kusq$ و $Kusd$ و $Kisq$ بر اساس خواسته مورد نیاز انتخاب می شوند.

۷- کنترل مقاوم

نمای شماتیک کنترل کننده مقاوم پیشنهادی در شکل 1 نشان داده شده است. بلوک های $SMC1$ و $SMC2$ و $SMC3$ نشان دهنده کنترل کننده های لغزشی پیشنهادی هستند. بلوک limiter جریان را در حدود مقادیر محدود، محدود می کند. مشخصات موتور طراحی شده در جدول 1 آورده شده است. شکل 2 نشان دهنده کنترل مقاوم در برابر اینرسی است.

$$J = m J_n, \quad 1 \leq m \leq 2$$

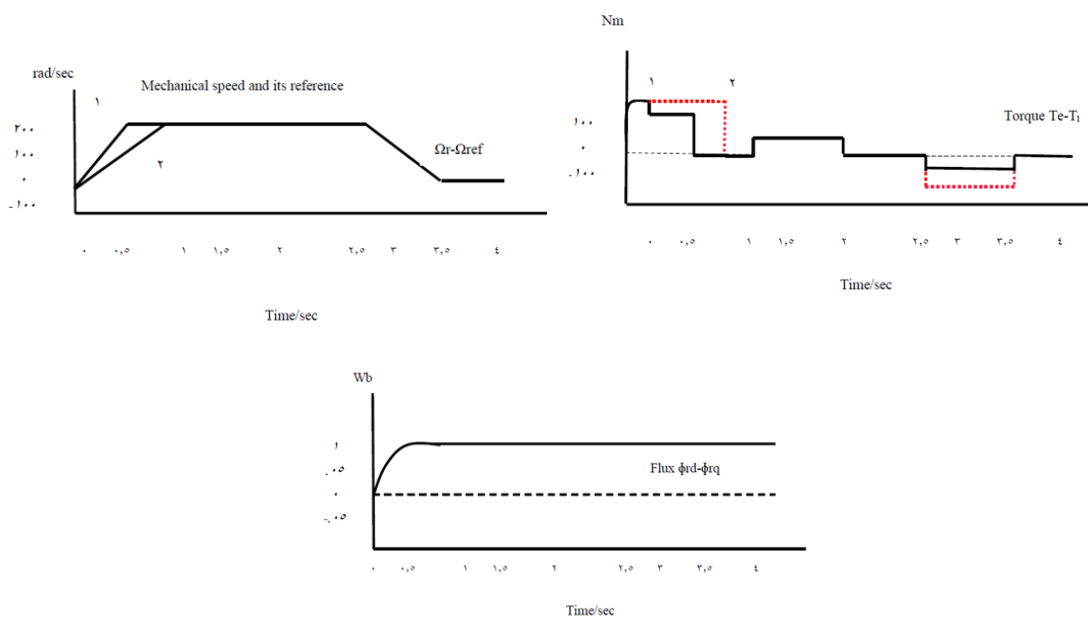
شکل 3 نشان دهنده تغییرات مقاومت رتورو استاتور می باشد. شکل 4 کنترل مقاوم با تغییرات اندوکتانس رتور و استاتور را نشان می دهد.



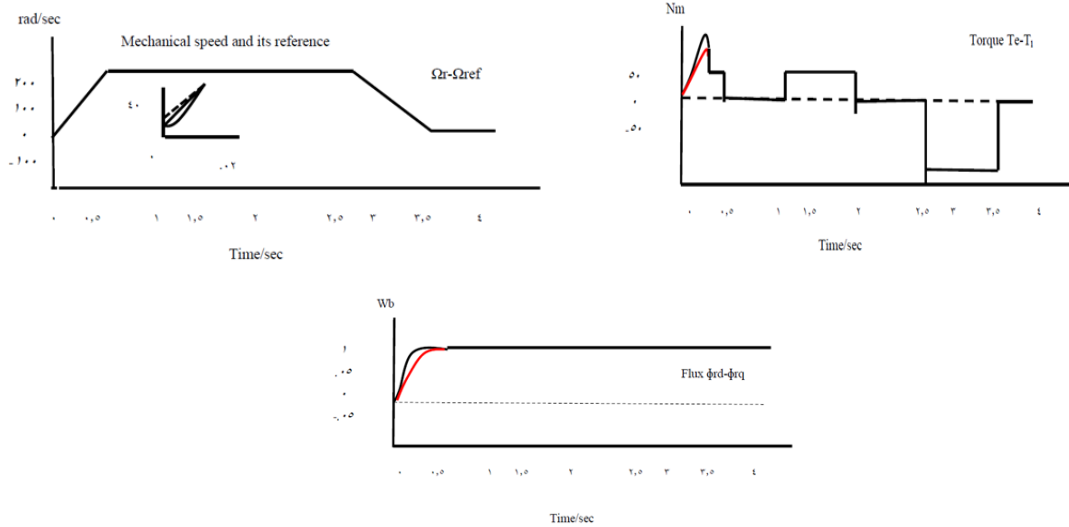
شکل ۱- نمای شماتیک کنترل کننده مقاوم پیشنهادی

جدول ۱- مشخصات موتور القایی شبیه سازی شده

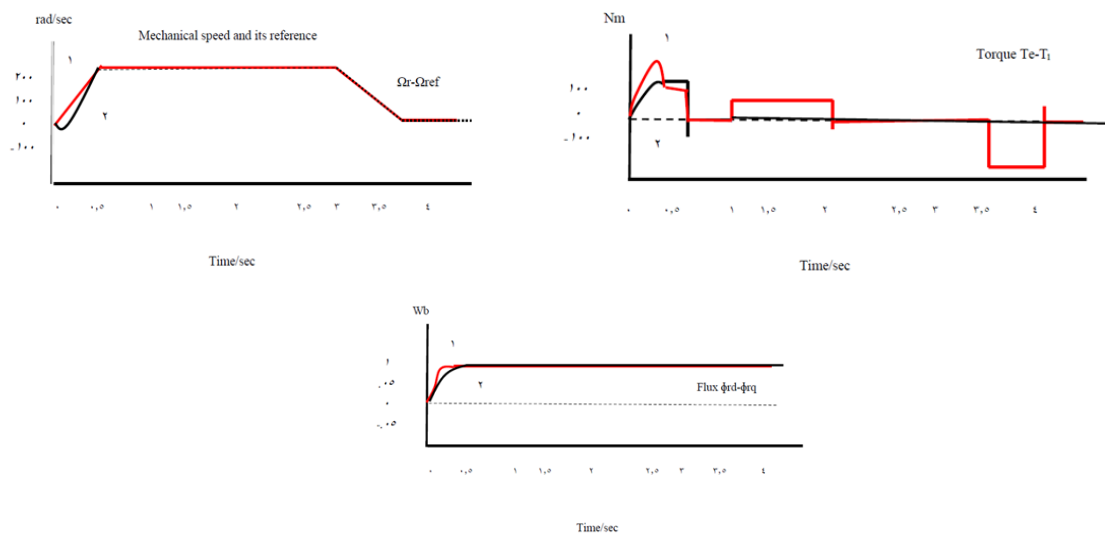
COMPONENT	PART/NAME/VALUE
Uin/Iin	220V/16A
Rs/Rr/Lr	.063 Ω /.04 Ω /0.097H
Ls/F	0.091H/50Hz



شکل ۲- پاسخ سیستم به تغییرات اینرسی



شکل ۳- پاسخ سیستم به تغییرات مقاومت رتور و استاتور



شکل ۴- پاسخ سیستم به تغییرات اندوکتانس رتور و استاتور

۸- نتیجه‌گیری

در این مقاله کنترل لغزشی موتور القایی ارایه گردیده است. برای تخمین شار رتور از یک الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. که نتیجه آن کنترل مقاوم در برابر تغییرات اینرسی و در حضور پارامترهای نامشخص است. همچنین با انتخاب خوب پارامترهای کنترل اثرات چترینگ و نوسانات گشتاور نیز کاهش می‌یابد. که نتیجه آن پایداری قابل قبول در برابر تغییرات سرعت در حضور پارامترهای نامشخص است.

مراجع

- 1- Bouhenna A., Mansouri A., Chenafa M., Belaidi A.(2008), "Feedback Gain Design Method for the Full-Order Flux Observer in Sensorless Control of Induction Motor" International Journal of Computers Communications & Control, Volume III (2008) N°2 pp. 135-148.
- 2- Inanc N. (2002) "A new sliding mode flux and current observer for direct field oriented induction motor drives"; Electric power systems research, Vol 63 pp 113-118.
- 3- Utkin V.I. (1993) "Sliding mode control design principles", IEEE, Transactions on Industrial Electronics. Vol 40 pp 23-36.

,

برنامه ریزی توسعه خطوط TEP برای شبکه انتقال مجهز به TCSC با توجه به عدم قطعیت تقاضای بار مشترکین و خروجی توربین های بادی WTGs

نادر مرتضوی^{*}، حسن پنج مینی^۱

گروه الکترونیک، دانشکده فنی و حرفه ای شهید رجایی لاهیجان، دانشگاه فنی و حرفه ای گیلان، ایران

n.motazavi95@stumail.ac.ir

چکیده

با افزایش روزافزون تقاضای بار، نفوذ تولیدات پراکنده نظیر توربین های بادی، بهره برداری از ادوات جبران ساز راکتیو سری نظیر TCSC و پیشرفت روند تجدید ساختار در مدیریت سیستم های قدرت نیاز به برنامه ریزی بهینه توسعه خطوط شبکه انتقال بیش از پیش احساس می شود. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال یکی از بخش های اساسی برنامه ریزی توسعه سیستم قدرت می باشد که نوع، مکان و زمان احداث خطوط جدید را جهت کفایت در تأمین بار تعیین می کند. بنابراین مسئله برنامه ریزی توسعه سالیانه خطوط انتقال یک مسئله بهینه سازی دینامیکی با متغیرهای صحیح و مختلط می باشد. در این مقاله، یک الگوریتم دو مرحله ای مبتنی بر روش حل اجتماع گروه ذرات PSO برای توسعه سالیانه خطوط طی ۱۵ سال آینده پیشنهاد می شود که تابع هدف حداقل سازی هزینه ها و بیشینه سازی رفاه اجتماعی تحت شرایط بازار برق می باشد و قیود مسئله شامل پخش بار بهینه شبکه با حضور ادوات جبران سازی سری TCSC و با توجه به عدم قطعیت های موجود در تقاضای بار مشترکین شبکه و خروجی تولیدات پراکنده توربین های بادی WTGs می باشد. بمنظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مطالعات شبیه سازی بر روی یک سیستم تست 6- باسه اصلاح شده گراور بکار گرفته شده است و در نهایت تاثیر تغییر برخی پارامترهای مهم نظیر تغییر محل نصب توربین بادی و ادوات جبران ساز را بر روی بحث به تعویق انداختن توسعه خطوط بررسی می گردد.

واژگان کلیدی: برنامه ریزی توسعه خطوط، جبران سازی سری TCSC، توربین بادی WTG، عدم قطعیت، الگوریتم اجتماع گروه ذرات PSO.

۱- مقدمه

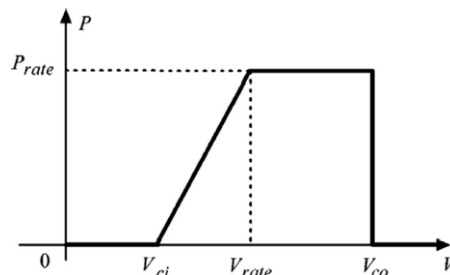
برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال TEP از جمله مسائلی است که عدم قطعیت های بهره برداری به شدت بر روند آن تاثیر گذار است که بعضاً به علت پیچیدگی خاص خود موجب نتایج غیرواقعی و نادقیق می شود. بنابراین بایستی حتی الامکان این عدم قطعیت ها را با مدل سازی احتمالاتی وارد برنامه TEP نمود. عدم قطعیت بهره برداری شامل ضریب رشد تقاضای بار، میزان و مکان تولید نیروگاه ها، خروجی واحدهای توربین بادی و غیره در افق سالیانه می باشد که با تغییر در این پارامترها پخش بار بشبکه تغییر نموده و در نتیجه بهینگی طرح های متنوع توسعه شبکه انتقال با توجه به تغییر شاخص های قابلیت اطمینان و غیره برای انتخاب به طور غیر مستقیم تغییر می دهد [1-2]. امروزه، منابع تولید پراکنده بدلیل محدودیت های مربوط به تولید به روش متداول و پیشرفت های جدید در تکنولوژی DG در سال های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند و نیاز به بهره برداری اقتصادی و سطح بهینه قابلیت اطمینان باعث افزایش بیشتر علاقه به این منابع شده است. از مزایای مهم تولیدات پراکنده علاوه بر کاهش تلفات، آزادسازی ظرفیت شبکه انتقال و بهبود پروفیل ولتاژ را ذکر کرد. منابع تولید پراکنده متداول شامل منابع فتوولتائیک، میکروتوربین، بیومس، پیل سوختی و توربین های بادی می باشد. در شرایط کنونی نیز با توجه به موارد ذکر شده و توجه پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی های نو، پرداختن به انرژی باد و استفاده از این منابع تولید انرژی در سیستم های قدرت تجدید ساختار یافته امری حیاتی و ضروری به نظر می رسد. استفاده از توربین های بادی در شبکه سراسری برق به دلیل ماهیت تغییرپذیر خروجی آنها وابسته به تغییرات سرعت باد بسیار مشکل می باشد و باعث

ورود عدم قطعیت در بحث برنامه‌ریزی سیستم می‌شود. بعلاوه، مقدار تقاضای بارهای سیستم قدرت غیر قطعی هستند در نتیجه سیستمهای قدرت با عدم قطعیت نیروی باد و تقاضای بار مشترکین مواجهند [3-4]. شبکه انتقال AC دارای محدودیت‌های متنوعی می‌باشد که به دو گروه، محدودیت‌های استاتیکی و دینامیکی تقسیم می‌شوند که تبادلات توان در این سیستم را محدود می‌سازند، بعلاوه، منجر به عدم استفاده بهینه از سیستم انتقال موجود می‌شود. تجهیزات جبران‌ساز FACTS در کاربردهای متنوع جهت بهبود عملکرد سیستم قدرت شامل کاربردهای حالت دائمی شامل، کنترل ولتاژ، افزایش ظرفیت انتقال توان، کاهش سطح جریان اتصال کوتاه، کنترل فلو عبوری از خطوط انتقال و کاربردهای دینامیکی شامل بهبودی پایداری گذرا، میراسازی نوسانات، بهبودی پایداری ولتاژ قابل استفاده می‌باشد [5-6]. یکی از این عناصر تجهیز جبران‌ساز TCSC است که می‌تواند برای کاهش توان در خطوط دارای اضافه بار و استفاده از مسیرهای جایگزین برای افزایش ظرفیت سیستم بکار رود این سبب می‌شود تا در شرایط عادی با سیستم انتقال موجود از طریق امکان استفاده از حداکثر ظرفیت خطوط ظرفیت انتقالی سیستم را افزایش داد و در نتیجه طرح‌های توسعه خطوط به تعویق افتاده که البته از نظر اقتصادی بسیار حایز اهمیت می‌باشد [7-8]. به طور کلی برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال به دو نوع دینامیکی و استاتیکی تقسیم می‌شود. نوع دینامیکی تمام اهداف برنامه‌ریزی را محقق می‌سازد در حالی که در برنامه‌ریزی استاتیکی جهت ساده‌سازی، پارامتر زمان از مجهولات مساله حذف شده و برنامه‌ریزی برای یک افق سالیانه انجام می‌شود [9]. هدف از حل مسئله توسعه خطوط انتقال در واقع چگونگی توسعه شبکه انتقال فشار قوی برای تامین تقاضای رو به رشد بار مشترکین در آینده است. مسئله TEP تعیین می‌نماید که کی و کجا خطوط انتقال جدید باید در شبکه برای حمایت از تقاضای بار مشترکین نصب شوند. مسئله TEP در سیستمهای قدرت کلاسیک با ساختار مدیریتی یکپارچه عمودی برای به حداقل رساندن هزینه‌های سرمایه گذاری حل می‌شود اما در فضای تجدید ساختار شده به منظور فراهم آوردن محیطی رقابتی برای همه شرکت کنندگان بازار طراحی و حل می‌شود. این مسئله بهینه‌سازی در واقع یک مسئله برنامه‌ریزی مقید پیچیده صحیح غیرخطی است. مساله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال یک مساله بهینه‌سازی غیرخطی با ابعاد بزرگ بوده که تا کنون روشهای مختلفی از جمله گراسپ، جداسازی بندر، الگوریتم شاخه و کران و آنالیز حساسیت برای حل آن ارائه شده است [10-11]. اخیراً روش‌های جستجوی تصادفی مانند الگوریتم ژنتیک، آبکاری شبیه‌سازی شده، جستجوی تابو، و الگوریتم ژنتیک با کدینگ دهدهی، برای حل مساله TEP پیشنهاد شده‌اند [12]. این الگوریتمهای تکاملی روشهای جستجوی ابتکاری هستند که بر اساس جمعیتی از افراد استوار بوده و عملکرد آنها به اعمال یکسری تغییرات تصادفی بستگی دارد. اگرچه بنظر می‌رسد الگوریتمهای مزبور، روشهای خوبی برای حل مساله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال (TEP) می‌باشند اما با افزایش تعداد پارامترهای مساله، دقت و سرعت آنها در رسیدن به پاسخ بهینه کاهش می‌یابد [13]. با توجه به اهمیت بحث تحقیقات فراوانی در این حوزه انجام شده است که در ذیل به طور اجمالی به برخی از آنها خواهیم پرداخت: در مرجع [14]، هدف حل مساله برنامه‌ریزی استاتیکی توسعه شبکه انتقال STNEP در حضور تلفات شبکه انتقال و عدم قطعیت در تقاضا با استفاده از الگوریتم جدید اجتماع ذرات گسسته بهبودیافته پیشرفته IADPSO می‌باشد. بنابراین هزینه تلفات، عدم قطعیت در بار و همچنین هزینه توسعه پستهای مرتبط (از نظر سطح ولتاژ) نیز در هزینه‌های توسعه شبکه انتقال (تابع هدف) لحاظ گردیده است. در مرجع [15]، لحاظ نمودن عدم قطعیت در قیمت سوخت طی سناریوهای متعدد به ارزیابی نقش مؤثر آن در نتیجه TEP، با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که هر نوع عدم قطعیت در قیمت سوخت که منجر به کاهش تولید بهینه نیروگاه‌های ظرفیت گردد طرح توسعه‌ای گرانتر را نتیجه داده و بالعکس هر نوع عدم قطعیت در سوخت که افزایش تولید نیروگاههای کم ظرفیت و کاهش تولید نیروگاههای با ظرفیت متوسط را در پی داشته باشد، طرح توسعه ارزانتری را برای شبکه انتقال به ارمغان خواهد آورد. در مرجع [16]، یک مدل بهینه‌سازی دو مرحله‌ای چندین هدفه برای حل مسئله برنامه‌ریزی توسعه همزمان شبکه انتقال و تولید با استفاده از تئوری تصمیم بر مبنای شکاف اطلاعاتی ارائه می‌کند. مدل در مقابل پارامترهای غیر قطعی بسیار مقاوم بوده و ماکزیمم بودجه مورد نیاز به انضمام هزینه حمل و نقل را در نظر می‌گیرد. در مرجع [17]، یک روش مبتنی بر مدلسازی چندین هدفه برای جابجایی، زمانبندی و ظرفیت پست های فوق توزیع و فیدرهای ولتاژ متوسط با حضور تولیدات پراکنده و خازن ها ارائه شده است. عدم قطعیت‌هایی نظیر تغییرات در قیمت بازار، تولید منابع توربین بادی و پیش‌بینی تقاضای بار با استراتژی مناسب درون مدل پیشنهادی گنجانده شده است. مدل پیشنهادی توسط برنامه‌ریزی دینامیکی با نرم افزار NSGA-II و تئوری فازی برای یافتن بهترین پاسخ آزمایش می‌شود. تابع هدف مدل پیشنهادی هزینه نصب و بهره‌برداری تولید پراکنده و خازن،

هزینه تلفات اکتیو و راکتیو، هزینه توسعه خطوط، خرید انرژی از شبکه انتقال، هزینه اتصال سیستم فوق توزیع به شبکه بالادست را کمینه می‌سازد. شاخص EENS برای بهبود معیارهای قابلیت اطمینان شبکه بکار گرفته شده است. معیارهایی برای پایداری ولتاژ و کیفیت توان و کاهش آلودگی به عنوان اهداف وابسته در نظر گرفته شده است. در مرجع [18] تعیین محل بهینه نصب ادوات FACTS بسیار راحت و دقیق یک روش واسط کاربر به صورت گرافیکی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک تک هدفه ارائه شده است که قادر است مد کلیه ادوات را در نظر گرفته و محل و تنظیمات مربوط به پارامترهای آنها را تعیین نماید البته با هدف افزایش بارپذیری شبکه. بعلاوه در این تحقیق پنج نوع تجهیز جبران‌ساز شامل SVC، TCSC، TCPAR و TCPST و UPFC قابلیت جایابی دارند. در این مقاله، یک روش جدید برای برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال (TEP) در حضور ادوات جبران‌ساز TCSC با وجود عدم قطعیت در تقاضای بار مشترکین و خروجی توربین بادی تحت شرایط بازار برق ارائه می‌شود. در واقع، برنامه‌ریزی توسعه خطوط در اینجا متناظر می‌باشد با برنامه‌ریزی نصب خطوط انتقال جدید، قدرت راکتیو و همچنین ارزیابی عدم قطعیت تقاضای بار مشترکین به همراه تاثیر تغییر محل نصب و عدم قطعیت در خروجی توربین‌های بادی WTGs می‌باشد. اهداف برنامه ریزی شامل کمینه‌سازی هزینه‌ها، حداکثرسازی رفاه اجتماعی با توجه به عدم قطعیت بار و سرعت وزش باد می‌باشد که البته تاثیر نصب و بهره‌برداری جبران‌ساز TCSC در خط معینی از شبکه در کنار تاثیر تغییر محل نصب و بهره‌برداری مولد توربین بادی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ساختار مابقی مقاله برترتیب ذیل سازماندهی شده است: در بخش دوم از طریق آنالیز مونت کارلو برای محاسبه تابع چگالی احتمال از خروجی توربین بادی و تقاضای بار مشترکین مورد استفاده قرار می‌دهیم. سپس در بخش سوم مدل‌سازی تجهیز جبران‌ساز سری خطوط TCSC انجام می‌شود. در بخش چهارم فرمولاسیون مسئله برنامه‌ریزی توسعه خطوط مبتنی بر اجرای برنامه پخش بار بهینه OPF شبکه با حضور جبران‌ساز TCSC و واحدهای توربین بادی WTG توسط الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع گروه ذرات PSO با قیود صحیح مختلط غیرخطی ارائه خواهد شد و نحوه کدسازی مسئله در الگوریتم هوشمند PSO بیان می‌گردد و در بخش پنجم بمنظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، مطالعات شبیه‌سازی بر روی شبکه تست ۶-باسه گراور با تغییر برخی پارامترهای مهم و تاثیر گذار انجام می‌شود. در بخش ششم نیز نتایج مفهومی حاصله از مطالعات عددی ارائه می‌گردد.

۲- مدل‌سازی احتمالاتی عدم قطعیت خروجی توربین بادی WT و تقاضای بار مشترکین

به تازگی، مزارع بادی به سرعت در حال توسعه در سیستم‌های برق قدرت هستند، به دلیل ویژگی‌های مطلوبی که دارند. با این حال، خروجی نیروی باد به طور مداوم در حال تغییر است و در نتیجه یک فاکتور اضافی و عدم قطعیت در سیستم قدرت معرفی می‌شود که عملیات و برنامه ریزی در مورد آن انجام می‌شود. همچنین، بارهای سیستم قدرت نامشخص است. خروجی توربین بادی یک تابع غیر خطی از سرعت باد می‌باشد که با تغییر سرعت باد ممکن است خروجی WTG بین صفر تا عددی بزرگ تغییر کند از اینرو می‌تواند به نوسانات در پخش بار شبکه منجر شود. در نتیجه، تمام ویژگی‌های سیستم قدرت مانند قیمت، رفاه اجتماعی، قدرت انتقال خط را نیز تغییر دهد. بنابراین، این عدم قطعیت باید در فرمولاسیون پخش بار بهینه شبکه OPF گنجانیده شود. مدل احتمالاتی یک مدل بسیار مناسب برای مقابله با این مشکل است این مدل معمولاً برای سرعت باد وایبل استفاده می‌شود، شکل و مقیاس پارامترها توزیع مذکور از میانگین و انحراف استاندارد سرعت باد بدست می‌آید. ویژگی‌های قدرت خروجی به سرعت باد ورودی و سه پارامتر دیگر سرعت برش پایین (VCI)، سرعت نامی (Vrate) و سرعت برش بالا (VCO) مربوط می‌شود. رابطه بین سرعت باد و قدرت خروجی یک واحد WTG به صورت تقریبی مطابق رابطه (۱) برای شکل (۱) بدست می‌آید. با استفاده از توزیع سرعت باد و مشخصه توربین بادی WTG، آنالیز مونت کارلو را می‌توان برای شبیه‌سازی تابع توزیع توان خروجی توربین بادی WTG استفاده کرد [19].



شکل ۱- مدل‌سازی تکه‌ای خطی خروجی مولد توربین بادی WTGs

$$P = \begin{cases} 0 \rightarrow IF \rightarrow 0 \leq V \leq V_{Ci} \\ P_{rate} \cdot \frac{V - V_{Ci}}{V_{rate} - V_{Ci}} \rightarrow if \rightarrow V_{Ci} \leq V \leq V_{rate} \\ P_{rate} \rightarrow if \rightarrow V_{rate} \leq V \leq V_{Co} \\ 0 \rightarrow if \rightarrow V_{Co} \leq V \end{cases} \quad (1)$$

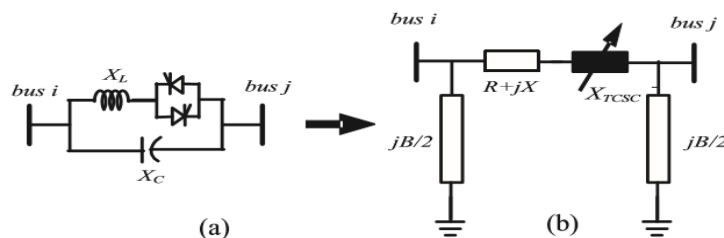
به عنوان مثال، برای یک واحد 150 MW WTG با پارامترهای $V_{ci} = 4$ ، $V_{rate} = 10$ و $V_{co} = 22$ متر/ثانیه، سرعت باد میانگین و انحراف استاندارد 5.4 متر/ثانیه و سرعت باد 2.7 متر/ثانیه می باشد توزیع توان خروجی WTG در شکل را می توان با تابع (۲) توصیف کرد.

$$F(X) = \begin{cases} F_{zero} \rightarrow IF \rightarrow X = 0 \\ g(x) \rightarrow if \rightarrow 0 \leq X \leq P_{rate} \\ F_{rate} \rightarrow if \rightarrow X = P_{rate} \\ 0 \rightarrow if \rightarrow otherwise \end{cases} \quad (2)$$

البته تقاضای بار مشترکین شبکه نیز نامشخص است و می توان آن را با اجرای روندی مشابه محاسبه خروجی توربین با محاسبه تابع چگالی احتمال PDF با توزیع نرمال تعیین نمود. در این مقاله، عدم قطعیت تقاضای بار شبکه به صورت یک تابع توزیع احتمالی نرمال مدل‌سازی شده است. احتمال بار تصادفی را می توان با استفاده از PDF عادی خود به دست آورد. در این وضعیت می توانیم خروجی WTG و بار بر اساس ارزشهای خود را به طور تصادفی تولید شده تنظیم کنیم و با استفاده از احتمال وقوع بار و توان خروجی WTG، احتمال سناریو فعلی نیز محاسبه می شود. بنابراین از این طریق در هر سناریو، متغیرها و احتمالات متناظر با آنها به دست آمده است و PDF به راحتی می توان محاسبه نمود. با استفاده از این روش یک ارتباط بین قدرت خروجی WTG، احتمال متناظر با آن قدرت خروجی WTG و پارامترهای سیستم بدست می آید.

۳- مدل‌سازی تجهیز جبران‌ساز استاتیک سری TCSC در خطوط انتقال

مدلهای مختلفی برای ادوات facts در مراجع مختلف ارائه شده است. اولین روش در واقع به مدل‌های تزریق توان است که مشخصه عملکردی ادوات جبران‌ساز به صورت تزریق توان ایجاد می‌شود. روش دیگر به صورت راکتانس متغیر است. برای تجهیز جبران‌ساز سری TCSC به فرم راکتانس متغیر متصل به فرم سری با خطوط انتقال که مشخصه عملکردی آنها به زاویه آتش تریستورها وابسته است، انجام می‌شود. شماتیک مدل‌سازی استاتیکی تجهیز جبران‌ساز سری TCSC در سیستم‌های قدرت مطابق شکل (۲) می باشد [20].



شکل ۲- مدار معادل جبران‌ساز سری TCSC با روش مدل‌سازی راکتانس متغیر به فرم سری در خطوط شبکه

جبران‌ساز کنترل شده تایرستوری بصورت سری در خطوط قرار می‌گیرند. در حقیقت تاثیر TCSC را می‌توان با یک امپدانس کنترل پذیر در خطوط انتقال مدلسازی کرد که مقدار امپدانس جدید خط انتقال پس از نصب تجهیز جبران‌ساز TCSC مطابق بلوک رابطه (۳) محاسبه می‌شود

$$X_{ij} = X_{Line} + X_{TCSC} = r_{TCSC} \cdot X_{line} \quad (3)$$

بنابراین جهت افزایش توان عبوری از خطوط انتقال TCSC ها با کاهش میزان راکتانس خطوط این هدف را برآورده می‌سازند. همچنین با کاهش میزان راکتانس انتقالی میزان تلفات توان راکتیو نیز کاهش می‌یابد، در حقیقت TCSC مانند یک خازن سری عمل می‌کند در نتیجه پروفیل ولتاژ نیز در خط بهبود می‌یابد.

۴- فرمولاسیون مسئله TEP با حضور تجهیزات TCSC توسط الگوریتم اجتماع گروه ذرات PSO

در سیستم‌های قدرت الکتریکی، جنبه های فنی و اقتصادی باهم در تقابلند بنابراین، برای حل مسئله TEP توجه به همه جنبه‌های اهداف مختلف برنامه ریزی ضروری می‌باشد. همواره اهداف فنی سعی در بهبود عملکرد سیستم قدرت دارند، در حالی که اهداف اقتصادی سعی در کاهش هزینه‌ها دارند. در این مقاله، یک الگوریتم دو مرحله‌ای برای برنامه‌ریزی توسعه خطوط TEP با بکارگیری روش حل اجتماع گروه ذرات PSO پیشنهاد می‌شود که به عدم قطعیت‌های بهره‌برداری شامل خروجی مولد بادی و تقاضای بار مشترکین توجه می‌کند و برای مقابله با این عدم قطعیت‌ها از سناریوپردازی آنالیز مونت کارلو MCS استفاده می‌شود. طی دو مرحله برنامه‌ریزی دینامیکی توسعه خطوط هر ساله، در مرحله اول تابع هدف کاهش هزینه سرمایه‌گذاری خطوط و همچنین برنامه‌ریزی منابع راکتیو شبکه نظیر ژنراتورهای سنکرون با حضور تجهیز جبران‌ساز سری TCSC مطابق بلوک روابط (۴) مورد توجه قرار می‌گیرد و سپس در مرحله دوم بیشینه‌سازی رفاه اجتماعی مشترکین یا به عبارت دیگر حقوق تراکم پس از نصب خط جدید انتخابی در مرحله اول بر روی شبکه انتقال به عنوان تابع هدف مطابق بلوک روابط (۵) در نظر گرفته می‌شود.

$$OF_{15year}^{Step1} = Cost_{Lines} + \sum_{si}^{wi \& loads} (Cost_{si}^{RPP} + Cost_{si}^{TCSC}) \quad (4)$$

هر یک از ترم‌های موجود در تابع هدف مرحله اول مطابق بلوک روابط (۴) محاسبه می‌شوند. که اندیس $Cost_{Lines}^{Lines}$ هزینه نصب خطوط جدید در شبکه را نشان می‌دهد، اندیس‌های $Cost_{si}^{RPP}$ و $Cost_{si}^{TCSC}$ بترتیب هزینه تولید توان راکتیو از طریق منابع ژنراتورهای سنکرون Ω و هزینه نصب و بهره‌برداری از جبران‌ساز سری TCSC موجود برای هر یک از سناریوهای ترکیبی حاصل از تولید توربین بادی و تقاضای بار مشترکین می‌باشد.

$$Cost_{Lines}^{Lines} = C^t \cdot n$$

$$Cost_{si}^{RPP} = \sum_{k \in \Omega_1} (C_{0k} + C_{1k} q_k^{Si}) u_k \quad (5)$$

$$Cost_{si}^{TCSC} = 0.0015 S_{si}^2 - 0.7130 S_{si} + 153.75 (US\$ / kVar)$$

اما، تابع هدف در مرحله دوم حل مسئله برنامه‌ریزی TEP با فرض نصب خطوط جدید در مکان‌های بهینه شبکه حداکثر سازی رفاه اجتماعی با برنامه‌ریزی مجدد منابع اکتیو و راکتیو و همچنین سطح جبران‌سازی TCSC منصوب در شبکه مطابق رابطه (۵) تعریف می‌شود. دو تابع هدف مطروحه در مرحله اول و دوم اجرای الگوریتم حل مسئله توسعه خطوط باید با استفاده از رابطه (۶) بر حسب دلار بر سال تبدیل شوند.

$$OF_{15year}^{Step2} = \sum_{si}^{wi \& loads} \lambda_{si}^{pp} \cdot P_{si}^{pp} - \lambda_{si}^{ld} \cdot P_{si}^{ld} \quad (6)$$

$$j_i = OF_{15year}^{Step1} \times \frac{r_t \times (1+r)^{n_t}}{(1+r)^{n_t} - 1} \frac{\$}{year}$$

دو مرحله حل مسئله TEP شامل قیود پخش بار بهینه شبکه تحت شرایط مفروض می‌باشد. قیود فنی تساوی و نامساوی در هر ترکیب سناریو تولید توربین بادی و تقاضای بار مشترکین شامل حداقل و حداکثر تولید ژنراتورها، حداقل و حداکثر ولتاژ شینه‌ها، حد حرارتی خطوط انتقال، توازن توان اکتیو و راکتیو در شینه‌های شبکه و همچنین قیود عملکردی تجهیز جبران‌ساز TCSC مطابق بلوک روابط (۷) می‌باشد. توان اکتیو و راکتیو تولیدی ژنراتورهای شبکه بترتیب P_{gi} و Q_{gi} و اندیس V_i و θ_i بترتیب دامنه و زاویه فاز ولتاژ باس‌های شبکه و اندیس‌های P_i و Q_i مقادیر محاسبه شده برای توان اکتیو و راکتیو در باس i از نوع PQ می‌باشد و اندیس‌های P_i^{net} و Q_i^{net} مقادیر معلوم برای توان اکتیو و راکتیو در باس i از نوع PQ می‌باشند و همچنین P_k و Q_k^{net} بترتیب مقادیر محاسبه شده و معلوم توان اکتیو در باس k از نوع PV (به استثنای باس اسلک) می‌باشد و اندیس θ_i زاویه فاز ولتاژ در باس i نام می‌باشد.

$$\begin{aligned} P_{gi}^{\min} &\leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max} \\ Q_{gi}^{\min} &\leq Q_{gi} \leq Q_{gi}^{\max} \\ V_i^{\min} &\leq V_i \leq V_i^{\max} \\ \theta_i^{\min} &\leq \theta_i \leq \theta_i^{\max} \\ X_{TCSC}^{\min} &\leq X_{TCSC} \leq X_{TCSC}^{\max} \\ g(V, \theta) &= 0 \\ g(V, \theta) &= \begin{cases} P_i(V, \theta) - P_i^{net} \\ Q_i(V, \theta) - Q_i^{net} \\ P_k(V, \theta) - P_k^{net} \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

فلوچارت شکل (۲) روند حل مسئله TEP با استفاده از الگوریتم اجتماع گروه ذرات PSO را نشان می‌دهد. در مرحله اول با استفاده از آنالیز مونت کارلو سناریو پردازی‌های مربوط به خروجی توربین بادی (توان-احتمال متناظر) و تقاضای بار مشترکین (مصرف-احتمال متناظر) را برای مکان‌های متناظرشان در شبکه را به طور مجزا تولید می‌کنیم و سپس از طریق تابع چگالی احتمال PDF هر یک از آنها، سناریوهای ترکیبی را برای مدلسازی عدم قطعیت در حل مرحله اول برنامه‌ریزی توسعه خطوط TEP تشکیل می‌دهیم. در مرحله اول همان طور که در بخشهای قبل اشاره شد برنامه‌ریزی توسعه خطوط به صورت دینامیکی انجام می‌شود و متغیرهای تصمیم‌گیری بدین فرم تعریف می‌شوند که برای مثال یک شین در شبکه گارور فرضا که شین ۶ می‌باشد با خطوط جدیدی باید به شبکه موجود پنج شینه متصل شود حداکثر تعداد خطی که بین شین ۶ و دیگر شینه‌های شبکه می‌توان نصب کرد ۵ خط است. اتصال یک خط جدید با عدد ۱ و عدم اتصال آن با ۰ مشخص می‌شود یعنی بین خط ۶ و خط ۱ پنج ذره در نظر می‌گیریم که مقدار باینری اختیار می‌کنند و همچنین پنج کاندید دیگر داریم بین شین ۶ با ۵ شین دیگر پس کلا بیست پنج ذره با قابلیت اختیار مقادیر باینری خواهیم داشت و ذره ۲۶ که تنظیم عنصر جبران‌ساز سری TCSC می‌باشد زیرا مکان نصب بهینه جبران‌ساز سری در خط ۳ شبکه انتقال ثابت فرض شده است. پس می‌توان بردار موقعیت ذرات تصادفی تولید شده توسط الگوریتم اجتماع گروه ذرات به صورت جدول (۱) تعریف نمود:

جدول ۱- بردار موقعیت برای حل مسئله TEP در مرحله اول اجرای الگوریتم توسط PSO

0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	...	0 or 1	0 or 1	0 or 1	0 or 1	تنظیم پارامتر TCSC
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-----	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------------------

با توجه به اینکه مدل پیشنهادی قابلیت نصب توربین بادی را در هر یک از شینه‌های شبکه دارا می‌باشد حال با اجرای مطالعه پخش بار بهینه شبکه بر اساس جمعیت تصادفی معادل خطوط جدید منصوب در شبکه کمینه‌سازی فیتنس الگوریتم PSO با استفاده از روابط (۳-۶) تحقق داده می‌شود. خروجی این مرحله انتخاب خطوط جدید برای یک سال آینده می‌باشد

البته ضمن اینکه مقدار تولید راکتیو منابع و تنظیم جبران‌ساز سری TCSC با توجه به مکان نصب توربین بادی و عدم قطعیت خروجی آن و تقاضای بار شبکه تعیین می‌گردند. در مرحله دوم، متغیرهای تصمیم‌گیری تنها شامل مقدار توان راکتیو تولیدی هر ژنراتور و تنظیم جبران‌ساز سری TCSC در شبکه انتقال است که برای مثال در شبکه گراور سه عدد ژنراتور داریم و یک عدد جبران‌ساز TCSC در خط ۳ شبکه انتقال که بردار موقعیت ۴ بعدی هر ذره را در الگوریتم اجتماع گروه ذرات تعیین می‌کند.

جدول ۲- بردار موقعیت ذرات PSO برای تخصیص تولید منابع توان راکتیو و تنظیم جبران‌سازها در مرحله دوم حل

مسئله برنامه‌ریزی توسعه خطوط TEP

تنظیم پارامتر TCSC	مقدار توان راکتیو ژنراتور ۳	مقدار توان راکتیو ژنراتور ۲	مقدار توان راکتیو ژنراتور ۱
--------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

با اجرای مجدد مطالعه پخش بار بهینه شبکه بر اساس بردار موقعیت ذرات با فرض نصب خطوط جدید از مرحله قبل این بار برای تحقق بیشینه سازی تابع فیتنس بر اساس روابط (۵-۶) به عبارت دیگر رفاه اجتماعی شرکای بازار توسط الگوریتم اجتماع گروه ذرات PSO اقدام می‌کنیم این روند حل ادامه می‌یابد تا نتایج بهینه تعیین گردد اما حین تکرار برای رسیدن به بهترین جواب مسئله TEP موقعیت و سرعت ذرات در هر دو مرحله مطابق روابط زیر بروزرسانی شوند.

$$v(t+1) = w(t)v(t) + c1rand(Pbest(t) - pi(t)) + c2(rand(gbest(t) - pi(t))) \quad (۸)$$

$$Pi(t+1) = Pos(t) + v(t+1) \quad (۹)$$

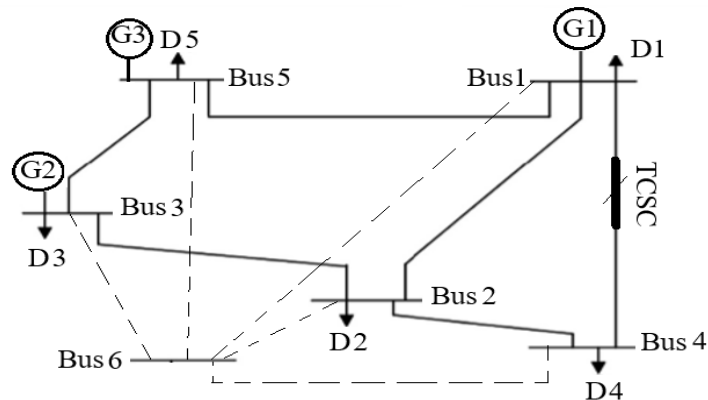
در نهایت نتیجه اجرای الگوریتم تعیین محل نصب خطوط جدید در شبکه با رشد بار ۱۰٪ سالیانه و تنظیم جبران‌ساز سری TCSC برای هر سال و مقادیر تولید توان راکتیو توسط ژنراتورهای سنکرون شبکه می‌باشد که البته تاثیر تغییر محل نصب توربین بادی بر روی طرح‌های توسعه سالیانه قابل بررسی می‌باشد.



۵- مطالعات عددی و نتایج شبیه‌سازی

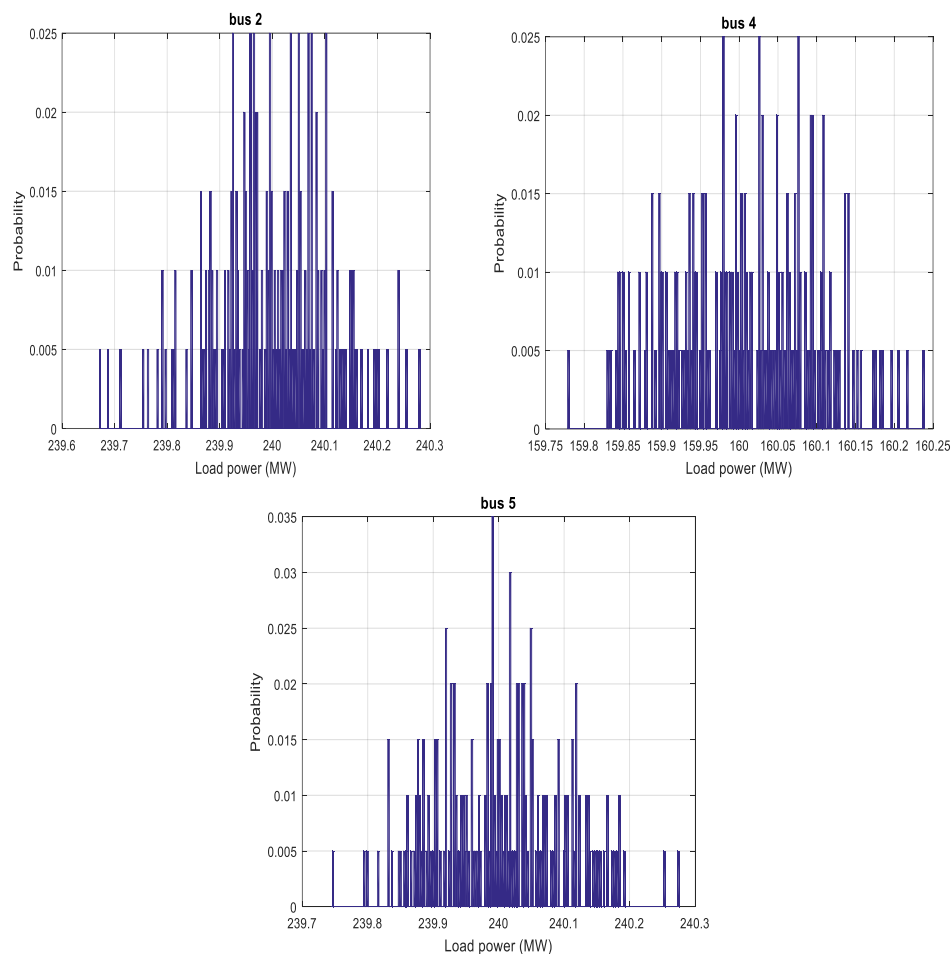
بمنظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی TEP، شبکه تست گراور اصلاح شده ۶- با سه مطابق شکل (۳) در نظر گرفته شده است. این شبکه ۵ باس و ۶ خط را دارا می‌باشد و همچنین قابلیت ۲۵ خط کاندید جدید برای نصب در شبکه را دارا می‌باشد. باسهای شبکه به بارهای متناظر خود اتصال یافته‌اند که کل تقاضای بار اکتیو و راکتیو شبکه معادل ۷۶۰ مگاوات و ۱۵۲ مگاوار

است. سیستم تولید شامل ۲ ژنراتور سنکرون در باس‌های Bus1 و Bus5 و یک توربین بادی در باس Bus2 با ظرفیت تولید میانگین معادل ۱۵۰ مگاوات با سرعت $V_{ci} = 4m/s$ ، $V_n = 10m/s$ و $V_{co} = 20m/s$ در نظر گرفته شده است.



شکل ۳- شبکه تست گراور اصلاح شده ۶- باسه بمنظور برنامه‌ریزی توسعه خطوط TEP

برنامه‌ریزی توسعه خطوط این شبکه برای ۱۵ سال است و نرخ رشد بار سالیانه ۱۰٪ می‌باشد و همچنین توزیع نرمال با انحراف استاندارد ۱۰٪ برای بارها فرض شده است. توزیع احتمالی تقاضای بار در باسهای Bus2، Bus4، Bus5 و Bus6 مطابق شکل (۴) می‌باشد.



شکل ۴- توزیع احتمالی تقاضای بار در باسهای Bus2، Bus4، Bus5 و Bus6

ماکزیمم تعداد خطوط بین دو باس ۵ عدد می‌باشد. مینیمم و ماکزیمم دامنه ولتاژ باس‌ها معادل ۰٫۹۵ تا ۱٫۰۵ پریونیت است. بعلاوه فرض شده است که تجهیز جبران‌ساز سری TCSC بر روی خط بین باس‌های Bus1 و Bus4 اتصال یافته است و قادر است تا ۸۰٪ راکتانس سلفی خط را خنثی کند با عملکرد به صورت خازن سری و با عملکرد در مد سلفی ۲۰٪ به راکتانس خط اضافه کند. اطلاعات ژنراتورهای سنکرون و تقاضای بار شبکه در جدول (۲) آمده است.

جدول ۳- اطلاعات ژنراتورهای سنکرون و تقاضای بار شبکه

Network data	Bus1	Bus2	Bus3	Bus4	Bus5
Demand (active)	80	Pl2=PDF(240)	40	Pl4=PDF(160)	Pl5=PDF(240)
Demand (reactive)	16	48	8	32	48
Generation	G1 (p=160) (-10<Q<48)	0	G2 (p=312) (-10<Q<101)	0	WTG1 (P=150+PDF(150))

اطلاعات خطوط شبکه انتقال موجود و خطوط جدید کاندید برای نصب بین ۵ شین موجود و شین ۶ شبکه طی ۱۵ سال پیشرو در جدول (۳) به نمایش در آمده است که شامل مقاومت، راکتانس، و ظرفیت حداقل و حداکثر توان انتقالی از خط می‌باشد.

جدول ۴- اطلاعات خطوط موجود و جدید کاندید برای نصب بین شین ۶ و مابقی شبکه طی ۱۵ سال پیشرو

Transmission system				
Network data	Resistance	Reactance	Mim – cap	Max – cap
Line12	0.04	0.4	40	120
Line14	0.06	0.6	60	100
Line15	0.02	0.2	20	120
Line23	0.02	0.2	20	120
Line24	0.04	0.4	40	120
Line35	0.02	0.2	20	120
New lines (Busi-Bus6)				
New Network	Resistance	Reactance	Mim – cap	Max – cap
Line16	0.068	0.68	68	90
Line26	0.03	0.3	30	120
Line36	0.048	0.48	48	120
Line46	0.03	0.3	30	120
Line56	0.061	0.61	61	98

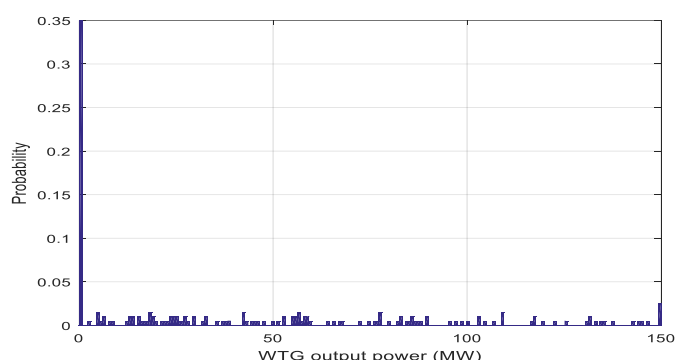
الگوریتم پیشنهادی برای توسعه خطوط TEP بر روی شبکه گراور مورد آزمون قرار گرفته و توسط روش اجتماع گروه ذرات PSO حل می‌شود و نتایج برای چهار سناریو زیر بررسی می‌شود:

مورد مطالعه پایه CASE1: شبکه بدون حضور توربین بادی WTG و بدون حضور تجهیز جبران‌ساز سری TCSC.

مورد مطالعه CASE2: شبکه بدون حضور توربین بادی WTG و با حضور تجهیز جبران‌ساز سری TCSC در خط ۳ (line14).

مورد مطالعه CASE3: شبکه با حضور توربین بادی WTG در باس Bus2 و با حضور تجهیز جبران‌ساز سری TCSC در خط ۳ (line14).

با استفاده از آنالیز مونت کارلو MCS سناریوپردازی احتمالاتی توان خروجی توربین بادی WTG به طور مشابه با تقاضای بار با توزیع نرمال در شکل (۵) به نمایش در آمده است. در این شکل بر اساس پیش‌بینی سرعت باد توان خروجی توربین بادی و احتمال متناظر با رخداد این توان را به نمایش در می‌آید.



شکل ۵- سناریوپردازی احتمالاتی توان خروجی توربین بادی WTG توسط آنالیز مونت کارلو MCS

کدنویسی در محیط نرم افزار متلب انجام شده است. با استفاده از مدل‌های ارائه شده برای تجهیز جبران‌ساز TCSC و توربین بادی WTG و مابقی شبکه، کدهای آماده این نرم افزار به گونه ای اصلاح شد تا امکان انجام پخش بار بهینه در هر سیستم قدرت مجهز به این المان فراهم آید. شبیه سازی‌ها بر روی یک لپ‌تاپ ASUS با قدرت پردازش 2.53 گیگاهرتزی با ۴ گیگابایت حافظه RAM انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی برای چهار سناریو مذکور در جدول (۴) به نمایش در آمده است.

جدول ۵- نتایج برنامه‌ریزی خطوط برای ۱۵ سال آینده طی ۴ سناریو برای شبکه انتقال ۶-باسه گراور

Years	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
Case1	Line26 (1) – line56 (3)	Line26 (1)	0	0	0
Case2	Line26 (1)	Line16 (1)	0	0	0
Case3	Line36 (1) – line46 (3)	0	0	Line26 (1)	0
Years	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10
Case1	0	0	0	Line16 (2)	Line36 (1)
Case2	Line46 (1)	0	0	Line36 (1)	0
Case3	Line16 (1)	Line56 (1)	0	0	0
Years	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15
Case1	0	0	0	0	0
Case2	Line56 (1)	0	0	0	0
Case3	0	0	0	0	0

همان طور که دیده می‌شود برای **CASE1** تحت شرایطی که تجهیز جبران‌سازی TCSC در شبکه نصب نیست برای سال اول یک خط بین باس ۲ و ۶ و ۳ خط بین باس ۵ و ۶ برای نصب انتخاب می‌شود. در سال دوم یک خط بین باس ۲ و ۶ در سال ۹ دو خط بین باسهای ۱ و ۶ و یک خط جدید بایستی مابین باسهای ۳ و ۶ نصب گردد تا به طور بهینه شبکه قادر به تامین نیاز بار به طور بهینه شود یعنی در این وضعیت ۸ خط جدید باید از شین‌های شبکه فعلی به شین ۶ اتصال یابد. اما در مطالعه **CASE2** در سال اول تنها یک خط جدید بین باس ۲ و ۶ نصب می‌گردد و در سال دوم نیز ۱ خط بین باسهای ۱ و ۶ تا سالهای ۹ و ۱۱ که بترتیب یک خط بین باسهای ۳ و ۶ و همچنین ۵ و ۶ برای نصب به طور بهینه تعیین می‌گردد که در مجموع حضور تجهیز جبران‌ساز سری و نصب و بهره‌برداری از آن در خط ۳ شبکه انتقال موجب کاهش خطوط نصب شده طی

۱۵ سال از ۸ خط به ۵ خط و ضمناً به تعویق افتادن نصب خطوط جدید تا سال ۱۱ مورد بررسی شده است. برای مورد مطالعاتی CASE3 اثر حضور توربین بادی در باس ۲ شبکه مورد توجه قرار گرفته دیده می‌شود با حضور توربین بادی به طور مشابه با حالت پایه حتی در حضور جبران‌ساز سری در سال اول ۴ خط برای نصب در شبکه به طور بهینه انتخاب می‌شود که ۳ تای آن خطوط بین شینه‌های ۴ و ۶ و یک خط بین شینه‌های ۳ و ۶ می‌باشد. در سال ۴ یک خط جدید دیگر نصب خواهد شد که بین باسهای ۲ و ۶ است که در مقایسه با مطالعه حالت پایه نصب این خط دو سال به تاخیر افتاده است و دو خط جدید دیگر در سالهای ششم و هفتم برنامه‌ریزی توسعه بترتیب بین باس‌های ۱ و ۶ و همچنین ۵ و ۶ اضافه می‌شوند. در مورد مطالعاتی CASE3 تعداد هفت خط انتقال برای نصب انتخاب شده است که تقریباً می‌توان گفت که در مقایسه با مطالعه حالت پایه هزینه نصب کمتری به خود اختصاص می‌دهد اما در مقایسه با وضعیتی که فقط تجهیز جبران‌ساز TCSC در شبکه قرار دارد نتایج ضعیف‌تری ارائه می‌نماید.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، با توجه به عدم قطعیت موجود در سرعت باد و تقاضای بار مشترکین، مدلسازی برنامه‌ریزی توسعه خطوط در حضور تجهیز جبران‌ساز راکتیو TCSC طی دو مرحله با موفقیت انجام شده است. در مرحله اول، تابع هدف کمینه سازی هزینه نصب خطوط جدید، بهره‌برداری از تجهیز جبران‌ساز با استفاده از الگوریتم اجتماع ذرات PSO بوده است. اما، در مرحله دوم حل مسئله توسعه خطوط شبکه به برنامه‌ریزی منابع راکتیو پس از نصب خطوط جدید در مکان‌های بهینه شبکه و همچنین تعیین سطح جبران‌سازی TCSC منصوب در شبکه برای هر سال با هدف حداکثرسازی رفاه اجتماعی توسط الگوریتم اجتماع گروه ذرات PSO معطوف می‌شود. در برنامه‌ریزی توسعه خطوط پیشنهادی به حداقل رساندن هزینه سرمایه گذاری و حداکثر رفاه اجتماعی پس از نصب خطوط جدید حین بهره‌برداری از جبران‌ساز TCSC با توجه به عدم قطعیت‌های بهره‌برداری شامل تقاضای بار و تولید توربین‌های بادی با استفاده از مطالعات شبیه‌سازی مونت کارلو MCS مدلسازی شده و تابع چگالی احتمالی PDF برای هر یک از آنها به دست آمده است و تاثیر ادوات جبران‌ساز و حضور توربین‌های بادی بر روی برنامه‌ریزی توسعه خطوط بحث شده است و نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که جایابی غیر هماهنگ توربین بادی و تجهیز جبران‌ساز می‌تواند تزریق توان در نقاط شبکه را به گونه رقم بزند که بحث توسعه خطوط از وضعیت بهینگی خارج شود و بعضاً حضور یک جبران‌ساز TCSC به تنهایی شرایط بهتر را برای به تعویق انداختن و کاهش هزینه نصب خطوط جدید و همچنین افزایش رفاه اجتماعی به ازای برنامه ریزی منابع راکتیو موجود شامل ژنراتورهای سنکرون و جبران‌ساز TCSC داشته باشد.

مراجع

1. Z. Xu, Z. Y. Dong and K. P. Wong, "A hybrid Planning Method for Transmission Network in a Deregulated Environment," IEEE Transactions on Power Systems, 2006, Vol. 21, No. 2, pp. 21-28.
2. Zhao Xu, Zhao Yang Dong, Kit Po Wong and Zhun Fan, "Multi-Objective Transmission Planning," Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 2009, pp. 1-4.
3. H. Yu, CY. Chung, KP. Wong and JH. Zhang, "A chance constrained transmission network expansion planning method with consideration of load and wind farm uncertainties," IEEE Transactions on Power System, 2009, Vol. 24, pp. 1567-1576.
4. J. Hyung Roh, M. Shahidehpour and L. Wu, "Market-based generation and transmission planning with uncertainties," IEEE Transactions on Power Systems, 2009, Vol. 24, pp. 1587-1598.
5. Abbaszadeh, J. Soltani, B. Mozafari, F. Partovi, Optimal GA/PSO-Based Allocation of Facts Devices Considering Voltage Stability through Optimal Power Flow, (2011) International Review on Electrical Engineering (IREE) , 2011, vol. 6, No. 7, pp. 3065-3072.
6. K. Radha Rani, J. Amarnath, S. Kamakshiah, "Allocation of FACTS Devices for ATC Enhancement Using Genetic Algorithm", ARPN Journal Of Engineering And Applied Sciences, February 2011, Vol. 6, No. 2, pp. 87-93.
7. Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, Mohamed E. El-Hawary, "Understanding FACTS Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems", John Wiley & Sons, Inc. 2000.

8. Rony Seto Wibowo, Naoto Yorino, Mehdi Eghbal, Yosshifumi Zoka, Yutaka Sasaki, "Facts Devices allocation With Control Coordination Considering Congestion Relief and Voltage Stability", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, no. 4, pp. 2302 – 2310, December 2011.
9. S. Binato, M. V. F. Periera, and S. Granville, "A new Benders decomposition approach to solve power transmission network design problems," IEEE Tran. Power Systems, 2001, Vol. 16, No. 2, pp. 235-240.
10. R. omero and A. Monticelli, "A hierarchical decomposition approach for transmission network expansion planning," IEEE Trans. Power Systems, Vol. 9, No. 1, 1994, pp. 373-380.
11. S. T. Y. Lee, K. L. Hocks, and H. Hnyilicza, "Transmission expansion of branch and bound integer programming with optimal cost capacity curves," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-93, 1970, pp. 1390-1400.
12. AJC. Pereira and JT. Saraiva, "Generation expansion planning (GEP)—a long-term approach using system dynamics and genetic algorithms (GAs)," Energy, 2011, Vol. 36, pp. 5180–5199.
13. KE. Parsopoulos and MN. Vrahatis, "Particle swarm optimization and intelligence: advances and applications," Information science reference. New York: 2010.
14. S. Jalilzadeh, A. Kimiyaghalam, A. Ashouri, "Application of IADPSO Approach for TNEP PROBLEM considering of loss and uncertainty in load growth", Technical and Physical Problems of Engineering, 2010, vol. 1, No. 3, PP. 37-43.
15. S. Jalilzadeh, A. Kimiyaghalam, A. Ashouri, "Evaluating the effects of uncertainty in fuel price on transmission network expansion planning using IADPSO approach", Technical and Physical Problems of Engineering, 2011, vol. 3, no. 2, pp. 1-9.
16. Abdollah Ahmadi, Hani Mavalizadeh, Ahmed F. Zobaa, and Heidar Ali Shayanfar, "Reliability-based model for generation and transmission expansion planning," IET Generation, Transmission & Distribution, Jan. 2017, Vol. 11, No. 1, PP. 504 – 511.
17. Masoumeh karimi and Mahmoud Reza Haghifam, "Risk based multi-objective dynamic expansion planning of sub-transmission network in order to have eco-reliability, environmental friendly network with higher power quality," IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 11, No. 1, PP. 261-271.
18. Esmail Ghahremani and Innocent Kamwa, "Optimal Placement of Multiple-Type FACTS Devices to Maximize Power System Loadability Using a Generic Graphical User Interface," IEEE Transactions on Power System, 2012, PP. 1-15.
19. Yu H, Chung CY, Wong KP and Zhang JH, "A chance constrained transmission network expansion planning method with consideration of load and wind farm uncertainties," IEEE Transactions on Power System, 2009, Vol. 24, PP. 1567–76.
20. Elmitwally and A. Eladl, "Planning of multi-type FACTS devices in restructured power systems with wind generation," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 77, May 2016, PP. 33-42.

بررسی تاثیر تعهد سازمانی کارکنان بر یکپارچگی تامین کننده در بنگاه های کوچک و متوسط (مطالعه موردی: شرکت خودروسازی سایپا)

محبوبه صادق پور^۱، یوسف غلامپور^۲

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر، قائم شهر، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم شهر، قائم شهر، ایران

چکیده

تعهد سازمانی منجر به نتایج مطلوب سازمانی، همچون عملکرد بالاتر، ترک خدمت کمتر و غیبت کمتر خواهد شد و در یک زنجیره تامین یکپارچه، شراکت استراتژیکی قوی با تامین کنندگان، درک و پیش بینی آنها از نیازهای تولیدکننده را به منظور بهتر برآوردن نیازهای متغیر آن تسهیل خواهد کرد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی مدل تعهد کارکنان بر عملکرد سازمانی در شرکت خودروسازی سایپا می باشد. تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از حیث روش تحقیق، توصیفی-پیمایشی می باشد. جامعه آماری شامل کارکنان شرکت های کوچک و متوسط زیرمجموعه گروه خودروسازی سایپا در استان مازندران در بهار سال ۱۳۹۷ در ۹ شرکت زیرمجموعه این هلدینگ بزرگ، به تعداد ۱۶۱۴ نفر بوده و روش نمونه گیری بصورت نمونه گیری طبقه ای نسبی با فرمول کوکران و به تعداد ۳۱۱ تعیین گردید. داده ها از طریق نرم افزارهای SPSS و AMOS مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل داده ها از تحلیل عاملی تائیدی استفاده گردید. آزمون فرضیه های تحقیق نشان داد، متغیر تعهد سازمانی بر ادغام تامین کننده و هم چنین تعهد سازمانی کارکنان بر یکپارچگی داخلی تامین کننده ارتباط معنی داری دارد اما فرضیه سوم که تعهد سازمانی بر ادغام مشتری را مورد بررسی قرار می داد، رد گردید.

واژگان کلیدی: تعهد کارکنان، یکپارچگی تامین کننده، شرکت خودروسازی سایپا

۱- مقدمه

عوامل نامحسوس زیادی مانند انگیزش، بالیدگی شغلی، تعهد سازمانی، هوش هیجانی و نگرش شغلی می توانند، در توفیق و یا عدم توفیق سازمان ها تاثیرگذار باشند (کشاورز و همکاران، ۲۰۱۲، ص ۵۰). اما در این رابطه متخصصین بر این باورند که در سازمان های خدماتی و به ویژه سازمان هایی که انگیزه های مادی مانند پول و شهرت اجتماعی کمتری در آنها وجود دارد، دو مقوله مهم، یعنی هوش هیجانی که در بر گیرنده احساس و عواطف برای برانگیختن خود و دیگران و روش مناسب برای ایجاد ارتباط با سایرین است و همچنین تعهد سازمانی به عنوان ابزاری مناسب برای خدمت رسانی به مشتریان سازمان و ارتباط بین آنها، از اهمیت بالایی برخوردار می باشد (عباس زادگان، ۲۰۰۰، ص ۱۲۴).

هر سازمان به منظور آگاهی از میزان مطلوبیت و مرغوبیت فعالیت های خود بالاخص در محیط های پیچیده و پویا نیاز مبرم به نظام ارزیابی دارد. از سوی دیگر فقدان وجود نظام ارزیابی و کنترل در یک سیستم به معنای عدم برقراری ارتباط با محیط درون و برون سازمان تلقی می گردد که پیامدهای آن کاهولت و نهایتاً مرگ سازمان است. ممکن است بروز پدیده مرگ سازمانی به علت عدم وقوع یکباره آن، از سوی مدیران عالی سازمان ها احساس نشود. لکن مطالعات نشان می دهد فقدان نظام کسب بازخورد امکان انجام اصلاحات لازم برای رشد، توسعه و بهبود فعالیت های سازمان را غیر ممکن می نماید، سرانجام این پدیده مرگ سازمانی است (عادل، ۱۳۸۴).

شرکت های (سازمان هایی) که می خواهند در دنیای تجاری امروز موفق شوند باید آماده رویارویی با واقعیت های جدید باشند. مشتریان خواهان نتیجه هستند، کارکنان خواهان تجربه های چالش انگیز، ارزشمند و ارضاکنده می باشند، رقابت سخت تر از هر زمان دیگری است، تکنولوژی فرصت های بی سابقه و کم نظیری را در راستای بهبود و پیشرفت ارائه می نماید.

شکی نیست که موفقیت در این محیط فقط در صورتی امکان پذیر است که یک سازمان آماده باشد که بر استفاده از فرایندهای خود به عنوان یک سلاح استراتژیک در جهت ارائه عملکرد در سطح جهانی متمرکز شود (اسمیت، ۱۳۸۹). با توجه به شرایط روز، نیازهای متغیر مشتریان و تمام ذینفعان، تلاش رقبا برای حضور موفق و قوانین و مقررات جدید که به طور مستمر در حال دگرگونی هستند، نمی توان با اتکاء به روشهای سنتی حضوری موفق در صحنه رقابت ملی و بین المللی داشت، لذا ضرورت استفاده از الگوهایی که بتواند ضمن ارزیابی وضعیت موجود سازمانها و تشخیص نقاط قوت و نواحی قابل بهبود، مبنای صحیحی جهت برنامه ریزی استراتژیک ایجاد نمایند، بیش از هر زمان دیگری احساس می شود. در همین راستا مدل های تعالی سازمانی به عنوان ابزاری قوی در پاسخگویی به این نیاز سازمانها از موفقیت چشمگیری برخوردار بوده و توانسته تا حدود زیادی در آسیب شناسی سازمانی و تعیین مسیر حرکت جهت دسترسی به تعالی منابع انسانی مورد استفاده قرار گیرند (فیض اللهی، ۱۳۸۹).

در گذشته شرکت هایی که در عرضه کالا یا گروهی از کالاها با هم کار می کردند، سعی داشتند تا از یکدیگر جدا باشند و بر حفظ یا بهبود عملکرد خود تمرکز نمایند. اما امروزه با توجه به چالش های پیش رو و هزینه زیاد موجودی هایی که در سیستم های عرضه گسسته برای پاسخ گویی به مشتریان لازم است و نیز افزایش سطح ارائه خدمت به مشتریان، شرکت ها باید بایکدیگر در زنجیره ها یا شبکه های تأمین و نه به صورت جزیره های دور افتاده از هم کار کنند. بنابراین، یکی از عوامل کلیدی موفقیت زنجیره های تأمین فراهم آوردن امکان همیاری و همکاری اعضای آن ها است. این سطح از همکاری را یکپارچه سازی زنجیره تأمین می نامند. یکپارچگی زنجیره تأمین به عنوان درجه ای تعریف می شود که تولیدکننده به همکاری استراتژیک با شرکای زنجیره تأمین می پردازد و به طور مشترک فرایندهای درون و برون سازمانی را مدیریت می کند (فلین و همکاران، ۲۰۱۰). هدف از این کار دستیابی به جریاناتی اثر بخش و کارا از محصولات و خدمات، اطلاعات، پول و تصمیمات است تا برای مشتریان با حداقل هزینه و سرعت بالا حداکثر ارزش را ارائه نماید (فروهلچ و وستبروک، ۲۰۰۱). اگرچه تحقیقات زیادی روی روابط زنجیره تأمین یک بعدی انجام شده و روابط مشترک بین تولیدکننده و مشتریان و یا تأمین کنندگان را بررسی شده است، اما مفهوم زنجیره تأمین یکپارچه موضوع نسبتاً جدیدی برای تحقیق می باشد. در یک زنجیره تأمین یکپارچه، شراکت استراتژیکی قوی با تأمین کنندگان، درک و پیش بینی آنها از نیازهای تولیدکننده را به منظور بهتر برآوردن نیازهای متغیر آن تسهیل خواهد کرد. این اشتراک اطلاعات در مورد محصولات، فرآیندها، زمانبندی ها و توانمندی ها به تولیدکنندگان کمک می کند تا برنامه تولیدی خود را توسعه داده و کالاها را به موقع تولید کنند و عملکرد تحویل را بهبود بخشند (۱۵).

اکثر مفاهیم زنجیره تأمین به شکل ضمنی در زنجیره تأمین دو جریان را تشخیص داده اند: جریان مواد و جریان اطلاعات (پاور، ۲۰۰۵). یکپارچگی زنجیره تأمین باید هم مواد و هم اطلاعات را شامل گردد و نمی تواند تنها به یکی از این دو بپردازد. سطوح بالاتر یکپارچگی؛ با افزایش ارتباطات لجستیک، هماهنگی بیشتر فعالیت های لجستیک شرکت با تأمین کنندگان و مشتریان خود و حذف تفاوت های سازمانی در فعالیت های لجستیک شرکت با تأمین کنندگان و مشتریان خود یکپارچگی بیشتر می شود (استاک و همکاران، ۲۰۰۰). همکاری، هماهنگی و تشریک مساعی کارایی سراسر زنجیره تأمین را بهبود می دهند و برای نشان دادن یکپارچگی میان شرکاء استفاده می شوند (سینگ و پاور، ۲۰۰۹).

امروزه با گسترش و پیچیدگی اهداف، فرآیندها و ساختار سازمانی در صحنه رقابت، سازمان هایی می توانند به بقای خود ادامه دهند که نسبت به انتظارات و خواسته های مشتریان و ذینفعان پاسخگو باشند، همچنین به سودآوری و ثروت آفرینی به عنوان شاخص های کلیدی و برتر سازمانی توجه کنند (فیض اللهی، ۱۳۸۹). رقابت در دنیای تجارت و کسب و کار امروز، در کنار عوامل دیگری نظیر اعتلای سازمان، باعث شده است که بنگاه های تجاری و سازمان های امروزی، بیش از پیش و به صورتی دائمی در پی دستیابی به راهکارهایی برای بهبود عملکردها و فرایندهای خود باشند. امروزه سازمان ها برای بقای خود و پیشرفت در فضای رقابتی، به بهبود مستمر عملکرد خود نیاز دارند. اصلاح عملکرد فردی و سازمانی، کلید موفقیت در رقابت است (دیواندري و همکاران، ۱۳۸۷). عملکرد صحیح سازمان، نشانگر توانایی کنشگران و فرآیندهای سازمان در برآوردن اهداف سازمانی است. عملکرد سازمانی از فلسفه وجودی سازمان نشات می گیرد و رضایت ذینفعان و مشتریان سازمان کاملاً تحت تاثیر آن است. از مفهوم عملکرد سازمانی برای یکپارچه کردن فعالیتهای سازمان استفاده زیادی می شود تا ضمن کنترل فعالیتهای روزمره دستاوردهای استراتژیک و بلندمدت نیز حاصل شوند. همچنین این دیدگاه به بهبود مستمر و توسعه همه

جانبه کمک می کند. لورش^۱ و لارنس^۲ به این نتیجه رسیده اند که عملکرد تنها به کنش خصایص فردی مربوط نیست، بلکه به سازمان و محیط نیز مربوط می شود. افراد حتی با وجود داشتن حداکثر انگیزش و همه مهارت های لازم، ممکن است اثربخش نباشند، مگر آنکه حمایت و هدایت سازمانی مورد نیاز خود را دریافت دارند و کارشان با نیازهای سازمان و محیط آنها سازش داشته باشد (امامی و اصغرnia، ۱۳۸۶). با توجه به اهمیت بالای زنجیره تامین (SC) و تعهد سازمانی در سازمان های امروزی و اثراتی که می تواند بر عملکرد سازمان ها بگذارد، پژوهش حاضر در پی بررسی روابط ساختاری میان تعهد کارکنان، مولفه های ادغام زنجیره تامین و عملکرد سازمان در شرکت های کوچک و متوسط زیرمجموعه گروه خودروسازی سایپا بوده و پاسخگوئی به این سوال است که: آیا تعهد سازمانی کارکنان و مولفه های یکپارچگی (ادغام) زنجیره تامین بر عملکرد سازمانی در شرکت خودروسازی سایپا، موثر است؟

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱- تعهد سازمانی^۳

تعهد سازمانی یک نگرش و یک حالت روانی است که نشان دهنده تمایل، نیاز و الزام جهت ادامه فعالیت در یک سازمان است. در این بین تمایل، به معنی علاقه و خواست قلبی فرد برای ادامه خدمت در سازمان است و نیاز به این معنی است که فرد به خاطر سرمایه گذاریهایی که در سازمان انجام داده، ناچار به ادامه خدمت در آن است. همچنین الزام عبارت از دین، مسئولیت و تکلیفی است که فرد در برابر سازمان دارد و خود را ملزم به ماندن در آن می بیند. از دیدگاهی دیگر، تعهد سازمانی نوعی احساس وابستگی و تعلق خاطر به سازمان است. بنابراین تعهد سازمانی یک نگرش درباره وفاداری کارمندان به سازمان است و یک فرآیند مستمری است که از طریق آن اعضای سازمان علاقه خود را به سازمان و موفقیت و کارایی پیوسته آن نشان می دهند (مجیدی، ۱۳۷۶، ص ۳۲).

۲-۲- ابعاد و تعاریف تعهد سازمانی

در میان طرفداران رویکرد نگرشی، برخی از پژوهشگران به تعهد سازمانی با دید یک مفهوم چند بعدی می نگرند که عوامل مختلفی بر آن تاثیر می گذارند. می ی و همکارانش از پیشگامان رویکرد چند بعدی می باشند، مدل سه بعدی آنها از تعهد سازمانی، شامل بعد عاطفی، بعد مستمر و بعد هنجاری به عنوان سه بعد تعهد سازمانی می شود.

الف) تعهد عاطفی

آلن و می ی ر تعهد عاطفی را به عنوان وابستگی عاطفی فرد به سازمان و تعیین هویت شدن از طریق آن می دانند. اگر تعهد سازمانی را از این طریق تعریف کنیم، تعهد عاطفی شامل سه جنبه می شود:

- صورتی از وابستگی عاطفی به سازمان
- تمایل فرد برای تعیین هویت شدن از طریق سازمان
- و میل به ادامه فعالیت در سازمان

آلن و می ی ر (۱۹۹۰) معتقدند که یک فرد زمانی در خود وابستگی عاطفی نسبت به سازمان احساس خواهد کرد که اهداف سازمانی را اهداف خود بداند و متقاعد شود که سازمان را در راه رسیدن به اهدافش یاری کند. همچنین آنها شرح می دهند که تعیین هویت شدن فرد از طریق سازمان زمانی رخ می دهد که ارزش های فردی افراد با ارزش های سازمانی سازگار بوده و فرد قادر باشد که ارزش های سازمانی را در خود، درونی سازد. بدون شک در این تعیین هویت شدن از طریق سازمان، یک رابطه روانشناسانه وجود دارد و فرد به خاطر تعیین هویت شدن از طریق سازمان در خود یک نوع احساس غرور می کند.

¹ Lorsch

² Lawrence

³³ Organizational Commitment

ب) تعهد مستمر

دومین بعد از ابعاد سازمانی آلن و می‌یر (۱۹۹۰) تعهد مستمر می‌باشد، که بر مبنای تئوری سرمایه‌گذاری‌های بیکر (۱۹۶۰) قرار دارد. این تئوری بر این اساس است که با گذشت زمان، فرد سرمایه‌ای را در سازمان انباشته می‌کند که هر چه سابقه فرد در سازمان بیشتر شود، این سرمایه نیز انباشته‌تر می‌شود و از دست دادن آن برای فرد هزینه برتر می‌شود. این سرمایه‌گذاری شامل زمان کسب مهارت‌های ویژه سازمان که قابل انتقال نمی‌باشد، رفاقت‌های کاری، عوامل سیاسی و هزینه‌های دیگری می‌باشد که فرد را از جستجو برای کارهای جایگزین منصرف می‌سازد.

آلن و می‌یر (۱۹۹۰) تعهد مستمر را صورتی از دلبستگی روانی فرد به سازمان می‌دانند که از ادراک کارمند از چیزهایی که در صورت ترک سازمان از دست می‌دهد، ناشی می‌شود. در واقع می‌توان چنین گفت که تعهد مستمر، شامل آگاهی فرد از هزینه‌های ترک سازمان می‌باشد. بنابراین در این شکل از تعهد دلیل اصلی ارتباط فرد با سازمان و تصمیم او به باقی ماندن در سازمان یک تلاش برای حفظ مزایای حاصله از ارتباط با سازمان می‌باشد. رامزک (۱۹۹۰) این نوع وابستگی را به عنوان یک نوع معامله می‌داند. او معتقد است که کارکنان سرمایه‌گذاری‌هایشان را در سازمان بر مبنای آنچه در سازمان گذاشته‌اند و آنچه با ماندن در سازمان به دست خواهند آورد، محاسبه می‌کنند. برای مثال یک فرد ممکن است تغییر یک سازمان را به خاطر پول و زمانی که صرف یک برنامه‌بازنشستگی کرده است، ترجیح ندهد. علاوه بر ترس از دست دادن سرمایه‌گذاری‌ها، تعهد سازمانی در فرد به خاطر مشاهده یا درک عدم وجود جایگزین‌های شغلی نیز به وجود می‌آید.

ج) تعهد هنجاری

بعد سوم تعهد سازمانی که کمتر رایج بوده ولی جای بحث دارد، تعهد هنجاری می‌باشد که نشان دهنده یک نوع احساس تکلیف برای ادامه همکاری با سازمان می‌باشد، افرادی که دارای سطوح بالایی از تعهد هنجاری هستند احساس می‌کنند که مجبورند در سازمان فعلی باقی بمانند (آلن و می‌یر، ۱۹۹۰). در مورد این بعد از ابعاد سازمانی نسبت به ابعاد دیگر پژوهش‌های کمتری صورت گرفته است، رندال و کوتی (۱۹۹۰)، آلن و می‌یر و اوریلی، چاتمن و کالدون از جمله پژوهشگران اندکی بوده‌اند که تلاش کرده‌اند تا این بعد از تعهد سازمانی را از ابعاد دیگر مجزا سازند. رندال و کوتی (۱۹۹۰) به تعهد هنجاری از منظر نوعی تکلیف اخلاقی نگریسته‌اند که فرد در قبال سرمایه‌گذاری‌هایی که سازمان روی او انجام داده است، در خود احساس می‌کند. آنها معتقدند که زمانی که این احساس در فرد به وجود می‌آید که سازمان هزینه یا زمان زیادی را صرف آماده کردن او، برای بهتر انجام دادن کار، کرده است، یک نوع احساس تکلیف در وی برای ماندن در سازمان به وجود خواهد آمد. برای مثال کارمندی که سازمانش برای آموزش او سرمایه‌گذاری می‌کند، ممکن است به این باور برسد که می‌تواند هزینه‌های سازمانش را از طریق ادامه فعالیت در آن جبران کند. در حالت کلی تعهد هنجاری زمانی بیشتر به وقوع می‌پیوندد که فرد احساس کند که پاسخ به سرمایه‌گذاری‌های سازمان، سخت می‌باشد. اما اوریلی و همکارانش (۱۹۹۱) تعهد هنجاری را بر حسب ارزش‌ها تعریف کرده‌اند و مورد سنجش قرار داده‌اند. آنها معتقدند که رابطه متقابل بین ارزش‌های یک فرد و سازمان منجر به تعهد سازمانی می‌شود. در حمایت از این دیدگاه می‌یر و اسکورمن (۱۹۹۲) تعهد هنجاری را به عنوان پذیرش اهداف و ارزش‌های یک سازمان توسط کارمند، دانسته‌اند.

۲-۳- مدیریت زنجیره تأمین^۱

محققان و نویسندگان مختلف، نگرش‌ها و تعاریف متفاوتی را از زنجیره تأمین ارائه کرده‌اند برخی زنجیره تأمین را در روابط میان خریدار و فروشنده محدود کرده‌اند. چنین نگرشی تنها به عملیات خرید رده اول در یک شرکت تمرکز دارد. گروه دیگری به زنجیره تأمین دید وسیع‌تری داده و آن را شامل تمام سرچشمه‌های تأمین (پایگاه‌های تأمین) برای سازمان می‌دانست. با این تعاریف زنجیره تأمین شامل تمام تأمین‌کنندگان رده اول، دوم، سوم و خواهد بود. دید سوم نگرش زنجیره ارزش پورتر است که در آن زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مورد نیاز برای ارائه یک محصول یا خدمت به مشتری نهایی است. با نگرش

^۱ Supply chain management

مذکور به زنجیره تأمین، توابع ساخت و توزیع به عنوان بخشی از جریان کالا و خدمات به زنجیره عرضه اضافه می‌شود. در واقع با این دید زنجیره تأمین شامل سه حوزه تدارک، تولید و توزیع است (چامودراکاس، ۲۰۱۰)^۱

زنجیره تأمین، شامل کلیه اعضای است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در برآوردن خواسته مشتری دخیل هستند. زنجیره تأمین شامل تأمین‌کننده، تولیدکننده، حمل و نقل‌کننده، انبار، خرده‌فروش و مشتری است (چوپرا و میندل، ۲۰۰۷).

۲-۴- ادغام (یکپارچگی) زنجیره تأمین^۲

یکپارچگی زنجیره تأمین به پذیرش و استفاده از ساختارهای هماهنگ و مشترک، فرایندها، فناوری ها و عملیات میان شرکای زنجیره تأمین اشاره دارد تا کانالی یکپارچه را برای جریان دقیق و به موقع اطلاعات، مواد و کالای ساخته شده ایجاد و حفظ نماید (ویجایاساراسی، ۲۰۱۰، ص ۴۵۹-۵۰۵). این روند جایگزینی برای دستیابی به فقدان منابع است که هزینه تراکنش؛ مذاکره و نگارش قراردادهای کاهش می‌دهد که به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا سودهای بهره‌بردار از منابع و شایستگی‌های رایج را جمع‌آوری نمایند (لی و لین، ۲۰۰۶).

۲-۵- ادغام (یکپارچگی) تأمین‌کننده^۳

به لحاظ عملیاتی در این پژوهش، منظور از ادغام (یکپارچگی) تأمین‌کننده، میانگین مجموع نمراتی است که آزمودنی با پاسخگویی به ۲ گویه پرسشنامه مورد استفاده (پرسشنامه استاندارد زنجیره تأمین و عملکرد سازمانی آلفالا لوکه، مارین گارسیا و مدینا لویز) (۲۰۱۵)، شامل گویه‌های ۴ و ۵، به این متغیر اختصاص می‌دهد و بر این اساس، وضعیت این متغیر و ارتباط آن با متغیرهای دیگر تحقیق، از دیدگاه کارکنان شرکت خودروسازی سایپا- استان مازندران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۶- ادغام (یکپارچگی) داخلی^۴

به لحاظ عملیاتی در این پژوهش، منظور از ادغام (یکپارچگی) داخلی، میانگین مجموع نمراتی است که آزمودنی با پاسخگویی به ۳ گویه پرسشنامه مورد استفاده (پرسشنامه استاندارد زنجیره تأمین و عملکرد سازمانی آلفالا لوکه، مارین گارسیا و مدینا لویز) (۲۰۱۵)، شامل گویه‌های ۶ تا ۸، به این متغیر اختصاص می‌دهد و بر این اساس، وضعیت این متغیر و ارتباط آن با متغیرهای دیگر تحقیق، از دیدگاه کارکنان شرکت خودروسازی سایپا- استان مازندران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۷- جهت‌گیری ادغام (یکپارچگی) خارجی^۵

به لحاظ عملیاتی در این پژوهش، منظور از ادغام (یکپارچگی) خارجی، میانگین مجموع نمراتی است که آزمودنی با پاسخگویی به ۳ گویه پرسشنامه مورد استفاده (پرسشنامه استاندارد زنجیره تأمین و عملکرد سازمانی آلفالا لوکه، مارین گارسیا و مدینا لویز) (۲۰۱۵)، شامل گویه‌های ۹ تا ۱۱، به این متغیر اختصاص می‌دهد و بر این اساس، وضعیت این متغیر و ارتباط آن با متغیرهای دیگر تحقیق، از دیدگاه کارکنان شرکت خودروسازی سایپا- استان مازندران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۸- ادغام (یکپارچگی) مشتری^۶

به لحاظ عملیاتی در این پژوهش، منظور از ادغام (یکپارچگی) مشتری، میانگین مجموع نمراتی است که آزمودنی با پاسخگویی به ۳ گویه پرسشنامه مورد استفاده (پرسشنامه استاندارد زنجیره تأمین و عملکرد سازمانی آلفالا لوکه، مارین گارسیا و مدینا لویز) (۲۰۱۵)، شامل گویه‌های ۱۲ تا ۱۴، به این متغیر اختصاص می‌دهد و بر این اساس، وضعیت این متغیر و ارتباط آن با متغیرهای دیگر تحقیق، از دیدگاه کارکنان شرکت خودروسازی سایپا- استان مازندران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- فرضیه‌های پژوهش

۱. تعهد سازمانی کارکنان (EC) بر ادغام (یکپارچگی) تأمین‌کننده (SI)، در شرکت خودروسازی سایپا تأثیر دارد.
۲. تعهد سازمانی کارکنان (EC) بر ادغام (یکپارچگی) داخلی (INTI)، در شرکت خودروسازی سایپا تأثیر دارد.

^۱ Chamodrakas, 2010

^۲ Chopra and Mindel

^۳ Supply chain Integration

^۴ Integration supplier

^۵ Integration (internal)

^۶ Foreign integration orientation

^۷ Client integration

۳. تعهد سازمانی کارکنان (EC) بر ادغام (یکپارچگی) مشتری (CI)، در شرکت خودروسازی سایپا تاثیر دارد.

۴- پیشینه تحقیق

۴-۱- تحقیقات انجام شده در داخل کشور

• در پژوهشی که توسط صمدیان و حسینی در سال ۱۳۹۵ و با عنوان **بررسی تأثیر یکپارچه سازی زنجیره تأمین بر عملکرد سازمانی (مطالعه موردی: بانک های ملی شهر سنندج)**، انجام گرفت؛ محققان اظهار داشتند، زنجیره تأمین یکی از قدرتمندترین پارادایم های عملیاتی برای بهبود مزیت رقابتی سازمانهای تولیدی و خدماتی محسوب می شود. با روند کنونی، دیگر امروزه سازمانها مهم نیستند، بلکه ایجاد ارزش افزوده در زنجیره تأمین و مدیریت آن اتفاق می افتد. هدف اصلی زنجیره تأمین ایجاد یک جریان قابل اطمینان در انتقال مواد و خدمات از ابتدا تا انتهای زنجیره تأمین می باشد. این قابلیت اطمینان مربوط به عواملی نظیر کیفیت، کمیت، قیمت و زمان تحویل می باشد. توجه به این عوامل چه در سمت ورودی و چه در سمت خروجی کارخانه از مسئولیت های اصلی مدیریت زنجیره تأمین می باشد. از جمله اقدامات استراتژیک در مدیریت زنجیره تأمین، سعی در ایجاد یک سیستم کارا و یکپارچه می باشد. پژوهش مذکور از نظر هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش را کلیه کارکنان بانک ملی شهر سنندج است که تعداد آنها ۸۱۱ نفر است. بنابراین هدف پژوهش پاسخ گویی به این سؤال ابوده که آیا یکپارچه سازی زنجیره تأمین بر عملکرد سازمانی بانک های ملی شهر سنندج تاثیر دارد؟ نتایج آزمون فرضیه های تحقیق؛ حاکی از تاثیر معنادار یکپارچه سازی زنجیره تأمین بر عملکرد سازمانی بوده است.

• در پژوهشی که توسط آذر و حاجتی در سال ۱۳۹۵ و با عنوان **بررسی تاثیر یکپارچگی زنجیره تامین بر رضایت مشتری و عملکرد مالی مطالعه موردی: شرکت شهرک های صنعتی شهر اهواز** انجام گرفت؛ هدف تحقیقی مذکور بررسی تاثیر یکپارچگی زنجیره تامین بر رضایت مشتری و عملکرد مالی بوده است. این تحقیق، پژوهشی کاربردی و در دسته تحقیق های علی قرار داشته و جامعه آماری شامل مدیران، معاونین و کارشناسان مالی شرکت شهرک های صنعتی شهر اهواز بود. به منظور تعیین حجم نمونه مورد نیاز برای این تحقیق و با در نظر گرفتن تعداد شرکتهای صنعتی شهر اهواز (۴۸۰ شرکت) از روش نمونه گیری در دسترس استفاده شد. از مجموع ۱۴۴۰ نمونه ۳۱۵ پاسخ دهنده در این تحقیق مشارکت داشته اند. داده های اولیه با روش پرسشنامه جمع آوری شد. روش مدل یابی معادلات ساختاری با استفاده از نرم افزار لیزرل برای آزمون فرضیه ها به کار برده شد. نتایج نشان داد که یکپارچگی درونی بر یکپارچگی مشتری و یکپارچگی تامین کننده تاثیر مثبت دارد. یکپارچگی مشتری بر رضایت مشتری و عملکرد مالی تاثیر مثبت داشت. همچنین یکپارچگی تامین کننده بر رضایت مشتری و عملکرد مالی تاثیر مثبت داشت. در نهایت اینکه که رضایت مشتری بر عملکرد مالی تاثیر مثبت داشته است.

• در پژوهشی که توسط خدادادی فر و دهقانی سریزدی در سال ۱۳۹۵ و با عنوان **بررسی تاثیر اقدامات مدیریت زنجیره تامین بر مزیت رقابتی شرکت انتقال گاز اهواز**، انجام گرفت؛ محققان اظهار داشتند، در دنیای رقابتی امروز و با توجه به انتظارات پیچیده مشتریان سازمان ها خود را با مشتریانی رو به رو می بینند که خواستار افزایش در تنوع محصول، هزینه پایین، کیفیت بهتر و دسترسی سریع تر به آن محصول هستند. مهم ترین مشخصه اقدامات مدیریت زنجیره تامین که آن را در یک نگاه از دیگر اقدامات مدیریتی متمایز می سازد، مزیت رقابتی در شرکت مربوطه ی حاکم بر آن است. سازمان ها برای موفقیت خودروی به مدیریت زنجیره ای تأمین می آورند زیرا این رویکرد در فعالیتهایی متمرکز است که در یک زنجیره ارزش وجود دارد. مزیت رقابتی به شکل مستقیم از مدیریت زنجیره تأمین تاثیر میگیرد. پژوهشگران دیگر در مطالعات گذشته مربوط به عملکرد زنجیره تأمین کمتر عملکرد زنجیره تأمین به صورت مستقل مورد بررسی قرار داده اند و عموماً در مطالعه مذکور صرفاً عملکرد سازمانی مدنظر نبوده و با مطالعه عملکرد زنجیره تأمین، ساختار پژوهش هدفمندتر به بررسی مسائل موجود در حوزه مدیریت زنجیره تأمین پرداخت. نوع تحقیق بر اساس هدف از نوع تحقیق کاربردی و همچنین برای جمع آوری داده های نظری و تعیین متغیرهای پژوهش از منابع کتابخانه ای استفاده شده و برای سنجش متغیرها از طریق پرسشنامه محقق ساخته به افراد آزمودنی مراجعه شد. نتایج این تحقیق با استفاده از دیدگاه مبتنی بر منابع بیانگر آن بوده که سطوح بالاتر معمول SCM

می تواند منجر به کسب مزیت رقابتی و بهبود عملکرد شود و همچنین مزیت رقابتی می تواند تأثیر مثبت و مستقیم بر عملکرد داشته باشد.

• در پژوهشی که توسط زارعی وش و حسنی در سال ۱۳۹۵ و با عنوان بررسی تأثیر تولید به موقع (jit) در ارتباط بین عملکرد سازمانی و قابلیت های زنجیره تامین (مورد مطالعه: شرکت سیمان سامان کرمانشاه)، انجام گرفت؛ هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تولید به موقع بر ارتباط بین عملکرد سازمانی و قابلیت های زنجیره تامین بوده، جامعه آماری این تحقیق، شامل کلیه مدیران، کارکنان و کارشناسان مرتبط با زنجیره تامین شرکت سیمان سامان استان کرمانشاه بود. جهت محاسبه حجم نمونه مورد نیاز برای پژوهش از فرمول به دست آوردن نمونه در جامعه آماری محدود استفاده شده و تعداد نمونه ۲۳۴ نفر انتخاب گردید. روش جمع آوری داده ها در این پژوهش، استفاده از پرسشنامه با طیف ۵ گزینه ای لیکرت بوده است. در این پرسشنامه میزان آلفای کرونباخ کلی برابر با ۰/۹۱۷ بود. در این پژوهش جهت تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و AMOS استفاده شد. نتایج نشان داد که استراتژی مدیریت زنجیره تامین بر تولید به موقع تأثیر مثبت و معناداری دارد. میزان این اثر ۰/۷۳۳ بود و با توجه به اینکه این ضریب مثبت است اثر آن به صورت مستقیم است. تولید به موقع بر عملکرد سازمانی تأثیر مثبت و معناداری نداشت. تولید به موقع بر قابلیت های زنجیره تامین تأثیر مثبت و معناداری نداشت. استراتژی مدیریت زنجیره تامین بر عملکرد سازمانی تأثیر مثبت و معناداری داشت. میزان این اثر ۰/۱۷۸ بود و با توجه به اینکه این ضریب مثبت است اثر آن به صورت مستقیم بود. استراتژی مدیریت زنجیره تامین بر قابلیت های زنجیره تامین تأثیر مثبت و معناداری داشته و میزان این اثر ۰/۷۹۴ بوده و با توجه به اینکه این ضریب مثبت است اثر آن به صورت مستقیم بود. عملکرد سازمانی تأثیر مثبت و معناداری نداشته و میزان این اثر ۰/۷۸۹ بوده و با توجه به اینکه این ضریب مثبت است، اثر آن به صورت مستقیم بوده است.

۴-۲- تحقیقات انجام شده در خارج از کشور

• در پژوهشی که توسط شارما و همکاران^۱ در سال ۲۰۱۶ و با عنوان مدیریت زنجیره ی تامین سبز مرتبط با شاخص های عملکرد در صنعت آرگو: بازبینی انجام گرفت، محققان اظهار داشتند؛ موضوعات حفاظت زیست محیطی و پایداری در بخش غذا توجه دنیا را در دو دهه ی اخیر به خود جلب کرده است. شرکت ها و دولت در بسیاری از کشورها شروع به شناخت اهمیت سبز کردن زنجیره ی تامین خودشان کرده اند. مدیریت زنجیره ی تامین سبز توجه خاص عموم را بدست آورده است و سایر شرکت ها در حال حاضر تمایل به پذیرش این مدیریت بعنوان راهبرد آنها برای پیشبرد تصویر نام تجاری آنها، گرفتن سهام بیشتر بازار و جلب اعتماد مشتری دارند. هدف از این تحقیق جستجوی شاخص های عملکرد مختلف و معیارهای فرعی مسئول اجرای مدیریت زنجیره ی تامین سبز و کنترل قابلیت اطمینان آن و رتبه بندی آنها با استفاده از تحلیل سلسله ای فرآیند بود. نتیجه این شد که مدیریت زیست محیطی داخلی، طراحی زیست محیطی و فشار تنظیمی در رتبه ی سه شاخص رأس قرار گرفتند. تحلیل حساسیت نیز انجام شد تا تأثیرات وزن ها را روی رتبه بندی نهایی شاخص های عملکرد دیده شود. این یکی از نخستین مطالعاتی است که شاخص های عملکرد را برای اجرای مدیریت زنجیره ی تامین سبز در صنعت آرگو را نشان می دهد. این پژوهش مسلماً به سازمان های مربوطه کمک می کند تا مدیریت زنجیره ی تامین سبز را پیاده سازند.

• در پژوهشی که توسط گاناسکاران و همکاران^۲ در سال ۲۰۱۶ و با عنوان داده های بزرگ و تحلیل های پیش نگرانه برای زنجیره ی تامین و عملکرد سازمانی انجام گرفت، محققان اظهار داشتند؛ دانشمندان بر اهمیت داده های بزرگ و تحلیل پیش نگرانه (BDPA) در کسب ارزش های تجاری و عملکرد ثابت اذعان دارند. با اینحال، اثر جذب BDPA بر زنجیره ی تامین (SCP) و عملکرد سازمانی (OP) بطور کامل بررسی نشده است. برای پرداختن به این شکاف، این تحقیق مرور مبتنی بر منابع طراحی نمود. این مرور مفهوم جذب را بعنوان یک فرآیند سه مرحله ای (پذیرش، روتین سازی، و جذب) می سازد و تأثیر منابع (اتصال و اشتراک گذاری اطلاعات) را تحت تأثیر واسطه ای تعهد مدیریت عالی بر جذب داده های بزرگ (قابلیت) SCP و OP شناسایی نمود. یافته ها نشان داد که اتصال و اشتراک گذاری اطلاعات تحت تأثیر واسطه ای تعهد مدیریت

¹ Sharma and et all

² Ganaskaran and et all

ارشد رابطه‌ی مثبتی با جذب BDPA تحت تاثیر واسطه‌ی BDPA روتین سازی دارد و رابطه‌ی مثبتی با SCP و OP دارد. محدودیت‌ها و جهت گیری پژوهش‌های آتی ارائه شد.

• در پژوهشی که توسط آلفالا لوکه، مارین گارسیا و مدینا لویز در سال ۲۰۱۵ و تحت عنوان **بررسی اثرات مستقیم و با واسطه‌ی تعهد کارمند و یکپارچه سازی زنجیره‌ی تأمین در عملکرد سازمانی** انجام گرفت، این تحقیق بر روابط درونی میان ابعاد مختلف یکپارچه سازی زنجیره‌ی تأمین تمرکز می‌کند. تحقیقات بسیار اندکی درباره‌ی این موضوع، از زمان تعهد کارمند که به سختی پیش بینی اثرات یکپارچه سازی زنجیره‌ی تأمین را بر عملکرد شامل می‌شد، انجام شده است. یافته‌ها نشان داد که رابطه‌ی بین تعهد کارمند و عملکرد عملیاتی به طور کامل توسط یکپارچه سازی زنجیره‌ی تأمین وساطت شده است. تعهد کارمند به بهبود یکپارچه سازی داخلی و اثرات عملکردی یکپارچه سازی داخلی به طور مستقیم و غیر مستقیم کمک می‌کند. علاوه بر این، بدست آوردن یکپارچه سازی داخلی به دستیابی به یکپارچه سازی مشتری و تأمین کننده کمک می‌کند. در نتیجه، شرکت‌ها باید برای دستیابی به تعهد کارمند و یکپارچه سازی داخلی تلاش کنند، زیرا آنها به صورت متقابل تابع یکدیگر می‌شوند. همین طور، مدیران باید قبل از یکپارچه سازی بیرونی به یکپارچه سازی داخلی دست یابند و یکپارچه سازی خارجی را در سطح استراتژیک برای برداشت بیشترین مزایا از یکپارچه سازی زنجیره‌ی تأمین داشته باشند. در حالی که مدیران باید تعهد کارمند را نه تنها برای موفقیت بهتر زنجیره‌ی تأمین بلکه برای کاهش موانع بکارگیری مدیریت زنجیره‌ی تأمین توسعه دهند.

۵- روش تحقیق و تجزیه و تحلیل

تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از حیث روش تحقیق، توصیفی-پیمایشی می‌باشد. جامعه آماری شامل کارکنان شرکت‌های کوچک و متوسط زیرمجموعه گروه خودروسازی سایپا در استان مازندران در بهار سال ۱۳۹۷ در ۹ شرکت زیرمجموعه این هلدینگ بزرگ، به تعداد ۱۶۱۴ نفر بوده و روش نمونه‌گیری بصورت نمونه‌گیری طبقه‌ای نسی با فرمول کوکران و به تعداد ۳۱۱ تعیین گردید. داده‌ها از طریق نرم افزارهای SPSS و AMOS مورد بررسی قرارگرفت. برای تحلیل داده‌ها از تحلیل عاملی تأییدی استفاده گردید

نتایج ضرایب آلفای کرونباخ مربوط به متغیرهای پژوهش آمده است.

ردیف	متغیرهای تحقیق	میزان آلفای کرونباخ
۱	تعهد سازمانی کارکنان (EC)	۰/۷۹
۲	ادغام (یکپارچگی) تأمین کننده (SI)	۰/۸۱
۳	ادغام (یکپارچگی) داخلی (INTI)	۰/۸۲
۴	جهت گیری ادغام (یکپارچگی) خارجی (EIO)	۰/۸۳
۵	ادغام (یکپارچگی) مشتری (CI)	۰/۸۰
۷	کل پرسشنامه	۰/۸۱

همانطور که می‌دانیم جنسیت از متغیرهای اسمی محسوب می‌شود. برای بررسی توصیفی آن از جدول فراوانی و نمودار ستونی استفاده می‌شود. جدول زیر توزیع فراوانی مربوط به نوع جنسیت افراد پاسخگو در این تحقیق را نمایش می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۲۲۳ نفر مرد (۷۱/۷۰ درصد) و ۸۸ نفر زن (۲۸/۳۰ درصد) در تحقیق بوده‌اند.

جدول توزیع فراوانی جنسیت آزمودنی‌ها

جنسیت	فراوانی	درصد فراوانی
مرد	۲۲۳	۷۱/۷۰
زن	۸۸	۲۸/۳۰
کل	۳۱۱	۱۰۰/۰۰

۵-۱- بررسی توصیفی وضعیت تاهل آزمودنی‌ها

همانطور که می‌دانیم، وضعیت تاهل از متغیرهای اسمی محسوب می‌شود. برای بررسی توصیفی آن از جدول فراوانی و نمودار ستونی استفاده می‌شود. جدول زیر توزیع فراوانی مربوط به وضعیت تاهل افراد پاسخگو در این تحقیق را نمایش می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۹۰ نفر مجرد (۲۸/۹۴ درصد) و ۲۲۱ نفر متاهل (۷۱/۰۶ درصد) در تحقیق بوده‌اند.

جدول توزیع فراوانی وضعیت تاهل آزمودنی‌ها

وضعیت تاهل	فراوانی	درصد فراوانی
مجرد	۹۰	۲۸/۹۴
متاهل	۲۲۱	۷۱/۰۶
کل	۳۱۱	۱۰۰/۰۰

۵-۲- بررسی توصیفی رده‌های سنی آزمودنی‌ها

از آنجائیکه سن در این تحقیق بصورت رده‌بندی شده می‌باشد، بنابراین برای بررسی توصیفی آن از جدول فراوانی و نمودار ستونی استفاده می‌شود. جدول زیر توزیع فراوانی رده‌های سنی افراد پاسخگو در این تحقیق را نمایش می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۵۹ نفر کمتر از ۳۰ سال (۱۸/۹۷ درصد)، ۷۷ نفر ۳۱ تا ۴۰ سال (۲۵/۷۶ درصد)، ۹۲ نفر بین ۴۱ تا ۵۰ سال (۲۹/۵۸ درصد) و ۸۳ نفر (۲۶/۶۹ درصد) بیشتر از ۵۰ سال بوده‌اند.

جدول توزیع فراوانی رده‌های سنی آزمودنی‌ها

رده‌های سنی	فراوانی	درصد فراوانی
کمتر از ۳۰ سال	۵۹	۱۸/۹۷
۳۱ تا ۴۰ سال	۷۷	۲۴/۷۶
۴۱ تا ۵۰ سال	۹۲	۲۹/۵۸
بیشتر از ۵۰ سال	۸۳	۲۶/۶۹
کل	۳۱۱	۱۰۰/۰۰

۵-۳- بررسی توصیفی میزان تحصیلات آزمودنی‌ها

جدول زیر مربوط به توزیع چگونگی میزان تحصیلات آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۸۰ نفر دارای مدرک کاردانی و پایین‌تر (۲۵/۷۲ درصد)، ۱۷۰ نفر دارای تحصیلات کارشناسی (۵۴/۶۶ درصد) و ۶۱ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد یا بالاتر (۱۹/۶۱ درصد) بوده‌اند.

جدول توزیع فراوانی میزان تحصیلات آزمودنی‌ها

میزان تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی
کاردانی و پایین‌تر	۸۰	۲۵/۷۲
کارشناسی	۱۷۰	۵۴/۶۶
کارشناسی ارشد و بالاتر	۶۱	۱۹/۶۱
کل	۳۱۱	۱۰۰/۰۰

۴-۵- بررسی توصیفی سابقه خدمت آزمودنی‌ها

در جدول زیر توزیع فراوانی مربوط به سابقه خدمت آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۳۸ نفر (۱۲/۲۲ درصد) کمتر از ۵ سال، ۵۸ نفر (۱۸/۶۵ درصد) ۶ تا ۱۰ سال، ۸۳ نفر (۲۶/۶۹ درصد) ۱۱ تا ۱۵ سال، ۷۴ نفر (۲۳/۷۹ درصد) ۱۶ تا ۲۰ سال و ۵۸ نفر (۱۸/۶۵ درصد) بیشتر از ۲۰ سال سابقه خدمت داشته‌اند.

جدول توزیع فراوانی سابقه خدمت آزمودنی‌ها

سابقه خدمت	فراوانی	درصد فراوانی
کمتر از ۵ سال	۳۸	۱۲/۲۲
۶ تا ۱۰ سال	۵۸	۱۸/۶۵
۱۱ تا ۱۵ سال	۸۳	۲۶/۶۹
۱۶ تا ۲۰ سال	۷۴	۲۳/۷۹
بیشتر از ۲۰ سال	۵۸	۱۸/۶۵
کل	۳۱۱	۱۰۰/۰۰

قبل از بررسی فرضیه‌های پژوهش، مختصری در مورد آزمون مورد استفاده، چرایی آن و نحوه نتیجه‌گیری بحث می‌کنیم. برای این منظور پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به متغیرهای تحقیق، آزمون کولموگروف-اسمیرنف را انجام می‌دهیم که مشخص نماییم، آیا داده‌های حاصله (متغیرهای بیان شده) نرمال‌اند یا خیر؟ در صورت نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های پارامتری جهت بررسی فرضیه‌ها استفاده می‌کنیم، در غیر اینصورت از ضریب ناپارامتری استفاده خواهیم کرد. نحوه نتیجه‌گیری در این آزمون بدین صورت است که اگر میزان P-Value کمتر از ۰/۰۵ باشد داده غیرنرمال و اگر بیشتر از ۰/۰۵ باشد، داده‌ها نرمالند. ابتدا در جدول زیر شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش نشان داده شده است.

متغیرهای تحقیق	تعداد	میانگین	میانه	مد	انحراف از معیار	کمترین	بیشترین
تعهد سازمانی کارکنان	۳۱۱	۲/۷۰	۲/۶۷	۳/۰۰	۰/۸۴	۱/۰۰	۵/۰۰
ادغام تامین کننده	۳۱۱	۲/۹۳	۳/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۰	۵/۰۰
ادغام داخلی	۳۱۱	۳/۰۸	۳/۰۰	۴/۰۰	۱/۰۸	۱/۰۰	۵/۰۰
ادغام خارجی	۳۱۱	۳/۰۴	۳/۰۰	۴/۰۰	۰/۹۰	۱/۰۰	۴/۳۳
ادغام مشتری	۳۱۱	۲/۸۲	۲/۶۷	۳/۳۳	۰/۸۲	۱/۰۰	۴/۳۳

متغیرهای تحقیق	آماره کولموگروف-اسمیرنف	P-Value	نتیجه آزمون
تعهد سازمانی کارکنان	۱/۲۰	۰/۰۷۴۲	نرمال است.
ادغام تامین کننده	۱/۱۵	۰/۰۸۱۹	نرمال است.
ادغام داخلی	۱/۱۱	۰/۰۸۳۴	نرمال است.
ادغام خارجی	۱/۳۹	۰/۰۵۳۱	نرمال است.
ادغام مشتری	۱/۰۷	۰/۰۹۱۷	نرمال است.

۶- نتیجه‌گیری

بعد از تجزیه و تحلیل نتایج و آزمون‌های انجام شده، نتایج زیر بدست آمد.

بررسی فرضیه اول پژوهش بر اساس تحلیل مسیر

متغیر مستقل تحقیق	ضرایب استاندارد	مقادیر t	P-Value	نتایج
تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام تامین کننده	۰/۴۱	۴/۸۷۱	۰/۰۰۰۹	معنی دار است.

در بررسی فرضیه اول تحقیق؛ ضریب عاملی استاندارد متغیر تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام تامین کننده، برابر با ۰/۴۱، مقدار t برابر با ۴/۸۷۱ بوده و مقدار P-Value کمتر از ۰/۰۵ است، نتیجه اینکه، از دیدگاه حاضرین در تحقیق، تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام تامین کننده، در شرکت خودروسازی سایپا، دارای تاثیر معنادار و مثبتی بوده، بدین نحو که با بهبود وضعیت متغیر پیش بین، متغیر ملاک هم ارتقاء می یابد. پس فرضیه اول تحقیق، تایید می گردد.

بررسی فرضیه دوم پژوهش بر اساس تحلیل مسیر

متغیر مستقل تحقیق	ضرایب استاندارد	مقادیر t	P-Value	نتایج
تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) داخلی	۰/۴۰	۵/۴۸۹	۰/۰۰۰۹	معنی دار است.

در بررسی فرضیه دوم تحقیق؛ ضریب عاملی استاندارد متغیر تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) داخلی برابر با ۰/۴۰، مقدار t برابر با ۵/۴۸۹ بوده و مقدار P-Value کمتر از ۰/۰۵ است، نتیجه اینکه، از دیدگاه حاضرین در تحقیق، تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) داخلی، در شرکت خودروسازی سایپا، دارای تاثیر معنادار و مثبتی بوده، بدین نحو که با بهبود وضعیت متغیر پیش بین، متغیر ملاک هم ارتقاء می یابد. پس فرضیه دوم تحقیق، تایید می گردد.

بررسی فرضیه سوم پژوهش بر اساس تحلیل مسیر

متغیر مستقل تحقیق	ضرایب استاندارد	مقادیر t	P-Value	نتایج
تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) مشتری	۰/۱۵	۱/۸۵۰	۰/۰۶۴	معنی دار است.

در بررسی فرضیه سوم تحقیق؛ ضریب عاملی استاندارد متغیر تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) مشتری برابر با ۰/۱۵، مقدار t برابر با ۱/۸۵۰ بوده و مقدار P-Value بیشتر از ۰/۰۵ است، نتیجه اینکه، از دیدگاه حاضرین در تحقیق، تعهد سازمانی کارکنان بر ادغام (یکپارچگی) مشتری، در شرکت خودروسازی سایپا، فاقد تاثیر معنادار است (البته تاثیر دارد، اما نه در آن حد که از نظر آماری معنادار باشد). پس فرضیه سوم تحقیق، رد می گردد.

۷- پیشنهادات

- بر اساس داده های بدست آمده و با استناد به نتایج حاصل از فرضیه های پژوهش، پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می گردد:
- ایجاد یک جو دوستانه و توأم با احترام متقابل بین کارکنان با یکدیگر و کارکنان با مدیران، در تقویت تعهد عاطفی کارکنان، بسیار موثر است.
 - استقرار نظام مدیریت مشارکتی در سازمان، به معنای واقعی و در عمل، منجر به تقویت حس مهم بودن و دیده شدن در سازمان شده و باعث تقویت تعهد عاطفی پرسنل خواهد شد.
 - گردش شغلی ضابطه مند و انجام انتصابات در سازمان بر اساس توانمندی های کارکنان.
 - نزدیک کردن اهداف فردی با اهداف سازمانی، از جمله مواردی است که بر تقویت تعهد مستمر موثر است.
 - ایجاد دوره های آموزشی همراه با ارتقای مسیر شغلی، منجر به بهبود تعهد مستمر خواهد شد.
 - تقویت ارزش های اخلاقی و وفادارسازی کارکنان از طرق گوناگون، مانند ارج نهادن به خدمات کارکنان فعال، گردش شغلی منطبق بر ضوابط و

- طراحی و استقرار روش‌های ارتباطی مناسب و مؤثر از جمله سمینار، نشست‌ها، گفتگوها، ارزیابی‌ها.
- توجه به ارزش‌های اخلاقی و فرهنگی سازمان در گزینش و استخدام افراد.

مراجع

۱. اسمیت، رالف (۱۳۸۹)، مدیریت فرایند و کارت امتیازی متوازن، اصلانی فرد، مسعود؛ شرافت، مهرداد، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران؛ کنفرانس سالیانه مدیریت استراتژیک با رویکرد پارادایم‌های نوین جهانی.
۲. آذر عادل، حاجتی نسیم، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر یکپارچگی زنجیره تامین بر رضایت مشتری و عملکرد مالی مطالعه موردی: شرکت شهرک‌های صنعتی شهراوه‌از، اولین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مدیریت، حسابداری و اقتصاد، تهران، دفتر کنفدراسیون بین‌المللی مخترعین جهان در ایران، دانشگاه جامع علمی کاربردی مینو.
۳. خاکی غلامرضا، ۱۳۸۵، انجمن‌های حرفه‌ای، مجله مدیریت شماره ۱۱۷-۱۱۸، سال ۸۵.
۴. خدادادی فریونس، دهقانی سریزدی محمد، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر اقدامات مدیریت زنجیره تامین بر مزیت رقابتی شرکت انتقال گاز اهواز، سومین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع، تهران، گروه پژوهشی بوعلی،
۵. دیواندری علی، وفای عظمی، حسن پور اکبر، ۱۳۸۷، طراحی و ارائه سیستم جامع ارزشیابی عملکرد کارکنان نظام بانکی (مورد نمونه بانک ملت)، مجله مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سال ۳، شماره ۵، پائیز ۸۷.
۶. زارعی وش خدیجه، حسنی سیدرضا، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر تولید به موقع (jit) در ارتباط بین عملکرد سازمانی و قابلیت‌های زنجیره تامین (مورد مطالعه: شرکت سیمان سامان کرمانشاه)، چهارمین کنفرانس ملی مدیریت، اقتصاد و حسابداری، تبریز، سازمان مدیریت صنعتی آذربایجان شرقی، دانشگاه تبریز،
۷. صمدیان هیمین، حسینی زهرا، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر یکپارچه سازی زنجیره تأمین بر عملکرد سازمانی مطالعه موردی بانک‌های ملی شهر سنندج، کنفرانس بین‌المللی مدیریت و حسابداری، تهران، موسسه آموزش عالی نیکان،
۸. فیض‌اللهی، جواد (۱۳۸۹). ارزیابی عملکرد بانک ملت با استفاده از مدل تعالی سازمانی (EFQM) مطالعه موردی شعب بانک ملت شهرستان مراغه. پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد. به راهنمایی دکتر جعفر بیک زاد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج.
۹. امامی، مجتبی و مجتبی اصغرینیا، (۱۳۸۶)، عملکرد سازمانی حرکت از ارزیابی عملکرد به سوی مدیریت عملکرد، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، تهران، گروه پژوهشی آریانا.
10. Abbaszadegan M. 2000. Management organizations calm. Tehran: Kavir Publication.
11. Allen, N.J., & Meyer, J.P. (1990) "The measurement and antecedents of affective, continuance and normative commitments to the organization". Journal of occupational psychology, vol.63. pp: 1-18.
12. Chamodrakas, I., Batis, D., & Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. Expert Systems with Applications
13. Chen C.T, Lin C.T and Huang S.F, (2006), A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, Int.j. Production Economics, 102, 289-301
14. Chopra and P. Meindel, Identify supply chain risks, 2015. Journal of purchasing & Supply Management, 18, 210-222.
15. Flynn, B. B., Flynn, E. J. "An exploratory study of the nature of cumulative capabilities", Operations Management, Vol. 22, (2004).
16. Frohlich, M.T., Westbrook, R., 2001. Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. Journal of Operations Management 19 (2), 185-200.
17. Keshavarz, L., Hematinejad, M., Azadvari, S. 2012. Impact of Leadership Style on Organizational Commitment in the Spine of All Sponsorship Organizations : Case study of Tehran Municipality Sport Organization, Innova Ciencia, Vol. 4, No. 4; Apr, PP: 48-57.
18. Li S, Lin B. 2006. Accessing information sharing and information quality in supply chain management. Decision Support Systems; 42:1641-56.

19. Meyer, J. P., & Allen, N. J. (1991) . A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review*, 1, 61-89 . Retrieved from Tehran university databases.
20. Sharma Vijay, Pankaj Chandna, Arvind Bhardwaj, 2016, Green supply chain management related performance indicators in agro industry: A review, *Journal of Cleaner Production*.
21. Singh, P.J., Power, D., 2009. The nature and effectiveness of collaboration between firms, their customers and suppliers: a supply chain perspective. *Supply Chain Management: An International Journal* 14 (3), 189–200.
22. Gunasekaran Angappa, Thanos Papadopoulos, Rameshwar Dubey, Samuel Fosso Wamba, Stephen J. Childe, Benjamin Hazen, Shahriar Akter ,2016, Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance, *Journal of Business Research*, Contents lists available at ScienceDirect, Published by Elsevier Inc.

تعیین عمق بحرانی برای جلوگیری از گردابه آزاد در سرریز نیلوفری با استفاده از نرم افزار فلوتریدی

عرفان رضوی^{۱*}، حسن احمدی^۲، حمیدرضا رحیمی^۳

۱-دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رشته آب و سازه هیدرولیکی

۲-استاد راهنما دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رشته آب و سازه هیدرولیکی

۳-دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رشته آب و سازه هیدرولیکی

Erfan.rzvi@gmail.com

چکیده

یکی از چالش های پیش روی دنیا، کنترل و استفاده بهینه از منابع آب است که هر دو اینها مستلزم مطالعات مهندسی دقیق و ساخت منطبق بر آن است. بنا به هزینه های بالا در انجام مراحل مطالعه، طراحی، خرید و ساخت تمحیلی به دولت ها، روند گسترش ساخت سازه هایی مهم و اساسی مانند سرریزها سخت و دشوار است. بنابراین، مطالعات اولیه و یافتن روش های اقتصادی و تکنیکی از درجه اهمیت بالا برخوردار است. همچنین در دنیایی زندگی میکنیم که مدل های فیزیکی و غیرفیزیکی در بهینه سازی ایده ها در طراحی، مهندسی و ساخت نقش مهمی ایفا میکنند. سرریز نیلوفری نوعی از سازه انتقال آب از مخزن بالادست به پایین دست است و این سرریز بنابه بالموس شکل بودن آن نامگذاری گردیده است. به طور کلی، سرریز نیلوفری در حالت آزاد با سرعت شعاعی و محوری عمل میکند، بنابراین در این حالت جریان آب به طور مستقیم وارد سرریز میگردد، ولی در حین وقوع پدیده گردابه بوجود آمدن سرعت مماسی، باعث میگردد که مسیر جریان از مسیر مستقیم به مسیری طولانی تر تغییر کند و این مسئله منجر به هدر رفت انرژی و کاهش ظرفیت دبی میگردد. بنابراین، یکی از راه حل های جلوگیری از این پدیده، تعبیه صفحات ضد-گردابه است. در این مقاله، از تحلیل نتایج خروجی از نرم افزار و مدل آزمایشگاهی، به دقت، شباهت و صحت مدل در مقایسه با مدل آزمایشگاهی اشاره شد و معادله قابل استناد نیز استخراج گردیده شده است.

واژگان کلیدی: عمق بحرانی، گردابه، سرریز نیلوفری، مدل سازی عددی

۱- مقدمه

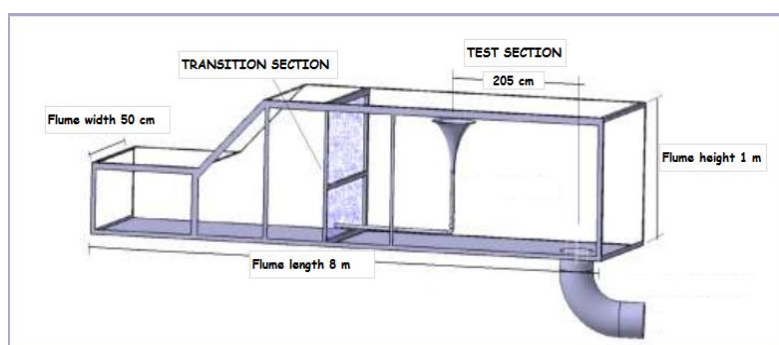
گردابه شکل گرفته در در انواع مختلف از سازه های هیدرولیکی، مانند آبگیرهای نیروگاه های آبی، سرریزها ممکن است تاثیر سوء بر روی عملکرد سازه داشته باشد. گردابه منشاء جریان چرخشی دارد که در سازه هیدرولیکی آبگیر ممکن است بنا به محل قرارگیری منطبق بر مرزهای اطراف و شرایط و مشخصه های هندسی و غیر هندسی تاثیر زیان آوری بر روی عملکرد سازه ای داشته باشد. به بیان ساده تر، گردابه، تمایل جریان آب درون آبگیر به حرکت چرخشی و دورانی است. حرکت چرخشی به خودی خود یک مشکل مهندسی نیست. به هر حال، درجات حرکات چرخشی آن چیزی است که تعیین کننده تاثیرات مخرب و تمایل شکل گیری گردابه است. در تلاش برای تفهیم مفهوم گردابه، یک چیر مهم می توان گفت، گردابه، جریان آشفته در حال چرخش همراه خطوط جریان نزدیک به هم است. این دو اصطلاح (چرخش و گردابه) کاملاً به هم مرتبط اند و گردابه به بیان دیگر چرخش سریع جریان حول مرکز است. هدف از انجام این مدل سازی عددی، تحلیل شرایط هیدرولیکی جریان در حالت شکل گیری گردابه در نزدیکی سرریز نیلوفری و تعیین راه های جلوگیری و حذف شکل گیری گردابه با به کارگیری صفحات ضد-گردابه است. برای همین دلیل، خروجی های متعدد از آزمایشات انجام شده در مدل آزمایشگاهی دانشگاه آزاد مرودشت با مخزنی به ابعاد ۸*۵ متر بدون شیب، با مدل عددی مشابه مقایسه و صحت سنجی گردیده شده.

۲-پیشینه تحقیق

در ادبیات ایت تحقیق، بسیاری از منابع شکل گیری گردابه توسط محققین و دانشمندان برای شرایط مختلف هندسی جریان شناسایی و بررسی شده اند. که بنا به یافته آنها، خروج از مرکزیت و نامتقارن بودن جریان در ورودی دهانه مرتبط به سازه آبگیر دو دلیل اصلی شکل گیری هسته اولیه گردابه اند. پیش از این، دارگین و هکر (1978) سه منبع اصلی شکل گیری گردابه را شناسایی کردند (الف) تغییر جهت ناگهانی ب) گرادیان سرعت ج) مانع. آنها تاکید داشتند که گردابه اساسا آغاز میگردد به وسیله: جهت خارج از مرکز آبگیر مرتبط به جریان ورودی نامتقارن، تنش برشی بنا به گرادیان سرعت، چرخش های ضعیف به دلیل وجود موانع. گردن (1970) تعداد ۲۹ آبگیر را در جهت ارتقاء معیارهای طراحی برای جلوگیری از گردابه در ترازهای پایین آبگیر هیدروالکتریکال را مورد آزمایش قرار داد و در پایان این آزمایشات دریافت که هندسه جریان ورودی به آبگیر، سرعت در آبگیر، ابعاد آبگیر و عمق بحرانی، فاکتورهای اصلی تاثیرگذار بر روی شکل گیری گردابه هستند. درعین حال، بنا به اینکه هندسه هر نوع از آبگیر منحصر به فرد است، بررسی تاثیر هندسه سایت بر شکل گیری گردابه سخت است. بنابراین تصمیم گرفته شد که بر روی سایر پارامترهای تاثیرگذار بر شکل گیری گردابه تمرکز گردد. ناووس (1987) خاطرنشان کرد که شکل گیری گردابه به دلیل دو مشکل هیدرولیکی اصلی در سازه ی آبگیر است: لرزش های نامطلوب در تجهیزات هیدرولیکی و ایرادهای اصلی در سیستم ورودی کانال بنا به مکش هوا. همانطور که قبلا هم اشاره شد، گردابه به طور اصلی حاصل نیروهای خارج از مرکز، شرایط نامتقارن ورودی جریان به دلیل هندسه آن. اگرچه، طراحی هیدرولیکی سازه آبگیر با لحاظ صفحات جلوگیری کننده از گردابه است ولی در برخی موارد، شکل گیری گردابه وجود دارد چرا که در این حالت هم الزامات طراحی هم نمی تواند ارضا گردد، چون که شرایط جریان در ورودی آبگیر شدید است و همچنین عمق غرقابی مورد نیاز اقتصادی نیست. بنابراین، برخی اقدامات سازه ای در جهت کاهش و از بین بردن شکل گیری گردابه در سازه آبگیر می شود به کار گرفته شود. راشمن و همکاران (۱۹۸۷) پیشنهاد کردند که ورود هوا به جریان گردابه که باعث کاهش تاثیر چرخش ها هستند، می شود حذف و یا کاهش یابد به وسیله ۱- افزایش فاصله خطوط جریان بین سازه آبگیر و سطح آزاد آب، ۲- بهسازی جریان در وردی آگیر برای حذف آشستگی ها و غیریکنواختی های جریان و ۳- به کارگیری برخی سازه های ضد-گردابه. انواع صفحات ضد-گردابه در پروژه ها و آزمایشگاه ها توسط راشمن و ناووس مورد بررسی قرار گرفتند.

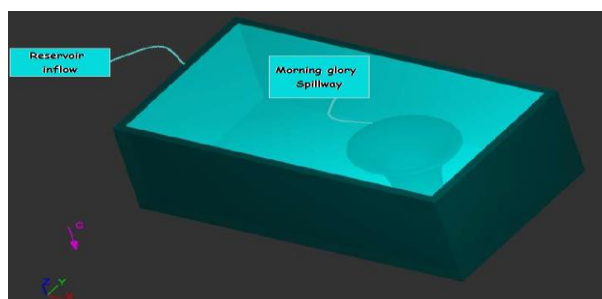
۳-حوزه مدلسازی عددی

Flow-3D یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای محسباتی دینامیک سیالات، بر مبنای حل معادلات ناویر استوک است. فلوتریدی از تقریب مقادیر محدود حجم، معادلات مومنتوم و انرژی در سه بعد استفاده میکند تا بتواند مشکلات پیچیده سیالات را تحلیل کند. این نرم افزار همچنین، مدل هایی برای مدلسازی انتقال رسوب، حرکت صفحات صلب و جریان آب در محیط متخلخل دارد و غیره دارد. مشکلات جریان در مهندسی عمران اغلب بر روی سطح آزاد آب است. سطح آزاد آب با روش های مختلف بسیاری در نرم افزارهای کامپیوتری بررسی میگردد. فلوتریدی تکنیک حجم سیال (VOF) که اولین بار توسط هاریت و نیکول (1981) را استفاده میکند. VOF یک روش حل برای سطح آزاد آب برای ورودی های تیز است. VOF معرفی کننده هوا با شرایط مرزی و به کارگیرنده آن در سطح است. این روش تنها روش الگوریتم حل جریان نیست. در نرم افزار پنج تب اصلی و بخش های مرتبط به آن ها، برای کاربران در انجام مراحل طراحی و اجرای نرم افزار به نام های Navigator, Model setup, General, Physicd, Fluids, Meshing and Geometry,output, Numeric, Simulation, Analyze,Display وجود دارد. هدف از انجام این مدلسازی عددی، بررسی تاثیرات هیدرولیکی جریان مانند سرعت و هد جریان بر روی شکل گیری گردابه در سرریز نیلوفری و استفاده از صفحات ضد-گردابه در جهت جلوگیری از شکل گیری آن است. که این مهم با بهره گیری از داده های آزمایشگاه آژاد مروتدشت و مقایسه نتایج این مدل آزمایشگاهی با خروجی های حاصل از مدلسازی عددی نرم افزار فلوتریدی بدست آمد.

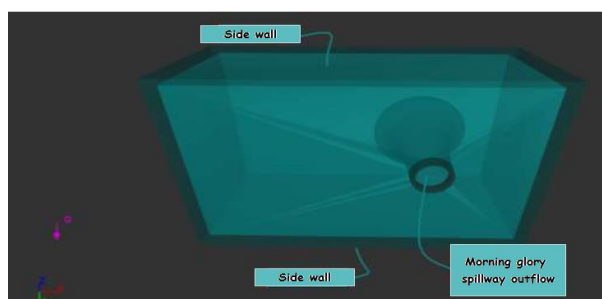


شکل شماره ۱. المان های مدل آزمایشگاهی سرریز نیلوفری دانشگاه آزاد واحد مرودشت

برای موفقیت در انجام این هدف، مدل سازه هیدرولیکی سرریز نیلوفری در نرم افزار AUTOCAD ساخته شد و به نرم افزار FLOW-3D در جهت مشاهده شکل گیری اولیه جریان در سرریز نیلوفری با قطرهای ورودی مختلف در حالت گردابه، وارد شد. (شکل ۲ الف و ب).



شکل ۲ الف. مدل عددی سرریز نیلوفری

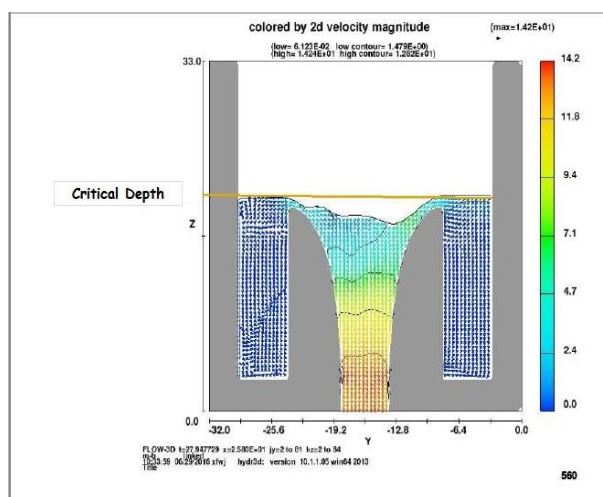


شکل ۲ ب. مدل عددی سرریز نیلوفری

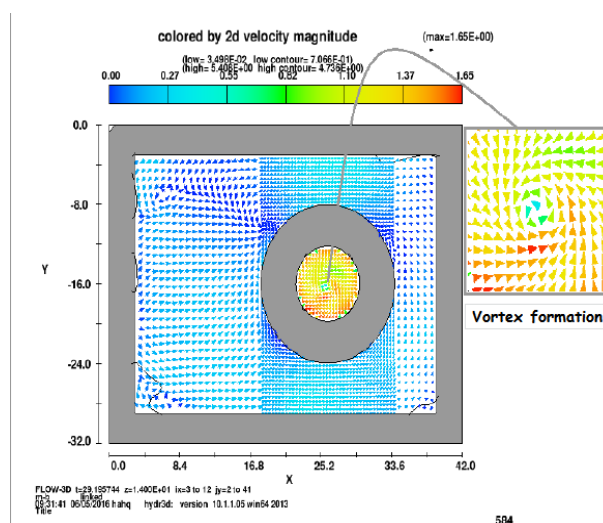
پس از طراحی هر سرریز نیلوفری با قطر مختلف، دیوارهای کناری از جنس پلکسی گلس، در فاصله خود در مخزن سرریز تعبیه شدند و تنظیمات عددی برای شبیه سازی اماده شدند. در این شبیه سازی، ۹ شعاع مختلف برای سرریز نیلوفری، ۹ فاصله دیواکناری و شرایط مختلف سرعت و دبی جریان تست شدند. دبی و سطح آزاد آب در مراحل اول شکل گیری گردابه اندازه گیری شدند. علاوه بر آن، صفحات ضد-گردابه مختلف تست شدند. سطح آب تدریجا کاهش یافت تا وقتی که چرخش های اولیه مشاهده شد، فرورفتگی سطح و نهایتا گردابه در عمق بحرانی (تمام فرایند ۱۰۰ طول کشید بنا به اینکه Finish Time در نظر گرفته شده برای مدل ۱۰۰ بود). ۳ عمق بحرانی مختلف برای سرریز نیلوفری موجود از مدل آزمایشگاهی دانشگاه مرودشت و مدل عددی نرم افزار در ۳ شعاع مختلف بدست آمد. علاوه بر آن، مقادیر عمق بحرانی حاصل از مدل آزمایشگاهی و عددی در جهت سحت سنجی دسته بندی شدند. ضمنا باید گفت که رابطه مستقیمی بین شعاع و عمق بحرانی به دلیل تغییرات سرعت در مجاورت دهانه آبگیر وجود ندارد. مضافا، ۶ سرریز نیلوفری با شعاع مختلف به عنوان تحلیل اضافه مورد

بررسی قرار گرفتند. در بخش نتایج، مقایسه نتایج عمق بحرانی با مدل آزمایشگاهی و عددی در حالت های با و بدون صفحات گردابه ارائه شدند.

جاذبه به جهت اثر در جهت منفی -۹٫۸۱ لحاظ گردید. حل کننده های آشفتگی برای بسیاری از مدل ها Laminar و برای برخی از آنها LES (Large Eddy Simulation). آب در دمای ۲۹۳ کلین برای آب مدل در نظر گرفته شدند. معادلات مومنوم و انرژی در زمان حل جریان به کار میرود در نرم افزار. (شکل ۳ الف و ب). سائز مش ها ۰٫۰۵ و شبیه سازی با ۳ شبکه مش مجزا انجام گردید. برخی از مدل ها حل کننده آشفتگی RNG به کار بسته شد.



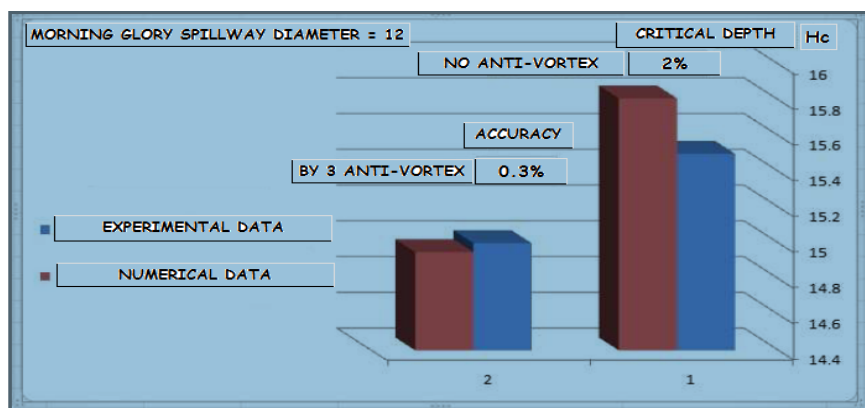
شکل شماره ۳ الف. عمق بحرانی در مدل مقایسه ای با کانتورهای سرعت دارای مش ضخیم (Z-Y)



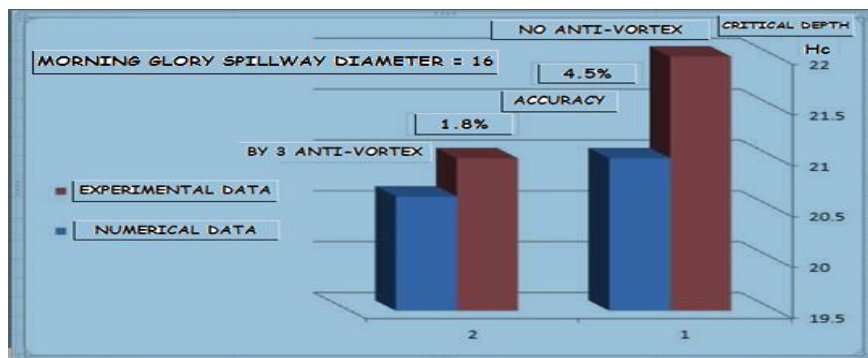
شکل شماره ۳ ب. عمق بحرانی در مدل مقایسه ای با کانتورهای سرعت دارای مش ضخیم (X-Y)

۴-نتایج

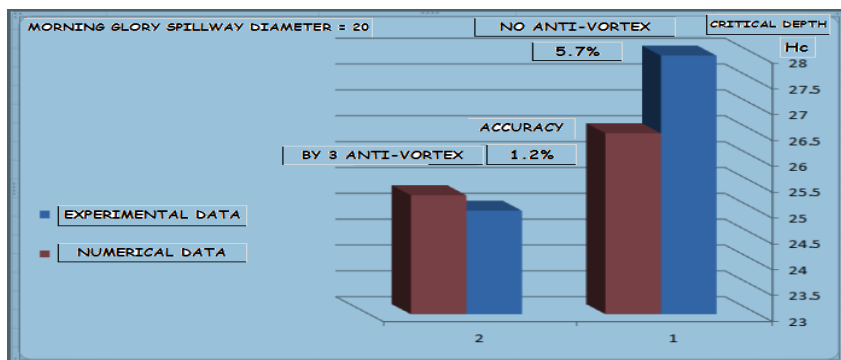
مدلسازی آزمایشگاهی و انجام مدلسازی عددی برای عمق بحرانی و جلوگیری از گردابه سطح آزاد در هر دو مدل و تحلیل داده ها و خروجی ها متنوع، مگر به استخراج معادله ای پیشنهادی بر مبنای دبی و عدد رینولدز و .. شود. در مقاله حاضر، تاثیر عدد رینولدز، دبی و شعاع سرریز نیلوفری بر روی شکل گیری گردابه در سرریز نیلوفری به صورت عددی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مدل سازی ها (شکل های ۴ الف، ۴ ب و ۴ ج) معیارهای طراحی بالقوه ای را ارائه میکند و نیاز بیشتر به مدلسازی های دیگر را کاهش میدهد و اطلاعات اولیه ای را در بررسی شکل گیری گردابه ارائه میکند.



شکل شماره ۱۴. الف. تفاوت بین مقادیر عمق بحرانی مدل آزمایشگاهی و مدل نرم افزاری (سرریز نیلوفری با شعاع ۱۲)



شکل شماره ۱۴. ب. تفاوت بین مقادیر عمق بحرانی مدل آزمایشگاهی و مدل نرم افزاری (سرریز نیلوفری با شعاع ۱۶)



شکل شماره ۱۴. ج. تفاوت بین مقادیر عمق بحرانی مدل آزمایشگاهی و مدل نرم افزاری (سرریز نیلوفری با شعاع ۱۸)

رابطه تحلیلی به صورت معادله با لحاظ متغیرهای مختلف روبرو در عمق بحرانی سرریز نیلوفری به عنوان سرریز عمودی ارائه می گردد. رابطه کاربردی پیشنهادی را میتوان به صورت زیر نوشت :

$$H_c/D_i = 1.686 - 0.001 Re^{0.6} + 0.114 Q^{2.3} \quad (1)$$

که در آن:

H_c = عمق بحرانی

D_i = شعاع سرریز نیلوفری

Re = عدد رینولدز

دبی جریان $Q =$

$$Re = \rho \cdot v \cdot l / \mu$$

که در آن

v سرعت جریان ($m \cdot s^{-1}$)

μ ویسکوزیته دینامیکی ($Pa \cdot s$ or $N \cdot s / m^2$ or $kg / (m \cdot s)$)

L طول جریان (m)

ρ چگالی سیال (kg / m^3)

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

در مقاله فوق، مدل عددی مشابه مدل آزمایشگاهی توسط نرم افزار فلوئیدی ساخته شد. شبیه سازی برای مدل های مختلف ران گرفته شد تا شرایط هیدرولیکی شکل گیری گردابه بررسی گردد. مقادیر عمق بحرانی بدست آمد و با مقادیر مدل آزمایشگاهی مقایسه گردید. برای دست یابی به مدل عددی دقیق، تاثیر فواصل دیوارهای کناری و شعاع لوله آبگیر عمودی ارزیابی گردید. علاوه بر آن، تاثیر عدد رینولدز، دبی، سرعت و شعاع سرریز نیلوفری بر شکل گیری گردابه بررسی عددی و مقایسه گردید. معادله پیشنهادی کاربردی برای عمق بحرانی از پارامترهای خروجی جریان توسط نرم افزار SPSS استخراج شد. صفحات عمودی به عنوان صفحات ضد-گردابه برای مشاهده تاثیرگذاری آنها بر روی کاهش قدرت گردابه بررسی گردید. لیست نتایج این تحلیل عددی در ادامه اشاره میگردد:

- ۱- ادامه اختلاف مقادیر آزمایشگاهی و نرم افزاری ارتباط مستقیم به روابط بین مقادیر Hc/Di و سرعت دارد. سرعت ها و نسبت عمق بحرانی به شعاع مختلف، میانگین ۲،۵۸۳ درصد اختلاف مقادیر را نشان میدهد.
- ۲- نتایج رضایت بخشی برای مدل های دارای صفحات ضد-گردابه مشاهده شد. تعبیه صفحات ضد-گردابه از شکل گیری گردابه به طور موفقیت آمیزی در مدل عددی، همانند مدل آزمایشگاهی دانشگاه آزاد واحد مرودشت (سرریز نیلوفری با ۴ صفحه ضد گردابه) جلوگیری کرد.
- ۳- نسبت عمق بحرانی به شعاع سرریز به طور تدریجی افزایش یافت و تقریباً به طور خطی با افزایش عدد رینولدز و دبی جریان با شعاع مشخص ارتباط دارد.
- ۴- به عنوان تابعی از شعاع سرریز نیلوفری، مقادیر محدودی برای عدد رینولدز و دبی جریان وجود دارد.
- ۵- برای تمامی ۹ مدل، مدلسازی شده در این تحلیل، مقادیر بالا، میانگین و پایین برای نسبت عمق بحرانی به شعاع به عنوان تابعی از سرعت، و برای تمامی مقادیر عدد رینولدز و دبی، معادله کاربردی با ضرایب استخراج گردید. $Hc/Di = 1.686 - 0.001 Re^{0.6} + 0.114 Q^{2.3}$. ضمناً، برای مطالعات آینده، این پیشنهاد میتواند انجام گیرد:
- ۶- انجام تست های مشابه (آزمایشگاهی و عددی) باید هدایت گردد، در صورت امکان، تاثیر تغییر در حل کننده های آشفتگی جریان بر روی جریان و طیف وسیعی از مقادیر عدد رینولدز و دبی بررسی گردد. همچنین بررسی خطوط جریان در مجاورت ورودی آبگیرهای افقی و عمودی مختلف موقع شکل گیری گردابه پیشنهاد میگردد.

مراجع

۱. اردکانی زادگان، ارسطو. (۱۳۸۷). بررسی جریان چرخشی به کمک شبیه سازی گردابه های بزرگ (LES)، دانشگاه تربیت مدرس.
۲. جبلی فرد، سعید، احمدی، حسن. ۱۳۹۳. هیدرولیک سدها و مخازن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۳. حسن زاده، مونا. شبیه سازی عددی گردابه سطحی در مجاورت آبگیر سدها، دانشگاه تربیت مدرس.
۴. حسینی، سید محمود؛ و ابریشمی، جلیل. ۱۳۹۳. هیدرولیک کانال های باز، دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
۵. رضا پور، ر. ابراهیمی اودکلو، ف. منتظری نمین، م. خراسانی زاده، ع. (۱۳۹۰). بررسی آزمایشگاهی هیدرودینامیک جریان در آبگیری مستغرق از مخازن سدها (نمونه موردی سد سیاه بیشه)، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان.

۶. رمی، عبدالحسین. بررسی عددی جریان گردابه ای روی سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی، دانشگاه تربیت مدرس.
۷. روشن، ر. (۱۳۸۴). بررسی پدیده گرداب با استفاده مطالعات مدل فیزیکی و روشن استهلاک آن در آبگیر نیروگاه‌ها، کارگاه آموزشی مدل‌سازی در آبیاری و زهکشی.
۸. روشن، ر. سرکرده، ح. زراتی، ا.ر. (۱۳۸۸). محاسبه حداقل تراز بهره‌برداری در سدهای نیروگاهی، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تهران.
۹. عظیمیان، احمد رضا. (۱۳۸۷). دینامیک سیالات محاسباتی، جداول، چاپ سوم.
۱۰. قاسم‌زاده، ف. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی مسائل هیدرولیکی در FLOW 3D، چاپ اول.
۱۱. موسسه تحقیقات آب (۱۳۸۹). مدل هیدرولیکی آبگیرهای سد سیاه‌بیشه، گزارش نهایی، جلد دوم، ایران.
۱۲. نیازمند، امیررضا. (۱۳۹۰). شبیه‌سازی جریان‌های داخلی به روش شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ، دانشگاه تربیت مدرس.
13. Anwar, H.O. (1965), "Flow in a Free Vortex", Water Power 1965(4), 153-161.
14. Anwar, H.O. (1967), "Vortices at Low Head Intakes", Water Power 1967(11), 455-457.
15. Anwar, H.O. (1968), "Prevention of Vortices at Intakes", Water Power 1968(10), 393-401.
16. Anwar, H.O., Weller, J.A. and Amphlett, M.B. (1978), "Similarity of Free-Vortex at Horizontal Intake", J. Hydraulic Res. 1978(2), 95-105.
17. Anwar, H.O. and Amphlett, M.B. (1980), "Vortices at Vertically Inverted Intake", J. Hydraulic Res. 1980 (2), 123-134.
18. Blasdel F.W. and Donnelly C.A (1958), "Hydraulics of Closed Conduit Spillways Part X.: The Hood Inlet", Tech. Paper No. 20, Series B, University of Minnesota, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory.
19. [7]Gordon, J.L. (1970), "Vortices at Intakes", Water Power 1970(4), 137-138.
20. Jain, A.K., Kittur, G.R.R., and Ramachandra, J.G. (1978), "Air Entrainment in Radial Flow towards Intakes", J. Hydraulic Div., ASCE, HY9, 1323-1329.
21. Jain, A.K., Kittur, G.R.R., and Ramachandra, J.G. (1978), "Vortex Formation at Vertical Pipe Intakes", J. Hydraulic Div., ASCE, HY10, 1429-1448.
22. Knauss, J. (1987), "Swirling Flow Problems at Intakes", A.A. Balkema, Rotterdam.
23. Li H., Chen H., Ma Z. and Zhou Y. (2008) "Experimental and Numerical Investigation of Free Surface Vortex", J. Hydrodynamics 2008(4), 485-491.
24. Yıldırım, N. and Kocabaş, F. (1995), "Critical Submergence for Intakes in Open Channel Flow", J. Hydraulic Engng. ASCE, 121, HY12, 900-905.
25. Yıldırım, N., Kocabaş, F. and Gülcan, S.C. (2000), "Flow-Boundary Effects on Critical Submergence of Intake Pipe", J. Hydraulic Engineering. ASCE, 126, HY4, 288-297.
27. Yıldırım, N. and Kocabaş, F. (2002), "Prediction of Critical Submergence for an Intake Pipe", J. Hydraulic Res. 2002(4), 507-518.
28. Yıldırım, N., Taştan, K. and Arslan, M.M. (2009) "Critical Submergence for Dual Pipe Intakes", J. Hydraulic Research, 47:2, 242-249.

بررسی عملکرد، ارزیابی و بهینه سازی طراحی انواع سقف های سازه های فولادی و بتنی در برابر اصابت
خماره ۶۰

علیرضا محمدی، فیاض اسلامی، صابر درویش مسلک

بررسی پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی در ساختگاه سد سرمشک
امیررضا گرشکی، جعفر رهنما راد

طراحی کنترل کننده لغزشی برای یک موتور القایی
محمد زمانی

برنامه ریزی توسعه خطوط TEP برای شبکه انتقال مجهز به TCSC با توجه به عدم قطعیت تقاضای بار
مشترکین و خروجی توربین های بادی WTGs
نادر مرتضوی، حسن پنج مینی

بررسی تاثیر تعهد سازمانی کارکنان بر یکپارچگی تامین کننده در بنگاه های کوچک و متوسط؛ مطالعه موردی:
شرکت خودروسازی سایپا
محبوبه صادق پور، یوسف غلامپور

تعیین عمق بحرانی برای جلوگیری از گردابه آزاد در سرریز نیلوفری با استفاده از نرم افزار فلوتریدی
عرفان رضوی، حسن احمدی، حمیدرضا رحیمی

پژوهش های نهین مقدمه ها

۰۲۱ ۳۳۳ ۲۰ ۲۴۸۷ ۰۲۱ ۴۳۸۵۷۱ ۲۴
۰۲۶ ۳۲۷۲ ۴۷۸۷ ۰۲۶ ۳۲۷۴ ۷۱۵۸
تهران: افسریه، ۱۵ متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج: چهارراه هفتتیر، خیابان لاله ۱، پلاک ۱۴، طبقه همکف