

نشریه علمی-تخصصی

پژوهش‌های نوین علوم مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی
سال دوم، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۶، شماره ۳ و ۴

طراحی جدول زمانبندی آموزشی خودکار بر پایه مدل ریاضی؛ مطالعه موردی :
دانشکده مدیریت دانشگاه هوایی شهید ستاری
محمد روانبخش، رسول کریمی طاهر

طراحی دوره های بین رشته ای دانشگاهی با محوریت فناوری اطلاعات
محسن گرامی، رضا باقری اصل، مازیار مباحثی

ارائه مدلی براساس روش مونت کارلو و زنجیره مارکوف به منظور پیش بینی
میانگین سرعت باد در استان خوزستان
حسن شاه محمد، پوریا شکسته بند، ندا سالمی

بررسی ارتباط بین شاخص نفوذپذیری ثانویه SPI_2 (با خوردند دوغاب در توده
سنگ ساختمانی سد سیمره
احسان معتمدالشریعتی، ابراهیم شریفی تشنیزی، رسول اجل لوئیان

معرفی یک ترکیب کننده تطبیقی برای بهبود کارایی پردازش در کلاستر Hadoop
فرهنگ پدیداران مقدم، ندا صدر

NRES.ir

پژوهش‌های نوین مهندسی

ماهنامه علمی-تخصصی پژوهش‌های نوین علوم مهندسی،
سال دوم، شماره سه و چهار، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۶

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 شهر روز اسدی، دانشگاه شهید بهشتی
جناب آقای دکتر رضا افضلی، دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
جناب آقای دکتر علی جباری، دانشگاه اراک
سرکارخانم دکتر ساغر جارجی، 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 محبعلی رهدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان
جناب آقای دکتر مرتضی زیودار، 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 ۳۳۲۰ ۲۴۸۷



۰۲۶ ۳۲۷۲ ۴۷۸۷



۰۲۱ ۴۳۸۵۷۱ ۲۴

۰۲۶ ۳۲۷۴ ۷۱۵۸

تهران: افسریه ۵، 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	طراحی جدول زمانبندی آموزشی خودکار بر پایه مدل ریاضی: مطالعه موردی: دانشکده مدیریت دانشگاه هوایی شهید ستاری محمد روانبخش، رسول کریمی طاهر
۱۳	طراحی دوره های بین رشته ای دانشگاهی با محوریت فناوری اطلاعات محسن گرامی، رضا باقری اصل، مازیار مباشری
۲۱	ارائه مدلی براساس روش مونت کارلو و زنجیره مارکوف به منظور پیش بینی میانگین سرعت باد در استان خوزستان حسن شاه محمد، پوریا شکسته بند، ندا سالمی
۲۷	بررسی ارتباط بین شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) با خوردند دوغاب در توده سنگ ساختگاه سد سیمره احسان معتمدالشریعتی، ابراهیم شریفی تشنیزی، رسول اجل لوثیان
۴۹	معرفی یک ترکیب کننده تطبیقی برای بهبود کارایی پردازش در کلاستر Hadoop فرهنگ پدیداران مقدم، ندا صدر

طراحی جدول زمان بندی آموزشی خودکار بر پایه مدل ریاضی مطالعه موردی: دانشکده مدیریت دانشگاه هوایی شهید ستاری

محمد روانبخش^{۱*}، رسول کریمی طاهر^۲

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، پردیس دانشکده های فنی، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه

تهران، تهران، ایران، mohrava7@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، مدرس و عضو هیئت علمی دانشگاه هوایی شهید ستاری، تهران، ایران

چکیده

در این مقاله، از رویکرد مبتنی بر مدل ریاضی، جهت طراحی برنامه ریزی آموزشی خودکار دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری استفاده شده است. هدف مدل پیشنهادی، تخصیص یکپارچه اساتید به دروس و بازه های زمانی به نحوی است که محدودیت هایی نظیر ساعات در دسترس اساتید، تعداد کلاس های در دسترس دانشکده، عدم تداخل زمان های تدریس هر استاد، حداقل و حداکثر واحدهای اختصاص داده شده به اساتید، عدم تداخل زمان برگزاری دروس هم گروه، در نظر گرفته شود. همچنین، اولویت های دانشکده در مورد زمان برگزاری کلاس ها و تخصیص اساتید به دروس منظور گردد. مدل ریاضی پیشنهادی ابتدا در نرم افزار GAMS اعتبار سنجی شد. سپس برای حل مسائل در ابعاد واقعی مدل در محیط نرم افزار MATLAB با استفاده جعبه ابزار OPTIMIZATION کد نویسی شد. در نهایت جهت ارزیابی قابلیت نرم افزار خودکار، جدول زمان بندی مرتبط با نیمسال اول تحصیلی ۹۵-۹۶ دانشکده مدیریت دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری به عنوان یک مطالعه موردی طراحی گردید که نتایج حاصل بسیار مورد توجه و رضایت دانشکده قرار گرفت.

واژگان کلیدی: برنامه ریزی آموزشی خودکار، جدول زمان بندی دروس دانشگاه، دانشگاه ستاری

۱- مقدمه

مسئله طراحی جدول زمان بندی دروس دانشگاه از جمله چالش های جدی برای مدیران مؤسسات آموزشی در آغاز هر نیم سال تحصیلی است. امروزه با توجه به عدم کارایی طراحی جدول زمان بندی به صورت سنتی و دستی، استفاده از طراحی جدول زمان بندی خودکار به صورت فزاینده ای افزایش یافته است. مسئله جدول زمان بندی آموزشی را می توان تخصیص تعدادی از رویدادها (واحدهای درسی، امتحانات و غیره) یا فعالیت ها به تعداد محدودی از دوره های زمانی (بازه های زمانی) با در نظر گرفتن تمامی محدودیت ها و شرایط موجود تعریف نمود (میرحسینی و حبیبی، ۲۰۱۲).

حل مسئله جدول زمان بندی آموزشی برای مؤسسات بزرگ بسیار دشوار است. چراکه این مؤسسات شامل تعداد زیادی دانشجو، استاد، درس و کلاس می باشند که در بسیاری از اوقات، در شرایط و اهداف با یکدیگر در تناقض هستند. بنابراین هر راه حل می بایست تعدادی زیادی از متغیرهای تصمیم و محدودیت ها را در نظر گیرد. به دلیل وجود محدودیت های فراوان و

پیچیدگی روابط میان آن‌ها، این مسئله در گروه مسائل سخت^۱ دسته‌بندی می‌شود (رستگار امینی و میرمحمدی، ۲۰۱۲). به دلیل همین پیچیدگی، برنامه‌ریزی دستی جدول زمان‌بندی حتی برای مدیران مجرب هم بسیار وقت‌گیر است. علاوه بر آن راه‌حل به‌دست‌آمده ممکن است در برخی جنبه‌ها رضایت‌بخش نباشد. به همین علت، استفاده از یک جدول زمان‌بندی اتوماتیک با کارایی بالا بسیار حائز اهمیت است. از سوی دیگر با توجه به شرایط، امکانات و قوانین متفاوت هر موسسه دانشگاهی، امکان ایجاد و استفاده از یک مدل عمومی برای تمامی مؤسسات کارایی نخواهد داشت و برنامه‌ریزی آموزشی هر دانشگاه می‌بایست متناسب با الزامات، دستورالعمل‌ها و ساختارهای همان دانشگاه پایه‌ریزی شود (آلاداج و هوکاگلو، ۲۰۰۷؛ آیوبین و فرلاند، ۱۹۸۹).

محدودیت‌های بسیاری در ارتباط با الزامات و قوانین دانشگاه، منابع در دسترس و ترجیحات اساتید و دانشجویان وجود دارد که این محدودیت‌ها معمولاً به دودسته عمده تقسیم می‌شوند (میرحسینی و حبیبی، ۲۰۱۲؛ رودوی و موری، ۲۰۰۲): محدودیت‌های سخت^۲: ارضای این محدودیت‌ها به‌منظور ایجاد یک جدول زمان‌بندی شدنی ضروری است و یک راه‌حل در صورت نقض حتی یک محدودیت سخت هم نشدنی^۳ محسوب می‌شود. برخی از قیود سخت مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین در ادامه اشاره شده است.

- هر استاد در هر بازه زمانی حداکثر بایستی به یک در اختصاص داده شود،
- تمامی دروس هر ترم بایستی در جدول زمان‌بندی گنجانده شوند،
- در هر بازه زمانی در هر کلاس نباید بیش از یک درس تشکیل شود،
- در هر بازه زمانی نباید تعداد دروس ارائه‌شده از تعداد کلاس‌های در دسترس بیشتر باشد،
- کلاس‌های در نظر گرفته‌شده برای هر درس می‌بایست مطابق با نوع آن درس باشد،
- دروس اجباری مربوط به دانشجویان هر ترم نبایستی به‌صورت هم‌زمان ارائه شوند.

محدودیت‌های نرم^۴: محدودیت‌های نرم بسیار مطلوب هستند اما ارضای آن‌ها ضروری نیست. درواقع این‌گونه محدودیت‌ها کیفیت جدول زمان‌بندی را معین می‌کنند. در دنیای واقعی، برآورده سازی تمامی محدودیت‌های نرم عملاً غیرممکن است و یک راه‌حل در صورت نقض این‌گونه محدودیت‌ها باز هم شدنی محسوب می‌شود. چراکه برآورده سازی این نوع محدودیت‌ها به معنای در نظر گرفتن برخی از ترجیحات خاص می‌باشد. برخی از قیود نرم مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین در زیر اشاره شده است.

- هر استاد می‌تواند روزها و یا بازه‌های زمانی خاصی را برای زمان تدریس خود انتخاب و به دانشکده پیشنهاد دهد،
- بعضی از دروس بهتر است در بازه‌های زمانی خاصی از روز ارائه شوند (به‌عنوان مثال برگزاری درس‌های سخت در ساعات اولیه صبح جهت افزایش یادگیری دانشجویان)،
- کلاس‌های مربوط به یک درس در بازه‌های زمانی نزدیک به هم ارائه نشود (حداقل یک یا دو روز بین جلسات تشکیل یک درس فاصله باشد).
- توزیع یکنواخت دروس تخصصی در بین روزهای مختلف هفته،
- هر درس به شایسته‌ترین استاد مربوطه اختصاص داده شود (این مسئله باعث افزایش کیفیت آموزش خواهد شد)،
- هر درسی که بیش از یک‌بار در هفته ارائه می‌شود، در ساعت و کلاس یکسانی تشکیل شود،

1 NP-Hard

2 Hard-constraints

3 infeasible

4 Soft-constraints

• تمام دروس ارائه شده توسط اساتید مهمان در بازه های زمانی متوالی در یک روز هفته برگزار شود، قابل ذکر است که برخی از قیودی که به عنوان محدودیت های نرم از آن ها نام برده شد، ممکن است به عنوان محدودیت های سخت نیز در نظر گرفته شوند و یا بالعکس، که این مسئله بستگی زیادی به سیاست ها و الزامات هر دانشگاه دارد. هدف از انجام این پژوهش، ایجاد یک سیستم خودکار برنامه ریزی آموزشی بر پایه مدل ریاضی به منظور توسعه استفاده از روش های علمی به جای تحلیل های ذهنی و روش های دستی است. این سیستم خودکار علاوه بر صرفه جویی در زمان و حذف خطاهای انسانی، موجب افزایش رضایت اساتید و دانشجویان از جدول زمان بندی ایجاد شده می شود. در ادامه در فصل دوم مروری بر ادبیات موضوع جدول زمان بندی آموزشی دانشگاه خواهیم داشت. در فصل سوم با توجه به شکاف های تحقیقاتی موجود به تشریح و مدل سازی مسئله طراحی جدول زمان بندی خودکار می پردازیم. در فصل چهارم جهت اعتبار سنجی مدل، یک مسئله در ساینز کوچک ارزیابی شده و سپس طراحی جدول زمان بندی مرتبط با نیمسال اول تحصیلی ۹۵-۹۶ دانشکده مدیریت دانشگاه به عنوان مطالعه موردی، بررسی می شود. در نهایت در فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات آتی ارائه خواهد شد.

۲- پیشینه پژوهش

استفاده از کامپیوتر جهت حل مسئله جدول زمان بندی دارای سابقه طولانی است که قدمت آن تقریباً به زمان ساخت نخستین کامپیوترها بازمی گردد. اولین نسل از جدول زمان بندی کامپیوتری در اوایل دهه ۱۹۶۰، جهت کاهش حجم کاری امور اداری توسعه یافت (جات و یانگ، ۲۰۰۸). مدت کوتاهی پس از آن، برنامه ای باهدف تخصیص بهینه اساتید و دروس به بازه های زمانی ارائه شد. از نخستین پژوهش ها در زمینه ی جدول زمان بندی آموزشی خودکار می توان به مقالات (بردر، ۱۹۶۴؛ کول، ۱۹۶۴؛ ولش و پوول، ۱۹۶۷) اشاره نمود. در ادبیات موضوع، تکنیک های بسیاری برای حل مسئله جدول زمان بندی آموزشی مورد استفاده قرار گرفته است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره خواهیم کرد.

۲-۱- روش های مبتنی بر مدل سازی

در طی ۳۰ سال گذشته، تکنیک تحقیق در عملیات^۱ به صورت گسترده برای حل مسئله جدول زمان بندی مورد استفاده قرار گرفته است. (آسراتیان و ویرا، ۲۰۰۲)، یک مدل نظری را ارائه نموده اند، که گسترش یافته مدل پایه کلاس-استاد در جدول زمان بندی است. این مدل، مطابق با شرایطی است که اغلب در برنامه های آموزشی پایه دانشگاه ها و مدارس رخ می دهد. (تامپسون، ۲۰۰۵)، به توسعه یک ساختار جدول زمان بندی دانشگاه با توجه به اطلاعات ترجیحات دانشجویان پرداخته است. مدل پیشنهادی با استفاده از سه مجموعه داده از دانشکده مدیریت دانشگاه کرنل در ایالات متحده آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفته است. تابع هدف شامل، حداقل سازی تعداد دروس اختصاص داده شده به اساتید، حداقل سازی تعداد دروس برنامه ریزی نشده، حداقل سازی تداخل دروس مرتبط، حداقل سازی میزان تخطی از دروسی که باید (یا نباید) در یک روز ارائه شوند، می باشد. از جمله محدودیت های سخت در نظر گرفته شده در مدل می توان به عدم تخصیص یک استاد به دو درس در یک زمان واحد، رعایت حد فاصله ی بین دو کلاس متوالی و پر کردن ساعات کاری اساتید اشاره نمود. (ون دن بروک و همکاران، ۲۰۰۹)، یک مدل ریاضی جامع برای نیازهای آموزشی دانشگاه آیندهوون مطرح نموده اند که در آن تمام محدودیت های مربوط به الزامات دانشگاه در نظر گرفته شده است. آن ها برای سادگی، مدل پیشنهادی خود را به چهار زیر مسئله شکافته و برای هر یک از زیر مسائل یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط ارائه نموده اند. سپس نتایج عددی و آزمایش های محاسباتی، حول محور داده های واقعی دانشگاه آیندهوون گزارش شده است. (رستگار امینی و میرمحمدی، ۲۰۱۲) به ارائه یک مدل برنامه ریزی خطی جهت حل مسئله جدول زمان بندی آموزشی پرداخته اند که در آن، ماتریس باینری پیش ثبت نام

^۱ Operation Research

جهت تنظیم جدول زمان‌بندی بکار گرفته شده است. هدف مدل پیشنهادی، زمان‌بندی ارائه دروس به نحوی است که دانشجویان بتوانند بر اساس ماتریس پیش ثبت‌نام، حداکثر واحدهای درسی را اخذ کنند. جهت اعتبار سنجی مدل پیشنهادی، تنظیم جدول زمان‌بندی گروه صنایع دانشگاه علم و فناوری مازندران در نرم‌افزار GAMS اجرا شده است.

۲-۲- روش‌های ترتیبی^۱

در روش‌های ترتیبی، جدول زمان‌بندی معمولاً به صورت یک گراف در نظر گرفته می‌شود که در آن، گره‌ها، بیانگر رویدادها (واحدهای درسی / امتحانات) و یال‌ها، بیانگر تضاد بین رویدادها می‌باشد. به عنوان مثال، اگر برای اخذ دو درس در طول یک ترم برای دانشجویان یک ورودی خاص اجبار وجود داشته باشد، برای نشان دادن مغایرت بین این دو درس، می‌بایست یک یال بین گره‌های متناظر با دو درس ایجاد شود. بنابراین، ساختار یک جدول زمان‌بندی بدون مغایرت را می‌توان در قالب مسئله رنگ‌آمیزی گراف مدل‌سازی کرد. هر رنگ در مسئله رنگ‌آمیزی گراف مربوط به یک بازه زمانی در جدول زمان‌بندی است و هر یک از گره‌های گراف می‌بایست به نحوی رنگ‌آمیزی شوند که هیچ‌یک از دو یال مجاور هم‌رنگ نباشند (کارتر و لاپرت، ۱۹۹۵). در (رزاک و همکاران، ۲۰۱۰)، نویسندگان از رویکرد گراف دوبخشی و رنگ‌آمیزی گراف جهت تهیه جدول زمان‌بندی دانشکده فناوری اطلاعات یک دانشگاه خصوصی استفاده نموده‌اند. در این مدل عدم هم‌پوشانی ساعت تدریس و ارائه دروس، به عنوان محدودیت‌های سخت در نظر گرفته شده است. همچنین ایجاد یک بازه زمانی برای صرف نهار، ارائه تعداد دروس متناسب با ساعات در دسترس اساتید، عدم تدریس اساتید بیش از سه ساعت به صورت پیاپی، به عنوان محدودیت‌های نرم در نظر گرفته شده است. از دیگر پژوهش‌هایی که از رویکردی مشابه استفاده نموده‌اند می‌توان به مقالات (ولش و همکاران، ۱۹۶۷؛ ردل، ۲۰۰۴) اشاره نمود.

۳-۲- روش‌های خوشه‌بندی^۲

در این روش، مجموعه‌ای از رویدادها برای برآورده سازی محدودیت‌های سخت به گروه‌هایی تقسیم‌بندی می‌شوند. سپس برای برآورده سازی هر چه بیشتر محدودیت‌های نرم، هر یک از گروه‌ها به بازه‌های زمانی خاصی اختصاص می‌یابند. جزئیات بیشتر در مورد این روش توسط (پاپوتسیس و همکاران، ۲۰۰۳)، ارائه شده است. از نمونه پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه می‌توان به مقالات (بلیجیانیس و همکاران، ۲۰۰۹) و (هان و همکاران، ۲۰۰۶)، اشاره نمود.

۴-۲- روش‌های فرا ابتکاری^۳

از روش‌های فرا ابتکاری به عنوان روش‌های عمومی یاد می‌شود که قادرند بدون تغییر اساسی در طراحی، برای حل مسائل گوناگون به کار روند. (پیلای و بانزاف، ۲۰۱۰)، از یک روش مبتنی بر الگوریتم ژنتیک^۴ مطلع و هوشمند برای طراحی جدول زمان‌بندی امتحانات استفاده نموده‌اند. الگوریتم پیشنهادی شامل دو مرحله می‌باشد که در گام اول، محدودیت‌های سخت و در گام دوم محدودیت‌های نرم به چالش کشیده می‌شوند. در (کاراسکو و پاتو، ۲۰۰۰)، یک الگوریتم ژنتیک چند هدفه برای جدول زمان‌بندی مؤسسات آموزشی ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی به دنبال حداقل سازی نقض محدودیت‌های سخت و نرم، با توجه به دو جنبه متضاد اساتید و کلاس‌ها می‌باشد. برای نشان دادن قابلیت الگوریتم پیشنهادی، تنظیم جدول زمان‌بندی یکی از مؤسسات دانشگاهی در کشور پرتغال به عنوان یک مطالعه موردی بررسی شده است. در (گانون و همکاران،

¹ Sequential methods

² Clustering methods

³ Meta-heuristic methods

⁴ Genetic Algorithm

۲۰۰۸)، نویسندگان به طراحی جدول زمان‌بندی دانشگاه اندونزی پرداخته‌اند. آن‌ها جهت سادگی حل، آن را به دو زیر مسئله تقسیم نموده که در مرحله اول، واحدهای درسی به اساتید اختصاص داده می‌شود و در مرحله دوم، جدول زمان‌بندی نهایی توسعه می‌یابد. نویسندگان مرحله اول را با استفاده از روش‌های دقیق حل کرده و برای مرحله دوم، از روش تیرید شبیه‌سازی شده^۱ استفاده نموده‌اند.

نکته قابل توجه اینکه، در اغلب پژوهش‌های پیشین، به‌منظور کاهش پیچیدگی مسئله، تصمیم‌گیری‌های مربوط به تخصیص اساتید به دروس و تعیین زمان تشکیل جلسات به‌صورت سلسله مراتبی صورت گرفته است، اما بدیهی است، جهت رسیدن به یک جواب بهینه، ضروری است که این تصمیمات، هم‌زمان و به‌صورت یکپارچه اتخاذ شوند. همچنین در هیچ‌کدام از پژوهش‌ها امکان تداخل بازه‌های زمانی از پیش تعیین شده در نظر گرفته نشده است درحالی‌که این موضوع، یک امر بسیار رایج در دانشگاه‌ها می‌باشد و بهتر است مدل ریاضی بر همین مبنا تنظیم گردد. علاوه بر آن، برای افزایش کیفیت راه‌حل نهایی بهتر است محدودیت‌هایی نظیر ساعات در دسترس اساتید و عدم تداخل دروس ارائه شده برای دانشجویان ورودی خاص، به‌عنوان محدودیت‌های سخت در نظر گرفته شوند.

۳- بیان مسئله و مدل ریاضی

در این بخش، با توجه به شکاف‌های تحقیقاتی بیان شده، مسئله طراحی جدول زمان‌بندی دانشگاه هوایی شهید ستاری در قالب یک ریاضی باینری-خطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف مدل پیشنهادی، حداقل سازی تضاد با ترجیحات دانشکده در اختصاص دروس به اساتید و همچنین حداقل سازی دروس بر گزار شده در بازه‌های زمانی بعدازظهر می‌باشد. در این مدل، ظرفیت کلاس‌ها، عدم تخصیص بیش از یک درس در یک بازه زمانی به هر استاد، تشکیل کلاس‌ها متناسب با ساعات در دسترس اساتید، تعادل حجم کاری اساتید، رعایت فاصله زمانی بین کلاس‌های یکسان، تدریس درس‌های دشوار در بازه‌های زمانی اولیه صبح و عدم تشکیل هم‌زمان کلاس‌های مربوط به یک ورودی خاص به‌عنوان محدودیت‌های سخت در نظر گرفته شده است. از ویژگی منحصر به فرد مدل، می‌توان به بازه‌هایی با مدت زمان متفاوت اشاره نمود که در آن برخلاف پژوهش‌های پیشین، مدت زمان تشکیل دروس دو واحدی (یا یک واحدی) با دروس سه واحدی تفاوت دارد. این ویژگی موجب تداخل بازه‌های زمانی و پیچیدگی بیشتر مدل می‌شود اما انعطاف‌پذیری آن را افزایش می‌دهد.

۳-۱- فرضیات مدل

- برای تدریس هر درس، یک یا چند استاد کاندید وجود دارد که در نهایت فقط به یکی از آن‌ها اختصاص می‌یابد (هزینه اختصاص هر درس به هریک از اساتید متفاوت است).
- برخی از دروس نباید در بازه‌های زمانی خاص ارائه شوند.
- زمان تدریس اساتید، بایستی از بین بازه‌های زمانی در دسترس آن‌ها انتخاب شود.
- تعداد جلسات تشکیل هر درس در هفته مشخص است.
- هر درس می‌بایست با توجه به تعداد واحد، به بازه زمانی متناظر اختصاص یابد (به‌عنوان مثال یک درس سه واحدی تنها می‌بایست به بازه زمانی در نظر گرفته شده برای دروس سه واحدی اختصاص یابد، چراکه مدت بازه‌های زمانی متفاوت است).
- هزینه تشکیل کلاس‌ها در هر یک از بازه‌های زمانی مشخص است.
- هزینه اختصاص هر درس به هر یک از اساتید کاندید مشخص است.
- بازه‌ی میزان حجم کاری مطلوب برای هر یک از اساتید از پیش تعیین شده است.

¹ Simulated Annealing

- تعداد دروس ارائه شده در یک بازه زمانی نباید از تعداد کلاس‌های در دسترس دانشکده بیشتر باشد.
- باید حداقل فاصله زمانی بین ارائه دروسی که بیش از یک‌بار در هفته تشکیل می‌شوند، رعایت شود (به‌عنوان مثال هیچ درسی نباید بیش از یک‌بار در روز ارائه شود).
- هیچ‌یک از دروس ارائه شده برای دانشجویان ورودی خاص نباید به‌طور هم‌زمان ارائه شوند.
- امکان تداخل بازه‌های زمانی از پیش تعیین شده، وجود دارد.

۳-۲- نمایه‌گذاری ریاضی

در جداول (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب اندیس‌ها، متغیرهای تصمیم و پارامترهای ورودی مدل ریاضی پیشنهادی ارائه شده است.

جدول (۱) اندیس‌ها و مجموعه‌ها

i	نماد اساتید ($I, \dots, I=i$)
j	نماد دروس ($J, \dots, J=j$)
k	نماد بازه‌های زمانی هفتگی ($K, \dots, K=k$)

جدول (۲) متغیرهای تصمیم مدل ریاضی

X_{ijk}	اگر استاد i درس j را در بازه زمانی k تدریس کند مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
-----------	--

جدول (۳) پارامترهای مدل ریاضی

d_j	تعداد دفعات تشکیل کلاس درس j در هفته
p_{ik}	اگر استاد i در بازه زمانی k در دسترس باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
m_{jk}	اگر امکان تدریس درس j در بازه زمانی k وجود داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
t_{ij}	اگر استاد i توانایی تدریس درس j را داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
cl	تعداد کلاس‌های در دسترس دانشکده
v_j	تعداد واحدهای درس j
fl_i	حد پایین تعداد واحدهای اختصاصی به استاد i
fu_i	حد بالای تعداد واحدهای اختصاصی به استاد i
c_k	هزینه ارائه دروس در بازه زمانی k
c'_{ij}	هزینه اختصاص درس i به استاد j
p_1	وزن تابع هدف اول
p_2	وزن تابع هدف دوم
$w_{jj'}$	اگر دروس j و j' مربوط به دانشجویان ورودی یک‌ترم باشد و نبایست به‌طور هم‌زمان برگزار شوند مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
$n_{kk'}$	اگر بازه زمانی k با بازه زمانی k' از نظر ساعت برگزاری تداخل داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
$g_{kk'}$	اگر بازه زمانی k و بازه زمانی k' یک‌فاصله زمانی مناسب برای تشکیل یک کلاس واحد نداشته باشند، مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است.
E_{ijk}	اگر امکان تدریس درس j توسط استاد i در بازه زمانی k وجود داشته باشد مقدار ۱ می‌گیرد، در غیر این صورت صفر است

۳-۳- مدل ریاضی پیشنهادی

با توجه به فرضیات بیان شده، در ذیل مدل ریاضی پیشنهادی ارائه شده است.

$$p_1 \sum_i \sum_j \sum_k c_k X_{ijk} + p_2 \sum_i \sum_j \sum_k c'_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_i \sum_k X_{ijk} p_{ik} m_{jk} t_{ij} = d_j \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_j X_{ijk} + n_{kk'} \cdot \sum_j X_{ijk'} \leq 1 \quad \forall i, k, k' \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ijk} + n_{kk'} \cdot \sum_i \sum_j X_{ijk'} \leq cl \quad \forall k, k' \quad (4)$$

$$fl_i \leq \sum_j \sum_k \frac{X_{ijk}}{d_j} v_j \leq fu_i \quad \forall i \quad (5)$$

$$\sum_i X_{ijk} + \sum_i X_{ij'k} + n_{kk'} \cdot \sum_i X_{ijk'} + \sum_i X_{ij'k'} \leq 2 - w_{jj'} \quad \forall j, j', k, k' \quad (6)$$

$$\sum_k X_{ijk} = d_j \cdot X_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (7)$$

$$X_{ijk} + X_{ij'k'} \leq 2 - g_{kk'} \quad \forall i, j, j', k \quad (8)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad (9)$$

تابع هدف در معادله (۱) ارائه شده که گزاره اول آن بیانگر هزینه‌های مرتبط با اختصاص دروس به بازه‌های زمانی مختلف و گزاره دوم بیانگر هزینه‌های مرتبط با اختصاص دروس به اساتید می‌باشد. قابل ذکر است که ضرایب هزینه مورد استفاده (c_k) و c'_{ij} ، مطابق با الزامات و ترجیحات دانشگاه تعیین می‌شوند. معادله (۲) تضمین می‌کند که تمامی دروس به نحوی به اساتید و بازه‌های زمانی اختصاص می‌یابد که الف) ساعات در دسترس اساتید در نظر گرفته شود، ب) بازه‌ی زمانی اختصاصی متناسب با نوع درس باشد، ج) اساتید توانایی تدریس درس موردنظر را داشته باشند. محدودیت معادله (۳) تضمین می‌کند که به هر استاد در هر بازه زمانی حداکثر یک درس اختصاص داده می‌شود. معادله (۴) بیان می‌کند که تعداد کلاس‌های برگزار شده در هر بازه زمانی نباید از تعداد کلاس‌های در دسترس دانشکده بیشتر باشد. معادله (۵)، از اختصاص تعداد واحدهای کمتر و یا بیشتر از حد مشخص شده به هر یک از اساتید جلوگیری می‌کند. محدودیت (۶) تضمین می‌کند که هیچ‌یک از دروس ارائه شده برای یک ورودی خاص، هم‌زمان تشکیل نمی‌شوند. معادله (۷) تضمین می‌کند که هر درس فقط توسط یک استاد ارائه می‌شود. معادله (۸) به دنبال رعایت حداقل فاصله زمانی بین تشکیل جلسات دروس یکسان می‌باشد. در نهایت معادله (۹) باینری بودن متغیرهای تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

۳-۴- خطی سازی مدل پیشنهادی

از آنجایی که مدل‌های خطی، بسیار راحت‌تر از مدل‌های غیرخطی متناظرشان توسط نرم‌افزارها حل می‌شوند، با تعریف متغیر کمکی E_{ijk} ، محدودیت غیرخطی (۲)، در قالب دو معادله (۱۰) و (۱۱) به صورت ذیل بازنویسی شده است.

$$p_{ik} + m_{jk} + t_{ij} \leq E_{ijk} + 2 \quad \forall ijk \quad (10)$$

$$\sum_i \sum_k X_{ijk} E_{ijk} = d_j \quad \forall j \quad (11)$$

۴- نتایج محاسباتی و مطالعه موردی

به‌منظور تائید صحت مدل ریاضی پیشنهادی و کارایی آن، یک آزمایش عددی در سائز کوچک به‌صورت تصادفی ایجاد و در محیط نرم‌افزار GAMS حل شده است. در جدول (۴) به پارامترهای ورودی مهم مسئله اشاره شده است.

جدول (۴) داده‌های کلی مسئله تصادفی ایجادشده

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
cl	۴	I	۱۰
p_1	۱	J	۲۰
p_2	۱	K	۷

در راه‌حل خروجی، تمامی محدودیت‌های در نظر گرفته شده در مدل پیشنهادی برآورده شده است که نشان‌دهنده اعتبار مدل پیشنهادی است. ازاین‌رو برای حل مسئله در ابعاد واقعی و بزرگ‌تر، مدل پیشنهادی در نرم‌افزار MATLAB/Optimization کد نویسی شد که جهت کاربری ساده‌تر، ورودی و خروجی آن در قالب فایل Excel در نظر گرفته شد.

۴-۱- مطالعه موردی

در این بخش، به‌منظور نشان دادن قابلیت مدل ریاضی پیشنهادی، آزمایش عددی بر روی داده‌های واقعی انجام شده است. این مطالعه موردی مربوط به طراحی جدول زمان‌بندی دانشکده مدیریت دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری در نیمسال اول تحصیلی ۹۵-۹۶ می‌باشد که داده‌های موردنیاز آن از مسئول آموزش دانشکده اخذشده است. در جدول (۵) پارامتر ورودی اساسی مطالعه موردی اشاره شده است. با توجه به حجم وسیع داده‌های ورودی از اشاره به تمام پارامترهای ورودی خودداری شده است.

جدول (۵) داده‌های کلی مطالعه موردی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
cl	۸	I	۳۶
p_1	۰,۳	J	۵۷
p_2	۰,۷	K	۲۷

مدل خطی پیشنهادی با استفاده از داده‌های ورودی متناظر با حالت اول مطالعه موردی، به‌وسیله جعبه‌ابزار بهینه‌سازی نرم‌افزار MATLAB R2014b بر روی کامپیوتر شخصی ۷ هسته، با پردازشگر ۲,۲ گیگاهرتز و حافظه موقت ۸ گیگابایت اجرا شد که مقدار بهینه تابع هدف ۲۹,۷ به دست آمد. در شکل (۱)، خروجی متناظر نرم‌افزار (برنامه هفتگی بهینه) نشان داده شده است. قابل ذکر است که با توجه به مسائل امنیتی و حفاظتی از نام بردن اساتید و دروس خودداری شده و صرفاً با کد اختصاصی نشان داده شده‌اند.

شکل (۱) زمان بندی هفتگی بهینه - (کد استاد) کددرس

برنامه هفتگی	۷:۳۰-۹:۴۵		۹:۱۵-۱۰:۴۵		۱۰-۱۲:۱۵		۱۲:۳۰-۲:۳۰		۲:۳۰-۴	
	(استاد) درس		(استاد) درس		(استاد) درس		(استاد) درس		(استاد) درس	
شنبه	36(A)		23 (S)							
	50 (B)		10 (A)							
	37 (T)		38(L)							
	6 (U)									
	22 (L)									
	7 (C)									
یک شنبه	39 (W)									
	صبحگاه		53 (G)		51 (H)					
			24(H)		25 (G)					
			4 (K)		1 (L)					
			8 (Y)		40 (R)					
			26(I)		9 (P)					
دو شنبه					52 (I)					
					54(K)					
			55 (N)		27 (J)					
			42(J)		41 (I)					
			29 (BB)		21 (AA)					
			5 (D)		28(BB)					
سه شنبه					11 (CC)					
					20(DD)					
					2 (II)					
					12(W)					
			15 (Q)		44 (N)					
					31 (JJ)					
چهار شنبه					43 (F)					
					32 (M)					
					3 (I)					
					18 (Z)					
			13 (E)		34 (E)					
			45(Z)		33(U)					
چهار شنبه					56(T)					
			35 (V)		48 (GG)		16 (EE)			
			14 (O)		57 (V)		47 (V)			
					48(F)		17 (HH)			

همان طور که در شکل (۱) مشاهده می کنید، تمامی محدودیت های در نظر گرفته شده در مدل، از قبیل ساعات در دسترس اساتید، تعداد کلاس های در دسترس دانشکده، عدم تداخل ساعات تدریس اساتید و غیره برآورده شده است. همچنین عدم تداخل دروس مرتبط با هر گروه رعایت شده است (هر رنگ بیانگر دروس ارائه شده برای دانشجویان یک گروه خاص با توجه به سال ورود و گرایش آن ها می باشد و نباید زمان ارائه دروس هم رنگ به هیچ وجه هم زمان باشد).

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

با توجه به شرایط منحصربه فرد هر دانشگاه، جدول زمان بندی خودکار نیز می بایست متناسب با امکانات و قوانین آن دانشگاه طراحی گردد. هدف این پژوهش، طراحی بهینه جدول زمان بندی آموزشی دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری با استفاده از رویکرد تحقیق در عملیات بود. بدین منظور، ابتدا ادبیات موضوع مسئله زمان بندی دروس دانشگاه به طور کامل بررسی شد و دسته بندی جامعی از انواع روش های حل و مطالعات انجام شده در این حوزه صورت گرفت. با توجه به شکاف های تحقیقاتی موجود، یک مدل برنامه ریزی باینری-عدد صحیح غیرخطی پیشنهادی جهت طراحی جدول زمان بندی خودکار ارائه شد که در آن تمامی الزامات، قوانین و امکانات دانشگاه و همچنین اولویت و رضایت دانشجویان و اساتید مورد توجه قرار گرفته است. به منظور استفاده از روش های حل دقیق، مدل ریاضی غیرخطی، به معادل خطی نظیر آن تبدیل شد. جهت اعتبار سنجی مدل پیشنهادی، نرم افزار GAMS مورد استفاده قرار گرفت. یک آزمایش عددی در سایز کوچک (شامل ۲۰ درس، ۱۰ استاد و ۷ بازه زمانی از پیش تعیین شده) به صورت تصادفی ایجاد شد که نتایج حاصل بیانگر صحت مدل ارائه شده بود. در ادامه آن جهت حل مسئله در ابعاد واقعی، مدل پیشنهادی در محیط نرم افزار MATLAB/Optimization کد نویسی شد. در نهایت جهت ارزیابی قابلیت نرم افزار خودکار، جدول زمان بندی مرتبط با نیمسال اول تحصیلی ۹۵-۹۶ دانشکده

مدیریت دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری به‌عنوان مطالعه موردی بررسی شد. پارامترهای ورودی به کمک مسئول آموزش دانشکده جمع‌آوری گردید و راه‌حل بهینه متناظر توسط نرم‌افزار ارائه شد که نتایج حاصل بسیار مورد توجه و رضایت دانشکده قرار گرفت.

منابع

- ۱- رستگار امینی، میرمحمدی، (۲۰۱۲)، «مدل‌سازی و ارائه روش حل برای مسئله زمان‌بندی دروس دانشگاهی و تخصیص استاد-درس، مطالعه موردی: دانشکده صنایع دانشگاه صنعتی اصفهان»، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع.
- 2- Aladag, C. H., Hocaoglu, G. and Basaran, M. A. (2009). *The effect of neighborhood structures on tabu search algorithm in solving course timetabling problem*. Expert Systems with Applications, 36(10), 12349-12356.
- 3- Asratian, A. S. and de Werra, D. (2002). *A generalized class-teacher model for some timetabling problems*. European Journal of Operational Research, 143(3), 531-542.
- 4- Aubin, J. and Ferland, J. A. (1989). *A large scale timetabling problem*. Computers & Operations Research, 16(1), 67-77.
- 5- Broder, S. (1964). *Final examination scheduling*. Communications of the ACM, 7(8), 494-498.
- 6- Carrasco, M. P. and Pato, M. V. (2000, August). *A multiobjective genetic algorithm for the class/teacher timetabling problem*. In International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (pp. 3-17). Springer Berlin Heidelberg.
- 7- Carter, M. W. and Laporte, G. (1995, August). *Recent developments in practical examination timetabling*. In International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (pp. 1-21). Springer Berlin Heidelberg.
- 8- Cole, A. J. (1964). *The preparation of examination time-tables using a small-store computer*. The Computer Journal, 7(2), 117-121.
- 9- Gunawan, A., Ng, K. M. and Ong, H. L. (2008). *A genetic algorithm for the teacher assignment problem for a university in Indonesia*. Information and Management Sciences, 19(1), 1-16.
- 10- Jat, S. N. and Yang, S. (2008, November). *A memetic algorithm for the university course timetabling problem*. In 2008 20th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (Vol. 1, pp. 427-433). IEEE.
- 11- MirHassani, S. A. and Habibi, F. (2013). *Solution approaches to the course timetabling problem*. Artificial Intelligence Review, 39(2), 133-149.
- 12- Papoutsis, K., Valouxis, C. and Housos, E. (2003). *A column generation approach for the timetabling problem of Greek high schools*. Journal of the Operational Research Society, 54(3), 230-238.
- 13- Pillay, N. and Banzhaf, W. (2010). *An informed genetic algorithm for the examination timetabling problem*. Applied Soft Computing, 10(2), 457-467.
- 14- Razak, H. A., Ibrahim, Z. and Hussin, N. M. (2010, March). *Bipartite graph edge coloring approach to course timetabling*. In Information Retrieval & Knowledge Management, (CAMP), 2010 International Conference on (pp. 229-234). IEEE.
- 15- Rudová, H. and Murray, K. (2002, August). *University course timetabling with soft constraints*. In International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (pp. 310-328). Springer Berlin Heidelberg.
- 16- Thompson, G. M. (2005). *Using information on unconstrained student demand to improve university course schedules*. Journal of Operations Management, 23(2), 197-208.

- 17- Van den Broek, J., Hurkens, C. and Woeginger, G. (2009). *Timetabling problems at the TU Eindhoven*. European Journal of Operational Research, 196(3), 877-885.
- 18- Welsh, D. J. and Powell, M. B. (1967). *An upper bound for the chromatic number of a graph and its application to timetabling problems*. The Computer Journal, 10(1), 85-86.
- 19- Welsh Dominic, J.A. and Martin, B. Powell. (1967). *An upper bound for the chromatic number of a graph and its application to timetabling problems*. The Computer Journal 10, no.1: 85-86.

طراحی دوره‌های بین رشته‌ای دانشگاهی با محوریت فناوری اطلاعات

محسن گرامی^۱، رضا باقری اصل^۲، مازیار مباشری^۳

۱- هیئت علمی و مدیر گروه فناوری و کامپیوتر دانشکده علمی کاربردی پست و مخابرات

۲- معاون دولت الکترونیک سازمان فناوری اطلاعات ایران

۳- مدیر کل تدوین ضوابط فنی و مقررات دولت الکترونیک سازمان فناوری اطلاعات ایران

gerami@ictfaculty.ir

چکیده

سنتی بودن دوره‌های موجود در دانشگاه‌ها و اشباع نیروی انسانی مورد نیاز در آنها، ایجاد نیازها و تخصص‌های جدیدی با ظهور فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا)، کمبود نیروی انسانی خبره و توانمند در طراحی و اجرای فعالیت‌های میان رشته‌ای، پرورش افراد متخصص، شایسته و کارآمد و آشنا با مأموریت‌ها و اهداف دستگاه‌های اجرایی با تسلط در حوزه فناوری اطلاعات، طراحی دوره‌های میان رشته‌ای با محوریت فناوری اطلاعات را ضروری می‌سازد. هدف این تحقیق توجه به موضوع نیازهای بخش دولتی و خصوصی در حوزه فاوا به نیروهای کارآمد بوده است. در این تحقیق سعی بر این است که ضمن بررسی رشته‌های دانشگاهی مرتبط و میان رشته‌ای فناوری اطلاعات، موجود در سطح دنیا و مقایسه آن با رشته‌های موجود در دانشگاه‌های داخل کشور، با پیشنهاد اصلاح رشته‌های موجود در دانشگاه‌های داخل کشور و تدوین رشته‌های جدید گامی در جهت ارتقای سطح توسعه علمی و آموزشی در کشور برداشته شود. برای دستیابی به این اهداف، در این تحقیق طراحی دوره‌های میان رشته‌ای و تحلیل وضعیت آینده شغلی و دلایل توجیهی ایجاد آنها در کشور مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و پس از نتایج بدست آمده از فرم‌ها و پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط خبرگان و جداول ماتریسی، شش رشته در سطح کارشناسی ارشد و در سطح کاردانی در زمینه فناوری‌های نوین معرفی گردیده‌اند.

واژگان کلیدی: فناوری اطلاعات، دوره‌های بین رشته‌ای، تربیت نیروی انسانی متخصص

۱- مقدمه

با پیشرفت روزافزون فناوری اطلاعات، نیاز به نیروی انسانی ماهر و متخصص در این زمینه نیز به صورت فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. لذا به موازات پیشرفت فناوری، تنوع رشته‌های مرتبط با فناوری اطلاعات نیز با سرعت زیادی افزایش می‌یابد و هر متخصص در این زمینه که خود را با این پیشرفت‌ها همگام نسازد، در مدت کوتاهی معلومات خود را کهنه و غیر قابل استفاده خواهد یافت.

تربیت نیروی انسانی متخصص و کارآمدی که بتواند با جذب دانش و مبانی تئوریک، نیازهای جامعه را در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات برآورده سازد به عنوان عامل مهم توسعه محور مطرح شده است. اهمیت توسعه منابع انسانی در بخش فناوری اطلاعات و فناوری ارتباطات زمانی ملموس‌تر خواهد بود که بدانیم کمبود نیروی ماهر در این بخش باعث آسیب‌پذیری شدن فرآیند توسعه و از دست رفتن جایگاه‌های منطقه‌ای و جهانی کشورها در عرصه رقابت می‌شود.

با توجه به نیاز کشورمان به توسعه و تحول در بخش علمی و پژوهشی و نیز لزوم سرمایه‌گذاری در بخش توسعه‌ی علمی و توجه کامل دانشگاه‌ها به تولید علم و جنبش نرم‌افزاری، در این تحقیق سعی بر این است که ضمن بررسی رشته‌های دانشگاهی مرتبط و میان‌رشته‌ای فناوری اطلاعات، موجود در سطح دنیا و مقایسه آن با رشته‌های موجود در دانشگاه‌های داخل کشور، با پیشنهاد اصلاح رشته‌های موجود در دانشگاه‌های داخل کشور و تدوین رشته‌های جدید گامی در جهت ارتقای سطح توسعه علمی و آموزشی در کشور برداشته شود. اگرچه دوره‌های متنوع و مختلفی طراحی و در دانشگاه‌ها متعددی اجرا شده است، بسیاری از حوزه‌های میان‌رشته‌ای فناوری اطلاعات، که در کشورهای دیگر رشد بسیاری داشته، مورد غفلت قرار گرفته و در عمل مشکلات بسیاری را در بازار کار ناشی از پوشش ندادن مباحث روز به وجود آمده است. از طرف دیگر امکان بهره‌گیری مناسب از فارغ التحصیلان رشته‌های موجود در بخش‌های دولتی و خصوصی متولی امر، به دلیل نبود هم‌راستایی بین دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای انجام مشاغل و دانش اخذ شده در دانشگاه‌ها وجود ندارد.

برای دستیابی به این اهداف، در این تحقیق چهار دوره میان‌رشته‌ای در سطح کارشناسی ارشد و دو دوره در سطح کاردانی طراحی می‌شوند. در انتخاب دوره‌های میان رشته‌ای، اولویت با رشته‌هایی است که مشابه آن‌ها در کشور نباشد و در میان گزینه‌های مشابه، اولویت با رشته‌های متناسب با نیازهای وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات است.

۲- گام اول

در گام نخست تحقیق، مباحثات مفصلی پیرامون نحوه تشکیل ماتریس امکان‌پذیری دوره‌های میان‌رشته‌ای صورت گرفت. در نتیجه این مباحثات تصمیم گرفته شد که در ماتریس مزبور، فهرست رشته‌های موجود بر اساس رشته‌های اصلی آموزشی (بدون تفکیک گرایش یا سطح) در نظر گرفته شوند (هر چند که گرایش‌ها و سطح دوره‌ها ذکر شده‌اند). همچنین رابطه آن‌ها با مباحث فناوری اطلاعات بدون توجه به رشته‌های مرتبط موجود یا هر تقسیم‌بندی دیگری و تنها به‌طور کلی مورد بررسی قرار گیرند. بر این اساس برای هر رشته سه حالت ممکن بررسی شد:

۱- رشته مزبور با مباحث فناوری اطلاعات تناسبی ندارد.

۲- فناوری اطلاعات به‌طور محدودی در رشته مزبور کاربرد دارد.

۳- زمینه لازم برای ایجاد دوره بین‌رشته‌ای وجود دارد.

حاصل این بررسی‌ها، چهارده رشته که امکان ایجاد داشته‌اند شناسایی شدند.

به‌طور هم‌زمان مطالعه‌ای تطبیقی از دانشگاه‌های معتبر دنیا که در زمینه فعالیت‌های میان‌رشته‌ای در فناوری اطلاعات پیشرو هستند به عمل آمد. برای این منظور ۳۰ دانشگاه انتخاب و دوره‌های آموزشی آن‌ها بررسی شد. معیار اصلی در انتخاب این دانشگاه‌ها ارائه دوره‌های میان‌رشته‌ای و نوین در زمینه فناوری اطلاعات بود. با توجه به دوره‌های ارائه شده در این دانشگاه‌ها، رشته‌های ممکن شناسایی شده گروه‌بندی شدند و در نهایت ۹ دوره بین‌رشته‌ای استخراج شد.

به‌موازات این اقدامات، مطالعات موجود در زمینه نیروی انسانی موجود در بازار کار فناوری اطلاعات و نیازسنجی‌های صورت گرفته گردآوری و بررسی شدند. این مطالعات اگرچه به نیازسنجی دوره‌های منتخب در این تحقیق نمی‌پردازند، نقاط قوت و ضعف دوره‌های موجود را مشخص می‌کنند و زمینه را برای تعیین اهداف و ضرورت‌های هر یک از دوره‌های پیشنهادی فراهم می‌آورند. بر این اساس برای هر یک از دوره‌های پیشنهادی، ضرورت، اهداف و کاربردهای مشخص می‌شوند. همچنین مطالعات امکان‌سنجی در مورد نحوه برگزاری دوره‌ها (حضور یا مجازی) و امکانات موردنیاز آن‌ها صورت می‌پذیرد. در این مسیر از تجربیات و نظرات خبرگان در حوزه‌های مربوطه استفاده خواهد شد. نتیجه این بررسی‌ها مقدمات تکمیل اطلاعات لازم برای تهیه گزارش توجیهی تشکیل رشته‌های جدید را فراهم می‌آورد.

۳- گام دوم

پس از تصویب کلیات رشته‌های منتخب (که با نظرسنجی از خبرگان دانشگاهی صورت می‌گیرد)، دروس ارائه‌شده در رشته‌های مرتبط با فناوری اطلاعات جمع‌آوری و مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف از این بررسی پرهیز از دوباره‌کاری و تعیین درس‌هایی در برنامه آموزشی این رشته‌هاست که ممکن است در دوره‌های جدید مورد استفاده قرار بگیرند. به‌طور همزمان از میان دانشگاه‌های شناسایی‌شده که دوره‌ای مشابه شش دوره منتخب این تحقیق دارند، برنامه درسی و سرفصل درس‌ها جمع‌آوری و بررسی می‌شود. نتیجه این جمع‌آوری در قالب یک فهرست مقایسه‌ای از درس‌های ارائه‌شده در دانشگاه‌های مختلف ارائه می‌شود.

پس از تعیین مشخصات کلی هر یک از رشته‌ها، مطالعه محتوای رشته‌های موجود مرتبط با فناوری اطلاعات و جمع‌آوری دروس و سرفصل‌های مرتبط در دانشگاه‌های منتخب، جزییات دوره‌های منتخب طراحی خواهند شد. این طراحی شامل برنامه درسی کامل شده و سرفصل دروس است. منابع اصلی هر درس هم به‌صورت فهرست معرفی می‌شوند. مجموعه این اطلاعات زمینه را برای تدوین مستندات لازم جهت تصویب هر یک از رشته‌های منتخب را فراهم می‌کند. پس از تدوین این مستندات مراحل اداری لازم جهت اخذ مصوبه ایجاد رشته‌ها پیگیری می‌شود. در نهایت دستاوردها و خروجی‌های تحقیق در قالب یک گزارش ارائه می‌شود.

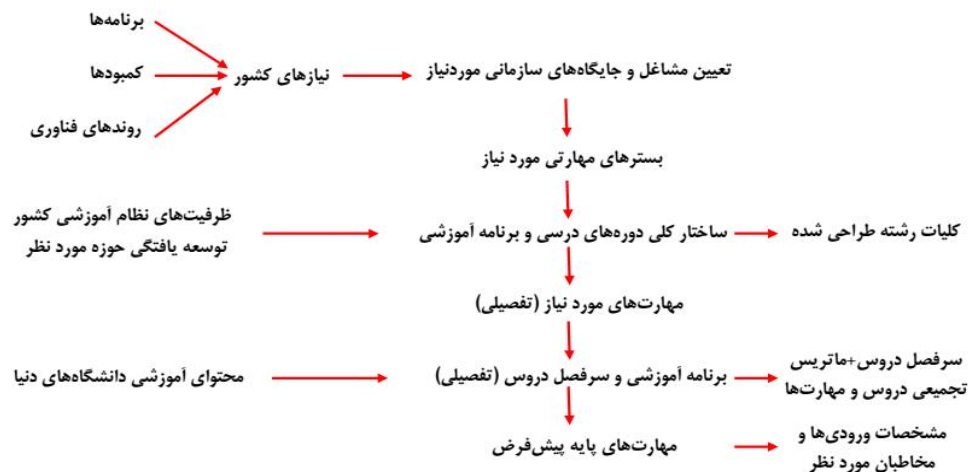
۴- مؤلفه‌ها و مشکلات

انجام این تحقیق، نیازمند سه مؤلفه اساسی است که متضمن صحت عمل و اثربخشی آن خواهد بود؛

- تعریف دقیق مسأله و ارزیابی جایگاه فعلی و آتی کشور
- توجه به مشاغل حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات و توانمندی‌های کلیدی فارغ‌التحصیلان در این راستا
- مشارکت فراگیر دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی در جهت اجرای نتایج تحقیق
- مشکلات تحقیق به اختصار عبارتند از:
- تکرر دوره‌های آموزشی بلند مدت منجر به مدرک تحصیلی در کشور؛ که در بررسی‌های اولیه انجام شده نشان دهنده ده‌ها دوره است.
- فقدان انسجام، بیان و درک مشترک از موضوع فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشور.
- متفاوت بودن اقتضائات بومی و شاخص‌های توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات کشور با دانشگاه‌هایی الگویی که از آنها برای طراحی دوره‌های قبلی استفاده شده است.
- عدم هماهنگی و ارتباط منسجم بین دانشگاه‌های مجری دوره‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشور.
- فقدان اهتمام و نظارت جدی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری بر محتوای دوره‌های در حال اجرا.

۵- تبیین روش انجام کار

روش شناسی مورد نظر برای انتخاب رشته‌ها و تدوین سرفصل آن‌ها به صورت شکل ۱ است.



شکل ۱ - روش‌شناسی تحقیق

برای انجام این تحقیق مراحل زیر طی خواهد شد:

- ۱- تشکیل ماتریس تناظر بین رشته و حوزه فناوری اطلاعات و تعیین یکی از سه حالت (۱- کاربرد محدود، ۲- رشته جدید، ۳- نامتناسب)
 - ۲- تعیین حوزه‌های مرتبط بین رشته‌ای با فناوری اطلاعات بر اساس مطالعات تطبیقی و تبیین ضرورت آن‌ها (مطالعه، بررسی و جمع‌آوری رشته‌ها، دوره‌ها و گرایش‌های مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات در بیست دانشگاه بین‌المللی معتبر با تایید کارفرما)
 - ۳- اطمینان از کامل بودن ماتریس فوق از طریق تطابق با رشته‌ها و حوزه‌های احصا شده در سایر کشورها
 - ۴- انجام مطالعه تطبیقی برای تعیین دوره‌ها/رشته‌ها/گرایش‌ها
 - ۵- تحلیل و بررسی امکان‌سنجی ایجاد دوره‌ها/رشته‌ها/گرایش‌ها با تاکید بر رشته‌های مورد نیاز وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و نهادهای زیرمجموعه آن براساس وظایف و مأموریت‌های آنها
 - ۶- کسب نظرات اساتید دانشگاهی در خصوص رشته‌های قابل تعریف و اجزا
 - ۷- شناخت وضع موجود از طریق جمع‌آوری عناوین، اهداف، سرفصل‌ها، طرح دروس و ... رشته‌های مرتبط با دوره‌های طراحی شده و تحلیل آن
 - ۸- بررسی و تحلیل آمار موجود در مورد اطلاعات شاغلین و نیروی انسانی مورد نیاز بازار کار و رشته‌ها و فرصت‌های شغلی مورد نیاز در حوزه فاوا در کشور (سازمان نظام صنفی رایانه‌ای، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی و سازمان فنی و حرفه‌ای، جهاد دانشگاهی)
 - ۹- تعیین مقطع رشته‌ها (کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا)
 - ۱۰- تعیین عناوین شش رشته
 - ۱۱- طراحی دروس و سرفصل‌ها در رشته‌های تعیین شده با استفاده از مطالعات سطح بین‌المللی و براساس استانداردهای وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 - ۱۲- تدوین مستندات لازم جهت تصویب هر یک از رشته‌های منتخب
 - ۱۳- انجام اقدامات اداری لازم جهت اخذ مصوبه ایجاد رشته‌های منتخب
- در تمامی این مراحل از نظر خبرگان استفاده خواهد شد، مشخصات کارگروه خبرگان در ادامه آمده است.

۶- تشکیل ماتریس رشته‌های موجود در کشور با رشته‌های حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات

با توجه به رشته‌های موجود در کشور در سایر حوزه‌ها (مستخرج از دفترچه‌های کنکور در مقاطع مختلف و گروه‌های مختلف) ماتریس حاصل از ضرب رشته‌های موجود با رشته‌های حوزه فناوری اطلاعات تشکیل شده است. در این ماتریس، رشته‌های موجود در کشور در مجموعه‌های علوم انسانی، علوم پایه، علوم مهندسی، علوم پزشکی و پیراپزشکی، علوم کشاورزی و علمی- کاربردی در نظر گرفته شده است. گرایش‌های این رشته‌ها با هم ترکیب شده و در قالب رشته در نظر گرفته شده است. همچنین رشته‌هایی را که می‌توان در یک دسته‌بندی میانی زیرمجموعه یک گروه از رشته‌ها در نظر گرفت، تحت یک عنوان دسته‌بندی شده‌اند.

بر این اساس برای هر رشته سه حالت ممکن بررسی شد:

- ۱- رشته مزبور با مباحث فناوری اطلاعات تناسبی ندارد.
 - ۲- فناوری اطلاعات به‌طور محدودی در رشته مزبور کاربرد دارد.
 - ۳- زمینه لازم برای ایجاد دوره بین‌رشته‌ای وجود دارد.
- برای صحت سنجی ماتریس و ضرب‌های صورت گرفته، نظر خبرگان دانشگاهی در حوزه‌های مربوطه نیز استخراج شده‌اند.

۷- وضعیت بازار کار بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات

در یک گزارش، در حالی که تعداد دانش‌آموختگان سال تحصیلی ۸۵-۸۴ رشته‌های تحصیلی مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات حدود ۱۷ هزار نفر ذکر شده است، تعداد پذیرفته‌شدگان همان رشته‌ها در آن سال بیش از ۴۷ هزار نفر آمده است [1]. از سوی دیگر تعداد دانش‌آموختگان همین رشته‌ها در سال حدود ۲۱۰ هزار نفر تخمین زده شده است [2]. آمار دیگری تعداد دانشجویان رشته مهندسی کامپیوتر (نرم افزار و سخت افزار) در سال ۱۳۹۳ را به ترتیب، ۱۰۰ هزار و ۸۰ هزار نفر اعلام کرده که معادل با پذیرش حدود ۴۵ هزار نفر در سال تنها در این دو رشته می‌باشد. اگرچه این آمار و ارقام مبنای قابل اتکایی برای تحلیل وضعیت بازار کار بدست نمی‌دهد، همین اطلاعات کلی نشان می‌دهد که بازار کار فناوری اطلاعات و ارتباطات متناسب با رشد نیروی انسانی این حوزه رشد پیدا نکرده است. به عنوان مثال، مطابق آمار موجود حدود ۲۷ درصد فارغ‌التحصیلان رشته کامپیوتر و ۳۰ درصد دانش‌آموختگان رشته علوم کامپیوتر بیکار هستند [3]. این در حالی است که مشخص نیست چه میزان از دانش‌آموختگان مشغول به کار در زمینه مربوط به رشته خود کار می‌کنند. از سوی دیگر تعداد قابل توجهی افراد شاغل در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات وجود دارند که از تحصیلات متناسب این حوزه برخوردار نیستند و آماری هم در مورد آنها در دسترس نیست.

اطلاعات موجود در مورد شاغلین بخش‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات نشان‌دهنده آن است که کسانی که در بخش نرم افزار و طراحی وب کار می‌کنند درآمد و فرصت رشد شغلی بهتری از شاغلین بخش سخت افزار و شبکه دارند. به عنوان مثال یک کارشناس بخش نرم افزار با ۳ تا ۷ سال سابقه به اندازه یک سرپرست بخش سخت افزار درآمد دارد. همچنین یک سرپرست بخش نرم افزار که حدود دوسوم درآمد یک مدیر در آن بخش دریافت می‌کند، به اندازه یک مدیر بخش سخت افزار درآمد دارد [4].

۸- نتایج

بر اساس مطالعات امکان‌سنجی و تطبیقی صورت گرفته، اخذ نظرات خبرگان دانشگاهی، رشته‌های موجود در دانشگاه‌های کشور و نیاز بازار، رشته‌های ذیل در دو مقطع کارشناسی ارشد و کارشناسی جهت تدوین سرفصل پیشنهاد می‌شود.

۸-۱- کارشناس ارشد علوم داده

پیشنهاد طراحی این رشته به منظور بروز شدن برنامه درسی دانشگاه‌های کشور و با توجه به اینکه رشته مشابه آن در میان رشته‌های موجود وجود ندارد ارائه شده است. پذیرش در این رشته (در کنار زمینه سازی مناسب برای جذب در بازار کار) می‌تواند راه را برای جذب دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی رشته‌های مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات که موفق به یافتن کار مناسب نشده‌اند هموار کند.

۸-۲- کارشناس ارشد مطالعات اجتماعی فناوری اطلاعات

باید توجه داشت که شناخت درست تاثیرات متقابل فاوا و جامعه نیازمند آشنایی هم با علوم اجتماعی و هم با فاوا است و کاربردهای آن می‌تواند حتی در طراحی فناوری اطلاعات سودمند باشد. طراحی این رشته بر اساس نیاز جامعه به داشتن خبرگانی است که مسایل اجتماعی پیرامون فناوری اطلاعات را درک و بتوانند برای آنها راهکار ارائه کنند. ماهیت بین رشته‌ای این را از رشته‌های مرتبط با آن (اعم از فناوری و علوم انسانی) متمایز و مستقل می‌سازد.

۸-۳- کارشناس ارشد نوآوری و کارآفرینی در فناوری اطلاعات

اگرچه رشته‌های فناوری اطلاعات، مدیریت و کارآفرینی هر یک به صورت مستقل وجود دارند، نیاز به جمع کردن این مهارت‌ها در یک نفر ایجاد این دوره میان رشته‌ای را ضروری می‌نماید. دانش‌آموختگان این رشته با بهره‌گیری از آموزش‌های این دوره نه تنها از شانس بیشتری برای مشغول شدن از طریق کارآفرینی برخوردارند بلکه می‌توانند راه را برای اشتغال دانش‌آموختگان سایر رشته‌های مرتبط فراهم آورند.

۸-۴- کارشناس ارشد رسانه‌های نو و فرهنگ دیجیتال

پدیدار شدن اینترنت و سایر فناوری‌های ارتباطاتی جدید، فرهنگ و ارتباطات در جامعه را از جنبه‌های گوناگون دستخوش تغییر کرده است. درک درست از این تحولات می‌تواند زمینه را برای سیاستگذاری در سطح کلان و برنامه‌ریزی رسانه‌ای (در سطح خرد و کلان) مهیا سازد.

از آنجایی که فرهنگ هر جامعه موجودیت و هویت آن جامعه را تشکیل می‌دهد، نظر به اهمیت و نقش زیربنایی فرهنگ و عمق و وسعت اصول و اهداف فرهنگی نظام توجه خاص به مقوله مدیریت فرهنگی ضروری می‌نماید [5]. مقام معظم رهبری، فرهنگ را عامل شکل دهنده ذهن و رفتار عمومی و جهت‌بخش و تاثیرگذار در عرصه تصمیمات کلان کشور دانسته و بر تأثیر آن در پالایش و ارتقای بخشی فرهنگ و جهت‌دهی آن بر پایه هویت اصیل اسلامی ایرانی با توجه به شرایط و مقتضیات ملی و جهانی تأکید داشته‌اند [6].

در همین راستا، رهنمودی که مقام معظم رهبری با نگاه تیزبینانه خویش به عنوان یکی از شش سیاست فرهنگی نظام در دوره برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ابلاغ فرموده‌اند، استفاده بهینه از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی برای تحقق اهداف فرهنگی نظام است.

۸-۵- کارشناس ارشد سیاستگذاری فناوری اطلاعات و توسعه

فناوری اطلاعات مبنای برنامه‌ریزی توسعه در بسیاری از کشورها بوده و هست. در ایران، بخش عمده‌ای از برنامه‌های ارائه شده در سیاستگذاری فناوری اطلاعات بدون اشراف به مباحث این حوزه صورت گرفته است و به همین دلیل اجرای برنامه‌ها با مشکلات فراوان روبرو بوده است (مباحث این رشته متفاوت از مباحث رشته موجود سیاستگذاری علم و فناوری است). مشکلات ذکر شده در سیاستگذاری کشور و همچنین فرصت‌هایی که برای توسعه کشور با اتکا به فناوری اطلاعات و ارتباطات وجود دارد بخشی از مسایلی است که ایجاد این رشته را ضروری نموده است. با وجود این باید دقت داشت که تعداد کسانی

که در عرصه سیاستگذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات مشغول هستند و یا خواهند بود محدود است. از این رو ضرورت این دوره باید پس از یک مدت معین مورد بازنگری قرار گیرد.

۸-۶- کارشناسی ارشد مهندسی ابزارهای دیجیتالی علوم انسانی

در سال‌های اخیر دیجیتالی شدن بسیاری از منابع در داخل و خارج از کشور زمینه را برای فعالیت محققین این حوزه به طرز چشمگیری گسترش داده است. این گسترش نه تنها در کمیت منابع در دسترس، بلکه در نوع پرسش‌هایی که می‌توان در این حوزه‌ها مطرح و راه‌حل‌هایی که برای پاسخگویی به این پرسش‌ها وجود دارد به چشم می‌خورد. از این رو فرصتی کم نظیر برای رشد و شکوفایی علوم انسانی در کشور پدید آمده است.

از سوی دیگر، سطح نسبتاً ابتدایی مهارت‌های فناوری اطلاعات در میان دانشجویان و محققان علوم انسانی و دانش و علاقه اندک متخصصین فناوری اطلاعات به حوزه علوم انسانی موجب شده است که بهره‌برداری از این فرصت پدیدآمده جز در موارد بسیار محدود صورت نپذیرد. به عبارت دیگر، فاصله زیاد بین دانشجویان و محققان علوم انسانی و متخصصین فناوری اطلاعات (هم در محیط‌های علمی و هم در محیط‌های کاری) مانع از بوجود آمدن هم‌افزایی بین دو گروه شده و استفاده مناسب از منابع و ابزارهای دیجیتالی در حوزه علوم انسانی را بسیار کند کرده است. به صورت همزمان، این خطر وجود دارد که متخصصین خارجی در این حوزه با استفاده از همین فرصت نقشی پیشرو در ارائه تحلیل‌های بدیع از منابع فرهنگی کشور بپردازند و بار دیگر (همچون دهه‌های ابتدایی شکل‌گیری این علوم در کشور) راهبری جریان فکری و فرهنگی این علوم در کشور را بدست گیرند.

از این رو ضروریست که جمهوری اسلامی ایران، با سرمایه‌گذاری به موقع در توسعه نیروی انسانی این حوزه، نه تنها استقلال علمی و فرهنگی کشور را در کشور حفظ کند بلکه زمینه را برای تقویت و تداوم فعالیت‌های تحقیقاتی پیشرو در این حوزه از دانش در کشور فراهم آورد. این سرمایه‌گذاری، علاوه بر حفظ میراث و سرمایه فرهنگی و معنوی کشور، زمینه را برای بوجود آمدن فرصت‌های شغلی دانش بنیان در حوزه‌های جدید فراهم می‌آورد.

۸-۷- کاردانی آرشیو دیجیتال

فناوری اطلاعات با ظرفیت ذخیره‌سازی و پردازش حجم وسیعی از اطلاعات، زمینه را برای دیجیتال کردن بسیاری از آرشیوها و اتصال پایگاه‌های داده متعدد فراهم کرده است. با اتکا به این قابلیت‌ها استفاده از آرشیوها (متون قدیمی کتابخانه‌ها، فیلم‌ها، عکسها و غیره) برای انجام پژوهش یا تولید محصولات فرهنگی بسیار تسهیل خواهد شد.

۸-۸- کاردانی چاپ و نشر الکترونیکی

دسترسی گسترده به اینترنت بسیاری از افراد و سازمانها را تشویق به حضور در فضای مجازی از طریق انتشار مطالب در این فضا کرده است. استفاده از ظرفیت‌های فناوری‌های دیجیتال برای نشر در فضای مجازی نیازمند مهارت‌هایی نو است. به دلیل احساس نیاز به بروز رسانی برنامه آموزشی کشور و بر اساس توجه به دوره‌های مهارتی پیشنهاد شده‌اند. در بسیاری از برنامه‌های توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات کشور می‌توان نقش پررنگی برای دانش‌آموختگان این رشته متصور شد.

۹- نتیجه گیری

تحولات سریع فناوری و کندی نسبی نظام آموزشی کشور در تطبیق یافتن با این تحولات زمینه‌ساز مشکلات اشتغال در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات شده است. صنایع فناوری اطلاعات و ارتباطات (هم به عنوان یک صنعت مستقل و هم به عنوان زیرساخت بخش خدمات) مهمترین گزینه پیش رو برای ادامه مسیر توسعه و حرکت به سمت اقتصاد دانش بنیان به

شمار می‌رود. توسعه نیروی انسانی در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات یکی از راهکارهای کمک به توسعه این بخش است اما با وجود ظرفیت بالای کشور برای توسعه نیروی انسانی، بازار کار فناوری اطلاعات و ارتباطات با مشکلاتی مواجه بوده است که سد راه رشد این بخش شده‌اند. در این راستا ایجاد رشته‌های جدید برای رفع این موانع موضوع این تحقیق قرار گرفت. بعضی از رشته‌ها در حال حاضر در دانشگاه‌های کشور ارائه می‌شوند از این رو برای جلوگیری از تکرار و دوباره کاری در فهرست دوره‌های این تحقیق قرار نگرفتند. تعداد دیگری از رشته‌ها کاربرد محدود دارند و فارغ‌التحصیلان این رشته بازار کار مناسبی نخواهند داشت. ممکن است در سال‌های آتی نیاز به بررسی مجدد این رشته‌ها باشد. در نهایت طبق بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق، شکاف موجود در رشته‌های کنونی در کشور، بررسی نیازهای کشور، بازار کار و فرصت‌های شغلی ممکن برای فارغ‌التحصیلان، ایجاد و طراحی چهار رشته جدید در مقطع کارشناسی ارشد و دو رشته جدید کاردانی طبق نتایج ماتریس امکان‌پذیری دوره‌های میان‌رشته‌ای و مقایسات پژوهشی استخراج و با ذکر دلایل توجیهی پیشنهاد گردید.

منابع

- ۱- سند جامع آموزش و توسعه منابع انسانی فاوا، فاز اول گزارش ۳، ۱۳۸۶
- ۲- سلجوقی، گزارش تاثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات -۱۳۹۱
- ۳- "آخرین آمار دانش‌آموختگان دانشگاهی بیکار" خبرنامه دانشجویان ایران، ۱۱ مرداد ۹۴ و "نرخ بیکاری در چه رشته‌هایی بالاست؟ خبرگزاری ایسنا، ۲۱ دی ۱۳۹۴
- ۴- گزارش آماری حقوق و دستمزد سال ۱۳۹۳- سایت ایران تلنت
- ۵- چشم‌انداز فرهنگی ۲۰ ساله ایران در افق ۱۴۰۴
- ۶- نقشه مهندسی فرهنگی کشور، ۱۳۹۲ با تلخیص

ارائه مدلی براساس روش مونت کارلو و زنجیره مارکوف به منظور پیش‌بینی میانگین سرعت باد در استان خوزستان

حسن شاه محمد^۱، پوریا شکسته بند^۲، ندا سالمی^۳

۱. دکترای مهندسی صنایع، عضو هیئت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲. دانشجوی دکترای مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳. کارشناسی آمار و کاربردها، دانشگاه پیام نور مرکز اهواز

چکیده

از پدیده‌هایی که چند سالی است گریبان گیر مردم استان خوزستان شده است، گرد و غباری است که در پی وزش بادهایی با سرعت چشم‌گیری بر روی مناطق خشک و بیابانی اطراف این منطقه از کشور شکل می‌گیرد. مدل سازی سرعت باد با استفاده از روش توزیع احتمال یکی از عمده ترین روش های پیدا کردن الگوهای بادی است. نوع توزیع آمار وزش باد تا پیشتر براساس توزیع ویبول بود، لیکن دیگر نمی توان از این توزیع برای همه مناطق دنیا استفاده کرد با توجه به الگوهای متنوع سرعت باد لازم است تا توزیع های جدید احتمالی برای مدل سازی تعریف شود. استفاده از روش بیزی و بکار بردن اطلاعات پیشین یکی از بهترین شیوه های مدل سازی بحساب می آید. هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل داده های میانگین روزانه سرعت باد در سال ۱۳۹۵ در منطقه خوزستان به مرکزیت کلانشهر اهواز با استفاده توزیع احتمال گامای دو مدی به روش بیزی می باشد. میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری در روزهای مختلف سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای این مدل احتمالی به روش بیزی و با استفاده از الگوریتم مونت کارلو- زنجیره مارکوف (MCMC) سپس به کمک نرم افزار R برآورد شده است.

کلمات کلیدی: سرعت باد، توزیع گاما، مونت کارلو، زنجیره مارکوف

۱. مقدمه

گسترده‌ی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام نشدنی را جستجو می کرد که همواره در هر زمان و مکان در دسترس باشد. این موضوع را می توان در داستانهای مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت. با پیشرفت تمدن بشری، چوب و پس از آن ذغال سنگ، نفت و گاز وارد بازار انرژی گردیدند. اما به دلیل افزایش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی های تجدید پذیر را روز به روز با اهمیت تر و گسترده تر نموده است.

۲. توزیع های سرعت باد

محقق توابع توزیع احتمالاتی متعددی را به عنوان کاندیدا جهت توجیه سرعت باد مورد آزمون قرار داده اند. این توزیع ها شامل تابع بتا، گاما، لوگ نرمال، لجستیک، ریلی، ویبل و ویبل بریده شده می باشند که در میان آن ها توزیع وایبل بیشتر مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته است. چانگ (۲۰۱۱)، مرات کنتار و همکاران (۲۰۱۵)، پیشکار و همکاران (۲۰۱۵). اغلب توزیع های مورد اشاره به صورت تک مدی می باشند. در مطالعه ی داده های سرعت باد گاها مشاهده می شود که با توجه به ساختار داده ها نیاز داریم تا از توزیع های دو یا چند مدی برای پردازش دقیقتر داده ها استفاده کنیم. تا کنون این مسئله بطور جدی مورد توجه قرار نگرفته است. هدف این پژوهش نخست معرفی توزیع دو مدی گاما برای اولین بار و سپس تجزیه و تحلیل داده های میانگین سرعت باد در منطقه کرمان با استفاده از توزیع مذکور می باشد. توزیع جدید گامای دو مدی معرفی شده در این بخش بر اساس توزیع مبنای گاما ساخته می شود.

۳. معرفی توزیع جدید گامای دومدی (BMGD (BG)

تعریف: گوییم متغیر تصادفی X دارای توزی گاما دومدی (BMGD) با پارامترهای α, λ, β است هرگاه دارای تابع چگالی زیر باشد.

$$f_X(x; \alpha, \beta, \lambda) = \frac{1}{(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha^2}{\lambda^2}} \frac{\lambda^\alpha x^{\alpha-1} e^{(-\lambda x)} (\beta - x)^2}{\Gamma(\alpha)}, x > 0, \alpha, \beta, \lambda > 0$$

و با $X \sim \text{BMGD}(\alpha, \beta, \lambda)$ نشان داده می شود.

واضح است که وقتی $\beta = 0$ آنگاه $\text{BMGD}(\alpha, \beta = 0, \lambda) = \text{Gamma}(\alpha + 1, \lambda)$

قضیه ۱: فرض کنید متغیر تصادفی X دارای توزیع $\text{BMGD}(\alpha, \beta, \lambda)$ باشد، آنگاه تابع توزیع X به صورت زیر است.

$$F_X(X) = W_1 F_{X1}(X) + W_2 F_{X2}(X) + W_3 F_{X3}(X)$$

به طوری که F_{X3}, F_{X2}, F_{X1} به ترتیب توابع توزیع متغیرهای تصادفی

$$X_1 \sim \text{Gamma}(\alpha + 2, \lambda), X_2 \sim \text{Gamma}(\alpha + 1, \lambda), X_3 \sim \text{Gamma}(\alpha, \lambda)$$

و وزن های W_1, W_2, W_3 به صورت زیر می باشند.

$$W_1 = \frac{\beta^2}{(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha^2}{\lambda^2}}, W_2 = -\frac{2\beta\alpha}{\lambda \left[(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha^2}{\lambda^2} \right]}, W_3 = \frac{\alpha(\alpha + 1)}{\lambda^2 \left[(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha^2}{\lambda^2} \right]}$$

۴. برآورد بیزی (MCMC)

زنجیره مارکف که به افتخار آندری مارکوف ریاضی دان اهل روسیه این گونه نام گذاری شده یک سیستم ریاضی است که در آن انتقال از یک حالت به حالت دیگر صورت می گیرد که البته تعداد این حالات قابل شمارش است. زنجیره مارکف یک فرایند تصادفی بدون حافظه است بدین معنی که توزیع احتمال شرطی حالت بعد تنها به حالت فعلی بستگی دارد و به وقایع قبل از آن وابسته نیست. این نوع بدون حافظه بودن خاصیت مارکف نام دارد. زنجیره مارکف در مدل سازی دنیای واقعی کاربردهای زیادی دارد. روش های زنجیره مارکف مونت کارلو (که شامل روش های قدم زدن تصادفی مونت کارلو می باشد) دسته ای از الگوریتم هاست برای نمونه برداری از توزیع های احتمال که مبنای آن ساختن یک زنجیره مارکف با ویژگی های مطلوب است. سپس حالت زنجیره پس از تعداد بسیار زیادی مرحله به عنوان نمونه ای از توزیع مطلوب استفاده می شود. کیفیت این نمونه متناسب با افزایش تعداد مراحل افزایش می یابد. معمولاً ساختن یک زنجیره مارکف با ویژگی های مطلوب کار ساده ای است. مشکل اصلی تعداد مراحل مورد نیاز است برای اینکه حالت زنجیره با خطای قابل قبولی به یک توزیع ثابت همگرا شود.

زنجیره خوب زنجیره ای است که در آن با شروع از یک موقعیت دلخواه خیلی سریع به توزیع ثابت برسیم. به طور معمول استفاده از زنجیره مارکف مونت کارلو برای نمونه برداری توزیع موردنظر ما را فقط تخمین می زند. به دلیل این که این توزیع همواره تحت تاثیر نقطه شروع ما است. ولی الگوریتم های پیچیده ای وجود دارند که اساس آن ها زنجیره های مارکف مونت کارلو است و با محاسبات اضافی تاثیر نقطه شروع را از بین برده و توزیع موردنظر ما را به طور دقیق مشخص می کنند. الگوریتم هایی برای تولید چنین زنجیره هایی وجود مانند، الگوریتم متروپلیس - هستینگز و الگوریتم نمونه گیر گیبز. در این پژوهش به برآورد بیزی برای پارامترها مدل گامای دومدی در زنجیره مارکف مونت کارلو انجام شده است. فرض کنید $X_1, X_2, \dots, X_n$ یک نمونه n تایی از توزیع گامای دومدی $BMGD(\alpha, \beta, \lambda)$ باشد. آنگاه تابع درستنمایی بر حسب مقادیر مشاهده شده $X_1, X_2, \dots, X_n$ بصورت زیر می باشد.

$$L(\alpha, \beta, \lambda, \underline{x}) = \left(\frac{1}{\left(\beta - \frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2}} \right)^n \frac{\lambda^{n\alpha} \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha-1} e^{(-\lambda x_i)} (\beta - x_i)^2}{\Gamma(\alpha)^n}$$

با توجه به اطلاعات پیشین در مورد داده های سرعت باد برای هرکدام از پارامترهای توزیع $BMGD(\alpha, \beta, \lambda)$ توزیع های پیشین بصورت زیر در نظر گرفته می شود.

$$\alpha \sim \text{Gamma}(a, b)$$

و

$$\beta \sim \text{Uniform}(c, d)$$

و

$$\lambda \sim \text{Gamma}(e, f)$$

این توزیع های پیشین را با $\pi(\lambda), \pi(\beta), \pi(\alpha)$ نشان می دهیم. اکنون تابع احتمال پسین بصورت زیر تعریف می شود.

$$\pi(\alpha, \beta, \lambda | \underline{x}) \propto L(\alpha, \beta, \lambda, \underline{x}) \pi(\alpha) \pi(\beta) \pi(\lambda)$$

با در نظر گرفت توابع زبان مربع خطا و قدر مطلق

$$L(\delta(\underline{x}), \theta) = (\delta(\underline{x}) - \theta)^2$$

و

$$L(\delta(\underline{x}), \theta) = |\delta(\underline{x}) - \theta|$$

برآوردگرهای بیزی به صورت صریح به دست نمی آیند، بنابراین باید به صورت حل معادلات عددی برآوردگرها محاسبه شوند. با استفاده از نرم افزار R و بکاربردن الگوریتم MCMC پارامترهای مدل برآورد می شوند.

۵. داده های سرعت باد

به منظور ارزیابی مدل BG داده های مربوط به میانگین روزانه سرعت باد در سال ۱۳۹۵ در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین از ایستگاه سینوپتیک اهواز جمع آوری شده است. داده های مذکور از اداره کل هواشناسی استان خوزستان گرفته شده است. آماره های توصیفی مربوط به داده های سرعت باد در جدول شماره (۱) و همچنین اطلاعات مرتبط با مشخصات ایستگاه، در جدول (۲) آمده است.

جدول ۱. خلاصه آماره های توصیفی میانگین سرعت روزانه باد طی سال ۲۰۱۵ بر حسب نات^۱

تعداد	ماکسیمم	مینیمم	میانه	واریانس	میانگین	آماره
۳۶۳	۷	۱/۲۵	۳/۵	۱/۰۹۲	۳/۶۲۵۷	مقدر

^۱ . knots

جدول ۲. مشخصات ایستگاه سینوپتیک اهواز

نام شهرستان	نوع ایستگاه	محل ایستگاه	کد	مشخصات جغرافیایی		
				طول	عرض	ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر
اهواز	سینوپتیک	فرودگاه اهواز	۴۰۸۱۱	۴۹	۳۱	۲۲,۵

۶. برآورد پارامترهای مدل احتمال به بیزی (MCMC)

تخمین بیزین یا استنباط بیزی (به فرانسوی: Inférence bayésienne) یک چهارچوب برای فرمول بندی مشکلات استنباطی آماری است که یک روش «جمع پذیر» است، از تبدیل ریاضی و تخصیص ضرایب مختلف به داده‌ها استفاده می‌کند. درایتون^۱ در مقدمه‌ای که به منظور معرفی استفاده از روش بیزین در فراتحلیل برای مسائل علوم انسانی نوشته‌است، می‌گوید که دستیابی به روابط علت و معلولی عام، مستلزم تکرار آزمایش‌های مکرر است. از آن جا که چنین فعالیت‌هایی مستلزم طرح ریزی اولیه و هماهنگی بین محققان مختلف هستند و اجرای این هماهنگی تقریباً غیر ممکن است، درایتون پیشنهاد می‌کند که برای حصول به هدف بحث شده، از روش‌های ترکیبی استفاده شود.

در روش بیزین سه مرحله به شرح زیر است:

الف) در مرحله اول، محقق باید باور خود را از واقعیت بیان کند و آن را از فیلتر آماری میانگین مورد انتظار، واریانس مورد انتظار و قدرت اعتقادات در باور اولیه، عبور دهد. این سه ملاک می‌توانند براساس تجربه پیشین، تحقیقات گذشته یا ترکیبی از آنها باشند. در صورتی که تجارب گذشته به صورت میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه^۲ فرضی بیان شوند، چیزی وجود ندارد که مانع مراجعه به تحقیقات گذشته شود.

ب) مرحله دوم، جمع آوری نتایج آزمایش‌ها یا مشاهدات است. این مرحله را می‌توان از طریق کسب خلاصه آمارهایی که مشابه آنهایی هستند که از قبل تعیین شده‌اند، انجام داد.

ج) مرحله سوم عبارت است از ترکیب درست نمایی و اعتقاد اولیه و شکل دادن اطلاعات پسین^۲ اطلاعات پسین می‌توانند جدید و بیشتر از اطلاعات اولیه آگاه کننده باشند. ترکیب اطلاعات پسین با تحقیقات دیگر، درست نمایی جدیدی را به وجود می‌آورد. در این روش‌ها به همین ترتیب تکرار می‌شوند، و در نتیجه به مطالعه جدیدی منجر شده و در نهایت به ویژگی‌های خاص خود تبدیل می‌شوند. همان طور که درایتون خاطرنشان ساخته‌است نمونه گیری می‌تواند تا زمانی که تمام جامعه را تحت پوشش قرار دهد یا تا وقتی که آخرین مغایرت‌ها توجیه شوند، ادامه داشته باشد. این روش در استفاده از ضرایب متفاوت و تبدیل‌های ریاضی، انعطاف پذیر است. نظریه بیزین به اندازه نمونه (n) حساس است.

این روش در تخمین یک متغیر تصادفی بر اساس مشاهدات سیگنال ورودی، فلسفه بیزین بر پایه ترکیب کردن مشاهدات سیگنال ورودی با توزیع احتمال فرایند است.

در این بخش به روش MCMC پارامترهای مدل برآورد می‌شود. نتایج مربوط به برآورد بیزی در ۱۰۰۰۰ استفاده از الگوریتم MCMC در جداول ۴،۳ و همچنین نمودارهای مربوطه در شکل های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۳. برآورد بیزی پارامترها با تابع زیان مربع خطا

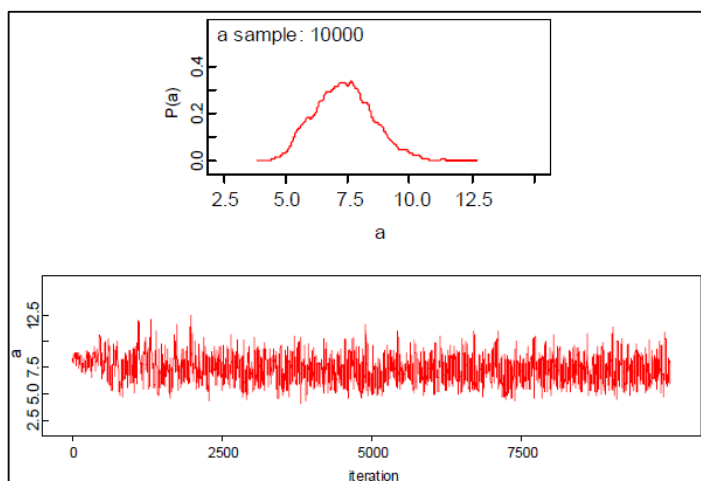
$\hat{\alpha}$	7.369
$\hat{\beta}$	10.1
$\hat{\lambda}$	1.476

^۱ . daryton

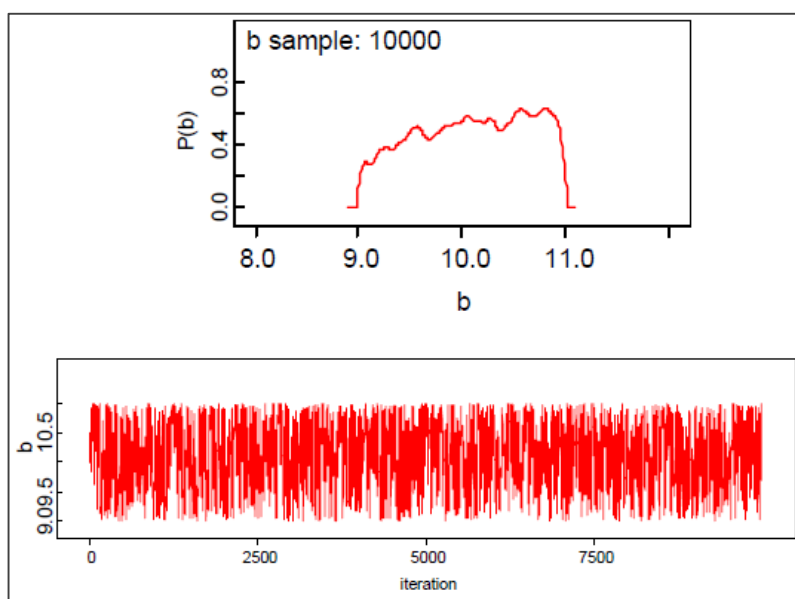
^۲ posterior

جدول ۴. برآورد بیزی پارامترها با تابع زیان قدر مطلق

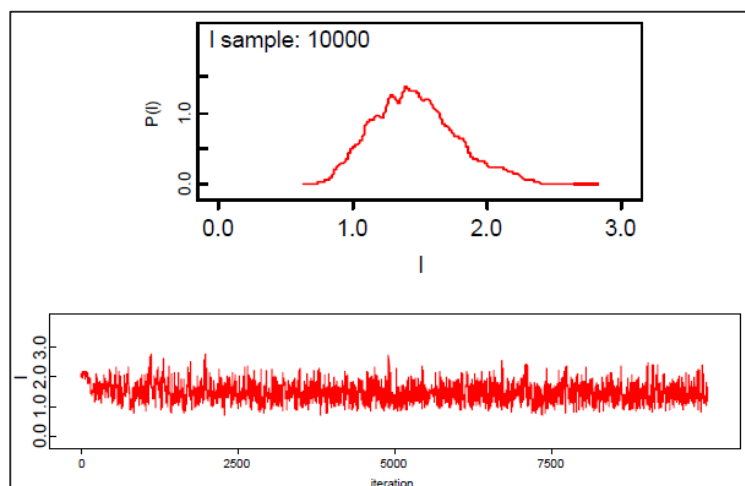
$\hat{\alpha}$	7.337
$\hat{\beta}$	10.94
$\hat{\lambda}$	1.452



شکل ۱. حدود پیش بینی برای پارامتر اول



شکل ۲. حدود پیش بینی برای متغیر دوم



شکل ۳. حدود پیش بینی برای متغیر سوم

نتیجه گیری

در این پژوهش، یک تحلیل آماری روی داده میانگین سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک در منطقه شهر اهواز به منظور شناسایی الگوها و مدل سازی سرعت باد انجام شده است. برای تحلیل و مدلسازی سرعت باد در این ایستگاه محاسبات لازم بر روی اطلاعات آماری اندازه گیری شده توسط سازمان اداره کل هواشناسی استان خوزستان انجام شده است. میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری در روزهای مختلف سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته اند. پارامترهای این مدل احتمالی جدید به روش بیزی در ۱۰۰۰ بار استفاده از الگوریتم MCMC برای تابع زیان مربع خطا و قدر مطلق شبیه سازی شدند. اکنون کارشناسان هواشناسی می توانند پیش بینی کنند در روزهای آتی سال های بعد چه سرعت بادی را انتظار باید داشت. سپس می توان براساس سرعت وزش باد و وجود چمشه های تشکیل گرد و خاک، اطلاعات را به مردم انتقال دهند که تدارکات لازم را برای مقابله با این پدیده بیاندیشند.

در پژوهش های آتی می توان بر روی برآورد ها و الگوریتم های دیگر روش زنجیره مارکوف مونت کارلویی کار کرد. همچنین انجام چنین پژوهش هایی در طی سال های آتی انتظار می رود، زیرا پدیده گرد غبار یک پدیده تصادفی است و نیاز به تکرار طی دوره های زمانی دارد تا بتوان برای هر دوره پیش بینی نسبت به متغیرهای جوی داشت.

منابع

- [1] Akgül, Fatma Gül, Birdal Şenoğlu, and Talha Arslan. "An alternative distribution to Weibull for modeling the wind speed data: Inverse Weibull distribution." *Energy Conversion and Management* 114 (2016): 234-240.
- [2] Carta, Jose A., Penelope Ramirez, and Sergio Velazquez. "A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.5 (2009): 933-955.
- [3] Pishgar-Komleh, S. H., A. Keyhani, and P. Sefeedpari. "Wind speed and power density analysis based on Weibull and Rayleigh distributions (a case study: Firouzkooch county of Iran)." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42 (2015): 313-322.
- [4] Kantar, Yeliz Mert, and İlhan Usta. "Analysis of the upper-truncated Weibull distribution for wind speed." *Energy Conversion and Management* 96 (2015): 81-88.

بررسی ارتباط بین شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) با خوردند دوغاب در توده سنگ ساختگاه سد سیمره

احسان معتمدالشریعتی^{۱*}، ابراهیم شریفی تشنیزی^۲، رسول اجل لوییان^۳

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه اصفهان

۲- دانشجوی دکترای زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه اصفهان

(Ebrahim_Sharifi@yahoo.com)

چکیده

به طور کلی جهت پایداری سدها کنترل مقدار نشت باید مورد توجه قرار گیرد. لذا به منظور طراحی ایمن چنین سازه‌هایی داشتن اطلاعات کافی در ارتباط با نفوذ پذیری توده سنگ الزامی است. مهمترین روش جهت تعیین مقدار نفوذپذیری در توده های سنگی انجام آزمایش لوژان (W.P.T) است، که با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان مقایسه‌ای کمی از مقدار نفوذ پذیری برجا بدست آورد. برای تعیین مقدار نفوذ پذیری روش های دیگری نیز توسط محققان مختلف از جمله Foyo (2004) تحت عنوان شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) ارائه شده است که به طور مستقیم مقدار نفوذپذیری در توده سنگ (K) را ارائه می کند. غالبا مقدار نفوذپذیری توده سنگ تحت تاثیر خصوصیات ناپیوستگی های موجود قرار می گیرد. طی انجام آزمایش فشار آب در بسیاری از مقاطع در گمانه های اکتشافی ارتباط مستقیم و منطقی میان مقدار نفوذ پذیری و مقدار خوردند سیمان حین فرایند تزریق دیده نمی شود. در این مقاله ارتباط میان نفوذ پذیری توده سنگ بر مبنای پارامتر (SPI) و تزریق پذیری آن با خصوصیات توده سنگ نظیر درزه داری در ساختگاه سد سیمره مورد بررسی قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: نفوذپذیری، تزریق، نشت، لوژان، سد سیمره.

مقدمه

ساختگاه سد ونیروگاه سیمره بر روی رودخانه سیمره و در حدود ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان دره شهر در استان ایلام واقع شده و هدف از احداث آن استفاده از پتانسیل بالقوه نیروی برق آبی رودخانه سیمره است. سد به صورت یک سد بتنی دو قوسی نازک به ارتفاع ۱۸۰ متر از سنگ بستر و با طول تاج ۲۰۲ متر طراحی شده است که حجم مخزن آن ۳/۲ میلیارد متر مکعب است. سنگ بستر در ساختگاه سد شامل سازند آسماری است که نفوذپذیری و شرایط هیدرولیکی در سازند آسماری از نقطه نظر ژئوتکنیکی حائز اهمیت خواهد بود. غالبا مقدار نفوذ پذیری توده سنگ تحت تاثیر خصوصیات ناپیوستگی های موجود نظیر درزه ها و سطوح لایه بندی قرار می گیرند، هر چند که وجود حفرات انحلالی و عوارض کارستیک نیز سبب افزایش قابل توجه نفوذ پذیری می شوند. به طور کلی هدف از انجام آزمایش لوژان و تعیین نفوذپذیری توده سنگ، بدست آوردن معیاری جهت تزریق توده های سنگی است، که از دیدگاه ارتباط میان نفوذپذیری در توده های سنگی و ویژگی های تزریق پذیری آنها حائز اهمیت است.

زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد نظر از دیدگاه زمین ریخت شناسی از رشته‌کوه‌های چین خورده نسبتاً مرتفع با روند کلی شمال غرب-جنوب شرق تشکیل شده است و بیشینه فرازای ارتفاعات در قسمت‌های جنوبی ناحیه مورد مطالعه و در طاق‌دیس بزرگ کبیرکوه با ارتفاع حدود ۲۷۰۰ متر و کمینه ارتفاعات منطقه دشتهای محصور بین طاق‌دیس ها و منطبق بر مسیر رودخانه سیمره با ارتفاع حدود ۶۰۰ متر است. روند کلی حرکت رودخانه سیمره به موازات روند کلی ساختارهای اصلی (شمال غرب-جنوب شرق) است ولی در بخشهایی به دلایل تکتونیکی و زمین شناسی مسیر آن عمود بر ساختارهای منطقه است.

توالی سنگ چینه شناسی منطقه مورد مطالعه سازندهای متعلق به کرتاسه تا پلیو-پلیستوسن از قبیل سازندهای سروک (کرتاسه میانی)، ایلام (کرتاسه بالایی)، پابده (پالئوسن - الیگوسن)، آسماری (الیگوسن - میوسن)، گچساران (میو-پلیوسن) و سازند بختیاری (پلیو- پلیستوسن) را شامل می شود.

مهمترین واحدهای سنگی موجود در محدوده سد و مخزن سد سازند آسماری (الیگو-میوسن) و گچساران (میو-پلیوسن) است. لیتولوژی سازند گچساران شامل ژئیس، انیدریت و مارن است و بیشترین گسترش آن در محدوده مخزن سد سیمره و با ضخامت حدود ۱۰۰۰ متر دیده می شود. لیتولوژی تکیه گاه ها و بستر و دامنه های مخزن در سد سیمره از سازند آسماری تشکیل شده است. حداقل ضخامت این سازند در محل ساختگاه با توجه به حفاری گمانه های اکتشافی ۳۳۰ متر تعیین شده است. این سازند به طور عمده از آهکهای ضخیم لایه همراه با توالی آهک دولومیتی حفره دار و مارن تشکیل شده است. بر اساس تفاوت سنگ شناسی و ضخامت لایه های مختلف سازند آسماری در محل سد سیمره این سازند به سه بخش بالایی، میانی و پایینی تقسیم شده است. مجموعه سنگ های موجود در سازند آسماری به صورت سنگ بکر از آبگذری کمی برخوردار است و نفوذ پذیری اولیه این سنگها پایین است ولی به واسطه وجود گسل های متعدد و فراوانی و توسعه درز و شکاف و حفرات انحلالی در آنها میزان نفوذپذیری ثانویه به حد قابل ملاحظه ای افزایش یافته است

ساختگاه سد و نیروگاه سیمره در زون زاگرس چین خورده قرار گرفته است. این پهنه ساختاری تکتونیکی در منطقه شامل چین خوردگی ها با راستای شمال غرب-جنوب شرق (NW-SE) است بنابراین چین های فعال و در نتیجه گسلهای پنهان بویژه رمپ های (Ramp) فعال مهمترین چشمه های لرزه زای موجود در منطقه را تشکیل داده اند.

به علت وجود سازندهای تبخیری مثل هرمز (کامبرین زیرین) و گچساران (میو-پلیوسن) حرکات پی سنگ نمی تواند دقیقاً در سطح منعکس شود. بنابراین زمین لرزه های با بزرگای زیاد نمی توانند در لایه های رسوبی نزدیک به سطح زمین ایجاد گسیختگی کنند و در نتیجه در زاگرس الزاماً زمین لرزه های بزرگ با گسیختگی در سطح همراه نیست.

تاقدیس های موجود در گستره طرح از نوع نامتقارن هستند و نزدیکترین تاقدیس های موجود به ساختگاه سد تاقدیس های راوندی، لانه، گوار و پلگانه است. ناتقارنی در این تاقدیس ها در برخی از مکانها به صورت برگشتگی لایه های یال جنوبی تظاهر پیدا کرده است. بطور کلی ناتقارنی و برگشتگی تاقدیس ها نشان دهنده تداوم تنش های فشارشی در منطقه و در نتیجه فعالیت گسلهای پنهان (Active Blind Faults) مرتبط با این تاقدیسها است. عدم انطباق رومرکز زمینلرزه های رویداده در زاگرس چین خورده و پیش گودال زاگرس با گسلهای سطحی نشان دهنده فعالیت لرزه ای رمپ های فعال و پنهان در سیستم های رمپ و فلت (Ramp and Flat) موجود در پوشش رسوبی و یا حتی گسلهای پی سنگی است که بعلاوه توسعه لایه های شکل پذیر در واحدهای چینه شناسی منطقه نتوانسته اند به سطح زمین راه پیدا کنند.

تاقدیس راوندی نزدیکترین ساختار چین خورده به ساختگاه سد است و ساختگاه سد و نیروگاه سیمره بر روی یال شمالی تاقدیس مزبور قرار گرفته است. این تاقدیس بطور کلی یک تاقدیس نامتقارن با یال جنوبی پر شیب تر است. این مسئله ناشی از توزیع ناهمگن تنش و با تفاوت مقاومت لایه ها در امتداد ساختار مذکور است.

مهمترین گسل های اصلی که محدوده طرح را تحت تاثیر قرار داده اند (بربریان ۱۹۹۵) شامل گسل زاگرس مرتفع، گسل جبهه کوهستان زاگرس و گسل پیش گودال زاگرس است که کل توالی پوشش رسوبی - پی سنگ را در منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر قرار داده اند.

زمین شناسی ساختگاه سد

محل سد سیمره در دامنه شمالی طاقدیس راوندی قرار گرفته است. محور این طاقدیس به طور عمومی روندی شمال غرب - جنوب شرقی داشته که در محدوده ساختگاه به واسطه عملکرد نیروهای تکتونیکی روند آن به صورت موضعی شرقی - غربی میگردد (شکل ۱).

زاویه شیب یال شمالی که محور سد در آن واقع شده تدریجاً افزایش می یابد بطوریکه از ۱۵ تا ۲۰ درجه در فاصله ۳۰۰ متری محور طاقدیس به ۳۰ تا ۳۵ درجه در محدوده محور سد رسیده و نهایتاً به سمت شمال در محلی که تشکیلات آسماری توسط رسوبات دشت سیلابی ویا گچساران پوشیده می شود به ۴۵ تا ۵۰ درجه می رسد. با توجه به بررسی های انجام گرفته چنین استنباط می گردد که جناح راست طاقدیس راوندی (نسبت به رودخانه) در یال شمالی پرشیب و در یال جنوبی کم شیب است، در حالی که در جناح چپ با فاصله گرفتن از رودخانه یال شمالی کم شیب و یال جنوبی پرشیب تر می شود و در مجموع ساختار کاملاً نامتقارنی ایجاد شده است.

گسل های موجود در ساختگاه سد همزمان با چین خوردگی مجموعه رسوبات شکل گرفته اند و با در نظر گرفتن جابجائیهای دو سوی صفحه گسلش عمدتاً سازوکار نرمال را به نمایش می گذارند که بواسطه این مکانیسم عموماً پرشیب بوده و امتداد آنها نیز اغلب موازی با امتداد لایه بندی است و لذا می توان آنها را گسله های امتدادی (Strike fault) در نظر گرفت. با دور شدن از محور چین خوردگی گسله ها اندک اندک با امتداد طبقات زاویه می سازند و از حالت گسله امتدادی به گسله های مورب تغییر حالت می دهند.

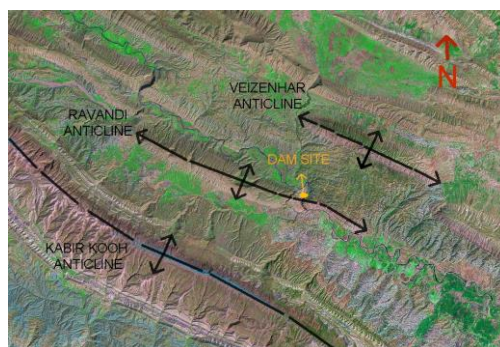
مجموعه گسله های شناسایی شده در محل تکیه گاه ها و بستر محل سد عموماً با سازو کار نرمال و همراه با مولفه چرخش است. مقدار جابجایی در امتداد آنها یکسان نیست و عملکرد آنها همراه با جابجائیهای عمودی در حد ۱ تا ۱۰ متر و عمدتاً با عوارض مورفولوژیکی شاخصی در سطح همراه است. گسل های شناسایی شده در تکیه گاه ها و بستر ساختگاه سد سیمره در شکلهای ۲ تا ۴ و مشخصات آنها در جدول ۱ نشان داده شده اند.

بررسی عکسهای هوایی جدید همراه با پیمایش های صحرایی نشان می دهد که تعدادی بزرگ درزه یا گسله امتداد لغز با طول قابل توجه در راستایی مورب نیز نسبت به محور تاقدیس در هر دو یال تاقدیس راوندی وجود دارند که با توجه به شرایط زمین شناسی منطقه می توان آنها را از نوع درزه های برشی دانست.

به استثنای لایه بندی دو دسته درزه اصلی و یک دسته درزه فرعی مجموعه ناپیوستگی های توده سنگ را شکل می دهند. مشخصات هندسی این دسته درزه ها در جدول ۲ نشان داده شده اند [۱].



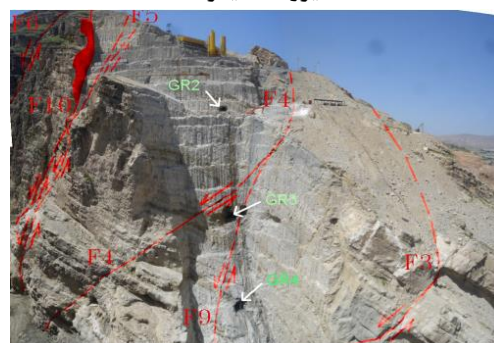
شکل ۲- گسل‌های ساختگاه سد و نیروگاه سیمره.



شکل ۱- وضعیت ساختاری محدوده ساختگاه سد و نیروگاه سیمره.



شکل ۴- گسل‌های تکیه گاه چپ ساختگاه سیمره.



شکل ۳- موقعیت گسل‌ها در تکیه گاه راست ساختگاه سیمره

جدول ۳- گسل‌های شناخته شده در ساختگاه سیمره.

N0.	Fault Name	Type	Dip Direction	Dip	Length (m)	Displacement (m)	Fault Zone Thickness (m)	Location
1	F1(F7)	Normal-Rotational	190-210	35-45°	3000	1-10	<1	Left & Right Abutment
2	F2(F8)	Normal-Rotational	190-210	70-75°	2800	1-3	<1	Left & Right Abutment
3	F3	Normal-Rotational	190-200	35-45°	1260	1-2	<1	Left & Right Abutment
4	F4	Normal-Rotational	190-210	70-85°	2400	1-3	<1	Left & Right Abutment
5	F5	Normal-Rotational	190-200	60-70°	660	2-4	0.5-1.5	Left & Right Abutment
6	F6(F13)	Normal-Rotational	175-210	75-80°	3500	2-4	2-Jan	Left & Right Abutment
7	F9	Normal-Rotational	170-190	75-85°	1000	15-25	<1	Left & Right Abutment
8	F10	Normal-Rotational	160-200	75-85°	2500	2-5	<1	Left & Right Abutment
9	F11	Normal-Rotational	160-180	75-85°	700	1-2	<0.5	Left & Right Abutment
10	F12	Normal-Rotational	160-180	70-80°	1250	3-6	2-Jan	Left & Right Abutment

جدول ۴- مشخصات ناپیوستگی های اصلی در ساختگاه سد و نیروگاه سیمره

Joint System	Dip	Dip Direction
J1(parallel to Anticline axis)	65-75°	170-175
J2(perpendicular to Anticline axis)	80-90°	270-275
J3	70-80°	120-130
Bedding	25-35°	010-020

آب بندی پی و تکیه گاه ها

آب بندی توده سنگ با احداث پرده آب بند از طریق تزریق دوغاب سیمان در ناپیوستگی های سنگ صورت می گیرد. طرح پرده آب بند در سه بخش، تکیه گاه راست، تکیه گاه چپ و گود پی اجرا می گردد. تکیه گاه راست شامل چهار گالری GR1، GR2، GR3، GR4 و تکیه گاه چپ شامل گالری های GR1، GR2، GR3، GR4 می باشد [۱]، که با توجه به پارامترهای نفوذپذیری، ویژگی های ناپیوستگی ها نظیر شیب و امتداد و بازشدگی و نوع لیتولوژی دارای ویژگی های مختلفی است. با توجه به بررسی های انجام گرفته، مهمترین معیارها جهت طراحی پرده آب بند در سد سیمره شامل شرایط زمین شناسی نظیر خصوصیات لیتولوژیکی و ساختاری و هیدروژئولوژیکی، تکتونیک منطقه، شرایط کارستیک از نقطه نظر آهکی بودن سنگهای ساختگاه و وجود خلل و فرج انحلالی است که متاثر از شرایط لیتولوژیکی و تکتونیک منطقه ایجاد شده اند.

شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI)

نفوذ پذیری ثانویه در توده سنگهای درزه دار بر مبنای مقدار جذب آب طی آزمایش فشار آب به صورت ضریب نفوذ پذیری بیان می شود. در عمل مقدار هدایت هیدرولیکی در توده سنگ تحت تاثیر مقدار خصوصیات درزه ها نظیر مقدار بازشدگی مسیرها، طول درزه ها، و وجود مواد پر کننده و جنس آنها قرار می گیرد (اورت ۱۹۸۶) و مقدار تخلخل ذاتی بسیار ناچیز بوده و تاثیری در مقدار نفوذپذیری نخواهد داشت [2,3].

نفوذ پذیری ثانویه نیز در توده سنگ بر مبنای مقدار جذب آب در طول درزه ها و مسیرهای هیدرولیکی حین آزمایش برجا در مقطع گمانه تعیین می شود. بر این مبنای Foyo(2004) شاخص نفوذ پذیری ثانویه (SPI) را بصورت رابطه ۱ ارائه می کند:

$$(1) \quad SPI = C \frac{\ln\left(\frac{2l_e + 1}{r}\right)}{2\pi l_e} \cdot \frac{Q}{Ht}$$

که در آن SPI شاخص نفوذپذیری ثانویه، C ضریب ثابت وابسته به ویسکوزیته سیال در دمای ۱۰^۰ برابر با 1.49×10^{-10}

(Snow 1968)، l_e طول مقطع آزمایش بر حسب متر، r شعاع گمانه بر حسب متر، T مدت زمان هر پله فشار بر حسب ثانیه، H فشار کل بر حسب ستون آب بر حسب متر.

واحد SPI بر مبنای جذب آب بر واحد زمان بر واحد سطح $l/s.m^2$ بیان می شود. در نتیجه شاخصی مناسب برای سنگهای درزه دار است که بر مبنای آن می توان توده سنگ را بر اساس نفوذ پذیری طبقه بندی کرد و مقدار هدایت هیدرولیکی را تعیین کرد. با توجه به آنکه بر اساس پارامترهای کلاسیک مانند فشار و جذب آب بنا نهاده شده است نیاز به تبدیل نخواهد داشت [5,6].

طبقه بندی توده سنگ براساس SPI

براساس SPI سنگ به چهار گروه طبقه بندی می‌شود. طبقه بندی ارائه شده خصوصیات ژئو مکانیکی سنگ و خصوصیات مقاومتی را بیان نمی‌کند بلکه تنها سنگ را بر اساس نفوذ پذیری دسته بندی می‌کند.

کلاس A، اگر $SPI \leq 2.16 \times 10^{-14}$ آنگاه سنگ در رده A قرار می‌گیرد و سنگ نفوذ ناپذیر است و نیازی به بهسازی زمین ندارد. این رده معادل سنگی با نفوذ پذیری زیر یک لوژان است. از نظر طبقه بندی براین اساس در رده عالی قرار دارد.

کلاس B، اگر $2.16 \times 10^{-14} < SPI \leq 1.72 \times 10^{-13}$ آنگاه توده سنگ در رده B قرار می‌گیرد.

این رده معادل سنگی با نفوذ پذیری بین ۱ تا ۸ لوژان می‌باشد. وضعیت نفوذ پذیری خوب تا مناسب است و به صورت منطقه‌ای نیاز به بهسازی دارد.

کلاس C، در این رده $1.72 \times 10^{-13} < SPI \leq 1.72 \times 10^{-12}$ که معادل توده سنگی با نفوذ پذیری بیشتر از ۸ لوژان می‌باشد بر اساس این شاخص وضعیت توده سنگ ضعیف است و نیاز به بهسازی دارد.

کلاس D، در این رده $SPI \geq 1.72 \times 10^{-12}$ که براین اساس وضعیت توده سنگ ضعیف است. این رده نشان دهنده شرایط غیر عادی نظیر شرایط کارستیک و یا وجود سنگهایی با درجه بالای درزه داری و باز شدگی است. این رده معادل سنگی با نفوذپذیری بیش از ۸۰ لوژان است و بهسازی بایستی به صورت گسترده انجام پذیرد. با استفاده از طبقه بندی توده سنگ بر اساس SPI و درجه درزه داری (با استفاده از مغزه های حفاری) می‌توان طراحی مناسبی برای بهسازی زمین انجام داد [5,6].

جهت تعیین SPI در هر مقطع بایستی نمودار Pt-SPI برای هر مقطع ترسیم گردد و با توجه به شکل نمودار، رفتار شاخص هر مقطع مقدار SPI تعیین شود. با ترسیم نمودار Pt-SPI-RQD نفوذپذیری در توده سنگ را بر مبنای پارامتر کیفیت توده سنگ (RQD) مورد تحلیل قرار داده است اما باید به این مسائله توجه کرد که در بیشتر مقاطع ارتباط منطقی میان نفوذپذیری (SPI, Lu) و RQD وجود ندارد، در این ارتباط می‌توان به پژوهش انجام گرفته در زمینه عوامل موثر بر نفوذپذیری توده سنگها (هاتف و شهبازی نیا ۱۳۹۳) در سد های مختلف کشور اشاره کرد که در نهایت با پیاده کردن مقادیر نفوذپذیری (Lu) در برابر RQD پراکندگی اطلاعات نسبت به یکدیگر کاملاً مشهود است و نشان دهنده عدم قطعیت و عدم ارتباط مستقیم نفوذپذیری با RQD می‌باشد هر چند در بسیاری از موارد ارتباط میان نفوذپذیری و RQD ارتباط مستقیم است اما در بسیاری از موارد بالا بودن کیفیت توده سنگ نشان دهنده کاهش مقدار نفوذپذیری نخواهد بود و بالعکس [۲]. بنابراین بررسی مقادیر نفوذ پذیری به دست آمده از آزمایش فشار آب بدون شناسایی میزان درزه داری اهمیت چندانی چندانی ندارد (اورت ۸۹). در این راستا جهت بررسی نفوذپذیری و تزریق پذیری بایستی درزه داری نیز مورد توجه و بررسی قرار گیرد [4,5]. در این تحقیق ارتباط میان نفوذپذیری ثانویه (SPI) با درجه درزه داری در هر مقطع آزمایش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

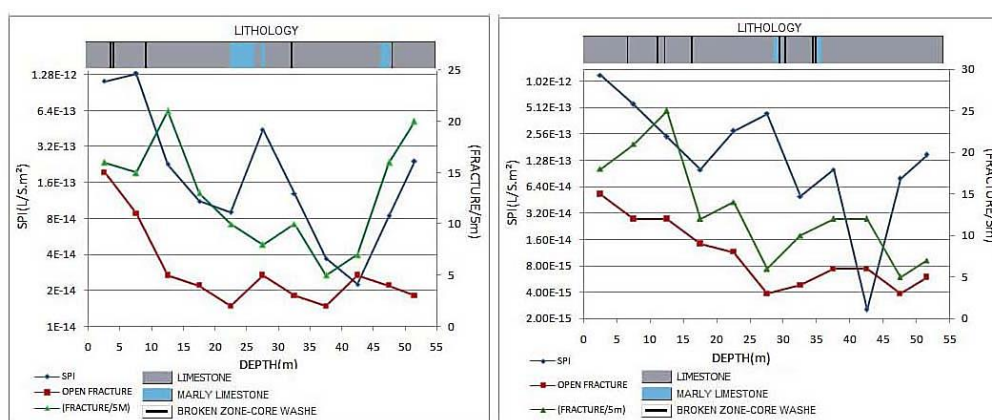
بحث و بررسی

جهت بررسی ارتباط میان درجه درزه داری و نفوذپذیری، گمانه های p19 و p23 از گالری GR1 در تکیه گاه راست و گمانه های P34 و P35 گالری GL1 در تکیه گاه چپ مورد بررسی قرار می‌گیرند. بدین منظور تغییرات SPI در برابر درجه درزه داری و تغییرات لیتولوژی در مقاطع مختلف گمانه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

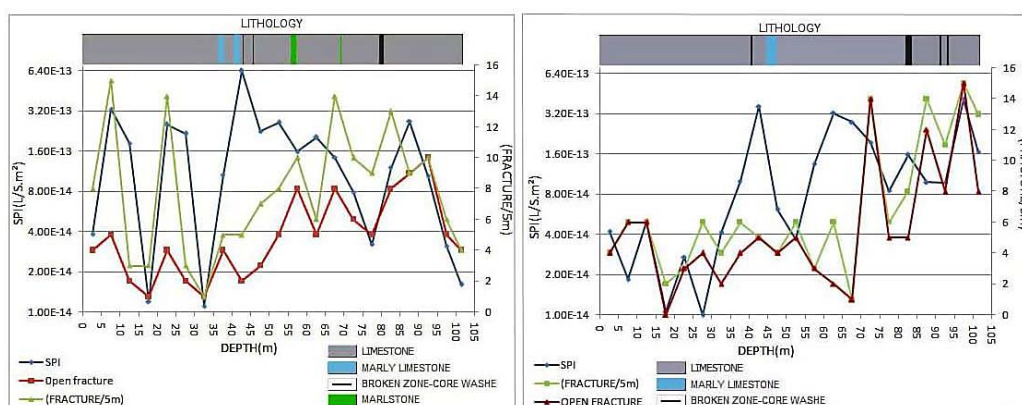
در گمانه P19 گالری GR1 مقدار نفوذپذیری بر مبنای SPI تابعی از تعداد کل درزه ها و درزه های باز شده است. در این گمانه تا عمق ۲۵ متری میان نفوذپذیری و درزه داری ارتباط مستقیم وجود دارد. در مقاطع ۲۵ تا ۴۰ وجود زون خرد شده و حفرات انحلالی سبب افزایش نفوذپذیری در مقاطع فوق شده است. در مقطع ۴۵-۴۰ متری مقدار SPI در کلاس

A قرار می گیرد که نفوذپذیری پایین درزه ها تحت تاثیری بازشدگی اندک درزه ها ایجاد شده اند (شکل ۵). در گمانه P23 نیز نفوذپذیری در غالب مقاطع از تعداد درزه های باز تبعیت می کند. تنها در مقطع ۴۰-۴۵ متری وجود درزه هایی با بازشدگی هیدرولیکی پایین سبب کاهش مقدار SPI شده است. نفوذپذیری بالای مقطع ۵۰-۵۵ نیز احتمالاً تحت تاثیر بازشدگی موثر بالای درزه ها و یا باز شدن درزه های بسته طی فرایند جک هیدرولیکی (Hydraulic jacking) و یا شکست سنگ طی فرایند شکست هیدرولیکی (Hydraulic Fracturing) ایجاد شده است (شکل ۶).

در گمانه P34 گالری GL1 در مقطع ۴۰-۴۵ وجود زون خرد شده سبب افزایش مقدار نفوذپذیری شده است و عدم تناسب نفوذپذیری و درجه درزه داری در مقاطع ۶۰-۶۵ و ۶۵-۷۰ می تواند تحت تاثیر بازشدگی موثر زیاد درزه ها و یا طی فرایند شکست هیدرولیکی حاصل شده باشد (شکل ۷). در گمانه P35 نیز نفوذپذیری بالا از ابتدای گمانه تا عمق ۱۵ متری و در عمق ۲۰ تا ۳۰ متری تحت تاثیر بازشدگی موثر بالای درزه ها قرار گرفته است. در مقطع ۴۰-۴۵ متری نیز وجود زون خرد شده سبب افزایش نفوذپذیری در این مقطع شده است (شکل ۸).



شکل ۵- نمودار SPI-درجه درزه داری در گمانه P19 گالری GR1 شکل ۶- نمودار SPI-درجه درزه داری در گمانه P23 گالری GR1

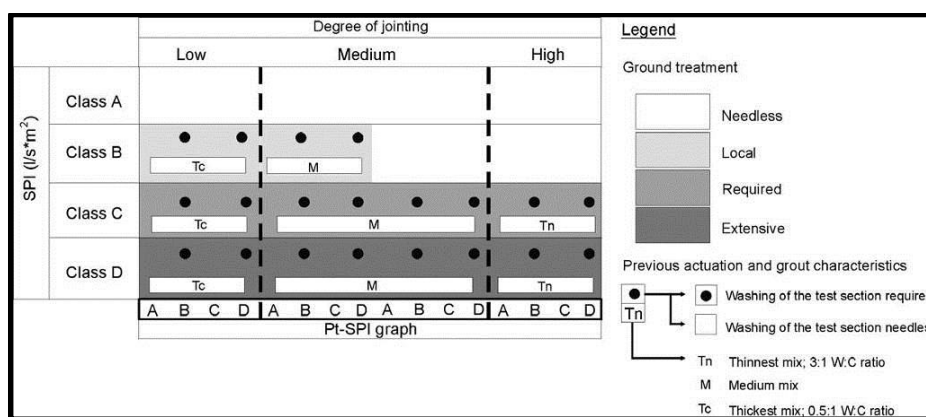


شکل ۷- نمودار SPI-درجه درزه داری در گمانه P34 گالری GL1 شکل ۸- نمودار SPI-درجه درزه داری در گمانه P35 گالری GL1

با قرار دادن SPI در مقابل درجه درزه داری می توان درباره نحوه بهسازی زمین اظهار نظر کرد. طبقه بندی توده سنگ بر اساس SPI این اجازه را می دهد که سنگ پی را به کلاسه های مختلف تقسیم نمود و برای هر بخش نحوه بهسازی را به صورت جدا گانه بررسی کرد.

سنگهایی که در کلاس A قرار دارند نیازی به بهسازی ندارند اما سنگهای کلاس B دو وضعیت متفاوت دارند. اگر میزان درزه داری متوسط و رو به پایین باشد نفوذ پذیری عمدتا مربوط به یک یا دو درزه است و بایستی حتما تزریق شوند، در این حالت بایستی حتما تزریق را با نسبت های غلیظ W/C یعنی ۱:۱ یا ۰/۵:۱ آغاز کرد اما در درزه داری متوسط باید تزریق را با نسبتهای متوسط ۲:۱ شروع کرد. در سنگهایی که در کلاس B قرار می گیرند اگر درزه داری بالا یا متوسط به بالا باشد، بازشدگی درزها ناچیز است و عملا تزریق پذیر نیستند و نیاز به بهسازی ندارند.

اما کلاسهای C و D آسیب پذیری فوق العاده پی سد را نشان می دهد. اگر این میزان نفوذ پذیری مربوط به یک درزه با قابلیت هدایت هیدرولیکی بسیار بالا باشد بایستی از نسبتهای غلیظ ۰/۵:۱ برای تزریق استفاده کرد اما اگر سنگ به شدت درزه دار باشد بایستی از نسبتهای رقیق نظیر ۳:۱ استفاده کرد در حالت بینابین باید برای تزریق از نسبتهای متوسط استفاده نمود (شکل ۹) [5 و 6].

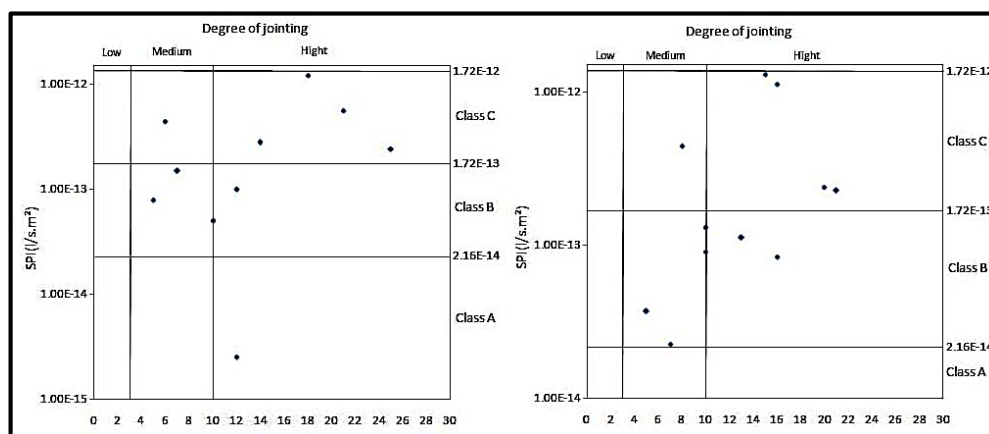


شکل ۹-: بهسازی توده سنگ با توجه به SPI

با ترسیم نمودار SPI در برابر درجه درزه داری در گمانه های P19 و P23 در گالری GR1 و گمانه های P34 و P35 در گالری GL1 می توان در ارتباط با نسبت اختلاط دوغاب در این مقاطع اظهار نظر کرد.

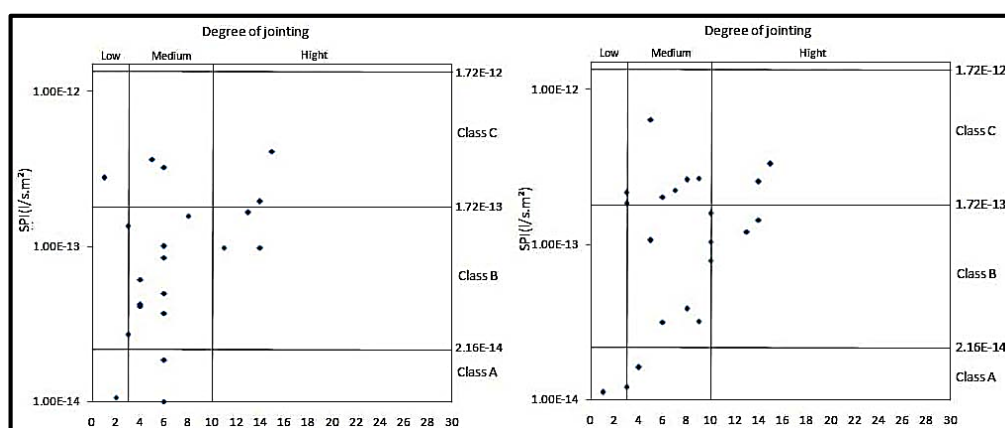
در گمانه P19 در گالری GR1 مشاهده می شود که نفوذپذیری غالب مقاطع در کلاس B با درجه درزه داری متوسط و کلاس C با درجه درزه داری متوسط و بالا قرار می گیرد (شکل ۱۱). و در گمانه P23 نفوذپذیری مقاطع در کلاس B با درجه درزه داری متوسط و بالا و کلاس C با درجه درزه داری بالا قرار می گیرند (شکل ۱۰). بنابراین با توجه به طرح ارائه شده در مقطعی که در کلاس B با درجه درزه داری متوسط قرار می گیرند بهتر است تزریق با نسبت ۲:۱ انجام شود و در شرایط درزه داری بالا بازشدگی درزها ناچیز است و عملیات تزریق پذیر نیستند و در صورت لزوم باید از دوغاب رقیق استفاده کرد. در مقطعی که در کلاس C با درجه درزه داری بالا قرار می گیرند بهتر است تزریق با نسبتهای رقیق نظیر ۳:۱ انجام شود. در گالری GL1 در گمانه P34 نفوذ پذیری غالب مقاطع در کلاس b با درجه درزه داری متوسط و بالا و کلاس C با درجه درزه داری متوسط و بالا قرار می گیرند (شکل ۱۳). در گمانه P35 نیز نفوذپذیری غالب مقاطع در کلاس B و C با درجه درزه داری متوسط و بالا قرار می گیرد (شکل ۱۲).

مقاطع که در کلاس b با درجه درزه داری بالا قرار می گیرند تزریق پذیر نیستند و در شرایط درزه داری متوسط از نسبت ۲:۱ استفاده شود. مقاطعی که نفوذپذیری آنها در کلاس C با درجه درزه داری بالا قرار می گیرند بهتر است تزریق با نسبتهای رقیق نظیر ۳:۱ انجام شود.



شکل ۱۱- ارتباط میان تزریق پذیری و درجه نفوذپذیری در گمانه P19 گالری GR1

شکل ۱۰- ارتباط میان تزریق پذیری و درجه نفوذپذیری در گمانه P23 گالری GR1



شکل ۱۳- ارتباط میان تزریق پذیری و درجه نفوذپذیری در گمانه P34 گالری GL1

شکل ۱۲- ارتباط میان تزریق پذیری و درجه نفوذپذیری در گمانه P35 گالری GL1

نتیجه گیری

در این تحقیق ارتباط میان نفوذ پذیری توده سنگ بر مبنای پارامتر SPI و تزریق پذیری آن با خصوصیات توده سنگ نظیر درزه داری مورد بررسی قرار می گیرد درزه داری مستقل از شاخص کیفیت توده سنگ (RQD) و به صورت مستقل بصورت تعداد درزه ها در هر مقطع در نظر گرفته می شود. بر مبنای پژوهش انجام گرفته ملاحظه می شود که با در نظر گرفتن خصوصیات توده سنگ نظیر درزه داری و رفتار آن حین اعمال فشار می توان ارتباط نسبی میان مقدار نفوذ پذیری و مقدار خورند دوغاب برقرار کرد. نتایج حاصل می تواند در ارتباط با تزریق پذیری توده های سنگی مورد توجه قرار گیرد. برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی در توده سنگ در گمانه های اکتشافی تنها نمی توان به نتایج حاصل از آزمایش فشار آب اکتفا کرد. اما با در نظر گرفتن فراوانی درزه ها، فراوانی درزه های باز (Open joint)، باز شدگی موثر درزه ها، لیتولوژی و جنس واحد های زمین شناسی وجود حفرات انحلالی و عوارض کارستیک و سطوح ضعف نظیر بخش های خرد شده (Broken zone) می توان نفوذپذیری توده سنگ را تفسیر کرد. با توجه به عدم وجود ارتباط مستقیم میان RQD و مقدار نفوذپذیری در مقاطع مختلف استفاده از درزه داری و فراوانی درزه های باز و مقاومت مواد پر کننده می تواند جهت تفسیر مقدار نفوذپذیری موثر باشد. بنابر این می توان طرح اختلاط دوغاب و نسبت W:C را بر مبنای خصوصیات و شرایط

زمین شناسی موجود طبق طرح SPI در برابر درجه درزه داری تعیین کرد و در ادامه در صورت لزوم طرح اختلاط مناسب جهت تزریق را بر مبنای شرایط زمین شناسی و هیدرولیکی درزه های موجود پیشنهاد کرد.

منابع

- ۱- شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۱، گزارش زمین شناسی مهندسی مطالعات مرحله دوم طرح سد و نیروگاه سیمره، ۱۹۵ صفحه.
- ۲- هاتف، ن؛ شهبازی نیا، س. ۱۳۹۳، "بررسی عوامل مؤثر بر نفوذپذیری سنگها با استفاده از نتایج اندازه گیریهای صحرایی خواص سنگ و مقایسه با روابط موجود"، هفتمین کنگره مهندسی عمران، ۸ صفحه.
- 3- Ewert, F., K., (1986), "**Rock grouting with Emphasis on dam Sites**", Springer. Verlag, Berlin-New York-Tokyo, 428p.
- 4- Ewert, F.K., (2005), "**Hydro fracturing of latent discontinuities in rock and implication for successful and economical execution of grouting**", Dam engineering, vol. 16, Issue 1, Wilmington publishing ltd, pp 5~65;
- 5- Foyo, A., Tomillo, C. and Maycott, P. Willis., (1997), "**Geological features, permeability and groutability Characteristics of the Zimapan dam foundation**", Hidalgo State, Mexico, Engineering geology journal, Vol. 46, PP. 157~174;
- 6- Foyo, A., Sanchez, M. and Tomillo, C., (2003) "**A proposal for a Secondary Permeability Index obtained from water pressure tests in dam foundations**": Engineering Geology, Vol. 77, PP. 69~82;

معرفی یک ترکیب کننده تطبیقی برای بهبود کارایی پردازش در کلاستر Hadoop

فرهنگ پدیداران مقدم، ندا صدر*

*Nsadr61@gmail.com

چکیده

زیرساختها و بستر نقل و انتقال نسل آینده برای کلان داده، با چالش ها و مساله های متفاوتی روبرو هستند. از این رو معماری ها و راه حلهای متفاوتی نیز در این زمینه توسط فراهم کنندگان سرویس، ارائه می شود که البته همگی آنها در اهداف مشترکی چون دستیابی به انعطاف پذیری، قابلیت گسترش و صرفه بیشتر، مشترک می باشند. داده های عظیم بدلیل آنکه میزان بسیار بالایی از منابع شبکه را بخود اختصاص می دهد می توانند باعث بروز ازدحام و متعاقبا کاهش بهره وری شبکه و زمان تحویل بسته ها شود. از این رو لازم است جریان های ترافیکی مربوط به داده های عظیم مورد شناسایی قرار گرفته و مسیریابی آنها در شبکه ها با در نظر گرفتن ماهیت این نوع ترافیک صورت گیرد. به همین منظور در این پژوهش روشی جهت بهبود حل ترافیک شبکه با استفاده از ترکیب کننده تطبیقی Combine در تابع Map Reduce معرفی می گردد.

واژگان کلیدی: ترکیب کننده تطبیقی، Map Reduce، Hadoop، Combine

۱-مقدمه

داده های عظیم الگوی ترافیک درون مرکز داده را دچار تغییر و تحول زیادی می کند. در کاربردهای سنتی که مبتنی بر معماری client-server می باشند ترافیک شبکه مراکز داده بصورت شمالی-جنوبی است. این در حالی است که با توسعه کاربردهای داده های عظیم، الگوی ترافیک اصطلاحاً شرقی-غربی در شبکه مراکز داده بسیار زیاد شده است. علاوه بر این، بکارگیری فناوری رایانش ابری در زیرساختهای پردازشی و ذخیره سازی مراکز داده موجب پویایی ترافیک شبکه در این مراکز شده است.

حجم زیاد ترافیک شرقی-غربی، تغییر الگوی ترافیک بصورت پویا و ماهیت بی درنگ از ویژگی های مهم کاربردهای داده های عظیم در شبکه مراکز داده هستند. بنابراین، ایجاد تغییرات اساسی در بخش زیرساخت شبکه ای مراکز داده جهت اجرای کاربردهای متعدد داده های عظیم، بسیار ضروری است. تحلیل داده های عظیم نقش بسزایی در پیشرفت علم در حوزه های مختلف نظیر پزشکی، بهره وری و سود آوری اقتصادی، انرژی و پیش بینی بیماریها دارد. [9]

یکی از مهمترین مسائلی که در رابطه با مدیریت داده های عظیم وجود دارد انتقال این داده ها جهت ذخیره سازی یا پردازش توزیع شده است.

در چهار چوبهای نرم افزاری که برای پردازش و ذخیره سازی داده های عظیم طراحی شده اند، از قبیل Hadoop و MapReduce داده ها بر روی تعداد بسیار زیادی سرور توزیع شده و نتایج حاصل توسط تعدادی سرور دیگر جمع می شود و در صورت نیاز مجدداً بین سرورهای دیگر توزیع می گردد.

در کاربردهای داده‌های عظیم حجم عمده ترافیک بین خود سرورهاست که نیاز به پهنای باند بالا، تاخیر کم بین سرورهای پردازشی از مهمترین نیازمندیهای شبکه‌ای در کاربردهای داده‌های عظیم می‌باشد. علاوه بر این، مقیاس پذیری شبکه در ایجاد ارتباطات نقطه به نقطه بین گره‌های پردازشی از نیازمندیهای مهم دیگر شبکه‌های توزیع شده است. عملیات توزیع بلوکهای داده بین سرورها و تجمیع نتایج و تکرار آن تا زمانی که نتایج مورد نظر حاصل گردد، نیاز به انتقال حجم بسیار زیادی بین گره‌های پردازشی بصورت بی‌درنگ دارد. در این گونه کاربردها الگوی ترافیک بین سرورها کاملاً پویاست. برخلاف مدل سنتی کلاینت-سرور که در آن بیشتر ترافیک بین کلاینتها و سرورهاست. در کاربردهای داده‌های عظیم حجم عمده ترافیک بین خود سرورها و یا اصطلاحاً سرور به سرور است. نیاز به پهنای باند بالا، تاخیر کم بین سرورهای پردازشی از مهمترین نیازمندیهای شبکه‌ای در کاربردهای داده‌های عظیم می‌باشد. علاوه بر این، مقیاس پذیری شبکه در ایجاد ارتباطات نقطه به نقطه بین گره‌های پردازشی از نیازمندیهای مهم دیگر شبکه می‌باشد.

ویژگی‌های کلی شبکه‌های انتقال داده‌های عظیم: [4]

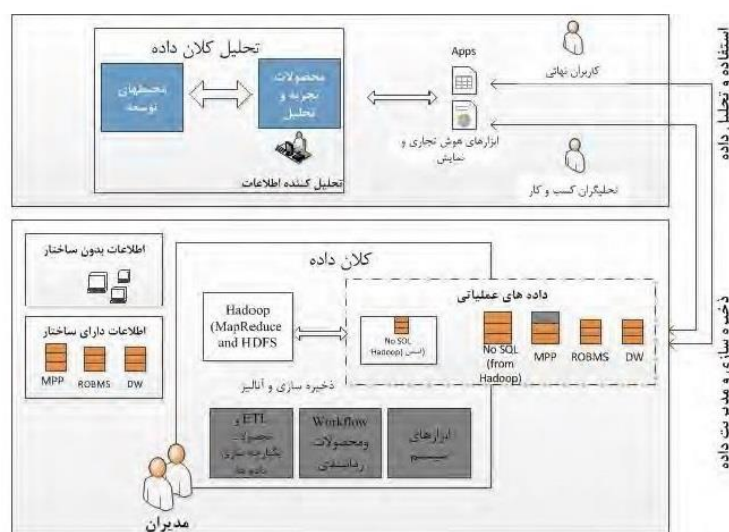
۱- حجم بالای داده‌های در حال انتقال، به همین دلیل پهنای باند و زمان انتقال زیاد خواهد بود.

۲- بجز آمدن ترافیک انفجاری به مدت زیادی در شبکه

۳- گم شدن بسته‌ها

۲- فناوری زیر ساختی کلان داده: [7]

نرم افزار اصلی در بخش زیرساخت داده‌های عظیم Hadoop می‌باشد. بر طبق شکل ۱ این نرم افزار، مدیریت کلان داده در بخش زیر ساخت را برعهده دارد. از Hadoop جهت توزیع، فهرست نمودن، مدیریت و جستجوی داده‌ها در تعداد زیادی سرور که در کنار هم مشغول به فعالیت هستند، استفاده می‌شود. شرکت باهو، این نرم افزار را بر مبنای یک پلتفرم متن باز جستجوی داده بنام MapReduce (در شرکت گوگل ایجاد و گسترش یافته است) ایجاد نمود. سیستم فایل توزیع شده Hadoop (HDFS) برای کار با داده‌ها با حجم پتابایت و اگزابایت که در نودهای مختلف به صورت موازی توزیع شده اند، طراحی شده است.



شکل ۱- سطح بالای پیاده سازی Hadoop

۱-۲ خوشه (کلاستر) Hadoop

نرم افزار هادوپ، که شامل یک سیستم فایل توزیعی شناخته شده به عنوان سیستم فایل توزیع شده Hadoop (HDFS: Hadoop Distributed File System) و MapReduce است، یک فناوری مهم کلان داده می باشد که فراهم کننده زیر ساخت سیستم فایل قابل توسعه بوده و امکان توسعه جهت عملیات پرس و جو، دسترسی و مدیریت داده ها به شکل بسیار سریع در شبکه های بزرگ و کلان داده را در اختیار قرار میدهد. [3]

این سیستم در پایه ای ترین سطح پیاده سازی خود، چهار نوع گره منحصر بفرد با نام گره داده، گره کلاینت، گره نام، و ردیاب کار (job tracker) جهت فهرست نویسی (cataloging)، ردیابی (tracking) و مدیریت داده در سراسر زیرساخت را دارد.

قابلیت های این چهار نوع گره بطور کلی به شرح زیر است: [2]

- گره داده: گره های داده، مخازنی برای داده ها هستند که دارای چندین زیر ساخت پایگاه داده های کوچک بوده و در سراسر منابع پردازش و ذخیره سازی در سراسر زیرساخت توسعه داده شده اند.

- کلاینت: نشان دهنده واسط کاربر با کلان داده و موتورهای پرس و جو است. کلاینت می تواند یک سرور یک کامپیوتر خانگی با واسط کاربری متداول باشد.

- گره نام: برای کلان داده معادل روتر آدرس است، این گره از اندیس و موقعیت هر گره را نگهداری می کند.

- ردیاب کار: نشان دهنده مکانیزم نرم افزاری ردیابی کار برای توزیع و تجمیع تقاضاهای پرس و جو در چندین گره به منظور تجزیه و تحلیل نهایی کلاینت است.

در هر گره داده، ممکن است ده ها سرور و یا عناصر ذخیره سازی داده وجود داشته و لایه سویچینگ درونی آن هر عنصر ذخیره سازی را به تمامی خوشه Hadoop متصل می کند.

زیر ساخت کلان داده، داده ها را به گره های افقی کوچکتری تقسیم می کند، که بطور طبیعی این کار موجب تاخیر در سراسر گره ها خواهد شد

امروزه Hadoop و بسیاری از زیرساختهای محاسبات ابری به صورت خوشه اجرا می شوند و حجم عظیم داده ها را که میان چندین گره توزیع شده اند، را نیز مدیریت می کنند. دلیل این امر این است که افزایش کارایی را نیز به همراه داشت، این است که خوشه ها (کلاسترها) سیستم هایی مانند هادوپ، پردازش را در درون خود بصورت موازی انجام میدهند.

برای فراهم کردن شرایط استفاده از هادوپ، شبکه باید شرایطی به این شرح داشته باشد: [5]

- محلی بودن داده ها: کار بر روی داده ها، توسط نودهای توزیع شده Hadoop که فعالیتهای خود را بطور موازی انجام می دهند، باعث ایجاد ترافیک شرق به غرب قابل توجهی می شود که نامناسب بودن ارتباطات شبکه ای تاثیری منفی بر آن خواهد داشت. زیرساخت شبکه برای فراهم کردن عملکرد بهینه Hadoop باید پهنای باند بالا، تاخیر کم و ارتباط یک به همه برای تمامی گره ها داشته باشد.

- مقیاس پذیری: فرآیند توسعه زیرساخت کلان داده با خوشه های کوچک آغاز و پس از اطمینان از عملکرد مناسب ادامه می یابد.

۲-۲ اسکالادی مپ ردیوس [1]

در سالهای اخیر نرخ رشد داده ها افزایش چشم گیری داشته است. بر این اساس به چهارچوبی قدرتمند برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده های عظیم نیاز داریم. در این راستا، شرکت گوگل چهارچوبی با نام MapReduce ارائه داده است، که راه حلی کارا و کم هزینه برای اجرای الگوریتمهای همزمان دارد. Hadoop نسخه متن باز MapReduce است.

مپ ردیوس چهارچوبی مناسب برای حل این مشکل است. این چهارچوب پیچیدگی های برنامه نویسی موازی همانند توزیع داده ها، زمان بندی، و خرابی گره را برطرف میکند.

※نگاشت-کاهش: یک روش برنامه نویسی است که برای حل مسایل کلان داده از آن استفاده میشود. این روش یک روش مقیاس پذیر و توزیع پذیر می باشد و از معماری نگاشت-کاهش بخوبی برای حل مسایل در حوزه های گوناگون استفاده می نماید.

اسکادی مپ ردیوس مشکلات ناکارآمدی در استفاده از سخت افزار، گلوگاه در شبکه و محلی سازی داده ها را کاملاً حل می نماید. به منظور اینکه هر مساله در نگاشت-کاهش بصورت کارا حل شود باید هر گره محاسبات مربوط به خود را بصورت مستقل انجام دهد. با این روش هزینه تبادل اطلاعات بین گره ها به صفر میرسد و تنها نتایج محاسبات بر روی شبکه ارسال می شود.

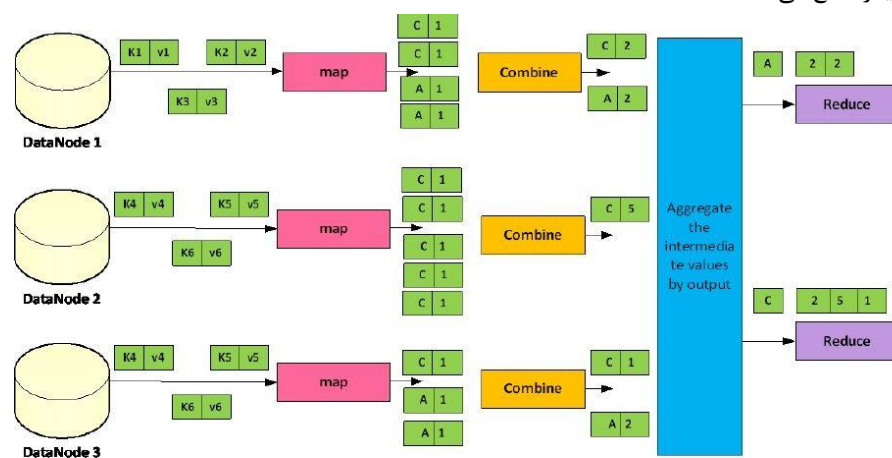
در مسایل مربوط به نگاشت-کاهش سه رکن اساسی وجود دارد: معماری سخت افزاری، داده و الگوریتم. در این چهارچوب، کاربر توابع Map و Reduce را تعریف می کند. تابع Map با استفاده از جفت کلید/مقدار ورودی، جفت کلید/مقدار میانی را محاسبه می کند. سپس تابع Reduce جفتهای کلید/مقدار با کلید میانی یکسان را باهم ادغام می کند. در چهارچوب Map Reduce تابع دیگری با نام Combine تعریف می شود. تابع Combine در Map اجرا میشود و معمولاً مشابه با تابع Reduce است. تعریف تابع Combine اختیاری می باشد. باین حال، تابع Combine میزان ترافیک شبکه را کاهش داده و سربار پردازش CPU را افزایش میدهد.

در اینجا روشی نوین برای بهبود کارایی فرآیند MapReduce ارائه میشود که از ترکیب کننده تطبیقی استفاده می کند و بر مبنای میزان ترافیک شبکه فعال می شود.

※تابع Combine در Map Reduce [6],[8]

برای ارزیابی عملکرد این روش از برنامه شمارش کلمات استفاده شده است. دلیل استفاده از این برنامه نقش مهم تابع Combine در زمان گردش کار آن است.

در هنگام اجرای برنامه شمارش کلمات، احتمال دارد فرکانس برخی از کلیدهای میانی تولید شده توسط تابع Map زیاد باشد. به عنوان مثال ممکن است یکی از وظایف Map تعداد زیادی جفت $\langle x, 1 \rangle$ تحت شبکه ارسال می کند و بنابراین میزان ترافیک و تاخیر در شبکه افزایش می یابد. استفاده از تابع کمباین در این شرایط باعث بهبود کارایی می گردد. بدین صورت که تابع کمباین رکوردهای میانی را که دارای کلیدهای مشابه هستند و توسط Map ایجاد شده اند با یکدیگر جمع می کند.



تابع combine در MapReduce

شکل ۲- تابع Combine در MapReduce

در شکل ۲ مپ دوم را در نظر بگیرید، این مپ پنج رکورد با کلید یکسان $\langle c, 1 \rangle$ تولید می کند. در صورت استفاده از تابع کمباین، این پنج رکورد تنها به یک رکورد $\langle c, 5 \rangle$ تبدیل شده و تحت شبکه به Reduce ارسال می شود. اگرچه تابع Combine سربار پردازش را افزایش می دهد اما از سوی دیگر، خروجی تابع combine در فایل میانی نوشته شده و تحت شبکه به تابع Reduce ارسال می شود. و بنابراین استفاده از این تابع باعث کاهش حجم داده های عبوری از شبکه می شود. به عبارت دیگر بین زمان پردازش محلی و ترافیک شبکه نسبت عکس وجود دارد. تصمیم گیری در مورد اجرای تابع Combine بر مبنای نرخ لحظه ای ترافیک شبکه انجام میشود. تعداد گره ها به عنوان معیاری برای تعیین میزان ترافیک شبکه بکار رفته و از فیلتر آلفا-بتا برای بدست آوردن حد آستانه در تصمیم گیری استفاده شده است. از این حد آستانه برای تصمیم گیری در مورد اجرا و عدم اجرای تابع Combine استفاده می کند.

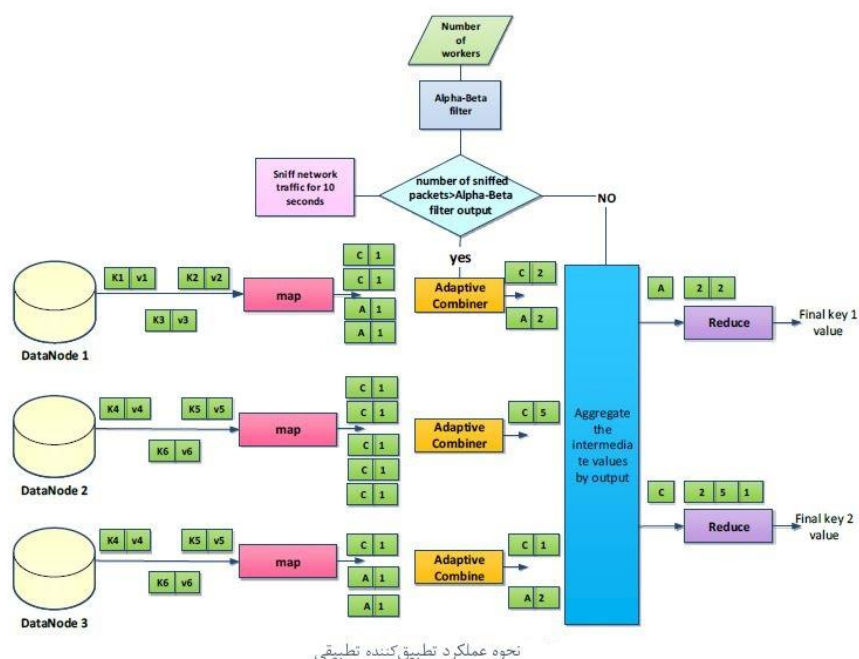
*فیلتر آلفا-بتا:

فیلتر آلفا-بتا دو وضعیت درونی دارد. وضعیت اول از مجموع مقادیر وضعیت دوم حاصل می شود.

فیلتر آلفا-بتا
Require: dt, xk-1, vk-1, a and b Define xm, xk, vk While(True) 1: xm = rand() % 100; // input signal 2: xk = xk-1 + (vk-1 * dt) 3: vk = vk-1 4: rk = xm - xk 5: xk += a * rk; 6: vk += (b * rk) / dt; 7: xk-1 = xk; 8: vk-1 = vk; 9: return xk-1

شکل ۳-فیلتر آلفا بتا

dt: بازه زمانی بین هربار تکرار مجدد الگوریتم، vk: شتاب، xk: وضعیت را مشخص می کنند. با توجه به شکل ۳، این الگوریتم ابتدا یک مقدار تصادفی تولید می کند (خط ۲ الگوریتم) و سپس xk بر مبنای فرمول ۱ (خط ۶ الگوریتم) محاسبه می شود. بدلیل اینکه شتاب ثابت در نظر گرفته شده، الگوریتم ارایه شده از نوع ایستا است و بنابراین $vk = vk-1$ (خط ۳ الگوریتم). در ادامه احتمال نویز یا خطا محاسبه می شود (خط ۴ الگوریتم). سپس مقدار آلفا در احتمال (rk) ضرب شده و با xk جمع میشود (خط ۵ الگوریتم). سپس مقدار جدید vk محاسبه می شود. بعد مقادیر جدید برای $xk-1$ و $vk-1$ تنظیم شده و مقادیر $xk-1$ را بعنوان خروجی برمیگرداند.



شکل ۴- نحوه عملکرد تطبیق کننده تطبیقی

با توجه به فرآیند شکل ۴، ابتدا واسط شبکه شناسایی و سپس با شنود ترافیک شبکه تعداد بسته ها در بازه زمانی ۱۰ ثانیه ای شمارش می شوند. با اجرای وظیفه Map جفت کلیدهای کلید/مقدار میانی براساس جفت‌های کلید/مقدار ورودی تولید می گردد. پس از آن فیلتر آلفا-بتا حد آستانه را تعیین نموده و درمورد اجرا یا عدم اجرای تابع Combine تصمیم میگیرد. در صورت تصمیم به اجرا تابع Combine، از تابعی مشابه با تابع Reduce استفاده کرده و نتایج را به وظایف Reduce ارسال مینماید.

نتیجه گیری

Hadoop یک فناوری مهم کلان داده می باشد که فراهم کننده زیر ساخت قابل توسعه بوده و امکان توسعه افقی جهت عملیات پرس و جو، دسترسی و مدیریت داده ها به شکل بسیار سریع را در اختیار قرار می دهد. همچنین مجازی سازی سوییچینگ فابریک نیز یکی از ویژگیهای مهم زیر ساختهای نسل آینده برای کلان داده است، چرا که این ویژگی، اجازه می دهد تا چندین مولفه شبکه به عنوان یک مولفه متحد شناخته شوند. در این مقاله، برای بهبود کارایی پردازش در کلاستر Hadoop استفاده از یک ترکیب کننده تطبیقی، بررسی شد. ترکیب کننده تطبیقی میان نرخ ترافیک شبکه و زمان مصرف پردازشگر توازن برقرار میکند. ترکیب کننده تطبیقی پیشنهادی کارایی Hadoop می بخشد.

منابع

- [1]: Amr Osman, Mohamed El-Refaey, Ayman Elnaggar; (2013) Towards Real-Time Analytics in the Cloud; IEEE Ninth World Congress on Services
- [2]: A. R. Curtis, W. Kim, and P. Yalagandula, , (2011) "Mahout: Low-overhead datacenter traffic management using end-host-based elephant detection," in INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE, pp. 1629-1637.
- [3]: H. T. Viet, Y. Deville, O. Bonaventure, and P. Francois, (2011) "Traffic engineering for multiple spanning tree protocol in large data centers," in Teletraffic Congress (ITC), (2011) 23rd International, pp. 23-30.

- [4]: H. W. Park, I. Y. Yeo, J. R. Lee, and H. Jang, (2014), "Study on network architecture of big data center for the efficient control of huge data traffic," Computer Science and Information Systems, pp. 67-67.
- [5]: M. Al-Fares, S. Radhakrishnan, B. Raghavan, N. Huang, and A. Vahdat, (2010) "Hedera: Dynamic Flow Scheduling for Data Center Networks," in NSDI, pp. 19-19.
- [6]: Shvachko, K. ; Hairong Kuang ; Radia, S. ; Chansler, R., (2010) "*Mass Storage Systems and Technologies (MSST)*," The Hadoop distributed file system, Vols. pp. 1-10, IEEE symposium,
- [7]: T. White, (2012) Hadoop-The Definitive Guide: Storage and Analysis at Internet Scale, O'Reilly.
- [8]: <http://hadoop.ir/> آموزش-mapreduce
- [9][1]: X. Yi, F. Liu, J. Liu, and H. Jin, "Building a Network Highway for Big Data: Architecture and Challenges."

طراحی جدول زمانبندی آموزشی خودکار بر پایه مدل ریاضی؛ مطالعه موردی :
دانشکده مدیریت دانشگاه هوایی شهید ستاری
محمد روانبخش، رسول کریمی طاهر

طراحی دوره های بین رشته ای دانشگاهی با محوریت فناوری اطلاعات
محسن گرامی، رضا باقری اصل، مازیار مباشری

ارائه مدلی براساس روش مونت کارلو و زنجیره مارکوف به منظور پیش بینی
میانگین سرعت باد در استان خوزستان
حسن شاه محمد، پوریا شکسته بند، ندا سالمی

بررسی ارتباط بین شاخص نفوذپذیری ثانویه SPM₁₀ (با خوردند دوغاب در توده
سنگ ساختگاه سد سیمره
احسان معتمدالشریعتی، ابراهیم شریفی تشنیزی، رسول اجل لوتیان

معرفی یک ترکیب کننده تطبیقی برای بهبود کارایی پردازش در کلاستر Hadoop
فرهنگ پدیداران مقدم، ندا صدر

پژوهش های نوین مهندسی

۰۲۱ ۳۳۲ ۰۲۴۸۷



۰۲۱ ۴۳۸۵۷۱ ۲۴

۰۲۶ ۳۲۷۲۴۷۸۷

۰۲۶ ۳۲۷۲۴۷۱۵۸

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