شرکت مهندسی

قدس نیرو

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۲۸ - زمستان ۱۳۸۷

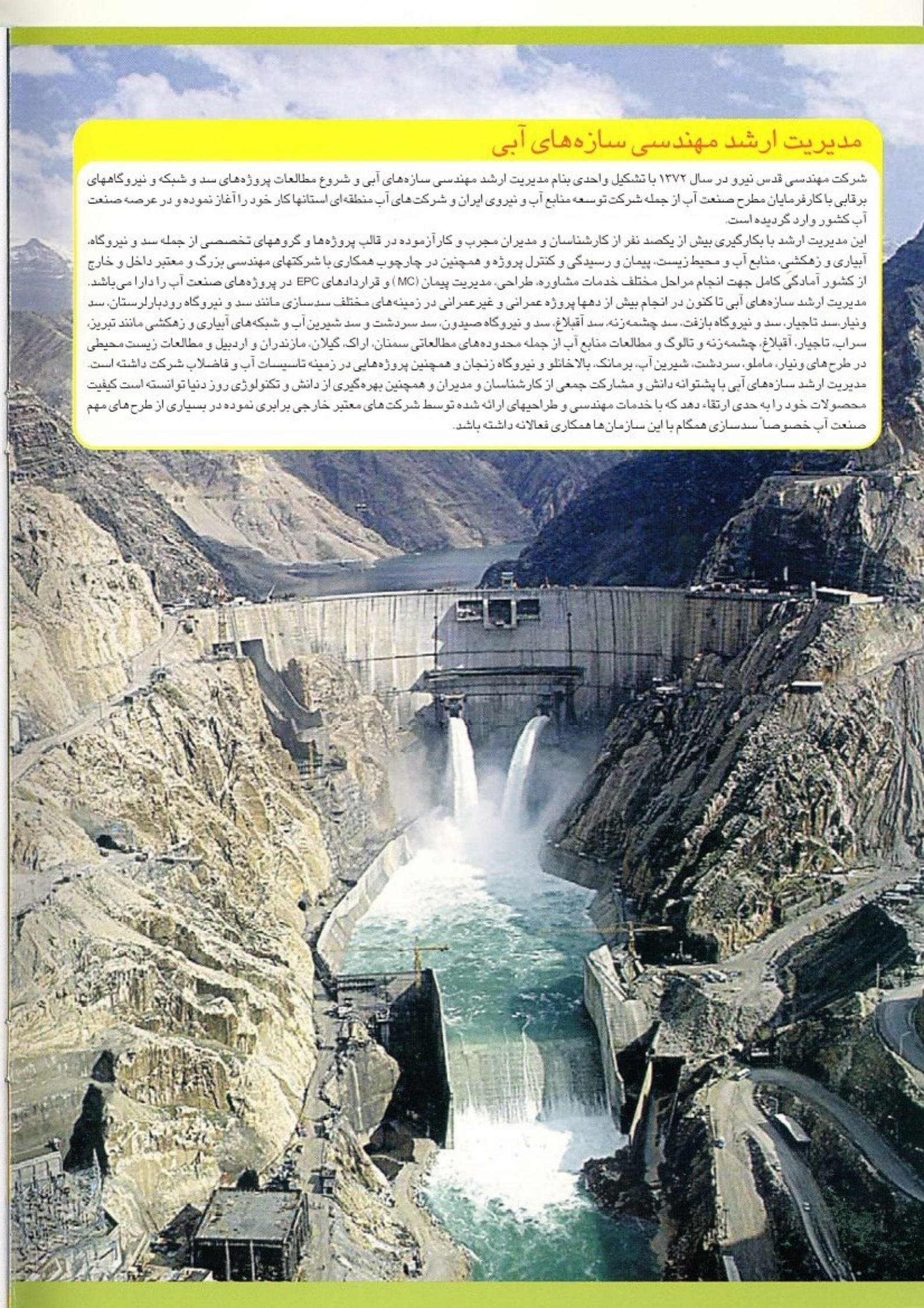
مدیریت ارشد مهندسی سازه‌های آبی

شرکت مهندسی قدس نیرو در سال ۱۳۷۲ با تشکیل واحدی بنام مدیریت ارشد مهندسی سازه‌های آبی و شروع مطالعات پروژه‌های سد و شبکه و نیروگاههای برقابی با کارفرمایان مطرح صنعت آب از جمله شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران و شرکت های آب منطقه‌ای استانها کار خود را آغاز نموده و در عرصه صنعت آب کشور وارد گردیده است.

این مدیریت ارشد با بکارگیری بیش از یکصد نفر از کارشناسان و مدیران مجرب و کارآزموده در قالب پروژه‌ها و گروههای تخصصی از جمله سد و نیروگاه، آبیاری و زهکشی، منابع آب و محیط زیست، پیمان و رسیدگی و کنترل پروژه و همچنین در چارچوب همکاری با شرکتهای مهندسی بزرگ و معتبر داخل و خارج از کشور آمادگی کامل جهت انجام مراحل مختلف خدمات مشاوره، طراحی، مدیریت پیمان (MC) و قراردادهای EPC در پروژه‌های صنعت آب را دارا می‌باشد.

مدیریت ارشد سازه‌های آبی تا کنون در انجام بیش از دهها پروژه عمرانی و غیرعمرانی در زمینه‌های مختلف سدسازی مانند سد و نیروگاه رودبارلرستان، سد ونیار، سد تاجیار، سد و نیروگاه بازفت، سد چشمه‌زنه، سد آقبلاغ، سد و نیروگاه صیدون، سد سردشت و سد شیرین آب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی مانند تبریز، سراب، تاجیار، آقبلاغ، چشمه‌زنه و تالوگ و مطالعات منابع آب از جمله محدوده‌های مطالعاتی سمنان، اراک، گیلان، مازندران و اردبیل و مطالعات زیست محیطی در طرح های ونیار، ماملو، سردشت، شیرین آب، برمانک، بالاخانلو و نیروگاه زنجان و همچنین پروژه‌هایی در زمینه تاسیسات آب و فاضلاب شرکت داشته است.

مدیریت ارشد سازه‌های آبی با پشتوانه دانش و مشارکت جمعی از کارشناسان و مدیران و همچنین بهره‌گیری از دانش و تکنولوژی روز دنیا توانسته است کیفیت محصولات خود را به حدی ارتقاء دهد که با خدمات مهندسی و طراحیهای ارائه شده توسط شرکت های معتبر خارجی برابری نموده در بسیاری از طرح های مهم صنعت آب خصوصاً سدسازی همگام با این سازمان ها همکاری فعالانه داشته باشد.



بسمه تعالی

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۲۸- زمستان ۱۳۸۷

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد

سـر دبیـر : مهندس فتانه دوستدار

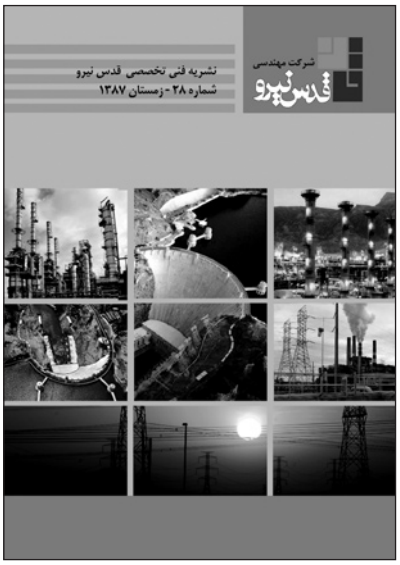
با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس علی شاه‌حسینی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت داوران:

مهندس پورنگ‌پاینده، مهندس مسعود حبیبا...زاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس محمدرضا رضایی، مهندس رضا رضوی، مهندس محمد حسن زرگرشوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهندس فرهنگ شعفی، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیر همایون فتحی، مهندس بهرام کرمانی، مهندس علی اصغر کسائیان، مهندس محسن کمالی زاده، مهندس وحید مرتضوی، مهندس رضا میرمحمدی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس بهروز هنری.



معرفی	**۱**
نقش مدیریت حوزه آبریز در حفاظت از منابع آب شرب شهری- مهندس میرداود حسینی میلانی و مهندس سید آرش حسینی میلانی	**۲**
بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان- مهندس سودابه نشاسته ریز	**۱۰**
کاربردهای توربین‌های بادی کوچک و بررسی استفاده آنها در ایران- مهندس مسعود فاخری و مهندس مجید حقیقی	**۱۸**
کاربرد مهندسی اجتماعی در نقض امنیت اطلاعات- مهندس سالار شایان‌فر	**۲۳**
انتخاب سرگروه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با به‌کارگیری الگوریتم منطق فازی- مهندس مریم بن‌عباس	**۳۰**
آنالیز پایداری شیروانی‌های خاکی مسلح به روش‌های اجزاء محدود و تعادل حدی- مهندس محسن معجزی و مهندس علی فرهادی	**۴۲**

این نشریه از طریق اینترانت قدس‌نیرو در دسترس همکاران می‌باشد. ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترانت قدس‌نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان‌پذیر می‌باشد.

نقش مدیریت حوزه آبریز در حفاظت از منابع آب شرب شهری

میرداود حسینی میلانی

مدیریت ارشد مهندسی سازه های آبی

سید آرش حسینی میلانی

مدیر بخش مدیریت آبخیزها- شرکت مهاب قدس

مقدمه

هدف از این مقاله معرفی الگوهای همکاری مدیریت آب شهری در حفاظت منابع آب حوزه‌های آبریز و امکان‌سنجی اجرای آن در حوزه آبریز سد لتیان است. چهار راهبرد مشارکت و همکاری، ارزیابی و پایش آبخیزها، مدیریت کاربری اراضی و تملک زمین در سطح جهانی مطرح هستند. سد لتیان نمونه خوبی برای بررسی تغییرات بهره‌برداری در سرزمین و پیامدهای حاصل از آن است. طی سالهای ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۰ تغییرات مهمی‌در حوزه لتیان رخ داده است. کاهش شدید اراضی دیم و چهار برابر شدن سطح باغات، رشد ۱۵۷ درصد جمعیت دام، ۱۰ برابر شدن بازدیدکنندگان، رشد ۱/۳ درصد جمعیت حوزه به نفع جمعیت شهرنشین حوزه و کاهش جمعیت روستایی منطقه از جمله این تغییرات هستند. پیامدهای این تغییرات کاهش حدود ۳۰ درصدی ظرفیت مفید مخزن در اثر انباشت رسوبات خطر تغذیه‌گرایی مخزن و آلودگی میکروبی شدید رودخانه می‌باشد. چهار طرح عمده اصلاحی در دست اجرا در جهت مقابله با تخریب محیط تشریح شده است. پس از بررسی نقاط قوت و ضعف، فرصتها و تهدیدها ۵ راهبرد کلان ارائه گردیده است که عبارتند از تشکیل شورای حوزه آبریز سد لتیان به منظور ایجاد هماهنگی، تأمین مالی اقدامات حفاظتی از محل فروش آب شهری و اخذ ورودیه از بازدیدکنندگان، تهیه طرح آمایش حوزه و سیاست‌گذاری زمین، اصلاح قوانین حریم مخازن و رودخانه و پایش و ارزیابی کیفیت آب و رسوب‌سنجی مخزن سد.

۱- تجارب جهانی

به طور کلی در سطح بین‌المللی ۴ راهبرد کلان در حفاظت از منابع آب شهری تجربه شده است. این راهبردها عبارتند از مشارکت و همکاری، ارزیابی و پایش آبخیزها، مدیریت کاربردی اراضی در آبخیزها و تملک زمین، در ادامه از تجارب موفق اجرای راهبردها مثالهایی تشریح می‌گردد.

۱-۱- راهبرد مشارکت و همکاری

از آنجایی که بخش عمده‌ای از منابع آب مورد نیاز شهرها در آبخیزهای مجاور اراضی حومه آنها قرار دارد. اجرای برنامه‌های حفاظتی غالبا" با منافع و تقاضاهای آبخیزنشینان تزاحم و تداخل پیدا می‌کند. رفع این منازعات جز از راههای مسالمت‌آمیز و قانونی که دربرگیرنده حقوق طرفین و دربرگیرنده پایداری محیط زیست باشد میسر نیست. یکی از ابزارهای مؤثر، همکاری و مشارکت جوامع ذینفع چه از طریق ایجاد کمیته‌های برنامه‌ریزی آبخیز به صورت رسمی و چه با برقراری روابط صمیمانه و درازمدت به صورت غیررسمی می‌باشد. اصلی‌ترین گام در راه ایجاد مشارکت و همکاری، مشارکت مؤثر در انتقال و تبادل اطلاعات و داده‌ها می‌باشد. پذیرش حوزه اختیارات قانونی سازمانها و ادارات مسؤل در حوزه آبخیز نیز، پیش شرط فعالیتها محسوب می‌گردد. الگوهای متفاوتی از همکاری و مشارکت سازمانهای آب در سطح حوزه‌های آبخیز مطرح می‌باشد. در الگوی نخست که در حوزه آبخیز اکتوارو[1] در ایالت پنسیلوانیا به اجرا درآمده است سازمان آب شهری هزینه‌های پشتیبانی و اداری از جمله محل کار را برای انجمن آبخیزداری حوزه فراهم نموده است. انجمن مذکور با قدمتی ۳۰ ساله از کشاورزان محلی تشکیل شده است که به حفاظت سرزمین خود اعتقاد دارند. انجمن مذکور موفق گردیده که عملیات حفاظتی را با شرایط حوزه تطبیق داده و با کمک کشاورزان علاقمند به ترویج تکنیکهای مؤثر حفاظت خاک بپردازند.

1- Octorao

همچنین این انجمن به زارعین در اخذ وام و کمک‌های مالی از سازمان حفاظت محیط زیست و سایر نهادها کمک می‌کند. در این الگو کلیه اقدامات حفاظتی از طریق مردم محلی صورت می‌پذیرد و سازمان آب نقش پشتیبانی را دارا می‌باشد. در الگوی دوم سازمان آب، سازمانها و ادارات محلی حوزه آبخیز را در انجام وظایف خود یاری رسانده و در مقابل از ابزارهای قانونی و اختیارات اداری آنها برای حفاظت حوزه‌های آبریز بهره می‌برد. اداره آب شهر سیراکوس که عهده‌دار تأمین آب شهری با جمعیت ۱۶۰ هزار نفر است و جهت حفاظت از منبع تأمین آب شهردار دریاچه اسکانیتل[1] با سه سازمان محیط‌زیست، اداره بهداشت و شهرداری‌های محلی همیاری می‌نماید. با توجه به حضور پیوسته مأموران سازمان آب در اطراف دریاچه، سازمان محیط‌زیست از آنها در پایش دریاچه استفاده کرده و در مقابل بدون نظر اداره آب هیچگونه اجازه ساخت و ساز و مجوز بهره‌برداری داده نمی‌شود. همکاری مشابهی نیز بین اداره آب و مرکز بهداشت شهرستان وجود دارد، به این ترتیب که در ازای بازرسی عملکرد سیستم‌های سپتیک، اداره آب این امکان را یافته که با بررسی مجوزهای ساختمان‌سازی در داخل محدوده شهری، جلوی اقدامات مخرب کیفیت آب را سد کند. در الگوی سوم، همکاری اداره آب سانفرانسیسکو به طور رسمی یک گروه کار آبخیزداری در حوزه آبخیز (Hecth- Hacthy) براساس مجوز قانون فدرال «حفاظت از آبهای شرب» تشکیل داده است و دو برنامه آبخیزداری و پایش منابع آلاینده حوزه مذکور را در دست انجام دارد. در گروه کار مذکور تلاش گردیده کلیه گروههای ذینفع و سازمانهای مرتبط عضویت داشته باشند تا در تهیه و اجرای برنامه آبخیزداری حوزه، فعالانه مشارکت نمایند. گروه کار مذکور وظیفه پشتیبانی فنی- اطلاعاتی و خدمات اداری را برعهده داشته و با ایجاد بانک اطلاعاتی تبادل داده‌ها را تسریع می‌نماید. همچنین گروه کار آبخیز در زمینه اصلاح قوانین مربوط به مدیریت اراضی، جذب منابع مالی فعال می‌باشد. شرط موفقیت الگوی مذکور، ضمانت اجرایی قوانین و مقررات ملی در حمایت از برنامه آبخیزداری و التزام سازمانهای ذیربط به همکاری کامل است.

۱-۲- راهبرد ارزیابی و پایش آبخیزها

ارزیابی و پایش آبخیزها در شناسایی عوامل تخریب حوزه بسیار مؤثر می‌باشد به طور مثال می‌توان به اندازه‌گیری منظم نیترات آب اشاره کرد که بررسی تغییرات آن، شناسایی منابع آلاینده محلی را تسهیل می‌نماید. علاوه بر این مونیتورینگ وضعیت آب، می‌تواند عملکرد حاصل از اقدامات اصلاحی و حفاظتی را قابل ارزیابی نماید. به طور مثال اداره آب پرتلند در ایالت ارگون، آب شهر ۸۰۰ هزارنفری پرتلند را از حوزه آبخیز جنگلی تأمین می‌کند. این حوزه تحت مدیریت سرویس جنگلداری امریکا می‌باشد. به دلیل عدم استفاده از فیلتراسیون در سیستم تصفیه آب شهری، آگاهی از وضعیت گل‌آلودگی رودخانه، متصدیان تصفیه‌خانه را قادر می‌سازد تا با خارج کردن سیستم از مدار بطور موقت از چاههای منطقه استفاده کنند. بنابراین با ایجاد ۵ ایستگاه، اندازه‌گیری در مسیر رودخانه، تقسیم‌کاری بین سازمانهای ذیربط صورت گرفته است به این ترتیب که هزینه آزمایشات برعهده اداره آب و برداشت نمونه با سازمان زمین‌شناسی است (این سازمان متولی ملّی اندازه‌گیری کیفیت و کمیت آب در امریکا است) در صورت وقوع سیلابهای با گل آلودگی سیستم پایش مدیریت تصفیه‌خانه را به منظور اقدامات پیشگیرانه هوشیار می‌سازد.

۱-۳- راهبرد مدیریت کاربری اراضی در آبخیزها

با توجه به نوع کاربری اراضی در حوزه‌های آبخیز، عوامل مخرب کیفیت آب متعدد و متنوع می‌باشند، به طور مثال در آبخیزهای جنگلی، بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل، در آبخیزهای روستایی، پساب‌های کشاورزی و در آبخیزهای شهری گسترش سطوح غیرقابل نفوذ و افزایش هرزآب می‌توانند مشکل‌ساز باشند. در این زمینه تجربه حفاظت منابع آب شهر نیویورک قابل ذکر است. با توجه به روند رو به رشد مصرف کود و سم در حوزه‌های آبخیز کروتون، کاتسکیل و دلاور، اداره حفاظت محیط‌زیست نیویورک با کمک اداره آب نیویورک اقدام به اجرای پروگرام اصلاح عملیات کشاورزی حوزه نموده و منابع مالی طرح را مشترکا" تأمین می‌کنند.

در ۱۹۹۳ سازمانی غیرانتفاعی به نام انجمن کشاورزی آبخیز با هدف ایجاد پذیرش پروگرام حفاظتی در بین زارعین تشکیل گردید. انجمن مذکور نحوه مصرف اعتبارات را تعیین کرده و کلیه طرحهای کشاورزی را بررسی و تصویب می‌کند. تمامی‌این طرحها توسط تیم‌های محلی مرکب از متخصصین سرویس حفاظت آب و خاک، اداره خدمات کشاورزی و سرویس حفاظت منابع طبیعی تهیه می‌گردد. طرحهای مذکور براساس سه دسته اقدامات کنترل منابع آلاینده، کنترل کاربری اراضی و کنترل حریم رودخانه تدوین می‌شود. از جمله دستاوردهای مهم طرح، مدیریت بهینه کودهای نیتراته است که به کشاورزان در کاهش هزینه‌ها کمک نموده و از سوی دیگر غلظت نیترات را در آبهای سطحی کم کرده است. علاوه بر این بهبود شرایط نگهداری دامها از بروز امراض پیشگیری کرده و در نتیجه مصرف داروهای دامی‌که حاوی پاتوژنهای خطرناک برای سلامت آب شهروندان است، کاهش یافته است.

1- Skaneatcle

۱-۴- راهبرد تملک اراضی

یکی از راههای رفع تزاحم منابع در حوزه آبخیز، تملک اراضی اطراف یک منبع آبی است. طبیعتاً این کار باید پس از مذاکره با مالکان فعلی زمین و جلب رضایت آنها صورت گیرد. این راه‌حل به ظاهر ساده ولی در عمل بسیار مشکل است. از جمله این مشکلات می‌توان به قرارگیری اراضی در محدوده شهری، رقابت زمین‌خواران در خرید اراضی و پرداخت بهای بیشتر برای زمین و ضرورت اعمال نظرات و انتظارات دولت‌های محلی و منطقه‌ای اشاره نمود. صرف نظر از محدودیت‌های یاد شده، تملک اراضی همچنان یکی از مهمترین راهبردهای حفاظت منابع آب شهری می‌باشد چرا که مالکیت زمین به معنای کنترل کاربری آن است.

لازم به ذکر است تأمین مالی خرید اراضی عمدتاً از محل نرخ آب‌بهاء و حق اشتراک مصرف‌کنندگان شهری تأمین می‌شود. علاوه بر این همکاری سازمانها و حکومتهای محلی برای کنترل رشد قیمت اراضی ضروری می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های مالی معمولا" فرآیند تملک کامل اراضی طولانی و زمان‌بر می‌باشد.

۲- مطالعه موردی حوزه آبریز سد لتیان

پیش‌نیاز اتخاذ راهبردهای حفاظتی در حوزه آبریز شهری، شناخت وضعیت موجود و گذشته حوزه، روند تغییرات و سمت و سوی آینده آن است تا بتوان از مقایسه نقاط قوت و ضعف، فرصتها و تهدیدها، چالش‌های فرا راه را تشخیص داده و راهبردها و راهکارهای عملیاتی لازم را اجرایی نمود. کلان شهر تهران با روند رو به رشد تقاضای جمعیت مهمترین مصرف‌کننده آب حوزه‌های آبریز شهری است و به لحاظ تمرکز فعالیت و جمعیت، وابستگی قابل توجهی به آب حاصل از حوزه‌های البرز مرکزی داشته و شایسته است در اولویت برنامه حفاظتی قرار گیرد. سد لتیان با تأمین ۳۵ درصد از آب شرب تهران و تنوع مسائل و مشکلات ناشی از کاربری‌های کشاورزی، شهری و توریستی در سطح حوزه، بعنوان نمونه انتخاب و با بهره‌گیری از گزارشات و مطالعات موجود تلاش گردیده تا روند تحولات حوزه مورد ارزیابی قرار گیرد.

سدلتیان بر روی رودخانه جاجرود احداث شده و وسعت حوزه بالادست آن ۶۹۰۰۰ هکتار است. شیب متوسط حوزه ۲۰/۲ درجه می‌باشد و از نظر توزیع طبقاتی ارتفاعی، بیش از ۶۳ درصد حوزه در طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر قرار دارند. اقلیم حاکم بر حوزه براساس طبقه‌بندی آمبرژه، از نوع نیمه‌خشک سرد و ارتفاعات فوقانی می‌باشد متوسط بارندگی ۵۷۳ میلی‌متر در سال برآورد گردیده است. دمای متوسط حوزه ۱۰ درجه سانتیگراد است. اهداف عمده از احداث این سد تأمین آب شهر تهران و دشت کشاورزی ورامین می‌باشد. با تخریب حوزه آبریز پتانسیل تولید آب و خاک و توان تفرجگاهی و اکولوژیکی در طول زمان کاهش یافته و منجر به تغییرات اکولوژیک تشدید شونده، از بین رفتن امکانات اقتصادی و افزایش مشکلات اجتماعی می‌گردد. در این مقاله، از یکسو کاهش کیفیت آب و رسوب‌گذاری در مخزن سد لتیان بعنوان دو پیامد مهم ناشی از تخریب حوزه و از سوی دیگر تغییرات بهره‌برداری در حوزه مورد کنکاش قرار گرفته است.

بهره‌برداری‌های اصلی حوزه آبخیز لتیان عبارتند از کشاورزی و باغداری، دامداری، توریسم و معدن. برای بررسی روند تغییرات بهره‌برداری‌های فوق‌الذکر شاخص‌هایی در نظر گرفته شده که عبارتند از وسعت اراضی تحت کشت در بخش کشاورزی، تعداد دام در بخش دامداری، تعداد بازدیدکنندگان آخر هفته از حوزه به عنوان شاخص توریسم و تعداد معادن فعال در بخش معدن. روند تغییرات این شاخصها ظرف ۲۸ سال از ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۰ به شرح ذیل می‌باشد:

۲-۱- بخش کشاورزی

وسعت اراضی تحت کشت به تفکیک گندم و جو آبی، علوفه‌ای و باغات و دیم در طی دوره بررسی در جدول (۱) آمده است.

براین اساس می‌توان گفت نسبت ترکیب کشت در منطقه به نفع باغات و کشت علوفه‌ای تغییر کرده و مساحت باغات حدوداً ۴ برابر شده است و در مقابل اراضی تحت کشت گندم آبی و جو آبی و دیم کاهش وسعت داشته‌اند. افزایش قیمت‌های زراعی و افزایش تقاضا برای خرید زمین به منظور احداث ویلا و مناطق مسکونی، اثبات ادعای مالکیت نسبت به اراضی، تجاوز به حریم مراتع و تبدیل آنها به باغات و ویلاسازی سبب افزایش سطح زیرکشت باغات آبی در سالهای گذشته شده است.

جدول (۱): وسعت اراضی کشاورزی حوزه آبریز لتیان بر حسب انواع کشت در ۱۳۵۲ و ۱۳۸۰

وسعت انواع کشت به هکتار	گندم آبی	جو آبی	علوفه	باغ و قلمستان	دیم
۱۳۵۲	۷۲۲	۲۱۴	۵۶۲	۱۰۱۲	۷۴۸
۱۳۸۰	۱۵۶	۱۶۱	۹۸۱	۴۵۶۲	۶۵/۱۱
درصدتغییرات	-۷۸/۴	-۲۴/۸	۷۴/۵	۳۵۰/۷	-۹۱/۳

۲-۲- بخش دامداری

آمار دام محلی متکی به مرتع ظرف ۲۸ سال گذشته از ۴۱۳۳۸ راس به ۶۴۹۰۱ راس افزایش یافته است (۱/۵۷ برابر) با توجه به اینکه در سال ۱۳۵۲ فشار چرا بیش از دو برابر ظرفیت مراتع بوده است می‌توان ادعا کرد که فشار چرا در طی سه دهه گذشته نه تنها کم نشده بلکه از روند رو به رشدی برخوردار بوده است. مقایسه تغییرات تعداد دام برخی از زیرحوزه‌ها نشان می‌دهد که تعداد دام در زیرحوزه‌های افجه و آهار ۱/۶ برابر، کند ۱/۸ برابر و گرمابدر ۲ برابر گشته است و همچنین در بعضی از زیرحوزه‌ها نظیر شمشک و رودک تعداد دام ۵۷٪ الی ۶۰٪ کاهش نشان می‌دهد. مسلما" افزایش تقاضا برای گوشت قرمز به دلیل همجواری با بازار بزرگ شهر تهران عامل اصلی افزایش دام بوده است.

۲-۳- توریسم

آمار طرح جامع آبخیزداری حوزه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۲ از اول تیرماه تا پایان شهریورماه به طور متوسط در ایام تعطیل بیش از ده هزار نفر از ساکنین پایتخت در روز جمعه به نقاط مختلف آبخیز سفر نموده‌اند. براساس مطالعات گروه جغرافیایی بنیاد دانش‌نامه فارسی، این تعداد به حدود۱۰۰ هزار نفر در انتهای دهه هفتاد رسیده است. ده برابر شدن تعداد توریستها ضمن اینکه در ارتقای معیشت مردم بومی نقش غیرقابل انکاری دارد ولی از سوی دیگر موجب تولید زباله‌های غیرمتمرکز در حوزه می‌گردد. براساس برآورد طرح مطالعات شناسایی منابع آلاینده حوزه سالانه حدود ۱۰۰۰ تن زباله شامل مواد فاسد شده آلی و شیمیایی و اجسام غیرقابل تجزیه وارد دریاچه لتیان می‌گردد. به نحوی که مدیریت سد لتیان مجبور است سالانه ۴ بار زباله‌های شناور بر روی آب دریاچه را جمع‌آوری کرده و هزینه‌ای بالغ بر ۲۰۰ میلیون تومان را صرف این کار نماید.

۲-۴- بخش معدن

از سالیان دور معادن ذغال‌سنگ در حوزه آبریز لتیان مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که عمدتا" در شمشک، گرمابدر و لالون مستقر بوده‌اند. علاوه بر این دو معدن گچ و نارون نیز فعال بوده‌اند. اگر چه طی سالهای اخیر بسیاری از این معادل ذغال‌سنگ متروکه شده‌اند. ولی آمار معادن فعال در حوزه از ۵ معدن در سال ۱۳۵۲ به ۱۴ معدن در ابتدای دهه ۸۰ رسیده است. از جمله این معادن جدید می‌توان به معادن سنگ فسفات جیرود، خاک صنعتی بنتونیت و معادن سنگ متعدد اشاره نمود. نرخهای بین‌المللی حاکی از این است که نرخ فرسایش در معادن غیرفعال حدودا" ده برابر اراضی مرتعی و در معادن فعال حدود ۲۰۰ برابر است. بنابراین با توجه به اینکه در معادن فوق‌الذکر عملیات حفاظتی مورد توجه نمی‌باشد، می‌توان انتظار داشت که حجم قابل توجهی از رسوب همه ساله توسط معادن مذکور تولید گردد.

۲-۵- تغییرات جمعیت در حوزه

مجاورت منطقه با شهر تهران تأثیرات قابل توجیهی بر ترکیب و میزان جمعیت ساکن در حوزه داشته است. براساس مطالعات گروه جغرافیایی دانش نامه فارسی از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۵ از ۳۳۲ آبادی نام برده شده در شهرستان شمیرانات، حدود ۱۳۰ آبادی به شهرستان‌های تهران و دماوند پیوسته‌اند و از حدود ۲۰۰ آبادی باقیمانده نیز ۱۵۰ آبادی ضمیمه سه شهر لواسان، فشم و میگون شده‌اند و تنها ۶۰ آبادی در منطقه روستایی باقی مانده است. جمعیت حوزه از ۲۳۴۷۰ نفر در سال ۱۳۵۵ به ۳۰۳۹۸ نفر در ۱۳۷۵ افزایش یافته که حاکی از نرخ رشد متوسط ۱/۳ درصدی است. براساس سرشماری غیررسمی‌مطالعات شناسایی منابع آلاینده حوزه، جمعیت ساکن در منطقه در ۱۳۸۰ حدود ۳۸۱۴۶ نفر می‌باشد که رشدی معادل ۴/۶۸ درصد طی دوره ۸۰-۷۵ را نشان می‌دهد. جمعیت فصلی منطقه که بخشی از سال را در منطقه ساکن می‌باشند حدود ۴۶۰۰۰ نفر برآورد شده است. تغییرات ترکیب جمعیت نشان می‌دهد که جمعیت مناطق روستایی کاسته و به سهم جمعیت شهرنشین حوزه افزوده شده است. در سال ۱۳۵۵ جمعیت شهری بخشهای رودبار قصران و لواسانات به ترتیب ۳۶/۵ درصد و ۲۶/۶۵ درصد جمعیت کل بوده که در سال ۱۳۸۰ این ارقام به ۶۰ و ۶۵/۰۱ درصد رسیده است و رشد جمعیت شهری در ۲۰ ساله ۵۵ تا ۷۵ در بخش لواسان ۶/۵۶ درصد و در رودبار قصران ۲/۲۵ درصد بوده است. جمعیت روستایی منطقه به طور کلی نرخ رشد منفی داشته است که ناشی از مهاجرت تهران یا به شهرهای حوزه بوده است.

۲-۶- تغییرات در شبکه راهها

به دلیل اهمیت تفرجگاهی و سکونتگاهی حوزه از سالهای گذشته سرمایه‌گذاری قابل توجهی در شبکه جاده‌ای انجام گرفته بطوریکه طی سه دهه گذشته مجموع جاده‌های آسفالته از ۴۵ کیلومتر به ۹۶ کیلومتر افزایش یافته است که از این میزان حدود ۳۸ کیلومتر جزو جاده‌های درجه یک و عریض است با عنایت به‌آمار فوق‌الذکر می‌توان دریافت که عملیات تعریض جاده‌ها در حوزه تا چه حد مورد توجه می‌باشد. در تمامی‌جاده‌های آبخیز لتیان تمرکز هرزآب ناشی از باران و یا ذوب برف به چشم می‌خورد که منجر به فرسایش شانه‌های خاکی اطراف جاده و انتقال رسوبات به داخل آبراهه می‌شود.

علاوه بر این عملیات جاده‌سازی یکی از عملیات مؤثر ایجاد لغزش می‌باشد. سازندهای قرمز، شمشک، هزاردره موجب شده تا حدود ۵۷۸۰۰۰ هکتار از پهنه حوزه در منطقه خطر نسبتاً بالا قرار گیرد.

۳- پیامدهای تحولات حوزه

دو پیامد تغییر و تحولات مهم حوزه که در سالهای اخیر آشکار گشته‌اند عبارتند از کاهش ظرفیت مفید مخزن سد لتیان در اثر انباشت رسوبات، روند رو به رشد تغذیه‌گرایی مخزن سد و الودگی میکروبی رودخانه جاجرود.

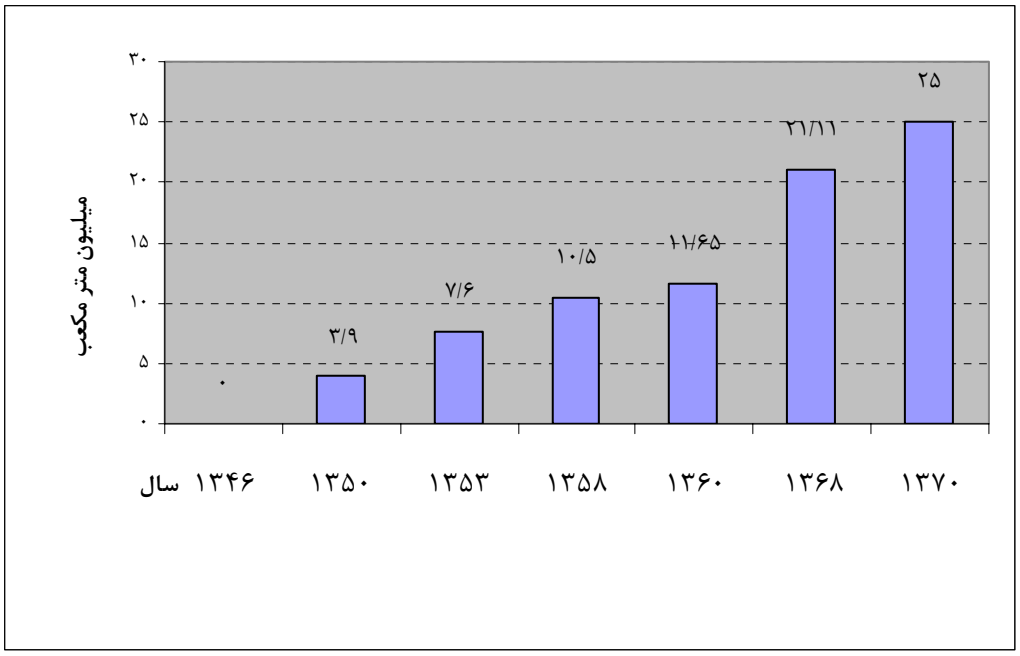
۳-۱- کاهش ظرفیت مخزن سد

ظرفیت مفید اولیه مخزن سد لتیان حدود ۸۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که پس از گذشت سه دهه عمر سد حدود ۲۵ میلیون مترمکعب از ظرفیت آن کاسته شده است. نمودار (۱) حجم رسوبات انباشته شده در مخزن سد لتیان براساس نتایج عمق‌یابی طی سالهای ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۰ را نشان می‌دهد. براساس مطالعات مرکز تحقیقات آب نرخ کاهش حجم سالانه کل مخزن طی ۲۴ سال (۷۰-۱۳۴۶) برابر ۹۴٪ درصد می‌باشد. حدود ۳۰ درصد حجم مفید مخزن توسط رسوبات اشغال گردیده است.

۳-۲- کاهش کیفیت آب

کیفیت آب رودخانه جاجرود: براساس مطالعات شناسایی منابع آلاینده حوزه، اندازه‌گیری‌های کیفی آب رودخانه جاجرود حاکی از افزایش شدید آلودگی‌های میکروبی هنگام عبور از مرکز مهم جمعیتی می‌باشد. البته اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد آلودگی میکروبی طی فرآیند خودپالایی رودخانه به تدریج کاهش یافته و مجدداً با عبور از مراکز جمعیتی افزایش می‌یابد. در نهایت در همه ایستگاههای اندازه‌گیری، رودخانه از نظر میکروبی آلوده می‌باشد. ولی از لحاظ پارامترهای مرتبط با فاضلاب COD و BOD فرمهای مختلف نیتروژن رودخانه در وضعیت مناسب قرار داشته و برای فرمهای مختلف فسفر محلول و کل نیز کیفیت رودخانه در محدوده قابل قبول قرار دارد. همچنین این گزارش ذکر نمود که نشانی از وجود سموم کشاورزی در آب رودخانه وجود ندارد.

کیفیت مخزن سد لتیان: براساس نتایج آنالیزهای صورت‌گرفته، این مخزن دارای یک دوره لایه‌بندی حرارتی می‌باشد که در زمان تشکیل لایه‌بندی اختلاف دما در اعماق به حدود ۱۵ درجه سانتیگراد می‌رسد. تغییرات موجود در نمودارهای شوری و اکسیژن محلول در اعماق بیانگر اختلاف شدید میان خصوصیات کیفی رولایه و زیرلایه در زمان لایه‌بندی است. به طور کلی شرایط بی‌هوازی هنوز حاکم نشده ولی غلظت اکسیژن محلول در کف خصوصاً در تابستان هشداردهنده و نزدیک به شرایط بی‌هوازی است. از نظر تغذیه گرایی وضعیت مخزن براساس شاخص‌های کارلسون و عمق سکی، بین مزوتروفیک و اوتروفیک و از نظر شاخص‌های فسفر کل و نیتروژن کل در حالت اوتروفیک قرار دارد. لذا از مجموع این شاخص‌ها به انضمام کاهش شدید اکسیژن محلول در لایه زیرین می‌توان نتیجه‌گرفت که مخزن درحال گذار به وضیت تغذیه گرایی است.



نمودار (۱): روند انباشت رسوبات در حجم مفید مخزن سد لتیان ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۰

۴- اقدامات حفاظتی صورت‌گرفته

نظام اجرایی کشور در قبال افت ظرفیت مخزن وکاهش کیفیت آب رودخانه اقدام به برنامه‌ریزی و اجرای چند طرح عمده نموده است. این طرح‌ها عبارتند از طرح جامع آبخیزداری سد لتیان، طرح جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب شهرهای در حوزه سد لتیان و طرح جلوگیری از آلودگی آب شهر تهران.

۴-۱- طرح جامع آبخیزداری سد لتیان

این طرح با هدف کاهش میزان رسوب‌گذاری در پشت سد و در نتیجه افزایش عمر مفید آن در سال ۱۳۵۳ تهیه شده است. هدفهای فرعی این طرح کمک به ایجاد تفرجگاه و بهبود توسعه اقتصادی و اجتماعی منطقه بوده است. دو راهکار اصلی این طرح اصلاح بهره‌برداری اراضی و تهیه اجرای برنامه‌های آبخیزداری می‌باشد. در راهکار نخست، سطح مراتع از ۴۰ هزار هکتار به ۲۸ هزار هکتار کاهش یافته و ۳۳۴۰ هکتار به زیر کشت نباتات علوفه‌ای می‌رود. همچنین ۴۵۴۰ هکتار از اراضی فرسوده و لغزنده به مدت ۱۰ سال قرق شده و ۷ هزار هکتار نیز جهت اراضی توریستی و تفرجگاهی و پارکهای طبیعی اختصاص می‌یابد. همچنین تعداد دام از ۶۰ هزار به ۳۳ هزار واحد کاهش می‌یابد. مدت اجرای طرح ۱۰سال و کل هزینه پیش‌بینی شده ۱۶۵/۵۷ میلیون ریال بوده که با نرخ فعلی در حدود ۲ میلیارد تومان است. در صورت اجرای طرح مذکور پیبش‌بینی می‌شد که متوسط رسوب و ورودی به سد از یک میلیون مترمکعب به ۲۳۰۰۰۰ مترمکعب کاهش یابد. در نتیجه عمر مفید مخزن سد به ۴ برابر یعنی حدود ۴۰۰ سال افزایش می‌یابد. در عمل تا سال ۱۳۶۹ طرح تفصیلی- اجرایی برای زیر حوزه‌ها تهیه نگردیده و پس از آن تا سال ۱۳۸۱ تقریباً برای تمام حوزه مطالعات اجرایی صورت پذیرفته است. مجموع عملیات اجرایی از ابتدای فعالیت تا سال ۱۳۶۳ با آنچه که در طول دهه هفتاد صورت گرفته در جدول (۲) آمده است.

اگرچه سطح وسیعی از حوزه طی دهه ۷۰ تحت قرق گرفته است ولی عملاً به دلیل تعداد زیاد دام تأثیری در کاهش فشار بر مراتع نداشته است. همچنین حجم عملیات مکانیکی در دوره دوم نزدیک به ۲ برابر دوره اول و سطح اعتبار بیولوژیکی حدوداً نصف دوره اول می‌باشد.

۴-۲- طرح جمع‌آوری تصفیه و دفع فاضلاب شهرهای حوزه سد لتیان

فاز مطالعاتی این طرح توسط شرکت تهران سهاب از ۷۲ الی ۷۵ انجام گرفته، هدف این طرح تصفیه فاضلاب‌های مراکز جمعیتی مجاور رودخانه می‌باشد. از سال ۱۳۷۶ عملیات اجرایی این طرح آغاز شده است. براین اساس در شهرهای لواسان، فشم و میگون شبکه جمع‌آوری فاضلاب طراحی و اجرا می‌گردد و در بخش غربی لواسان نیز تصفیه‌خانه‌ای با ظرفیت فاضلاب جمعیتی معادل ۴۰ هزار نفر احداث می‌گردد و در سایر شهرهای حوزه نیز اجرای تصفیه‌خانه پیش‌بینی شده است. پساب حاصل از تصفیه توسط خطوط انتقال از شهرهای فوق‌الذکر به آبگیر زردبند منتقل گردیده تا توسط تأسیسات سازمان جنگلها و مراتع برای مصرف آبیاری فضای سبز قرچک در خارج از حوزه مصرف گردد. جمع کل هزینه‌های مذکور حدود ۱۲۶۲۰۷ میلیون ریال برآورد گردیده است. همچنین در سال ۱۳۸۱ مطالعات طرح جمع‌آوری تصفیه و دفع فاضلاب روستاهای حوزه آبریز سد لتیان آغاز گردیده است. کارفرمای این طرح‌ها شرکت آب و فاضلاب شرق استان تهران می‌باشد.

۴-۳- طرح جلوگیری از آلودگی آب شرب تهران

ستاد رسیدگی به وضعیت آلودگی مخازن سد لتیان در اواخر سال ۷۶ در سازمان آب تهران تشکیل و در ۷۹/۸/۲۵ مصوبه جلسه کمیته ماده ۱۰ شورایعالی امنیت ملی به سازمان آب تهران ابلاغ گردید. مجدداً در تاریخ ۸۱/۳/۴ نیز موارد دیگری ابلاغ گردیده که اهم این ابلاغیه‌ها عبارتند از:

- تأکید بر تعیین تکلیف بستر و حریم رودخانه‌های کرج و جاجرود
- جلوگیری از ساخت و ساز جدید و توسعه روستاهای حوزه آبریز جاجرود توسط استانداری تهران

جدول (۲): میزان عملیات اجرایی آبخیزداری در حوزه سد لتیان

	عملیات مکانیکی با هدف رسوب‌گیری به مترمکعب	عملیات بیولوژیکی بذرپاشی، نهالکاری، کپه‌کاری، بذرکاری به هکتار	قرق به هکتار	علوفه‌کاری به هکتار
۱۳۴۸ تا ۱۳۶۳	۱۹۹۳۰	۱۰۸۰۹	---	۱۸۵
۱۳۷۰ تا ۱۳۸۱	۳۳۷۹۶	۴۸۸۵	۲۱۶۵۰	---

- کاهش و حذف چرای دام در منطقه لار توسط محیط‌زیست، جهاد و استانداری
- ممنوعیت ساخت و ساز در بستر و حریم رودخانه ولو با داشتن طرحهای‌هادی
- لزوم تخریب مستحدثات بستر رودخانه و پرداخت خسارت به موارد تخریب‌شده
- جمع‌آوری زباله‌های حوزه آبریز جاجرود توسط استانداری
- اقدامات انجام‌شده توسط سازمان آب طی سالهای ۸۰ تا ۶ ماهه اول سال ۸۲، تخریب ۳۷ مورد مستحدثات، ۷۰۶ مورد اخطاریه و تکمیل و بهنگام‌سازی ۴۰۰ مورد پرونده تجاوز به بستر و حریم رودخانه جاجرود می‌باشد. اعتبارات طرح در سال ۸۱ معادل ۱/۱۷ میلیارد تومان و در سال ۸۲ ۱/۲۷ میلیارد تومان بوده است.

علاوه بر سه طرح اصلی فوق‌الذکر دو طرح مطالعاتی، طرح‌هادی مراکز شهری و روستایی در حوزه آبریز به سفارش وزارت مسکن و طرح مطالعاتی شناسایی منابع آلاینده حوزه آبریز سد لتیان به سفارش سازمان آب منطقه‌ای تهران تهیه گردیده است. همچنین در سال ۱۳۷۳ پروژه پایش کیفی توسط شرکت آب و فاضلاب استان تهران شروع شده و از ۲۳ ایستگاه برروی رودخانه جاجرود نمونه‌برداری و در آزمایشگاههای استان بررسی می‌گردد. همچنین از سال ۱۳۸۰ نیز از دریاچه سد لتیان به صورت ماهانه نمونه‌برداری صورت‌گرفته تا وضعیت کیفیت آب دریاچه براساس لایه‌بندی حرارتی مورد پایش قرار گیرد.

۵- جمع‌بندی

براساس مدل تحلیلی (SWOT) [1] می‌توان تقابل از نقاط قوت و ضعف با فرصتها و تهدیدها استراتژی‌های مناسب برای حل مشکل را طراحی نمود. بدین لحاظ پس از بررسی گزارشات موارد زیر جمع‌بندی گردید.

۵-۱- نقاط ضعف

ناپایداری مالی در سازمانهای محلی (به ویژه شهرداری) کمبود اعتبارات طرحهای اصلاحی، ضعف پرسنلی و تشکیلاتی سازمانهای محلی، ناهماهنگی بین سازمانی، ابهام در مسؤلیتهای بین سازمانها، مشارکت پایین مردم محلی در مشورت، تصمیم‌گیری و انجام امور.

۵-۲- نقاط قوت

وجود طرحهای اصلاحی (از قبیل طرحهای آبخیزداری، طرح فاضلاب) شکل‌گیری ستاد مبارزه با آلودگی آب، بالابودن سطح سواد و آگاهی مردم در منطقه، تمایل مردم محلی و غیر بومی برای سرمایه‌گذاری.

۵-۳- تهدیدات

تقاضای کلان برای زمین، تقاضای کلان برای تفرج، لرزه‌خیزی منطقه، حساسیت به فرسایش و لغزش، توپوگرافی نامناسب و یا ضعف قوانین و مقررات، عدم استقلال منطقه‌ای به لحاظ تشکیلات اداری، تقاضای کلان برای گوشت.

۵-۴- فرصتها

تقاضای کلان برای تفریح، تقاضای کلان برای آب، پتانسیل طبیعی عالی حوزه، ساز و کارهای برنامه چهارم، حساسیت و حمایت نسبی در مراکز تصمیم‌گیری، اصلاح ساختار سازمان ایرانگردی و جهانگردی.

۵-۵- راهبردهای پیشنهادی

۵-۵-۱- ایجاد چارچوب هماهنگی

تنوع و وابستگی مشکلات حوزه آبخیز، هماهنگی و اقدام مشترک سازمانهای محلی را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. بسیاری از مشکلات از قبیل ابهام در مسؤلیتها، ضعف‌های اطلاعاتی و کمبودهای مالی و اقدامات موازی و بعضاً متضاد را می‌توان در قالب چارچوب سازمانی مناسب، هماهنگ نمود. با توجه به فرهنگ سازمانی کشور و عدم امکان گسترش تشکیلاتی امکان ایجاد و تفویض کلیه اختیارات به یک سازمان حوزه آبریز حداقل در شرایط حاضر وجود ندارد. به نظر می‌رسد تشکیل شورای حوزه آبریز سد لتیان با حضور نمایندگان دستگاههای اجرایی و مردم محلی، گام نخست در این راه باشد. طراحی روابط درون‌سازمانی و نقش مردم نیازمند انجام مطالعات نهادی در منطقه است. پیشگامی‌سازمان آب منطقه‌ای در تأمین امکانات اداری و کمک آبفای تهران در تقبل هزینه‌های جاری اولیه می‌تواند زمینه فعالیت را فراهم سازد. در این راستا پشتیبانی قانونی استانداری تهران و حمایت اعتباری سازمان برنامه و بودجه استان، کمک فراوانی به افزایش قدرت این شورا خواهد کرد.

۵-۵-۲- تأمین منابع مالی

ضعف منابع مالی سازمانهای محلی منجر به ناکارآمدی عملیات کنترلی و اقدامات اصلاحی می‌گردد. از سوی دیگر عدالت ایجاب می‌کند که بازدیدکنندگان تهرانی هزینه آلوده‌سازی منابع پایه حوزه را پرداخت نمایند و اهالی تهران نیز در هزینه حفظ کیفیت آب سهیم شوند. پرداخت ورودیه به مناطق توریستی حوزه و اخذ مبلغی از قبوض آب بهای مصرفی شهروندان تهرانی از راهکارهای مطرح می‌باشد. جهانگردی و توریسم نقش کلیدی در افزایش منابع مالی منطقه دارد و به جاست که سازمان ایرانگردی و میراث فرهنگی با عملیاتی‌کردن طرح جامع گردشگری توجه ویژه‌ای به این مهم داشته باشد.

1- Strength Weakness Opportunity Threat

۵-۵-۳- تهیه طرح جامع مدیریت حوزه آبریز و ایجاد پایگاه اطلاعاتی حوزه

به منظور بهنگام‌سازی در مطالعات قبلی و به خصوص شناسایی نیازها و انتظارات متقابل بین دستگاههای اجرایی پیشنهاد می‌شود طرح جامع مدیریت حوزه آبریز با محوریت اصول آمایش سرزمین تهیه‌شده و کلیه دستگاههای ذیربط در انجام آن مشارکت داشته باشند. خروجی بسیار مهم این طرح، سیاست کلی در خصوص وضعیت زمین در حوزه لتیان، وضعیت کاربری فعلی اراضی و همچنین اعتبارات مالی موردنیاز برای اجرا برنامه‌های عملیاتی می‌باشد. یکی دیگر از دستاوردهای این طرح ایجاد پایگاه مشترک اطلاعات برای حوزه است که هم برای متصدیان و برای مردم سودمند می‌باشد.

۵-۵-۴- اصلاح قوانین

واقعیت آن است که میزان حریم فعلی برای مخازن سدها پاسخگویی شرایط پیچیده حوزه‌های آبریز شهری نیست. حریم اطراف رودخانه‌ها نیز با دیدگاه هدایت و کنترل سیل تنظیم گردیده است لذا لازم است با عنایت به تجارب جهانی، قانون حریم رودخانه‌ها و مخازن در جهت حفظ کیفیت آب و کنترل تغییر کاربری اراضی حوزه مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرد.

۵-۵-۵- پایش و ارزیابی

مشارکت خوب آب و فاضلاب تهران در پایش منابع آب سطحی حوزه الگوی خوبی از همکاریهای مشترک می‌باشد لذا با لحاظ نیازهای کلیه دستگاهها مانند سازمان محیط‌زیست، لازم است شبکه ایستگاههای پایش کیفی در حوزه مستقر شده و عملیات رسوب‌سنجی از مخزن سد لتیان نیز به صورت منظم و با کیفیت مناسب صورت پذیرد.

مراجع

- اداره کل امور آب استان تهران، سیمای طرح جلوگیری از آلودگی آب شرب تهران، آبان ۱۳۸۲
- دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح جامع آبخیزداری سد لتیان، سازمان جنگلها و مراتع کشور، وزارت کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۵۴
- حسینی، سید آرش، آشنایی با الگوهای مدیریت جامع حوضه آبریز، کارگاه تخصصی نقش سد در توسعه و مدیریت حوضه آبریز، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، دانشگاه شیراز، ۱۳۸۲
- شرکت آب و فاضلاب استان تهران، گزارش طرح جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب شهرهای حوزه سد لتیان، پیشرفت کار برنامه زمان‌بندی، اعتبارات، مشکلات، آبان ۱۳۸۲
- محمودیان، علی اکبر، و همکاران، اطلس شهرستان شمیران، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۸۱
- مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد سازندگی استان تهران، گزارشات اقتصادی- اجتماعی حوزه‌های آبخیز افجه، گرمابدر، شمشک، قوچک، ۱۳۷۸
- معاونت مطالعات و تحقیقات سازمان آب منطقه‌ای استان تهران، پروژه مطالعاتی شناسایی منابع آلاینده در حوزه آبریز سد لتیان، دانشگاه صنعتی شریف، مرکز تحقیقات آب، انرژی، ۱۳۸۱
- ••Environmental Protection Agency, USA, Protecting Sources of Drinking Water: Selected Case Watershed Management, EPA- 816-R-98-019, 1999.

آقای میرداود حسینی میلانی در سال ۱۳۴۳ از دانشگاه تهران در رشته مهندسی کشاورزی با درجه کارشناسی ارشد فارغ التحصیل شده است. سابقه کارهای اجرائی و مدیریتی آقای میلانی به مدت ۲۲ سال در وزارت نیرو با عنوان مدیرعامل و رئیس هیأت مدیره سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان و سازمان آب منطقه‌ای خراسان، مدیرکل دفتر فنی و مدیر واحد آب همدان و رئیس سد اکباتان وابسته به سازمان آب منطقه‌ای تهران، ۶ سال مدیرعامل شرکت کشت و صنعت کارون، رئیس هیأت مدیره شرکت ایران چابهار در منطقه آزاد چابهار و مدیرعامل شرکت آریاپنگان برای تولید آب بطری وابسته به شرکت سرمایه‌گذاری تأمین اجتماعی (شستا) و همچنین ۱۷ سال سابقه کار در امور برنامه‌ریزی و مدیریت بعنوان مشاور وزیر و مدیرکل دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی وزارت نیرو، مدیر کل امور آب سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و دبیر آب و کشاورزی برنامه‌ای اول، دوم و نماینده وزارت نیرو در برنامه‌های سوم و چهارم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور می‌باشد. آقای میلانی از سال ۱۳۸۷ در شرکت مهندسی قدس‌نیرو، بعنوان مدیر ارشد مهندسی سازه‌های آبی و سپس به عنوان مدیر SBU آب مشغول بکار است. علاقمندی آقای میلانی به کارهای مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک و همچنین بخش آب کشور می‌باشد.

آقای سید آرش حسینی میلانی دارای مدرک کارشناس مرتع و آبخیزداری از دانشگاه تهران و کارشناسی ارشد آبخیز داری از دانشگاه تهران است. ایشان از سال ۱۳۷۷ لغایت ۱۳۸۱ با عنوان رئیس گروه برنامه‌ریزی آب در دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی وزارت نیرو مشغول بکار بوده و و سپس در شرکت مهندسین مشاور مهاب‌قدس با سمت مدیربخش مدیریت آبخیزها مشغول بکار شده است. علاقمندی ایشان بررسی و مطالعه کلان کشور در ارتباط با مدیریت منابع آب حوضه‌های آبریز و حفاظت محیط‌زیست و مطالعات مربوط به ضرورت احداث آبخیزهای بالادست سدها و جلوگیری از انتقال رسوب به سدها می‌باشد.

بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان

سودابه نشاسته ریز

کارشناس عمران محیط زیست- مدیریت ارشد مهندسی نیروگاههای بخار و انرژیهای نو

واژهای کلیدی: انرژی، مصرف، بهینه سازی، ساختمان

چکیده

اتکای اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی، محدودیت منابع انرژی تجدید ناپذیر، افزایش روزافزون تقاضای انرژی، الگوی ناصحیح مصرف، عدم وجود سیستم بازیافت انرژی، وجود صنایع و کارخانجات فرسوده، و افزایش آلودگی‌های زیست محیطی و غیره، موجب توجه هر چه بیشتر به امر بهینه سازی انرژی گردیده است. از آنجایی که بخش ساختمان با مصرف بیش از ۴۰ درصد کل انرژی تولید شده در کشور و صرف هزینه ای معادل ۳۰ درصد از درآمد حاصل از فروش نفت، بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است و این سهم در سال‌های گذشته همچنان رو به افزایش بوده است، در این مقاله به اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در ایران و به خصوص در بخش ساختمان پرداخته شده است. همچنین روشهای مختلف بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان شامل طراحی معماری ساختمان، انتخاب مصالح مناسب در سازه، استفاده از وسایل کنترل اتوماتیک گرما و سرما و ... به تفصیل مورد بررسی قرارگرفته است.

۱- مقدمه

دیر زمانی است که انرژی به عنوان عنصری ضروری برای بقای زندگی بشر و موتوری قدرتمند برای پیشرفت اقتصادی و اجتماعی جوامع بشری شناخته شده است. در حقیقت، دنیای امروز آنچنان متکی بر انرژی است که لحظه ای تصور زندگی بدون انرژی دور از ذهن می‌نماید. واقعیتی که در قطع برقی که کالیفرنیا را در سال ۲۰۰۱ به زانو درآورد، تجلی می‌کند [۱].

در واقع روند رشد اقتصادی و به دنبال آن مصرف انرژی سبب افزایش فشار بر منابع رو به افول سوختهای فسیلی زمین گردیده است. اگرچه زمین هنوز دارای ذخایر وسیعی از نفت، ذغال سنگ و گاز طبیعی است، اما این منابع محدود می‌باشند. به عنوان مثال بعضی از ارزیابی‌های اخیر نشان می‌دهد که در نرخ تولید فعلی، ذخایر به اثبات رسیده نفت برای ۲۹ سال آینده و گاز طبیعی برای ۶۶ سال آینده، دوام خواهد داشت[۲].

بر اساس پیش بینی انجام شده در کتاب « دور نمای بین المللی انرژی »، انتظار می‌رود تقاضای جهانی انرژی در فاصله سالهای ۲۰۳۰ – ۲۰۰۳ میلادی با نرخ رشد متوسط سالیانه ۲ درصد افزایش یابد و از ۴۲۱×۱۰^{۱۵} BTU در سال ۲۰۰۵ به ۵۶۳×۱۰^{۱۵} بی تی یو در سال ۲۰۱۵ و ۷۲۲×۱۰^{۱۵} بی تی یو در سال ۲۰۳۰ بالغ گردد[۳] .

نیاز روز افزون به انرژی و مسائل زیست محیطی وابسته به آن نگرانی‌های جدی را در سراسر دنیا ایجاد کرده که در نهایت منجر به یک هدف جهانی شده است : « رسیدن به انرژی پایدار برای همه ». [۴] ، بهینه سازی مصرف انرژی یکی از مهمترین اجزایی است که در هر استراتژی توسعهٔ انرژی – محیط زیست، مشارکت دارد. در نشست جهانی توسعه پایدار که در سپتامبر ۲۰۰۲ در ژوهانسبورگ برگزار شد، بر استفاده بهینه از انرژی و سیاستهای انرژی حمایت کننده تأکید گردید [۵] .

مطابق گزارش ارزیابی جهانی انرژی، بکارگیری روشهای بهینه سازی مقرون به صرفه میتواند منجر به ذخیره ۳۰-۴۵ درصد انرژی در کشورهای در حال رشد شود [۶] .

۲- مصرف انرژی در ایران

اطلاعات و آمار انرژی کشور گویای آن است که مصرف انرژی در بخشهای مختلف کشور طی سالیان گذشته همواره روند رو به رشد داشته است که در صورت ادامه همین روند، ارزش مصرف نهایی انرژی در کشورمان در سال ۱۴۰۰ به حدود ۳۵/۲ میلیارد دلار خواهد رسید.

بر اساس این اطلاعات، سرانه مصرف نهایی انرژی در سالهای ۷۶، ۸۱، ۸۲، ۸۳ و ۸۴ به ترتیب ۹/۱۱، ۱۰/۵۹، ۱۰/۸۵، ۱۱/۵۶ و ۱۲/۵۳ بشکه معادل نفت خام بوده است. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که در دوره هشت ساله ۱۳۷۶ الی ۱۳۸۴، سرانه مصرف نهایی انرژی به طور متوسط ۴/۱ درصد در سال رشد داشته است. این امر از بهره وری پائین در بهره برداری و مصرف انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی بر، در ایران ناشی می‌شود[۳] .

مصرف انرژی در ایران در بخش خانگی و تجاری

بخش خانگی و تجاری حدود ۴۰ درصد کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است. سهم حامل‌های استفاده شده در این بخش شامل ۵۹/۴۶ درصد گاز طبیعی، ۲۳/۱۲ فرآورده‌های نفتی، ۱۰/۷ درصد برق، ۶/۷ درصد بیوماس جامد و ۰/۰۲ درصد زغال سنگ بوده است (شکل۱) [۳] .

۳- بهینه سازی مصرف انرژی در ایران

ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی از غنی ترین کشورهای جهان به حساب می‌آید. این منابع در کشور ما با قیمتی نازل تر از سایر کشورها و با سهولت بیشتر در اختیار مصرف کنندگان قرار میگیرد. اتکای اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی، محدودیت منابع انرژی تجدید ناپذیر، افزایش روزافزون تقاضای انرژی، الگوی ناصحیح مصرف، عدم وجود سیستم بازیافت انرژی، وجود صنایع و کارخانجات فرسوده، افزایش آلودگی‌های زیست محیطی و غیره، موجب توجه هر چه بیشتر به امر بهینه سازی انرژی گردیده است.

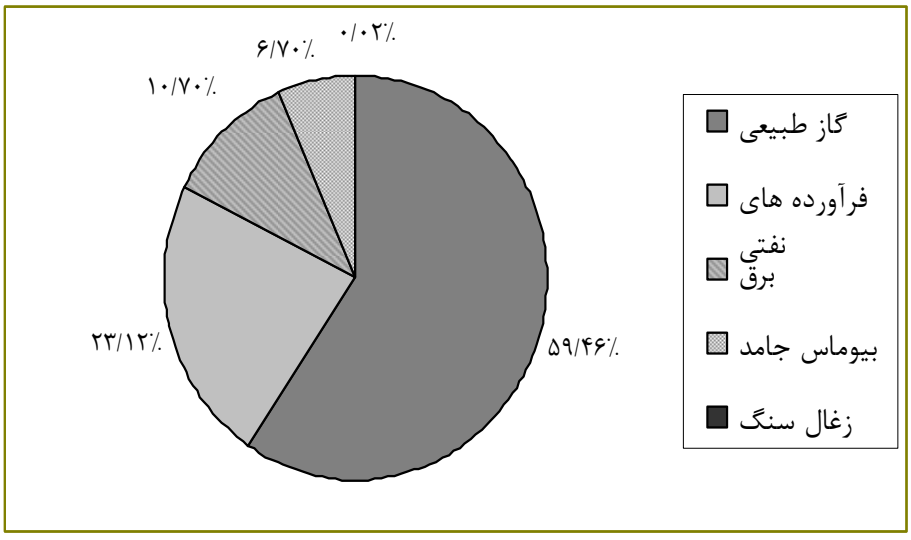
منظور از بهینه سازی مصرف انرژی، انتخاب الگوها و بکارگیری روش‌ها و سیاست‌های مناسب در راستای مصرف صحیح انرژی می‌باشد. ارائه راهکارهای اجرایی در قالب یک سری از استانداردهای مدون به تولیدکنندگان و مصرف کنندگان بخشهای مختلف انرژی، ضمن تضمین استمرار و تداوم جریان انرژی، موجب نزدیک شدن به سطح استانداردهای تعیین شده میگردد. همچنین به منظور تداوم چنین رویه ای، استفاده از شیوه‌هایی نظیر سیاستهای حمایتی و برخی ابزارهای انگیزشی – بازدارنده از سوی دولتها نیز ضروری به نظر می‌رسد.

لذا در راستای فعالیتهای بهینه سازی مصرف انرژی در هر یک از بخشهای اقتصادی ایران لازم است به موارد ذیل توجه شود :

- نیاز به شناخت وضع موجود و اجرای طرحهای صرفه جویی
- تدوین استانداردها و معیارها
- توسعه فن آوریهای صرفه جویی انرژی
- تحقیق، توسعه، آموزش و اطلاع رسانی [۳]

۴- بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان

با توجه به اینکه بخش ساختمان با مصرف بیش از ۴۰ درصد کل انرژی تولید شده در کشور و صرف هزینه ای معادل ۳۰ درصد از درآمد حاصل از فروش نفت، بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است و این سهم در سال‌های گذشته همچنان رو به افزایش بوده، بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان و مسکن بسیار منطقی و حیاتی به نظر میرسد. در مبحث مدیریت انرژی، صرفه جویی انرژی در ساختمان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. هزینه بهره برداری و نگهداری یک سیستم حرارتی و تهویه، معرف بخش قابل توجهی از کل هزینه جاری یک ساختمان است. کنترل خوب این سیستمها، در حالیکه شرایط راحتی را برای ساکنان در ساختمان فراهم میکند، هزینه‌های مربوط به انرژی و نگهداری را به حداقل خواهد رسانید. همچنین انرژی بسیاری در ساختمان‌ها به علت طراحی و نگهداری ضعیف خدمات الکتریکی بی جهت اتلاف می‌شود. انرژی اتلافی در این حالت از بدترین نوع است، یعنی انرژی الکتریکی گران قیمت، که می‌تواند تا پنج برابر گرانتر از هزینه هر واحد گرما باشد. متأسفانه، اغلب اوقات طراحان ساختمان ناآگاه، بر استفاده از انرژی الکتریکی بیش از اندازه متمرکز می‌شوند و از مصرف انرژی حرارتی، که نسبتاً ارزان است، صرف نظر می‌کنند[۷].



شکل (۱): سهم حامل‌های مختلف انرژی در تأمین انرژی بخش خانگی و تجاری (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۴)

۴-۱- قوانین ساختمان

مقرارت ملی ساختمان دارای اصول مشترک و یکسان لازم الاجرا در سراسر کشور است و بر هرگونه عملیات ساختمانی نظیر تخریب، احداث بنا، تغییر اساسی و تقویت بنا حاکم می‌باشد. مطابق قانون نظام مهندسی کشور مسئولیت نظارت عالیه بر اجرای ضوابط و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای تمامی‌ساختمان‌ها بر عهده وزارت مسکن و شهرسازی است. مبحث نوزده از بیست مبحث مطروحه از سوی وزارت مسکن مربوط به صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. تدوین مقررات و ضوابط فنی برای صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها در سال ۱۳۷۰، برای اولین بار در کشور با تدوین ضوابط فنی برای پوسته ساختمان (به نام مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) آغاز شد. متعاقباً انتشار کتب مرجع در اواخر دهه ۷۰، راهنمای مبحث ۱۹ در سال ۷۸ و نیز بازنگری و ویرایش جدید در سال ۸۱، از مهمترین رخدادها در این زمینه بوده است. در تهیه این ضوابط نمایندگانی از شورای تدوین مقررات ملی ساختمان، اعضای کمیته تخصصی مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان و کمیته تهیه پیش نویس در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با یکدیگر همکاری داشته‌اند[۸] . در سال ۱۳۸۴ اجرای مبحث نوزده مقرارت ملی ساختمان برای تمامی‌ساختمان‌های دولتی اجباری شد. همچنین اجرای آن برای تمامی‌ساختمان‌های بخش خصوصی واقع در تهران و شهرهای تابعه از همین سال اجباری گردیده و برای ساختمان‌های واقع در سایر شهرها و استانها مطابق برنامه زمانبندی خاصی الزامی می‌باشد.

مهمترین هدف طرح بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان، پیگیری و اجرای مبحث مقررات ملی در ساختمانهای موجود و در دست احداث می‌باشد. این طرح برای ساختمان‌های نوساز از طریق همکاری با وزارت مسکن، شهرداریهای کشور و کارگروههای بهینه سازی پیگیری میگردد و در ساختمانهای موجود با ارائه تسهیلات و یارانه‌ها، ممیزی انرژی و ارائه راهکارهای بهینه سازی به اجرا در می‌آید [۳] .

۵- روشهای مختلف بهینه سازی

به طور کلی راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان را میتوان بر اساس تقسیم بندی‌های زیر طبقه‌بندی نمود:

۵-۱- طراحی معماری ساختمان

در این بخش به توضیح برخی عوامل مؤثر در بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان می‌پردازیم. طراحی معماری ساختمان باید حتی‌الامکان همساز با اقلیم باشد، به نحوی که از شرایط مطلوب طبیعی حداکثر استفاده بعمل آید و در ضمن ساختمان در برابر شرایط نامطلوب اقلیمی‌محافظت گردد تا مقدار انرژی مورد نیاز برای تأمین گرمایش و سرمایش به حداقل رسیده و بخشی از آن از طریق طبیعی تأمین شود. به این ترتیب شرایط آسایش به نحو مطلوبتری در داخل فضای معماری تأمین می‌شود[۸].

۵-۱-۱- جهت گیری ساختمان

جهت گیری ساختمان نسبت به جنوب در بهره گیری از انرژی خورشیدی بسیار مؤثر است. جهت گیری مناسب به این معنی است که جدارهای نورگذر جنوبی به منظور بهره برداری بیشتر از انرژی تابشی خورشید درسردترین روز سال از ساعت نه صبح تا سه بعدازظهر در معرض تابش خورشید قرار گیرند. به علاوه ساختمان به نحوی قرار گیرد که از بادهای نامطلوب در طول سال محفوظ باشد و ضمناً طی فصل گرم بتوان از نسیم‌ها و بادهای مطلوب به منظور تهویه طبیعی و کاهش دمای داخل استفاده کرد [۸].

۵-۱-۲- حجم کلی و فرم ساختمان

حجم کلی و فرم ساختمان در انتقال انرژی حرارتی بسیار مؤثر است. هر قدر نسبت پوسته خارجی ساختمان به زیربنای آن کوچکتر باشد انتقال حرارت کمتری خواهد داشت. توصیه می‌شود در مناطق با انرژی زیاد (مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) ساختمان به صورت متراکم طراحی شده و از مقدار سطح پوسته خارجی (نسبت به سطح زیربنای آن) کاسته شود. در اقلیم‌های گرم و مطلوب و یا با نیاز سرمایی زیاد (مطابق مبحث نوزدهم) ساختمان باید به شکلی طراحی شود که امکان استفاده از تهویه طبیعی برای تمام فضاهای داخلی فراهم گردد [۸].

۵-۱-۳- جانمایی فضاهای داخلی

فضاهای داخل به دو دسته فضاهای اصلی و فضاهای حائل تقسیم می‌شوند. فضاهای اصلی فضاهایی هستند که در اکثر اوقات شبانه روز استفاده شده و افراد در آن سکونت دارند. فضاهای حائل دارای افراد ساکن نبوده وبه طور مستمر مورد استفاده قرار نمیگیرند. جانمایی فضاهای اصلی و فضاهای حائل باید به نحوی صورت گیرد که فضاهای حائل مابین فضاهای اصلی و جبهه‌های نامطلوب ساختمان (از نظر حرارتی) قرار گیرند تاانتقال حرارت از فضاهای اصلی به خارج (یا از خارج به فضای اصلی در ماههای گرم سال) به حداقل برسد. فضاهای اصلی باید رو به جبهه‌های مطلوب ساختمان قرار گیرند. جبهه‌های مطلوب ساختمان به ترتیب اهمیت عبارتند از:جنوبی،شرقی و شمالی. استقرار فضاهای اصلی رو به جنوب

باعث می‌شود تا بتوان بخشی از گرمای مورد نیاز ساختمان در اوقات سرد را از طریق تابش آفتاب به داخل تأمین نمود [۸].

۵-۱-۴- استفاده از جداره‌های نورگذر

مقدار سطوح نورگذراز نظر انتقال حرارت در ساختمان بسیار مؤثر است. هر قدر مقدار سطوح نورگذر نسبت به سطح پوسته خارجی کمتر باشد, انتقال حرارت کمتری نسبت به خارج وجود خواهد داشت. مقدار کافی و مناسب سطوح نورگذر باعث می‌شود تا ضمن تأمین نور مناسب برای فضاهای داخل, از انتقال حرارت به خارج کاسته شود. سطوح نورگذر جنوبی به جذب انرژی تابشی خورشید برای تأمین بخشی از گرمای مورد نیازدراوقات سرد کمک می‌نماید. سطوح نور گذر به علت مقاومت حرارتی اندک نسبت به سایر بخشهای پوسته خارجی ترجیحاً نباید روبه جبهه‌های نامطلوب و سرد ساختمان قرار گیرند. بدین ترتیب, ساختمان در جبهه‌های مزبور از حداقل سطح مورد نیاز برخوردار خواهد بود[۸] .

الف) پنجره شمالی :

قسمت شمالی از نظر نرخ نفوذ هوا بیشترین مشکل را دارد. به طور کلی حرکت خورشید به صورت طلوع از شرق، حرکت در طول روز در جهت تقریباً جنوب و غروب درغرب می‌باشد. در ضمن بادهای شمالی نیز اغلب جزو سردترین بادها میباشند. بنابراین استفاده از شیشه‌های تک جداره معمولی بدون درزبندی مناسب در جهت شمالی باعث اتلاف حرارت در طول زمستان می‌گردد. استفاده از پنجره‌های جدید شاید بتواند از اتلاف حرارت ناشی از قرارگیری پنجره در این جهت جلوگیری کند.

ب) پنجره‌های شرقی و غربی:

پنجره‌های شرقی و غربی به خوبی نور و حرارت را دریافت میکنند. ولی ایجاد سایه برای این پنجره‌ها در طول تابستان مشکل می‌باشد. پنجره‌های شرقی انرژی زیادی را هدر نمی‌دهند (تابش خورشید در صبح و دفع سرما در شب از خصوصیات این جهت می‌باشد). در حالیکه پنجره غربی برتری چشمگیری در زمینه انرژی ندارد، به طوری که وجود پنجره در این جهت باعث افزایش حرارت در بعد از ظهرها در طول تابستان میگردد.

ج) پنجره‌های جنوبی:

در نیم کره شمالی، در طول زمستان خورشید از جنوب شرقی طلوع کرده و بعد از عبور از قسمت جنوبی در جنوب غربی غروب می‌کند. بنابراین یکی از بهترین نقاط برای نصب پنجره، قسمت جنوبی ساختمان می‌باشد به این علت که نور خورشید را میتوان براحتی در طول زمستان برای کمک به گرم کردن ساختمان استفاده نمود. ایجاد سایه برای این پنجره‌ها جهت جلوگیری از نفوذ نور خورشید در تابستان آسان می‌باشد زیرا خورشید در فصل تابستان از شمال شرقی طلوع کرده و با عبور از بالای سر در سمت شمال غربی غروب میکند، با ایجاد سایه بان در قسمت جنوبی میتوان تا ۶۵٪ از نفوذ انرژی خورشید به داخل ساختمان جلوگیری نمود.

با توجه به توضیحات فوق، نصب پنجره در جهت غربی از نظر مصرف انرژی دارای بدترین شرایط می‌باشد. به همین دلیل مناسب است از نصب پنجره در این جهت خودداری نمود. نصب پنجره در جهات شمالی و جنوبی انتخاب مناسبی می‌باشد. با توجه به اینکه تابش نور خورشید به داخل ساختمان در ساعاتی از روز بسیار مفید است، بهتر است حداقل فضا را برای نصب پنجره در قسمت جنوبی ساختمان در نظر گرفت[۸] .

۵-۱-۵- سایبان‌ها

سایبان‌ها برای کنترل میزان تابش آفتاب به سطوح نور گذر ساختمان به کارمی‌روند. لزوماً در همه مناطق اقلیمی‌به وجود سایبان نیاز نخواهد بود. برای تعیین نیازبه وجود سایبان باید اقلیم منطقه بطور دقیق مطالعه شود تا اوقات گرم سال در منطقه مورد نظر تعیین شود. درصورت وجود اوقات گرم باید در جبهه‌های مختلف ساختمان با توجه به اوقات گرم سال و زوایای تابش خورشید در اوقات مزبور زاویه سایبان افقی یا عمودی تعیین شود. به این ترتیب در اوقات مزبور تمامی‌سطح پنجره در سایه قرارگرفته و مانع از ورود تابش خورشید به داخل و افزایش دما و ایجاد حرارت نامطلوب در فضای داخل می‌شود[۸].

پیش بینی سایبانهای مناسب برای پنجره‌ها که در عین هدایت تابش آفتاب زمستانی به فضاهای داخلی، از تابش آفتاب تابستانی به این فضاها جلوگیری نمایند، ضروری است. استفاده از عایق حرارت در پوسته خارجی ساختمان سبب می‌شودکه حرارت حاصل از منابع گرمایشی طبیعی نظیر انرژی تابشی خورشید,گرمای حاصل از ساکنین و گرمای حاصل از وسایل الکتریکی درفضای داخل باقی بماند و به عنوان منبع گرمایش کمکی مورد استفاده قرارگیرد. در نتیجه اگر در مناطق با نیاز سرمایی زیاد (مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) بر روی پنجره‌ها سایبان مناسب پیش بینی نشود, دراوقات گرم سال نه فقط دمای داخل طاقت فرسا شده, بلکه بار برودتی ساختمان نیز به مقدار قابل توجهی افزایش یافته وانرژی زیادی برای تأمین سرمایش لازم خواهد بود. برای پیشگیری از این امر باید روی پنجره‌های ساختمانهای واقع در این مناطق سایبانی با عمق مناسب تعبیه گردد. منظور از عمق مناسب سایبان عمقی است که در اوقات گرم سال از تابش خورشید به داخل ممانعت به عمل آید و در اوقات سرد برای استفاده از گرمایی تابشی

خورشید امکان ورود تشعشع خورشید بـه داخـل فـراهم شـود. یکی از ساده ترین ابزار کنترل تشعشع به داخـل سـاختمان در فصل تابستان استفاده از سایبان مناسب بر روی پنجره‌ها اسـت. از آنجائیکه بیشترین جذب از طریق پنجره‌های شرقی – غربـی صورت می‌پذیرد، این نـوع پنجـره‌هـا بایـد در اولویـت سـایبان گذاری قرار گیرند. سایبان‌های داخلی شامل انواع پرده پارچـه ای و کرکره می‌شود که اثر بخشی آنها نسبت به سایبان‌های بیرونی به مراتب کمتـر اسـت، ولـی دارای مزایـای زیـادی مـی‌باشـند. سایبان‌های داخلی (پرده و کرکره) ارزانتر بوده، راحت تر نـصب می‌شوند و تنظیم آنها نیز با سهولت بیشتری انجـام مـی‌شـود و حتی تنظیم نور ورودی با دقت بیشتری صورت می‌پذیرد. به هر حال کنترل تشعشعات خورشیدی موجب کاهش مصرف انـرژی بخش تهویه مطبوع ساختمان‌ها می‌شود . سایبان‌هـای بیرونـی دارای اثر بخشی بیشتر بوده و از تابش مـستقیم نـور بـه داخـل ساختمان جلوگیری می‌کنند [۹].

۵-۲- انتخاب مصالح مناسب در سازه

۵-۲-۱-استفاده از شیشه‌های چند جداره و کم گسیل

طبق تحقیقات شورای اقتصاد صـرفه جـویی انـرژی در آمریکـا حتـی در خانـه‌هـای جدیـد حـدود ۲۰٪ از تلفـات حـرارت در زمستان و ۷۵٪ اتلاف سرمایش در تابستان از طریـق پنجـره‌هـا صورت می‌گیرد [۱۰.]

در سالهای اخیر روش‌های زیادی بـرای صـرفه جـویی مـصرف انرژی در سـاختمان‌هـا پیـشنهاد شـده و مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه‌انـد. یکـی از ایـن روش‌هـا، بـه کـارگیری پنجـره‌هـای چندجداره می‌باشد. افزایش مقاومت حرارتی این نوع پنجره‌هـا نه تنها تابعی از تعداد جداره‌ها بلکه به خلاء بودن و یا نوع گـاز پرشده در بین جداره‌ها نیز بستگی دارد. در صورت عدم وجـود خلاء بین جداره‌ها، بـه غیـر از هـوا گازهـای دیگـری از قبیـل آرگون، کریپتون، گزنون و ترکیب آرگون و کریپتون بـه خـاطر ضریب هدایت حرارتی پایین و دیگر خواص از قبیل بی رنگ و بی بو بودن، غیر خورنده و غیر سمی‌بودن و اشتعال ناپذیر بودن مورد استفاده قرار می‌گیرند[۱۱] .

استفاده از اکسیدهای فلزی بر روی شیشه به عنوان لایه نازک می‌تواند اثرات مختلفی داشته باشد. یکی از این اکسیدهای که به عنوان لایه نـازک بـر روی شیـشه قـرار مـی‌گیـرد، اکـسید ایندیم-قلع است. لایه نشانی این لایه بـر روی شیـشه، آن را از یک ماده جاذب گرما (گسیل بالا) به یک مـاده بازتـاب کننـده گرما (کم-گسیل) تبدیل می‌کند. و با توجه به اینکه در مقابـل اشعه خورشید دوام دارد و خواص خود را از دست نمـی‌دهـد و اسـتفاده مـستقیم آن را در سـاختمان امکـا نپـذیر مـی‌سـازد. تحقیقات در اروپا نشان می‌دهدکه اگر از شیشه‌هایی که مصرف انرژی مؤثر دارند به جای شیشه‌های اسـتاندارد تـک جـداره و دوجداره استفاده کنند، سالانه ۱/۱ میلیـون گیگـا ژول انـرژی ذخیره خواهد شد [۱۳] . اخیراً مطالعه جـامعی کـه در آمریکـا انجام شده است حاکی از آن است که ۲۰٪ کل انـرژی مـصرفی ساختمان‌ها به سرمایش و گرمـایش فـضای داخلـی سـاختمان اختصاص دارد. حدود ۲۵٪ از این انرژی از طریق پنجره‌ها هـدر می‌رود (به دلیل تبادل حرارتی بالا) و در مجموع روزانه معـادل ۱/۷ میلیون بشکه نفت از این طریق تلـف مـی‌شـود . بنـابراین ملاحظه می‌شود که اتلاف انرژی از پوسته ساختمان و پنجره‌هـا بسیار زیـاد و چـشمگیر اسـت و نیـاز اسـت تـا اقـدامات بـرای جلوگیری از اتلاف انرژی به عمل آید [۹].

۵-۲-۲- عایقکاری حرارتی

استفاده از عایق‌هـای حرارتـی در اجـزای پوسـته ای غیـر شـفاف ساختمان باعث بالا رفتن مقاومت حرارتی ایـن اجـزاء مـی‌شـود و بنابراین اتلاف حرارت از طریق این اجزاء را کاهش می‌دهد [۱۳] .

۵-۲-۲-۱- انواع عایق‌ها

مـوادی کـه اصـلاً از نظـر خـصوصیات عـایق بنـدی حرارتـی خود مورد استفاده قرار می‌گیرنـد بـه دو دسـته آلـی و غیرآلـی تقسیم می‌شوند.

عایق‌های غیرآلی از مواد طبیعی یا سـاختار الیـافی، پـودری یـا اسفنجی ساخته می‌شوند که فضای خالی بیشتری دارنـد نظیـر: الیاف شیشه، الیـاف معـدنی (پـشم سـنگ)، دانـه‌هـای شیـشه اسفنجی، ورمیکولیت، سیلیکات کلسیم و منیزی یا چوب پنبـه فشرده . عایق‌های غیرآلی معمولاً اشتعال ناپذیر بوده و، شعله را گسترش نمی‌دهند. در مقابل پوسیدگی و حشرات موذی آسیب ناپذیرند و بطور کلی ضریب انتقال حرارتی بـالاتری نـسبت بـه عایق‌های حرارتی آلی دارند. بیشترین عایق‌های غیرآلـی کـه در ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: الیاف شیشه و پشم‌سنگ به شـکل الیـاف پـوش دار، حـصیر و تـوپ نمـدی و تخته، توفال و صفحات صـلب و نیمـه صـلبی از الیـاف فـشرده، دانه‌های شیشه اسفنجی (که بـه صـورت تختـه‌هـای صـلب بـا یکدیگر ممزوج شده اند)، تخته‌های چوب پنبه فـشرده و الیـاف ورمیکولیت. عایق‌های آلی برپایه پلیمرهای هیدروکربن به شکل رزین‌های پلاستیک گرما سخت یا گرما نرم ساخته می‌شوند که ساختارهایی با منافذ خالی بسیار زیاد ایجـاد مـی‌کننـد . ماننـد پلی استیرن، پلی اورتان، ایزوسیانورات و اسفنج فنلی، عایق‌های آلی معمولاً نسبت به عایق‌هـای غیرآلـی مقـدار ضـریب انتقـال حرارتی کمتری دارند و شعله را آسـانتر گـسترش مـی‌دهنـد و علاوه بر اشتعال پذیر بودن نقطه ذوب نسبتاً پائین تـری دارنـد. بیشتر عایق‌های آلی مورد استفاده در ساختمانها عبارتند از: پلی

استیرن اسفنجی به شکل دانه ای یا تخته ای، پلی استیرن تزریقی به شکل تخته ای و اسفنج‌های پلی اورتان، ایزوسیانورات و فنلی به شکل تخته‌های پیش ساخته با پوششهای افشانه ای.

۵-۳- جلوگیری از نشت هوا از درزها و بازشوها

بخش قابل ملاحظه ای از انرژی که صرف گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها می‌شود، از طریق خروج گرمای داخل ساختمان در زمستان و ورود هوای گرم به داخل ساختمان در تابستان به هدر میرود. علت اصلی این اتلاف عدم درزگیری صحیح پنجره‌ها و درب‌های ورودی است و بخشی نیز در اثر عدم عملکرد صحیح دمپرها صورت میپذیرد (مانند هواکش‌های کانال کولر). هم چنین مواد ساختمانی نیز در تبادل سرما و گرما بسیار مؤثر می‌باشند. باید در نظر داشت که تعداد درب‌ها و پنجره‌ها نیز از عوامل بسیار مؤثر در اتلاف انرژی به شمار می‌آید. جنس موادی که به عنوان درزگیر استفاده می‌شود نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است، چرا که بعضی از درزگیرها پس از گذشت مدت زمانی کوتاه خاصیت اولیه خود را از دست می‌دهند. [۹]

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد با درزگیری می‌توان حداقل ۳۸ درصد میزان نفوذ هوا را به داخل واحد مسکونی کاهش داد که اگر درزگیری به عنوان یک پروژه ملی در سطح کشور انجام شود، سالیانه ۵۳۶ میلیارد ریال صرفه‌جوئی ناشی از بهینه سازی مصرف سوخت و جلوگیری از هدر رفتن انرژی حاصل می‌گردد [۱۴].

۵-۴- استفاده از وسایل کنترل اتوماتیک گرما و سرما

سیستم‌های مولد حرارت و برودت فاقد سیستم ترموستاتیک برای کنترل دمای داخل فضاهای زندگی و کار میباشند. در نتیجه برای تنظیم گرما و سرما و حتی روشنایی کنترلی وجود نداشته و مقادیری از این اتلاف به دلیل عدم وجود کنترل است. شیرهای ترموستاتیک ضمن دارا بودن حداقل ۲۰٪ صرفه جویی در مصرف انرژی باعث ایجاد محیطی مطلوب برای ساکنین می‌شود. (سیستم‌های کنترل گرمایشی، مؤثر ترین، ساده ترین و کم هزینه ترین راهکار عملی برای جلوگیری از اتلاف انرژی در ساختمان است) [۱۵] .

امروزه با استفاده از روش‌های نوین کنترل و مدیریت هوشمند انرژی در تأسیسات حرارتی ساختمان امکان کنترل تأسیسات حرارتی با رعایت الگوهای صحیح مصرف انرژی میسر می‌باشد . اصول بهینه سازی مصرف انرژی توسط "سیستم مدیریت هوشمند انرژی در تأسیسات حرارتی ساختمان " اندازه گیری دما و دریافت اطلاعات از سنسورهای حرارتی می‌باشد. این سنسورها بر روی مسیر رفت آب گرم مصرفی، کلکتور رفت تأسیسات و محیط خارج ساختمان (ضلع شمالی) نصب می‌شوند. سپس پروسسور سیستم، اطلاعات دریافتی را تحلیل و مطابق پارامترهای کنترلی تنظیم شده، مشعل یا مشعل‌ها را در زمانهای مقتضی روشن، و وضعیت آب گرم مصرفی در حالت تابستانی‌بودن تأسیسات حرارتی و گرمایش و آب گرم مصرفی در حالت زمستانی بودن و تأسیسات حرارتی را کنترل می‌نماید.

۵-۵- کاهش مصرف انرژی الکتریکی

بر اساس برآورد آژانس بین المللی انرژی، پتانسیل صرفه جویی مصرف انرژی در بخش روشنایی در ساختمان‌های مسکونی ۵۰٪ تا ۷۰٪ و در ساختمان‌های تجاری ۱۰٪ تا ۳۰٪ می‌باشد . در کشور ما سیستم روشنایی تقریباً مصرف‌کننده ۲۰٪ کل انرژی الکتریکی است . در بخش خانگی نیز به طور متوسط ۲۵٪ مصرف سالانه برق به روشنایی اختصاص می‌یابد . از آنجا که تأمین انرژی مورد نیاز روشنایی مستلزم سرمایه گذاری کلان است، بجاست سیستم روشنایی بیش از پیش از دید بهره وری مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی با بهینه‌سازی سیستم روشنایی و بکارگیری سیستم‌های کنترل و تجهیزات پر بازده میتوان به بیش از ۷۵٪ صرفه جویی دست یافت. از سوی دیگر باید توجه داشت که بهینه سازی سیستم روشنایی میتواند بر عملکرد بهینه سایر تأسیسات جانبی از جمله سیستم سرمایش (بدلیل نقشی که در افزایش بار حرارتی داخلی ساختمان دارد) نیز تأثیر گذارد.

در مرحله طراحی و انتخاب تأسیسات روشنایی عوامل بسیاری تأثیر دارند که از آن جمله میتوان به مواردی چون نوع و شدت روشنایی مورد نیاز، تعداد ساعات استفاده از روشنایی، رنگ محیط، درجه حرارت و رطوبت هوا، میزان کثیفی لامپ، امکان استفاده از نور طبیعی، ملاحظات سلامتی و راحتی کاربران، تنظیم درخشندگی و انعکاس نور اشاره کرد. همچنین ملاحظات مالی، تکنولوژیهای موجود و در دسترس و از همه مهمتر بهره وری انرژی نیز از عواملی هستند که در انتخاب تأسیسات روشنایی باید مد نظر قرار بگیرند.

۵-۵-۱- جایگزینی لامپهای کاراتر با لامپهای متداول

صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریسیته ای که از طریق جایگزینی لامپهای کاراتر با لامپهای متداول حاصل می‌شود نه تنها برای خرید لامپهای جدید کافی است، بلکه بعد از مدتی به سرمایه گذاری اولیه برمیگردد.

اگرچه استفاده از لامپ‌های رشته ای تنگستنی وسیع است، آنها بویژه مشتریان غیر کارآمد انرژی بوده و باید تا حد امکان از آنان اجتناب کرد. به سبب اینکه لامپ‌های رشته ای تنگستنی

استاندارد چنین اثر بخشی‌های ضعیفی را نمایش می‌دهند، لامپ‌های فلورسنت کم مصرف بعنوان جایگزینی توسعه یافتند. در جایی که ممکن است، لامپ‌های تنگستن باید با لامپ‌های فلورسنت کم مصرف تعویض شوند، خروجی نور در این نوع قابل مقایسه با لامپ‌های تنگستنی بوده، لیکن فقط حدود ۲۰٪ از توانی که توسط لامپ‌های تنگستنی مورد نیاز است را مصرف می‌کنند [۱۶].

۵-۵-۲- استفاده از روشنایی روز

برخی گزارشها نشان می‌دهد که بهینه سازی انرژی در بخش روشنایی، با به کارگیری روشنایی روز به میزان ۱۵٪ تا ۳۰ ٪ در ساختمان‌های تجاری افزایش می‌یابد.

۵-۵-۳- بهره گیری از سیستم مدیریت هوشمند در سیستم کنترل روشنایی

سیستم کنترل روشنایی چنانچه به خوبی طراحی شود قادر است بین ۳۰٪ تا ۵۰٪ در مصرف انرژی صرفه جویی به عمل آورد. سطح روشنایی لازم است بر مبنای سطوح روشنایی نور طبیعی یا بر مبنای حضور افراد یا بوسیله ترکیبی از این دو استراتژی انجام شود. حس گرهای حضور افراد می‌توانند زمانی که کسی در محیط حضور ندارد روشنایی‌ها را خاموش کنند. کنترل‌های بر مبنای نور طبیعی، بهتر است با کم نور کننده‌ها بکار گرفته شوند تا اینکه از کلیدهای روشن - خاموش استفاده شود. بسیاری از انواع کنترل‌ها نه تنها یک کنترل بر مبنای حضور افراد در فضای خود فراهم می‌کنند، بلکه به نور طبیعی روز و حضور افراد نیز از طریق کنترل‌های کم نور کننده و قطع و وصل پاسخ می‌دهند[۱۷].

۶- نتیجه گیری

آمار انرژی کشور نشان دهنده آن است که مصرف انرژی در بخشهای مختلف از جمله بخش خانگی طی سالیان گذشته همواره روند رو به رشد داشته است. از این رو، بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان و مسکن بسیار منطقی و حیاتی به نظر میرسد.

منظور از بهینه سازی مصرف انرژی، انتخاب الگوها و بکارگیری روش‌ها و سیاست‌های مناسب در راستای مصرف صحیح انرژی می‌باشد. برای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، علاوه بر اجرای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌شود:

- طراحی معماری ساختمان همساز با اقلیم
- عایقکاری حرارتی
- استفاده از وسایل کنترل اتوماتیک گرما و سرما
- بهره گیری از سیستم مدیریت هوشمند در سیستم کنترل روشنایی

مراجع

1- Campbell, D., (2001), Blackouts bring gloom to California, The Guardian 19th January .

2- World Oil & Gas Review (2005).

۳- ترازنامه انرژی (۱۳۸۴)، دفتر برنامه ریزی انرژی، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو.

4- Promotion of Energy efficiency in industry and Financing of Investments, Economical and Social Commission for Asia and The Pacific, United Nations Publication, New York, USA , (2001).

5- End use Energy Efficiency and Promotion of a Sustainable Energy Future, Energy Research Development, Series No. 39, Economic and Social Commission for Asia and Pacific, United Nations Publication, New York, USA, (2004).

6- United Nations Development Programme, Department of Economic and Social Affairs and World Energy Council, World Energy Assessment, Energy and challenge of Sustainability, New York, UNPP, (2000) .

۷- بگز، کلایو (۲۰۰۲)، انرژی، مدریت، عرضه و بهینه سازی مصرف، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، انتشارات نگاه شرقی سبز، تهران.

۸- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان (۱۳۸۱)، مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه جویی در مصرف انرژی، وزارت مسکن و شهرسازی

۹- کرباسی، عبدالرضا؛ شفیع زاده، محمد علی ؛ امانی، سعید (۱۳۸۴)، مدیریت انرژی در ساختمان، سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)، وزارت نیرو.

۱۰- دانش، ماندانا (۱۳۸۲)، پنجره‌های حرارتی برای استفاده بهینه از انرژی خورشیدی، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

۱۱- موسوی، سید محسن؛ جلالی وحید، داود (۱۳۸۵)، مطالعه انتقال حرارت در پنجره‌های چند جداره و بررسی کاهش تلفات انرژی با استفاده از این نوع پنجره‌ها، مجموعه مقالات پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.

۱۲- فلاح، حمیدرضا؛ عسگری، هادی ؛ شهبازی، محمد امیر (۱۳۸۵)، بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان با

۱۳- بکارگیری شیشه‌های کم گسیل، مجموعه مقالات پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.
۱۴- اسلامی، حسین؛ ریاضی، جمشید (۱۳۶۹)، عملکرد عایقکاری حرارتی در ساختمان و بهینه سازی آن، دیدگاه اقتصادی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۱۵- شهریاری، غلامرضا؛ نبی فر، محمدرضا؛ آخرتی، رسول؛ نوذری منش، علی ؛ (۱۳۸۵)، بررسی تأثیر درزگیری بر بار حرارتی و برودتی مصرفی خانوار در یک منزل مسکونی نمونه، مجموعه مقالات پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان.
۱۶- سایت رسمی‌مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (۱۳۸۶)،
17- Pritchard, D. C. (1995) , Lighting Longman Scientific and technical, Essex, UK, 5th edition, TMI Mahlia .
۱۸- بهرامی، حسین؛ داوری، طهماسب (۱۳۸۲)، مدیریت انرژی با تابلو برق هوشمند، نشریهٔ انرژی ایران، سال هشتم، شمارهٔ ۱۸

خانم سودابه نشاسته ریز فارغ التحصیل رشته مهندسی عمران- عمران از دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) در سال ۱۳۸۲ و کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست از دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۶ می‌باشد. ایشان دارای ۶ سال سابقه کار بوده و از شهریور سال ۱۳۸۷ با شرکت مهندسی قدس نیرو همکاری نموده است. زمینه فعالیت و علاقمندی خانم نشاسته ریز محیط زیست و انرژی در ساختمان می‌باشد.

Email:
sneshastehriz@ghods-nirrocom

کاربردهای توربین‌های بادی کوچک و بررسی استفاده آنها در ایران

مسعود فاخری

کارشناس ارشد مکانیک- شرکت توانیر

مجید حقیقی

کارشناس ارشد مدیریت شهری- سازمان انرژیهای نو ایران (سانا)

چکیده:

در این مقاله ویژگیها و خصوصیات توربین‌های بادی کوچک اعم از قابلیت نصب در مناطق دور افتاده، هزینه کمتر نسبت به ایجاد خطوط شبکه و دیگر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، ایجاد اشتغال، کاربردهای گوناگون آن علاوه بر تولید برق، قابلیت طراحی، نصب و راه‌اندازی آسان و همچنین پتانسیل و امکان استفاده از این تکنولوژی در ایران مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

۱- مقدمه

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر قرن‌هاست که به عنوان منابع انرژی برای بشر بکار برده شده است. برای مثال می‌توان به استفاده از انرژی باد در ایران حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد به عنوان آسیاب بادی اشاره نمود. بعد از بحران‌های نفتی دهه ۱۹۷۰، استفاده جدی‌تر از منابع غیرفسیلی جهت تولید انرژی افزایش یافت و از همان زمان سرمایه‌گذاری‌ها در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر باد، خورشید و غیره شروع شد. در این میان استفاده از انرژی باد پیشرفت چشم‌گیری داشت. ظرفیت نصب متفاوت این نوع انرژی (از یک کیلووات تا چند مگاوات) باعث کاربردهای متفاوتی برای آن شده است. یکی از نمونه‌های آن استفاده از توربین‌های بادی کوچک بوده است. استفاده گسترده از توربین‌های مذکور توسط کشورهای ژاپن، چین، کانادا و آمریکا در سالهای اخیر نشان می‌دهد که این توربین‌ها مزیت‌های غیرقابل چشم‌پوشی بسیاری دارند. به طور مثال در کشور چین حدود ۱۵۰۰۰۰ توربین باد خانگی در حال کارکرد وجود دارد که یک سوم انرژی مورد نیاز مناطق دورافتاده را تأمین می‌کند، همچنین در کشور ژاپن نیز تا سال ۲۰۰۵ تعداد توربین‌های بادی کوچک نصب شده بالغ بر ۶۰۰۰ واحد بوده است. طبق گزارش‌های ارائه شده در نقشه‌راه[1] توسعه صنعت توربین‌های کوچک در آمریکا هزینه نصب توربینهای با ظرفیت ۵ تا ۱۵ کیلووات از ۳۵۰۰ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۰۲ به ۱۸۰۰-۱۲۰۰ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۰ تقلیل خواهد یافت.

۲- ویژگی‌ها و مزایای توربین‌های بادی کوچک

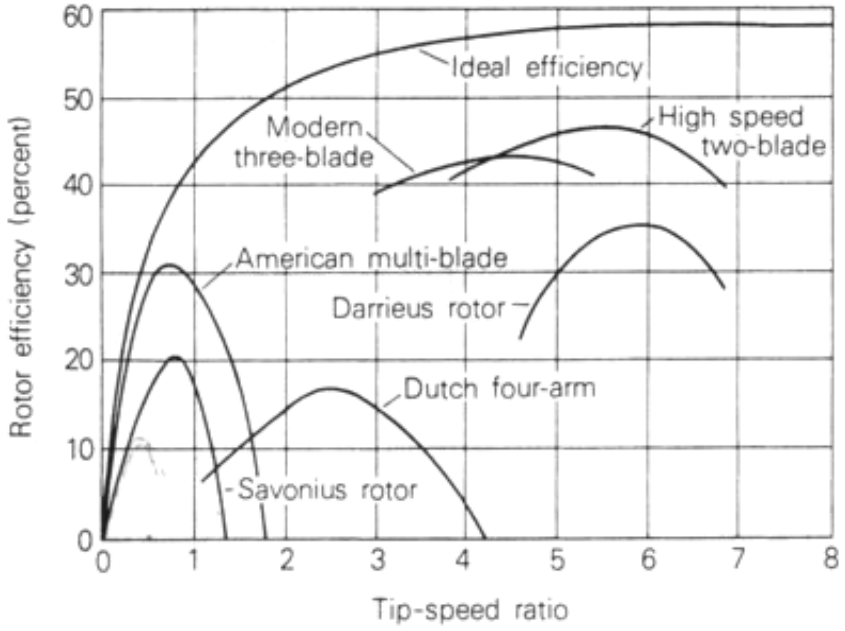
۲-۱- نیاز به میانگین باد کمتر نسبت به توربین‌های بزرگتر

شکل (۱) نشان می‌دهد که محدوده کارایی توربین‌های بادی کوچک اعم از ساوینیوس[2]، چند پره‌ای[3] و محور عمودی[4] نسبت به توربین‌های سه پره‌ای بزرگ در نسبت سرعت نوک پایین‌تر است. به عبارت دیگر این توربین‌ها در سرعت باد پایین‌تر کارایی بهتری دارند.

۲-۲- ضریب اقتصادی[5]

تجربیات گذشته مشخص می‌کند که توربینهای بادی کوچک در مقابل دیگر منابع انرژی از لحاظ اقتصادی قابل رقابت و حتی برتر هستند و قیمت کمتر در ساخت آنها باعث اثرگذاری در بازارهای جهانی نیز شده است. مثلاً استفاده از انرژی الکتریکی حاصل از توربین‌های بادی کوچک خانگی ۹۰-۵۰ درصد از صورت حسابهای برق مصرفی را کاهش داده است. به عبارت دیگر استفاده از این روش نسبت به ایجاد خطوط شبکه اقتصادی‌تر است. البته انرژی فوتوولتاییک نیز از جهات مختلفی تکنولوژی خوبی است، اما هزینه آن از این قاعده مستثنی است. لذا انرژی باد برای کاربردهای بیشتر از ۲۰۰-۱۰۰ وات خانگی، تجاری و یا مکان‌های دور افتاده جایگزین مناسب‌تری خواهد بود. بر عکسِ هزینه انرژی PV [6] که اساساً با افزایش توان تولید کاهش نمی‌یابد، هزینه انرژی تولیدی توربین‌های بادی کوچک با افزایش ظرفیت کاهش می‌یابد.

1- Road map
2- Savonius
3- Multi-Blade
4- Vertical Axes Wind Turbine
5- Cost Factor
6- Photovoltaic



شکل (۱)

برای مثال در اندازه ۵۰ وات هزینه یک توربین بادی کوچک در مقایسه با ۶ دلار آمریکا بر وات مدل PV حدود ۸ دلار آمریکا بر وات است، اما وقتی که توان تولیدی افزایش یابد توربین بادی کوچک اقتصادی‌تر خواهد بود، مثلاً برای تولید توان ۳۰۰ و ۱۵۰۰ و ۱۰۰۰۰ وات هزینه تولید برای توربین بادی کوچک به ترتیب ۲/۵ و ۲ و ۱/۵ دلار آمریکا بر وات برآورد می‌شود، این در حالی است که هزینه تولید برای مدل PV همان ۶ دلار آمریکا بر وات باقی می‌ماند. همچنین هزینه‌های تجهیزات مورد نیاز برای توربین بادی کوچک و مدل PV یکسان می‌باشد. اما هزینه سیم‌کشی مدل PV به دلیل تعداد زیاد سیم‌های ارتباطی، بیشتر از توربین بادی کوچک است. مصرف برق یک خانه معمولی بین ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات در ماه است و یک توربین بادی با مدل PV ۴ تا ۱۰ کیلوواتی این انرژی را می‌تواند تأمین کند. با توجه به موارد فوق الذکر هزینه تأمین این مقدار انرژی بوسیله توربین بادی کوچک بسیارکمتر خواهد بود. جدول (۱) هزینه انرژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده در منازل را نشان می‌دهد که در آن هزینه نصب سیستم فتوولتائیک در مصارف خانگی دو برابر توربینهای کوچک است.

جدول (۱)

Status of the Technologies	Small Wind	Solar Thermal Electric	Photovoltaics
Status	Commercial	Demo	Commercial
Installed cost	$4/Watt	$10/Watt	$8/Watt
Payback Period	15 Years	30+ Years	25 Years
Cost Potential	$1.50/W in 2010	?	$3/W in 2010
Typical Site	Rural	Southwest	Suburban
Available Resources	Poor–Great	Poor–Good	Poor–Good

۲-۳- قابلیت طراحی، ساخت و نصب و راه اندازی آسان

توربین‌های بادی بزرگ طراحی پیچیده‌ای به ویژه در قسمت آیرودینامیکی دارند و طراحی پره آنها معمولاً انحصاری و در اختیار چند شرکت بزرگ دنیا قرار دارد. اما توربین‌های بادی کوچک که دارای پره‌هایی ساده با مقطع یکنواخت هستند، طراحی و ساختی ساده دارند. از طرفی نصب تجهیزات آسان (مثلاً در توربین‌های بادی کوچک محور عمودی نصب تجهیزات اعم از ژنراتور، گیربکس و ... روی زمین است) که اغلب نیاز به وسایل مکانیکی سنگین ندارند، باعث هزینه کمتر و نیاز به تکنولوژی پایین‌تر شده است و به تبع آن تعمیر و نگهداری نیز سهل‌تر خواهد بود . با توجه به موارد مذکور می‌توان نتیجه گرفت که حصول فناوری توربین‌های بادی کوچک در کشورهای در حال توسعه به راحتی امکان‌پذیر است.

۲-۴- قابلیت کابرد هم‌زمان با مولدهای دیگر

توربین‌های بادی کوچک قابلیت به کارگیری هم زمان با دیگر مولدهای الکتریکی همچون موتور دیزلی و سیستم فتوولتائیک را نیز دارند. از آنجا که ممکن است این سوال مطرح شود که باد همیشگی نیست و نمی‌توان از توربین‌های بادی همواره استفاده نمود، قابلیت مذکور توربین‌های بادی کوچک می‌تواند این مشکل را مرتفع سازد. چرا که هم اکنون مجموعه برق رسانی مولدهای توربین بادی، سیستم فتوولتائیک و موتور دیزل در مناطق دور افتاده بسیار کارا است. شکل (۲) یک نمونه از مجموعه کاربردی توربین‌های کوچک با دیگر مولدهای انرژی را نشان می‌دهد.

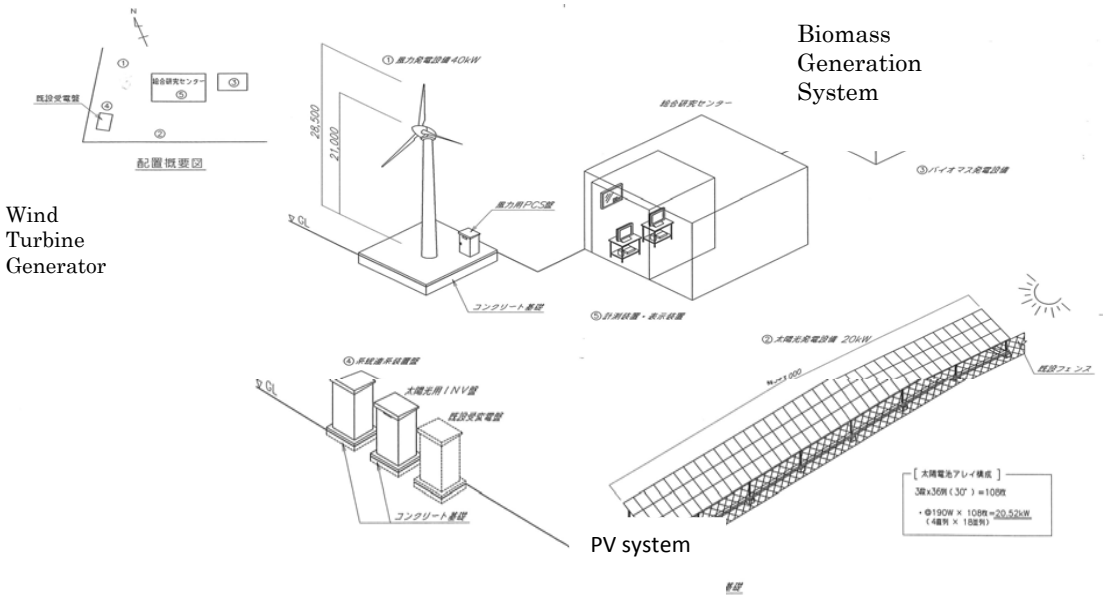
از طرفی می‌توان گفت که همان ایراد به سیستم فتوولتائیک که از انرژی خورشیدی استفاده می‌کند نیز وارد است چرا که در فصل زمستان و در مناطق کوهستانی انرژی خورشیدی کم است و نیاز به مولد مکمل دیگری دارد.

۲-۵- کاربردهای گوناگون

علاوه بر تولید برق که می‌تواند به صورت متصل یا منفصل از شبکه باشد توربین‌های بادی کوچک می‌توانند کاربردهای متفاوت دیگری نیز داشته باشند، از جمله مصارف کشاورزی (پمپ آب)، تصفیه و نمک‌گیری آب (آب شیرین‌کن)، گرمایش و سرمایش با استفاده از پمپ‌های تراکم بخار و غیره. به طور کلی این توربینها در هر محلی که باد کافی وجود داشته باشد اعم از کویر یا کوهستان برفی به عنوان یک سیستم مستقل برای استفاده خانگی و کاری الکتریکی و گرمایی به کار برده شود و یا اگر شرایط انتقال به شبکه وجود داشته باشد انرژی تولیدی می‌تواند به آن تزریق گردد.

۲-۶- قابلیت کاربرد در مناطقی که به شبکه سراسری برق متصل نیستند

با استناد به خبرگزاری بانک جهانی حدود دو میلیارد نفر در کشورهای در حال توسعه از استفاده از شبکه سراسری برق محروم می‌باشند. از آنجاییکه طراحی و ساخت توربین‌های بادی کوچک ساده است تولید آن در کشورهای در حال توسعه به سادگی امکان پذیر است لذا مهمترین کاربرد آن برق رسانی به مناطق دورافتاده در این قبیل کشورها است.



شکل (۲)

به طور کلی کاربرد این توربین‌ها در مناطق دورافتاده را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- برق رسانی خانگی
- تجهیز و توسعه مناطق به تکنولوژی‌های روز مانند تلویزیون، رایانه و ....
- برق رسانی و احداث کلینیک پزشکی، مدارس، مؤسسات کوچک تجاری و اقتصادی
- تأمین انرژی و برق ایستگاه‌های مخابراتی، برج‌های نورافکن (فانوس دریایی) و پناهگاه‌های کوهستانی

با در نظر گرفتن این کاربردها مسلماً اشتغال‌زایی در این مناطق بیشتر شده و از مهاجرت ساکنین این مناطق به شهرهای بزرگ نیز کاسته خواهد شد. از طرفی برق رسانی به گروه‌های مردمی‌مهاجر (عشایر) بسیار هزینه بر و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (از جمله انرژی بادی) در محل اسکان آنها ایده‌آل به نظر می‌رسد .

۳- استفاده از توربین‌های بادی کوچک در ایران

۳-۱- پتانسیل و شرایط محیطی

با توجه به گستردگی کشور و مناطق دورافتاده زیاد، وجود عشایر و متنوع بودن شرایط اقلیمی‌استفاده از نیروگاه‌های مستقل کوچک منطقه‌ای در بعضی مناطق کشور ضروری به نظر می‌رسد. پتانسیل بالای انرژی بادی کشور (که حداقل ۱۰،۰۰۰ مگاوات آن امکان‌سنجی شده و نزدیک به ۴۰،۰۰۰ مگاوات نیز تخمین زده می‌شود)، صعب العبور بودن و همچنین عدم دسترسی کافی به انرژی خورشید در بعضی از مناطق کوهستانی و هزینه بالای ایجاد خطوط شبکه استفاده از توربین‌های بادی کوچک را اجتناب ناپذیر می‌کند .

۳-۲- بررسی فناوری و ساختار صنعت توربین‌های بادی کوچک

چندین سال از شروع استفاده مدرن از انرژی باد و ایجاد صنعت باد کشور می‌گذرد و در این میان تعریف چند پروژه مطالعاتی و تحقیقاتی برای طراحی، ساخت و راه اندازی توربین‌های بادی کوچک زمینه را برای پیشرفت تکنولوژیکی و ایجاد ساختار صنعت توربین‌های بادی کوچک مهیا کرده است. اما اهداف تکنولوژیکی، دانش و مهارت فنی در این نوع توربین‌ها مشخص نیست و نیاز به تدوین اهداف با استراتژی‌های خاص و برنامه‌های مشخص ضروری است.

با تجربیات حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی، وجود افراد متخصص و توانمندی‌های صنعتی امکان دستیابی به تمام توانمندی‌های هشت‌گانه زیر از طریق توسعه درون‌زا وجود دارد (جدول ۲). البته در این میان طراحی و ساخت داخلی حداقل ۲۰٪ از قطعات حساس باید از طریق انتقال تکنولوژیکی، دانش و مهارت فنی تأمین شود. راهکار نیل به اهداف مذکور ایجاد بازار قابل توجه و پایا برای بخش خصوصی است. پس از ایجاد صنعت تولید و استفاده از توربین‌های باد کوچک در داخل کشور، می‌توان به بازار با پتانسیل بالای منطقه خاورمیانه نیز اندیشید.

جدول (۲)

	مونتاژ توربین	طراحی توربین	طراحی داخلی قطعات	ساخت داخلی قطعات	سایت‌یابی و میکروسایتینگ	آماده‌سازی سایت، نصب و راه‌اندازی	بهره‌برداری	تعمیرات و نگهداری
توسعه درون‌زا	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۸۰٪)	✓(۸۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)
انتقال تکنولوژی، دانش و مهارت فنی	-	-	✓(۲۰٪)	✓(۲۰٪)	-	-	-	-
مجموع	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)	✓(۱۰۰٪)

مراجع

- American Wind Energy Association (AWEA). "Road Map, A 20-year industry plan for small wind turbine technology", June 2002.
- Izumi Ushiyama, "Small wind turbine in sustainable urban environment".
- Bergey Wind Power Co., http://www.bergey.com
- Sandia National Laboratory, http://www.sandia.gov/wind
- Permitting Small Wind Tubines: A Hand book, http://www.energy.ca.gov/renewwbles, 2003.
- Center of renewable energy development, "Renewable Energy Development in China", Beijing China, 1997.
- J. M. Marron,"Australian Wind Energy Futures", The university of Qeenland, 2004.
- K. Marsh, V. Maheshwary, A. Kopin, "The Village Well", UN, 2005.
- M. Muller, et. All, "Cost optimization of wind-pv-diesel hybrid systems", 2000.

- سازمان انرژی‌های نو ایران، http://www.suna.org.ir
- سازمان انرژی‌های نو ایران، "برنامه توسعه تولید برق با استفاده از پتانسیل انرژی باد"، خرداد ۱۳۸۶.

آقای مسعود فاخری دارای کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه شیراز بوده و جمعاً ۵ سال سابقه کار در زمینه‌های انرژی باد و برنامه‌ریزی انرژی دارد. ایشان در حال حاضر کارشناس ارشد شرکت توانیر می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای فاخری فعالیت در زمینه انرژی باد و برنامه‌ریزی انرژی می‌باشد.

Email:
masoudfakheri@yahoo.com

مجید حقیقی دارای مدرک مهندسی مکانیک از دانشگاه تهران و کارشناسی ارشد مدیریت شهری از دانشگاه علامه طباطبایی بوده و دارای ۳ سال سابقهٔ کار در زمینهٔ نیروگاههای بادی و ۳ سال تجربه کاری در زمینه مدیریت استراتژیک و تدوین برنامه‌های راهبردی می‌باشد. ایشان در حال حاضر کارشناس دفتر مهندسی سازمان انرژیهای نو ایران (سانا) می‌باشد.

Email:
majid.haghighi@gmail.com

کاربرد مهندسی اجتماعی در نقض امنیت اطلاعات

(Social Engineering Usage in Violation of Information Decurity)

سالار شایان فر

سرپرست بخش فناوری اطلاعات- مدیریت ارشد مهندسی صنایع نفت و گاز

چکیده:

همانطور که می‌دانید برای یک هکر روشهای گوناگونی جهت ورود غیر مجاز و نقض امنیت اطلاعات یک سازمان وجود دارد. رویکرد انسانی این مسأله اغلب تحت عنوان مهندسی اجتماعی مطرح می‌گردد و احتمالاً دشوارترین نوع مواجهه با امر نفوذ است. این مقاله درباره مهندسی اجتماعی، فنون مورد استفاده و تأثیر آن بر روی سازمان به بحث پرداخته، همچنین شکلهای گوناگون مهندسی اجتماعی و نحوه سوءاستفاده از رفتارهای معمول انسانی را بررسی می‌نماید و نیز نکات برجسته در روشهای مقابله با حملات و اهمیت تحمیل سیاست‌های امنیتی و دانش کاربران در کاهش ریسک‌های مبتنی بر مهندسی اجتماعی را مورد تأکید قرار می‌دهد.

۱- مقدمه

با توجه به این مطلب که نفوذ به سیستم‌های اطلاعاتی از هدف سرگرمی‌در دهه‌های گذشته به اهداف خرابکارانه در زمان حال تبدیل شده است و متناسب با آن، تعداد این اقدامات با گذشت زمان افزایش می‌یابد، در نتیجه سازمانها جهت مقابله همواره سعی دارند سیستمهای امنیتی خود را به روز نموده و زمینه‌های ورود غیرمجاز از طریق سیستم‌های کامپیوتری را از بین ببرند. با مرور این جمله معروف انیشتن که "تنها دو چیز بی‌انتها وجود دارد یکی عالم هستی و دیگری ناآگاهی انسان" علیرغم سیستم‌های امنیتی پیشرفته طریقه حمله مبتنی بر عدم آگاهی کاربران همچنان باقی است. بنابراین نفوذگران به دلیل توافق گسترده بر این واقعیت که افراد، "ضعیف‌ترین پیوند" در یک چارچوب امنیتی می‌باشند، با بکارگیری مهندسی اجتماعی توجه خود را به سوی اهداف انسانی منعطف می‌سازند. با فراگیر شدن این شیوه که مقدمه‌ای بر نقض امنیت تلقی می‌شود، سازمانها به منظور پیشگیری و مقابله وارد عمل شده‌اند. چنانچه بر اساس مصوبات قانونی چون SOX[1]، GLBA[2] و HIPA[3] آمادگی به منظور دفاع و واکنش در برابر حملات به صورت یک اقدام همگانی تلقی می‌شود.

۲- مهندسی اجتماعی چیست؟

مطابق RFC 2828 مهندسی اجتماعی در زمینه نقض امنیت اطلاعات عبارت است از بکارگیری روش‌های غیر فنی و یا با ارزش فنی کم مانند دروغ، جعل هویت، نیرنگ، تطمیع، پست‌های الکترونیکی فریبنده و حتی تهدید کردن جهت حمله به سیستمهای اطلاعاتی. به عبارت دیگر مهندسی اجتماعی مجموعه‌ای از شیوه‌های مورد استفاده جهت بکارگیری افراد با هدف اجرا نمودن اعمال خاص یا آشکار نمودن اطلاعات محرمانه به منظور جمع‌آوری اطلاعات یا دسترسی به سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد. در اکثر موارد، قربانیان هیچگاه با نفوذگران روبرو نمی‌شوند و به ندرت تشخیص می‌دهند مورد سوءاستفاده قرار گرفته‌اند، به طوری که نشانه یک مهندسی اجتماعی موفق، استخراج اطلاعات بدون برانگیختن شک محیط پیرامون است.

مهندسی اجتماعی از خطاها و ضعف‌های انسانی جهت دریافت دسترسی به سیستم‌ها علیرغم لایه‌های کنترلی امنیت که پیاده‌سازی شده‌اند، استفاده می‌نماید. یک هکر ممکن است زمان و تلاش زیادی را صرف عبور از سیستم کنترل دسترسی نماید ولی خیلی راحت‌تر می‌تواند یک فرد را جهت ارائه مجوز ورود به یک قسمت امن یا حتی دسترسی به اطلاعات محرمانه، متقاعد سازد. از آنجا که بر خلاف پیشرفت‌های بدست‌آمده در سیستم‌های اطلاعاتی رایانه‌ای، هنوز سیستمی‌که کاملاً مستقل از اپراتورهای انسانی باشد، عرضه نگردیده است لذا عامل انسانی همیشه به منزله یک راه نفوذ تلقی می‌گردد. علیرغم تهدیدات امنیتی بوجود آمده توسط مهندسی اجتماعی، درباره این مسأله کمتر آگاهی داده می‌شود. دلیل ابتدایی برای فقدان بحث درباره مهندسی اجتماعی اعتبار فردی است که اکثر افراد، آن را به عنوان حمله به هوش و ذکاوت خود می‌دانند و هیچ‌کس نمی‌خواهد، در نظر عمومی یک فرد ناآگاه یا بی‌سواد تلقی شود. بدین علت است که حمله از طریق مهندسی اجتماعی پنهان نگه داشته می‌شود و معمولاً جوانب آن بررسی نمی‌گردد.

1- Sarbanes-Oxley
2- Gramm-Leach-Bliley Act
3-Health Insurance Portability and Accountability Act

۳- مهندسی اجتماعی معکوس

این مفهوم عبارت است از موقعیتی که در آن خود هدف، به هکر مراجعه نموده و اطلاعاتی را که نفوذگر می‌خواهد ارائه می‌دهد. چنین سناریویی ممکن است بعید به نظر برسد ولی کسانی که دارای اشکال مختلف اختیارات - مخصوصاً اختیارات فنی یا اجتماعی - هستند، به علت اینکه نسبت به آنها سوءظن وجود ندارد، اغلب دارای دسترسی به اطلاعات خصوصی حیاتی چون شناسه‌های کاربری و کلمات عبور می‌باشند. در چنین حالتی بدون اینکه کسی از قربانیان سوءاستفاده کند، خود آنها اطلاعات را آشکار ساخته و دسترسی برای هکرها را فراهم می‌سازند.

۴- محرک‌های روانشناسی

از آنجا که پارامترهای روانشناختی در مهندسی اجتماعی بکار گرفته می‌شود، شناخت این عوامل در پیشگیری و دفاع در برابر حملات تأثیر به سزایی خواهد داشت. معمولاً با سوءاستفاده از این پارامترها، فرد هدف از جریانات پیش‌رو تحلیل منطقی نداشته و فریب می‌خورد. در ذیل به عواملی که تحت عنوان محرک‌های روان‌شناسی در مهندسی اجتماعی بکار گرفته می‌شود، اشاره می‌گردد.

۴-۱- معامله متقابل

یکی از رفتارهای شناخته شده در بین افراد، تلاش برای جبران اقدامات محبت‌آمیز دیگران می‌باشد. معمولاً شخص بر پایه این رفتار، قبل از اینکه لطفی در حق وی شود، خود را مدیون دانسته و جهت جبران آن اقدام می‌نماید. این نوع محرک در مهندسی اجتماعی معکوس بسیار کاربرد دارد.

۴-۲- ترس از قدرت

طبق مطالعات انجام شده انسانها در برخورد با اهرم قدرت، قادر به سنجش درستی آن نمی‌باشند. به عنوان مثال در حالتی که یک شخص نفوذگر بر پایه ادعای مرجع قدرت دروغین یک اقدام خاص را طلب می‌نماید، افراد در صورتی که احراز صحت ادعا چالش بر انگیز باشد، ترجیح می‌دهند از مشکلات متعاقب پرهیز نموده و جهت انجام اقدامات وارد عمل شوند.

۴-۳- گرایش به اعتماد

معمولاً پیش‌فرض افراد در برخوردهای اجتماعی، اعتماد به طرف مقابل است. به عبارت دیگر افراد ترجیح می‌دهند در مورد اتفاقات پیش‌رو مثبت بیاندیشند. این مثبت اندیشی سبب می‌شود احتمال موفقیت فرد بدخواه در نیل به اهدافش افزایش یابد.

۴-۴- کمیابی

یکی از رفتارهای انسانی معمول، تمایل به تصاحب مواردی است که بر چسب کمیابی به آن خورده باشد. به طور یقین با مواردی اینچنین برخورد نموده‌اید که فروشندگان با عنوان نمودن کمیابی یک محصول، درصدد بر می‌آیند که فرجه تفکر منطقی را از مشتریان بگیرند. در این موارد شخص هدف فریب می‌خورد و بدون در نظر گرفتن جوانب، جهت تصاحب موقعیت ظاهری حتی به رقابت می‌پردازد.

۴-۵- جاذبه ظاهری

به طور متداول افراد تمایل دارند درخواست افرادی که دارای ظاهری مناسب هستند بپذیرند. یکی دیگر از شکلهای این رفتار، همانندی شخصیتی می‌باشد که فرد هدف با دریافت این مطلب که طرف مقابل دارای شباهت‌هایی با وی است، جهت اقدامات خواسته شده تسهیلاتی را فراهم می‌نماید.

۴-۶- بارگذاری اضافی

هنگامی‌که فرد با حجم اطلاعاتی وسیعی مواجه می‌شود توان ارزیابی درستی این اطلاعات و امکان اخذ تصمیمات منطقی از وی زایل می‌گردد. در این حالت با توجه به کاهش توانایی پردازش، بدون تجزیه و تحلیل موارد خواسته شده، اقدام می‌نماید.

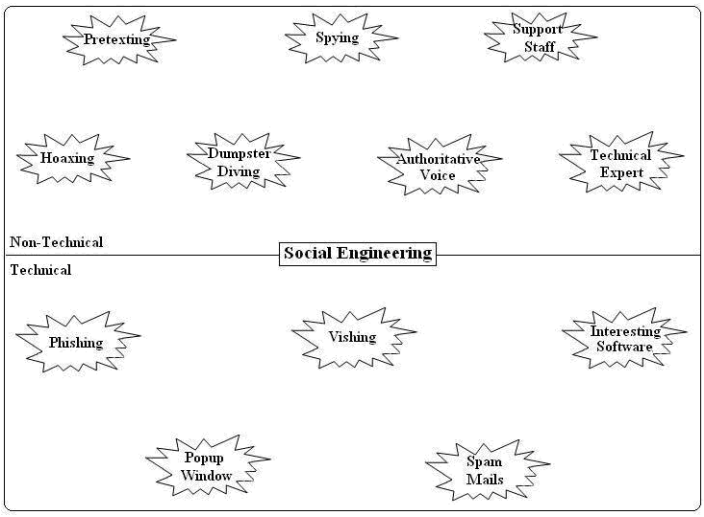
۴-۷- حس مسؤلیت

یکی از ویژگیهای رفتاری در انسان، حائز اهمیت بودن احساس مسؤلیت به خاطر موقعیت فرد می‌باشد که معمولاً این مشخصه رفتاری مورد سوءاستفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال فردی را تصور کنید که به خاطر جایگاه شغلی در شرایطی قرار می‌گیرد که به وی گفته می‌شود رفع مشکل شبکه به همکاری و ارائه اطلاعات کاربری وی بستگی دارد.

۵- انواع فعالیت‌های مهندسی اجتماعی

دو دسته اصلی برای گروه‌بندی فعالیت‌های مهندسی اجتماعی وجود دارد که تحت عنوان دسته فریبهای

مبتنی بر فناوری یا کامپیوتر و دسته فریبهای مبتنی بر افراد بررسی می‌شوند.رویکرد مبتنی بر فناوری عبارت است از فریب دادن کاربر توسط ابزارهای موجود در فناوری مبنی بر اینکه سیستم جعلی موجود یک سیستم واقعی است. به عنوان مثال فرض کنید در حین کار، روی صفحه نمایش کاربر پنجره‌ای حاوی پیغامی‌با این مضمون که برنامه دچار مشکل شده است و لازم است کاربر مجدداً عمل تصدیق هویت را انجام دهد، مشاهده می‌شود. در این لحظه هکر از طریق این پنجره جعلی،

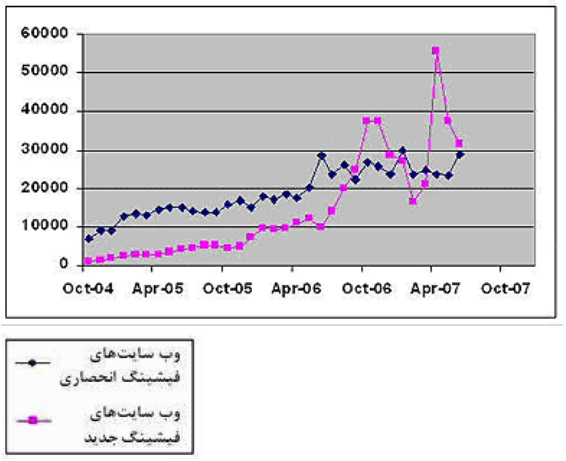


شکل (۱): انواع حملات مهندسی اجتماعی

با نام کاربری و کلمه عبور دریافت شده به شبکه و سیستمهای کامپیوتری دسترسی خواهد داشت. حملات مبتنی بر رویکرد غیر فنی کاملاً براساس حقه و نیرنگ و با بهره‌گیری از ضعف رفتار انسانی قربانی پایه‌گذاری می‌شود. مثلاً نفوذگری را فرض کنید که نقش یک فرد با حق دسترسی بالا را بازی کرده و با مسؤل مربوط به کاربران شبکه تماس می‌گیرد و ادعا می‌کند مدیر فروش شرکت بوده و کلمه عبور خود را فراموش نموده است و نیاز دارد رمز عبور مجدداً تعریف شود. مسؤل مربوط به کاربران شبکه، کلمه عبور جدید را در اختیار فردی که پشت تلفن است قرار می‌دهد. در این صورت تمام دسترسیهای لازم برای عملکرد بدخواهانه نفوذگر مهیاست. (شکل ۱).

۵-۱- فیشینگ[1]

عبارت است از بدست آوردن اطلاعات محرمانه همچون نام کاربری، کلمه عبور یا شماره کارت اعتباری از طریق جعل یک وب سایت معتبر. در این روش کاربر از طریق ارتباطات الکترونیکی همچون نامه الکترونیکی به سمت یک وب سایت جعلی که لوگو یا صفحاتی شبیه به رابط کاربری شناخته شده یک شرکت واقعی دارد، هدایت می‌شوند. سپس از آنها خواسته می‌شود اطلاعات حساسی را در فرمهای موجود وارد نمایند که در این صورت شخص غیر مجاز به این داده‌ها دسترسی خواهد داشت. معمولاً عمل فیشینگ در ارتباط با سایتهای بانک‌های آنلاین و یا سایتهایی که عمل پرداخت الکترونیکی متداول است، انجام می‌گیرد. به طوری که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد بر پایه گزارشات آماری کار گروه ضد فیشینگ (APWG)[2] تعداد سایتهایی که اقدام به فیشینگ نموده‌اند در حال افزایش است.



شکل (۲): آمار حملات فیشینگ از اکتبر ۲۰۰۴ تا اکتبر ۲۰۰۷

فنونی که در فیشینگ بکار می‌روند عبارتند از:

- دستکاری پیوند: در این شیوه از نام وب سایت‌های معتبر مثل www.yahoo.Z.com و یا علامت @ مانند www.yahoo.com@Z.com استفاده می‌شود که در هر دو مثال کاربر به سایتهایی با هدف خرابکارانه هدایت می‌شوند.
- فرار از فیلترها: معمولاً سرویس‌دهنده‌های پست الکترونیکی دارای فیلترهایی هستند که نامه‌های با محتوای فیشینگ را شناسایی می‌کنند، به این ترتیب فیشرها اغلب از تصویر حاوی پیوند به جای متن استفاده می‌کنند.
- جعل آدرس: بعضی اوقات فیشرها از طریق اسکریپت‌نویسی متن موجود در نوار آدرس مرورگر را تغییر می‌دهند، به طوری که کاربر آدرس آشنایی که جعل شده است را مشاهده می‌نماید.

1- Phishing
2- Anti-Phishing Working Group

۵-۲- ویشینگ[1]

این عبارت ترکیبی از فیشینگ و صدا می‌باشد به طوری که در آن به جای وب سایت جعلی از تماس تلفنی (صدا) استفاده می‌شود. ویشینگ از اعتماد افراد به خدمات تلفنی که به طور رایج منتهی به محل‌های فیزیکی است و به عنوان تلفن یک شرکت شناخته می‌شود، سوءاستفاده می‌نماید. پیامهایی که ظاهراً از طرف بانک فرستاده شده و از کاربر می خواهد تا مثلاً به دلیل وجود ایراد در حسابشان، شماره خاصی را شماره گیری نمایند، می تواند حمله ویشینگ باشد. بعد از گرفتن شماره (که متعلق به فیشر است و از طریق سرویس VoIP[2] محیا شده است)، از کاربر خواسته می شود تا شماره حساب و پین (PIN) خود را وارد کند. به این ترتیب اطلاعات وارد شده از طریق تلفن در دسترس فرد غیر مجاز خواهد بود. به هر حال با ظهور VoIP، ممکن است خدمات تلفنی به کامپیوترها ختم شوند که در مورد حملات فریبکارانه در مقایسه با تلفن‌های قدیمی بسیار مستعدتر می‌باشند.

۵-۳- پنجره‌های پاپ آپ [3]

ممکن است برنامه‌های مخرب نفوذگران، یک پنجره پاپ‌آپ تولید کند که پیغامی‌مبنی بر قطع ارتباط به علت مشکلات شبکه و لزوم وارد نمودن مجدد نام کاربری و کلمه عبور برای برقراری ارتباط نمایش دهد. کاربری که مشکوک نباشد برای ادامه کار مطابق درخواست عمل نموده و این موضوع را فراموش می‌کند. بعدها شنیده می‌شود که یک حمله به سیستم روی داده است ولی کاربر هرگز تشخیص نمی‌دهد که وی باعث گشوده شدن درب ورودی بوده است.

۵-۴- نرم‌افزارهای جالب[4]

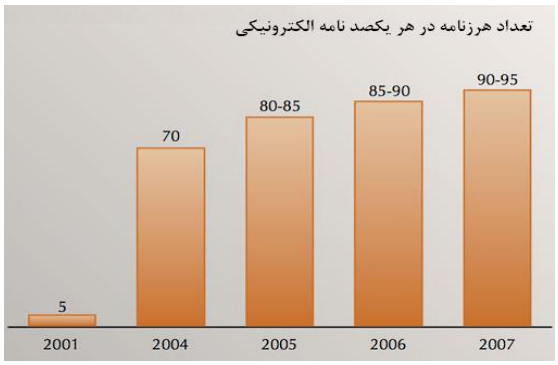
در این حالت کاربر متقاعد می‌شود یک برنامه کاربردی مفید، یک برنامه افزاینده کارآیی CPU، یک ابزار سیستمی‌عالی و یا یک برنامه قفل شکسته گران قیمت را دانلود نماید. به این ترتیب یک بدافزار با دانلود ونصب کاربر بر روی سیستم قرار می‌گیرد که این بدافزار ممکن است به صورت یک ویروس یا کرم یا اسب تراوا عمل نماید و یا عامل ایجاد Back Door بر روی دستگاهی باشد که بر روی آن نصب گردیده است.

۵-۵- تظاهر / جعل هویت[5]

عمل ایجاد یا استفاده از یک سناریوی ساختگی (تظاهر) از طریق تلفن به منظور متقاعد ساختن یک هدف جهت ارائه اطلاعات یا انجام یک کار خاص را جعل هویت گویند. این عمل فراتر از یک دروغ ساده است و به منظور ایجاد جلوه قانونی در نظر هدف، اغلب شامل تحقیقات قبلی و مجموعه‌ای از اطلاعات دقیق در مورد وی می‌باشد.

۵-۶- هرزنامه‌ها[6]

نامه‌هایی با مضمون دوستی، سرگرمی‌و هدایا زمینه‌ای برای پایه‌ریزی کدهای مخرب بر روی میزبان می‌باشد. به علت اینکه به نظر می‌رسد نامه حاوی اطلاعاتی سودمند چون اطلاعیه‌های امنیتی، ارائه سرگرمی، دانلود نرم‌افزار و غیره می‌باشد، انگیزه گشودن نامه برای کاربر ایجاد می‌شود که با باز کردن این نامه و پیوست آنها، اسبهای تراوا، ویروس‌ها، کرمها و سایر برنامه‌های ناخواسته به سیستمها و شبکه‌ها راه می‌یابند. این مقوله می‌تواند نتایجی چون کندی سیستم تا خرابی کل ارتباطات سیستمها یا از بین رفتن سوابق را در بر داشته باشد. بر اساس آمار ارائه شده از سوی شبکه‌های باراکودا[7] روند رو به رشد تعداد هرزنامه‌ها مطابق شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳) روند رو به رشد هرزنامه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷

۵-۷- شیرجه در سطل زباله[8]

بعضی اوقات ممکن است یک فرد اسناد روزمره شرکت را بدون خرد کردن آنها، درون سطل زباله بیاندازد که این قضیه ریسک‌هایی را به دنبال خواهد داشت.

در واقع، این ریسک دقیقاً زمانی به وقوع می‌پیوندد که فرد بدخواه به منظور سرقت هویتی به دنبال اطلاعات شناسایی شخصی یا کارت اعتباری، در داخل سطل زباله شیرجه می‌رود! در صورتی که مسؤل خروج اسناد باطله نسبت به این مسأله آگاهی یا شک نداشته باشد به هدف فرد غیرمجاز کمک خواهد نمود. باید اسناد و مدارک موجود در سازمان همچون دفترچه‌های تلفن شرکت، نمودارهای سازمانی و محل قرار گرفتن کارکنان در ساختمان، مخصوصاً کارمندان سطح مدیریت که هکرها می‌توانند به منظور سودجویی در نقش آنها ظاهر شوند، محفوظ نگهداری شوند.

1- Vishing
2- Voice over IP
3- Popup Windows
4 Interesting Soft wares
5 Pretexting / Impersonation
6 Spam Mails
7 Barracuda Networks
8 Dumpster Diving

همچنین اطلاعات الکترونیکی موجود بر روی دیسک‌های خراب و یا حتی اطلاعاتی که کاربر تصور می‌کند آنها را حذف نموده است، بوسیله روشهای گوناگونی قابل بازیابی می‌باشد که برای آن نیز لازم است تدابیری اندیشه شود. به این ترتیب هر نوع سند و اطلاعاتی چون سربرگ‌ها، سیاست‌ها، خط مشی‌ها و رویه‌های شرکت ممکن است به منظور قانونی جلوه دادن فرد بدخواه، مورد سوءاستفاده قرار گیرد.

۵-۸- جاسوسی و استراق سمع[1]

یک جاسوس هوشمند می‌تواند شناسه کاربری و کلمه عبور را با مشاهده نمودن هنگام تایپ کاربر، تشخیص دهد(مشاهده مخفیانه از پشت سر). تمام چیزی که مورد نیاز است، دیدن انگشتان کاربر بر روی صفحه کلید از پشت سر وی می‌باشد. اگر سیستمی‌موجود باشد که در آن کاربر بتواند از طریق تلفن با وارد نمودن کلمه عبور به یک سیستم دسترسی یابد، در صورت استراق سمع توسط هکر، کلمه عبور به خطر خواهد افتاد. همچنین ممکن است یک کاربر با نوشتن نام کاربری و کلمه عبور بر روی کاغذ، راه جدیدی را برای جاسوس جهت دریافت اطلاعات گشاید.

۵-۹- اجرای نقش یک تکنسین[2]

در این حالت فرد نفوذگر سعی دارد وانمود کند که یک شخص فنی است و به عنوان مثال در حال رفع مشکلات بوجود آمده در شبکه می‌باشد و از کاربر می‌خواهد جهت تسهیل این امر، نام کاربری و کلمه عبور خود را در اختیار وی قرار دهد. کاربر نیز با هدف کمک به روند حل مسأله اقدام نموده و به موضوع شک نمی‌کند. به این ترتیب شرایط برای نفوذ از طریق کاربر فراهم شده است.

۵-۱۰- کارمند پشتیبانی[3]

در این مورد هکر با لباس یک کارمند پشتیبانی وارد سازمان می‌شود و ممکن است وسایلی را به منظور فریب کارمندان بسته به ظاهرش حمل نماید. در این صورت نفوذگر به محل مورد نظر مراجعه نموده و جهت سرقت اطلاعات یا انجام یک کار خاص، اقدام می‌کند. به عنوان مثال پرونده‌های حاوی اطلاعات مد نظر را از روی میز کارکنان ربوده یا با تماس از طریق تلفن موجود بر روی میز یک مدیر، از موقعیت وی سوءاستفاده می‌نماید.

۵-۱۱- هوکس[4]

تلاشی است برای فریب یک فرد به منظور ایجاد باور درباره حقیقی بودن یک مورد دروغین که تحت عنوان شایعه شناخته می‌شود. نامه‌های الکترونیکی هوکس به اشکال مختلف با این شباهت که در همه آنها یک مطلب کذب وجود دارد، برای افراد ارسال می‌شود. در این روش با ترسیم یک موقعیت غیر واقعی، از گیرندگان نامه خواسته می‌شود که متن نامه را برای تمام کسانی که می‌شناسند ارسال نمایند. یکی از اهداف استفاده از هوکس بالا بردن ترافیک یک سرویس‌دهنده پست الکترونیکی می‌باشد. به عنوان مثال فرض کنید نامه‌ای ارسال گردیده که در آن درباره یک ویروس خطرناک هشدار داده شده و از گیرندگان خواسته است تا نامه را برای تمام افراد موجود در کتابچه آدرس خود بفرستند. در این حالت از شیوه هوکس استفاده شده است.

۵-۱۲- لحن صحبت آمرانه[5]

در این حالت نفوذگر سعی می‌کند هنگام برقراری تماس، جهت دریافت اطلاعات، فرد مقابل را در یک جو شرایط اضطراری قرار دهد و با ارائه اطلاعاتی که در گذشته بدست آورده وی را متقاعد به انجام کار خاصی نماید. به طور مثال عنوان نمودن نیاز به تعریف مجدد کلمه عبور در شرایط فوری کاری. باید توجه نمود که مرز بین انواع فعالیت‌های مهندسی اجتماعی اغلب دارای ابهام است و بیشتر اوقات در یک مورد از چند فعالیت استفاده می‌شود.

۶- تأثیر نقض امنیت اطلاعات در سازمان

برای هر سازمانی امنیت اطلاعات به یک مسأله حیاتی تبدیل شده است. اگر در سازمان برای موضوع امنیت اطلاعات مخصوصاً با توجه به انواع تهدیدات موجود در محیط پیرامون اولویت قائل نشویم، خدشه‌ای جزئی در امنیت باعث سقوط سازمان خواهد شد. نتیجه مواجهه با مشکلات امنیتی می‌تواند هزینه مالی یا از دست دادن شهرت گذشته باشد که باعث فرسایش سازمان خواهد شد. به عنوان مثال یک شخص بدخواه می‌تواند به اطلاعات کارت

اعتباری که یک فروشنده بر خط از مشتریان دریافت می‌کند دسترسی یابد. به محض اینکه مشتریان متوجه این مسأله شوند که اطلاعات کارت اعتباری آنها مورد دسترسی قرار گرفته است، دیگر تمایلی به ادامه کسب وکار با آن فروشنده را نخواهند داشت بطوری که آن سایت را ناامن قلمداد می‌نمایند و ممکن است دادخواست قانونی علیه فروشنده تنظیم کنند که باعث از بین رفتن شهرت و آینده شرکت خواهد شد.

1- Spying and Eavesdropping
2- Technical Expert
3- Support Staff
4- Hoax
5- Authoritative Voice

به مرور زمان خبرگان به این نتیجه رسیده‌اند که علیرغم تأثیر هکرهای بیرونی که می‌خواهند به درون نفوذ کنند، بسیاری از خرابی‌ها از اقدامات کارکنان ناراضی و یا بواسطه دسترسی قانونی افرادی که کارمند سازمان نیستند (مانند پیمانکاران)، ناشی می‌گردد. به طور خلاصه شرکتها سالانه میلیاردها دلار جهت توسعه سخت‌افزار و نرم‌افزار به منظور مسدودسازی حملات بدخواهانه صرف می‌نمایند. اما تمام این تلاشها در صورت عدم آموزش کاربران و تمرینات امنیتی مناسب، بیهوده خواهد بود.

۷- پیشگیری و حفاظت

حملات مهندسی اجتماعی به علت اینکه افراد انسانی را شامل می‌شود که غیرقابل پیش‌بینی هستند، یکی از تهدیداتی به شمار می‌آید که دفاع در برابر آن دشوار است. با این حال، روش‌هایی وجود دارد که از طریق آنها می‌توان ریسک‌های ناشی از مهندسی اجتماعی را به سطح قابل قبول رساند. در ذیل به روشهای پیشگیری و محافظت در مقابل مهندسی اجتماعی اشاره می‌شود:

۷-۱- سیاست امنیتی مستند

یک سیاست امنیتی مستند و قابل قبول که از ترکیب خط‌مشی‌ها و استانداردها بدست آمده، زیربنای یک استراتژی امنیتی خوب را تشکیل می‌دهد. سیاست‌ها باید به طور واضح با عبارات ساده و مشخص ساختن حوزه و محتوای کاربرد آن مستند شده باشد. به طور عمومی، یک سیاست باید شامل مفاهیم در دامنه‌های ذیل باشد.

- طبقه‌بندی و ادارهٔ اطلاعات (برای شناسایی دارایی‌های اطلاعاتی بحرانی و دستورالعمل‌های نحوه اداره)
- سیاست کاربردی مورد پذیرش (جهت کاربری مورد انتظار از نامه الکترونیکی، سیستمهای کامپیوتری، تلفن، شبکه و غیره.)
- امنیت مربوط به کارکنان (غربال کارکنان و پیمانکاران آتی، به منظور تضمین عدم نقض امنیت سازمان)
- امنیت فیزیکی (ایمن‌سازی دسترسی‌های فیزیکی با استفاده از رویه‌های ورود امن، دستگاه‌های امنیتی الکترونیکی و بیومتریک و غیره)
- کنترل دسترسی اطلاعات (بکار بستن کلمه عبور و رویه‌های ایجاد کلمه عبور امن، مجوزهای دسترسی و حساب‌های کاربری، ایمن‌سازی دسترسی از راه دور توسط مودم و غیره. همچنین استفاده از ابزارهای تغییر کلمه عبور خودکار و همزمان‌ساز می‌تواند بار مسؤلیت مدیریت رمزها را از دوش گروه پشتیبانی فنی بردارد)
- حفاظت در برابر ویروس‌ها (برای ایمن‌سازی سیستم‌ها و اطلاعات از ویروس‌ها و تهدیدات مشابه)
- آموزش هوشیاری امنیت اطلاعات (جهت تضمین اینکه کارکنان از تهدیدات، روش‌های پیشگیری و مسؤلیت در برابر آنها مطلع نگه داشته می‌شوند)
- نظارت بر توافق جمعی (برای اطمینان از اینکه سیاست‌های امنیتی مورد اجماع قرار گرفته است.)

۷-۲- ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک یک رویکرد سیستمی‌است که به مدیریت در زمینه درک عوامل ریسک که در جهت مخالف بر توان عملیاتی سازمان تأثیر می‌گذارد، کمک می‌کند. همچنین در اتخاذ تصمیمات آگاهانه درباره فعالیتهای مورد نیاز جهت تعدیل ریسک مساعدت می‌نماید. این امر شامل اولویت‌بندی دارایی‌های اطلاعاتی بر مبنای ریسک‌های مربوطه است که شناسایی دارایی‌های بسیار بحرانی در سازمان و تمرکز توان به منظور محافظت از آنها را تسهیل می‌نماید.

۷-۳- آگاهی و دانش

ایجاد هوشیاری میان کاربران درباره فنون بکار گرفته شده و رفتارهایی که در مهندسی اجتماعی مورد هدف قرار می‌گیرند، یک بخش مهم از استراتژی دفاعی می‌باشد. هیچ مبارزه‌ای بهتر از انتقال دانش در راستای سیاست امنیتی مربوط به مهندسی اجتماعی وجود ندارد. یکی از راههای ایجاد هوشیاری در افراد غیرحرفه‌ای در زمینه امنیت، ارائه مثالهایی از حالات واقعی نفوذ هنگام بکارگیری مهندسی اجتماعی در مقابل عدم آگاهی کارکنان می‌باشد.

۷-۴- توافق و ممیزی

ایجاد سیاست و آگاهی در زمینه مهندسی اجتماعی در صورت عدم همراهی کاربران با سیاستها مؤثر نیست. از این رو نیاز است که کاربرد رویه‌ها و خط‌مشی‌ها در بدنه سازمان مورد توافق قرار گیرد. به عنوان نمونه هنگامی‌که اقدامات تضمین کیفیت در راستای یک پروژه انجام می‌گیرد باید جهت ارزیابی توافق بر سیاست امنیتی نیز اقدام شود و رویه‌های ممیزی باید موجود باشد که به عنوان مثال عدم ارائه کلمه عبور توسط کارکنان از طریق تلفن یا نامه الکترونیکی رمزگذاری نشده، بررسی گردد. مدیران باید به طور متناوب دسترسی کارمندان زیر نظر خود را مورد بازنگری قرار دهند. از طریق ممیزی‌های امنیتی باید این اطمینان حاصل شود، کارمندانی که به دسترسی‌های گذشته نیاز ندارند از آنها گرفته شده است. نقاط دسترسی به مثابه درهای ورودی هستند که باید به طور مداوم بر آنها نظارت شود. این امر اجرای سیاست دسترسی کارکنان

به محل‌های امن را تضمین می‌کند. جهت اطمینان از اینکه موارد محرمانه در محفظه‌های قفل شده جای گرفته‌اند، محل کار کارکنان باید به طور تصادفی مورد بازرسی قرار گیرد. ایستگاه‌های کاری باید قفل شده و محافظ نمایشگر همراه با کلمه عبور بکار گرفته شود.

۷-۵- مدیریت هویت

داشتن یک شناسه منحصر به فرد برای هر کارمند امری ضروری است. اغلب در سازمانها از یک شناسه برای دسترسی افراد به تمام کامپیوترها استفاده می‌شود که این امر باعث عدم توانایی کنترل کاربران از لحاظ دسترسی می‌گردد.

۷-۶- مدیریت حوادث امنیتی

هنگامی‌که حمله مهندسی اجتماعی اتفاق می‌افتد، باید مطمئن بود که کارکنان مربوط به دفع حملات می‌دانند چگونه مدیریت رخداد را انجام دهند. برای این منظور، کارکنان مربوطه باید از یک پروتکل گزارش حادثه که شامل سوابق اطلاعاتی ذیل است استفاده شود: نام هدف، واحد اداری هدف، تاریخ، نوع حمله، توضیحات حمله، نتیجه حمله، تأثیر حمله و توصیه‌ها. با ثبت حوادث، شناسایی جزئیات به منظور رفع پیامدها و همچنین پیشگیری در آینده بیشتر ممکن خواهد بود.

۷-۷- بیمه

در نهایت، سازمان می‌تواند از بیمه در مواجهه با حملات امنیتی استفاده نماید. برای بیشتر شرکتهای بیمه، وجود سیاست‌ها و خط‌مشی‌های امنیتی برای کاهش تهدید حملات مهم است.

۸- نتیجه‌گیری

با توجه به موارد مذکور درباره مهندسی اجتماعی در عرصه امنیت اطلاعات و به علت اینکه فرای سیستم‌های امنیت الکترونیکی، فاکتوری تحت عنوان عامل انسانی وجود دارد که از طریق آن می‌توان موانع امنیتی را دور زد، سازمانها باید برای این موضوع بهای بیشتری قائل شوند. مهم‌ترین گام برای مقابله با این نوع تهدیدات، آموزش کارکنان در لایه‌های مختلف سازمانی است که جلوی درصد قابل توجهی از حملات را می‌گیرد.

مراجع

- The Art of Deception: Controlling the Human Element of Security
  By Kevin D. Mitnick (Author), William L. Simon (Author)
- http://en.wikipedia.org
- http://www.microsoft.com
- http://www.cisco.com
- http://www.cert.org
- http://www.gartner.com
- http://www.windowsecurity.com

آقای سالار شایان‌فر دارای مدرک لیسانس مهندسی کامپیوتر با گرایش نرم‌افزار از دانشگاه علم و فرهنگ و مدرک فوق‌لیسانس مدیریت فناوری اطلاعات از دانشگاه پیام نور می‌باشد. ایشان هشت سال سابقه کار در زمینه فناوری اطلاعات دارند که ۴ سال آن در شرکت مهندسی قدس‌نیرو بوده است.

Email:
s.shayanfar@mc.ghods-niroo.com

انتخاب سرگروه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با به کارگیری الگوریتم منطق فازی

مریم بن عباس

کارشناس ارشد برق مخابرات - شرکت صنایع مخابرات صا ایران

واژه‌های کلیدی: شبکه حسگر بی‌سیم[1]- منطق فازی[2]- سرگروه خوشه[3]- طول عمر- معیار مرگ اولین گره[4](FND)

چکیده

یک شبکه حسگر بی‌سیم از تعدادی گره حسگر تشکیل شده است که در یک محیط مورد بررسی یا نزدیک به آن توزیع می‌شوند. این گره‌ها که در ابعاد کوچک و با هزینه پایین ساخته می‌شوند، از چهار واحد اصلی حسگر، پردازش، ارسال و دریافت و توان تشکیل شده‌اند و توانایی پردازش داده‌ها و برقراری ارتباط با یکدیگر را دارند. از این‌رو می‌توانند ابزار مؤثری در جمع‌آوری اطلاعات در محیط‌های مختلف باشند. از جمله کاربردهای این شبکه‌ها می‌توان به کاربردهای نظامی، امنیتی، پزشکی و خانگی اشاره نمود. برای مثال در حوزه نظامی‌می‌توان به کاربردهایی نظیر مشاهده و نظارت بر نیروها، تجهیزات و مهمات، نظارت و بررسی منطقه جنگی، جاسوسی از نیروها و امکانات دشمن، هدف‌گیری دقیق اشاره نمود. از دیگر زمینه‌های کاربرد شبکه‌های حسگر می‌توان به کاربردهای زیست محیطی اشاره کرد و در این حوزه کاربردهایی نظیر مشاهده شرایط محیطی مؤثر بر محصولات کشاورزی و دامداری، کشف آتش‌سوزی در جنگل‌ها و هواشناسی را نام برد. در زمینه کاربردهای تجاری شبکه‌های حسگر این شبکه‌ها قادر هستند در مواردی چون نظارت بر روند فرسایش مواد و دستگاه‌ها، مدیریت اتوماتیک موجودی کالا در یک انبار، نظارت بر کیفیت محصولات کارخانه و کنترل و راهبری ربات‌ها در خطوط تولید اتوماتیک به‌کار روند.

از بین گره‌های حسگر، گره‌ای به عنوان سرگروه انتخاب می‌شود و کلیه گره‌های حسگر تنها با سرگروه تبادل اطلاعات می‌نمایند. سرگروه، اطلاعات جمع‌آوری شده را به یک ایستگاه پایه ارسال می‌نماید. از آنجا که انرژی گره‌های حسگر محدود می‌باشد و هر بار ارسال اطلاعات موجب کاهش در میزان انرژی گره‌ها می‌شود، لذا انتخاب مناسب گره سرگروه، به میزان قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف انرژی گره‌ها مؤثر است و طول عمر شبکه را افزایش می‌دهد. در این مقاله یک روش مبتنی بر منطق فازی بر اساس چهار متغیر انرژی، غلظت، مرکزیت و فاصله از ایستگاه پایه به منظور انتخاب بهینه گره سرگروه برای یک شبکه حسگر ارائه می‌شود. در این روش گره‌ای که بیشترین شانس را برای سرگروه شدن بر اساس متغیرهای فوق داشته باشد، توسط ایستگاه پایه به عنوان سرگروه انتخاب می‌شود. همچنین طول عمر شبکه بر مبنای معیار مرگ اولین گره ارزیابی می‌شود و تمام شدن انرژی یکی از گره‌ها به منزله نابودی کل شبکه می‌باشد. لذا در تعریف متغیرها می‌بایست این نکته مورد توجه قرار گیرد که تا جایی که امکان دارد گره سرگروه در موقعیتی قرار گیرد که گره‌های با انرژی پایین پس از ارسال اطلاعات به آن، انرژی خود را از دست ندهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم به‌کار رفته در این مقاله تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر طول عمر شبکه حسگر دارد. هم‌چنین شبیه‌سازی شبکه فوق با گره‌های در حال حرکت نیز صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با این فرض نیز الگوریتم به‌کار رفته نسبت به روش‌های پیشین، طول عمر شبکه حسگر را افزایش می‌دهد.

۱- مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم از تعدادی گره حسگر کوچک و ارزان قیمت تشکیل می‌شوند که توانایی حسگری محیطی، پردازش اطلاعات، برقراری ارتباط بی‌سیم و تصمیم‌سازی[5] بر مبنای مشاهدات را در محدوده شبکه مورد نظر دارند[۲-۱]. از جمله ویژگی‌های این گره‌ها، امکان خودسازمان‌دهی[6] در یک شبکه است[۴-۳]. از جمله محدودیت‌هایی که شبکه‌های حسگر با آنها مواجه هستند، محدودیت‌های محاسباتی، انرژی و منابع حافظه می‌باشد. این شبکه‌ها در کاربردهای متعددی به‌کار می‌روند که در بسیاری موارد، نیاز به جمع‌آوری اطلاعات و مشاهده محیط‌ها و نواحی آلوده و خطرناک و بازرسی و کشف عوامل تهدید کننده شیمیایی و زیستی می‌باشد که این موارد به وسیله بسیاری از سیستم‌های معمول عملی نیست[۵].

1- Wireless sensor network
2- Fuzzy Logic
3- Cluster head
4- First Node Died
5- Making decision
6- Self-organization

برای مثال، یک شبکه حسگر می‌تواند برای آشکارسازی تهدید در یک عملیات نظامی‌به کار رود[۲]. گره‌های حسگر می‌توانند اطلاعات صوتی، ارتعاش و انواع دیگر اطلاعات را جمع‌آوری و برای به انجام رساندن یک وظیفه با یکدیگر همکاری نمایند[۲]. در هر بار جمع‌آوری اطلاعات، لازم است اطلاعات کلیه گره‌های حسگر جمع‌آوری و به یک ایستگاه پایه[۱] ارسال شوند. فرض بر این است که شبکه حسگر شامل گره‌هایی از یک نوع می‌باشد و همه گره‌ها توانایی ارسال اطلاعات به هر یک از گره‌های دیگر و همچنین به ایستگاه پایه را دارند[۵]. یک روش ساده برای جمع‌آوری اطلاعات، ارسال مستقیم اطلاعات هر گره حسگر به ایستگاه پایه است. اما از آنجا که ایستگاه پایه ممکن است در محل دوری نسبت به گره‌ها قرار گرفته باشد، این روش با کاهش سریع انرژی گره‌ها، موجب از بین رفتن آنها و در نهایت پایین آمدن طول عمر شبکه خواهد شد. بنابراین روش بهینه‌تر این است که به منظور کاهش مصرف انرژی، تعداد ارسال اطلاعات و میزان اطلاعات ارسالی به ایستگاه پایه تا حد امکان کم شود. به این ترتیب، هرچه گره‌ها انرژی خود را به صورت تدریجی و در زمان طولانی‌تری از دست بدهند، شبکه قادر خواهد بود بدون از دست دادن هیچ گره‌ای تا مدت زیادی به فعالیت خود ادامه دهد[۲]. بنابراین از بین گره‌های حسگر، گره‌ای به عنوان سرگروه انتخاب و اطلاعات سایر گره‌ها را جمع‌آوری و به ایستگاه پایه منتقل می‌نماید. بنابراین، انتخاب سرگروه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یک عامل مهم و مؤثر در افزایش طول عمر چنین شبکه‌هایی مطرح است[۵]. از جمله روش‌های مرسوم در این حوزه، می‌توان به روش LEACH [۲] اشاره نمود[۳,۵]. این روش از دو فاز تشکیل شده است[۳]. هر دور انتخاب سرگروه با فاز راه‌اندازی[۳] آغاز می‌شود. در این فاز گره سرگروه به صورت تصادفی از میان گره‌هایی که در دورهای قبل به عنوان سرگروه انتخاب نشده‌اند، انتخاب می‌شود. در فاز بعدی که فاز حالت پایدار[۴] نامیده می‌شود، اطلاعات از گره‌های حسگر به گره سرگروه و سپس به ایستگاه پایه منتقل می‌شوند.

پردازش اطلاعات گره‌های حسگر و انتخاب سرگروه در روش LEACH توسط گره‌های حسگر و بدون هیچ کنترل مرکزی صورت می‌گیرد[۶]. در حالی که در روش LEACH-C[۵]، این عملیات توسط ایستگاه پایه انجام می‌شود[۳]. با توجه به تحقیقات صورت گرفته، به طور کلی روش LEACH-C نسبت به روش LEACH از کارایی بالاتری برخوردار می‌باشد و بسته به پارامترهای شبکه، به میزان ۲۰ تا۴۰ درصد از لحاظ تعداد دورهایی که گره‌ها قبل از مردن، به جمع‌آوری اطلاعات می‌پردازند، بهبود یافته است[۲]. از آنجا که در دورهای اولیه گره‌ها از انرژی یکسانی برخوردارند و به تدریج با ارسال اطلاعات از میزان انرژی گره‌ها کاسته شده و سطح انرژی همه گره‌ها یکسان نیست، لذا اهمیت پارامتر انرژی موجب شد تا در روش LEACH، در فاز انتخاب سرگروه مورد توجه قرارگیرد و گره‌ای که از انرژی بیشتری برخوردار است، شانس بیشتری برای سرگروه شدن داشته باشد و به این ترتیب روش LEACH نسبت به قبل به نتایج بهتری دست یافت[۳]. منطق فازی به صورت موفقیت آمیزی در حوزه‌های مختلف و در کاربردهای عملی و تحقیقات تئوری به کار گرفته می‌شود. از مهم‌ترین مزایای روش فازی، عدم نیاز به دراختیار داشتن مدل دقیق و اطلاعات کامل سیستم است و امکان کنترل و یا تصمیم‌سازی بلادرنگ را برای بسیاری از سیستم‌ها فراهم می‌کند[۷].

در این مقاله یک الگوریتم انتخاب سرگروه به روش منطق فازی و بر اساس چهار متغیر انرژی، غلظت[۶]، مرکزیت[۷] و فاصله از ایستگاه پایه ارائه می‌شود. با توجه به این مطلب که تمام شدن انرژی هر گره در معیار FND به منزله نابودی کل شبکه می‌باشد[۵]، لازم است متغیرها به گونه‌ای تعریف شوند که شانس بیشتر انتخاب شدن به عنوان سرگروه را برای گره‌ای قایل شوند بطوریکه علاوه بر برخورداری از انرژی بالاتر، در موقعیت مناسبی نسبت به گره‌های کم انرژی واقع باشد.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که بکارگیری روش فازی برای انتخاب سرگروه، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در طول عمر شبکه نسبت به روش‌های قبلی دارد. بعلاوه توجه به انرژی گره‌ها علاوه بر موقعیت جغرافیایی آنها در تعریف متغیرهای غلظت و مرکزیت نیز در افزایش طول عمر شبکه تأثیر زیادی دارد. برای شبیه‌سازی، یک بار شبکه برای گره‌های با موقعیت ثابت و یک بار برای گره‌های متحرک در نظر گرفته شده است. در ادامه و در بخش دوم، تحقیقات صورت گرفته بر روی الگوریتم LEACH بررسی می‌شود. در بخش سوم الگوریتم منطق فازی برای انتخاب سرگروه شبکه حسگر ارائه می‌شود. در بخش چهارم ساختار شبکه و در بخش پنجم مدل مصرف انرژی در شبکه حسگر توضیح داده می‌شود. در بخش ششم روش پیشنهادی انتخاب سرگروه بر اساس منطق فازی ارائه می‌شود و نتایج شبیه‌سازی الگوریتم‌های مختلف انتخاب سرگروه روی شبکه با گره‌های ثابت و متحرک در بخش هفتم نشان داده می‌شود. بخش هشتم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات اختصاص داده می‌شود.

1- Base-station
2- Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy
3-Set-up phase
4- Steady state phase
5- Centralized-LEACH
6- Concentration
7- Centrality

۲- بررسی الگوریتم LEACH برای انتخاب سرگروه

تحقیقات بسیاری بر روی موضوع انتخاب سرگروه در شبکه‌های حسگر انجام شده است. در روش LEACH، سرگروه به وسیله گره‌های حسگر و بدون هیچ کنترل متمرکزی بر روی آنها انتخاب می‌شود. در این روش، گره‌ها سرگروه را از بین گره‌های دارای انرژی که در دوره‌های قبل به عنوان سرگروه انتخاب نشده‌اند، انتخاب می‌کنند[۵،۸-۳]. در این روش شانس چنین گره‌هایی برای سرگروه شدن برابر است. مزیت انتخاب سرگروه به این روش این است که از آن‌جا که سرگروه‌ها در معرض بار پردازشی و دریافت داده از دیگر گره‌ها هستند و انرژی بیشتری نسبت به سایر گره ها مصرف می کنند، برای توزیع یکنواخت بار روی کل گره‌های شبکه و کسب کارایی بیشتر در مصرف انرژی، در هر دور گره های جدیدی وظیفه سرگروه را بر عهده می گیرند. این فرآیند با افزایش کارایی انرژی، موجب افزایش طول عمر شبکه می‌شود. بنابراین در هر دور انتخاب سرگروه، احتمال گره iام در هر دور برای سرگروه شدن برابر است با:

$$P_i = \begin{cases} \dfrac{k}{N - k.(r \bmod \frac{N}{k})} & ; \ C_i = 1 \\ 0 & ; \ C_i = 0 \end{cases} \qquad (۱)$$

که در آن N تعداد گره‌های شبکه حسگر، r شماره دور و k تعداد سرگروه‌ها است (در این مقاله همواره $k = 1$ است). c_i نشان دهنده این است که گره iام در $(r \bmod N/k)$ دور قبلی سرگروه بوده است یا خیر: [۲].

$$c_i = \begin{cases} 1 & ;\text{if node } i \text{ is selected in the last } (r \bmod N/k) \text{ roun} \\ 0 & ;\text{else} \end{cases} \qquad (۲)$$

پس از اینکه همه گره‌ها به تعداد مضربی از تعداد کل گره‌های شبکه به عنوان سرگروه انتخاب شدند، انتخاب دوباره گره‌ها با احتمال مساوی صورت می‌گیرد. این فرآیند تا پایان یافتن انرژی یک گره حسگر ادامه دارد. در این صورت طبق معیار FND، طول عمر شبکه به پایان خواهد رسید. انتخاب سرگروه به روش LEACH دارای معایبی است که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است[۵]:

- در صورتی که در شبکه حسگر، بیش از یک سرگروه انتقال اطلاعات گره‌ها به ایستگاه پایه را بر عهده داشته باشد، سرگروه‌های انتخاب شده به دلیل وابستگی صرف به مدل احتمالی ممکن است بسیار نزدیک به هم قرار داشته باشند.
- در این روش سرگروه‌ها بدون درنظرگرفتن سطح انرژی باقیمانده در گره‌ها انتخاب می‌شوند که در صورت انتخاب گره با انرژی کم طول عمر شبکه کاهش پیدا می‌کند.
- از آنجا که اطلاعات گره‌های حسگر توسط خودشان پردازش می‌شوند و گره سرگروه نیز توسط گره‌ها انتخاب می‌شود، زمانی از سیکل‌های کاری پردازش‌گر گره‌ها مشغول این عملیات می‌شود و از فعالیت اصلی خود بازمی‌ماند.

انرژی گره‌های حسگر در دورهای اولیه کار شبکه یکسان فرض می‌شود. از آنجا که در دوره‌های بعدی انرژی گره‌ها یکسان نیست، روش قبلی اصلاح شد و در روش M-LEACH[1]، به گره با انرژی بیشتر، شانس بیشتری برای انتخاب شدن به عنوان سرگروه داده شد[۳]. بنابراین احتمال سرگروه شدن به صورت تابعی از نسبت انرژی گره به انرژی کل موجود در شبکه تعریف می‌شود:

$$P_i = \min\{\frac{E_i}{E_{total}} k, 1\} \qquad (۳)$$

که در آن

$$E_{total} = \sum_{i=1}^{N} E_i \qquad (۴)$$

۳- استفاده از الگوریتم منطق فازی برای تعیین سرگروه

به دلیل مشکلات موجود در روش LEACH، تحقیقات متعددی بر روی روش‌های مبتنی بر منطق فازی و انتخاب سرگروه شبکه به این روش انجام شد. از مهم‌ترین مزایای به‌کارگیری روش فازی این است که نیازی به در اختیار داشتن مدل دقیق و اطلاعات کامل سیستم ندارد. با این وجود اگر چه سیستم‌های فازی پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص را توصیف می‌کنند، تئوری فازی یک تئوری دقیق است. به علاوه با توجه به اهمیت دانش و تجربه بشری، روشی که بتواند دانش بشری را به شکلی سیستماتیک فرموله کرده و آن را همراه سایر مدل‌های ریاضی در سیستم‌های مهندسی قرار دهد، توجیه قابل قبولی برای تئوری سیستم‌های فازی خواهد بود[۷]. در [۹] شبکه حسگر به خوشه‌هایی تقسیم شده که در هر خوشه انتخاب گره سرگروه به روش منطق فازی و بر اساس سه پارامتر فاصله از مرکز خوشه، انرژی باقیمانده گره حسگر و میزان تحرک[2] صورت گرفته است. در این روش گره سرگروه یک بار بر اساس معیار کمترین فاصله تا مرکز خوشه و یک بار بر اساس معیار انرژی، انتخاب شده است. در [۱۰] یک روش فازی به منظور انتخاب مدیر و مدیریت شبکه بکار گرفته شده است. در [۵] انتخاب گره سرگروه از بین گره‌های موجود در شبکه، به روش منطق فازی و با بکارگیری قواعد فازی[3] بر اساس سه پارامتر انرژی گره‌ها، غلظت و مرکزیت صورت گرفته است.

1- Modified-LEACH
2- Degree of Mobility
3- Fuzzy rules

در این روش متغیرها به شکل زیر تعریف شده‌اند:

- انرژی: سطح انرژی قابل دسترس در هر گره
- غلظت: تعداد گره‌های موجود در ناحیه مربع شکل به ابعاد 20m*20m، به مرکز هر گره که معرف میزان تراکم گره‌ها در اطراف هر گره است.
- مرکزیت: مجموع فواصل سایر گره‌ها از گره مورد نظر که معرف موقعیت سایر گره‌ها نسبت به گره مورد نظر است.

در هر حال در این روش‌ها موقعیت ایستگاه پایه نسبت به سرگروه انتخابی نادیده گرفته شده و همچنین مقادیر غلظت و مرکزیت هر گره مقادیر ثابتی هستند که تنها معرف موقعیت جغرافیایی آن گره بوده و هیچ معیاری از تأثیر سرگروه انتخاب شده بر گره‌های کم انرژی ارائه نمی‌دهند.

۴- مدل سیستم انتخابی

در این مقاله انتخاب گره سرگروه، به روش منطق فازی و بر اساس چهار متغیر انرژی، غلظت، مرکزیت و فاصله از ایستگاه پایه برای هر گره، در هر دور صورت می‌گیرد. اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی گره‌ها در شبکه توسط GPS [1] بدست می‌آید[۱۰]. ساختار کلی شبکه در شکل (۱) نشان داده شده است. شبکه حسگر در دو حالت در نظر گرفته شده است. در حالت نخست مکان گره‌ها در شبکه ثابت و در حالت دوم گره‌ها متحرک فرض شده‌اند. اطلاعات جمع‌آوری شده از گره‌ها به صورت k بیت به گره سرگروه ارسال می‌شود. به دلیل وجود همبستگی[2] بین اطلاعات جمع آوری شده از گره‌ها، خصوصاً در مورد گره‌هایی که در مکانی نزدیک به هم واقع شده‌اند، فرآیند فشرده سازی در گره سرگروه و قبل از ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه صورت می‌گیرد[۵]. ساختار روش فازی از دو فاز تشکیل شده است. در فاز راه‌اندازی، سرگروه با استفاده از منطق فازی انتخاب می‌شود و در فاز حالت پایدار اطلاعات از سایر گره‌ها به گره سرگروه ارسال و پس از فشرده‌سازی به ایستگاه پایه فرستاده می‌شوند.

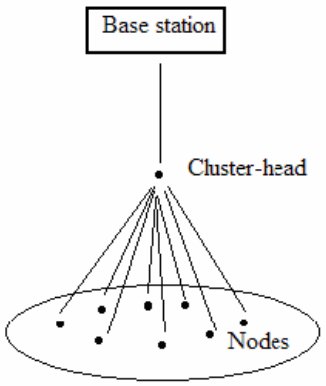
۵- مدل مصرف انرژی

مدل مصرف انرژی در این مقاله در شکل (۲) نشان داده شده است. در این مدل، جهت ارسال اطلاعات، هر گره حسگر مقداری انرژی جهت راه‌اندازی مدار فرستنده و تقویت کننده مصرف می‌کند. همچنین گره سرگروه در حین دریافت اطلاعات، مقداری انرژی جهت راه‌اندازی مدار گیرنده مصرف می‌کند. روابط (۵) و (۶)، مدل مصرف انرژی را برای ارسال k بیت اطلاعات نشان می‌دهد[۲,۵,۸,۱۱].

$$E_T(k,d) = E_{elec}.k + \varepsilon_{amp}.k.d^{\lambda} \qquad (۵)$$

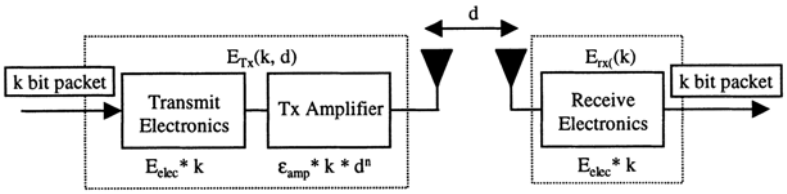
$$E_R(k) = E_{elec}.k \qquad (۶)$$

$E_T(k,d)$ انرژی مصرفی جهت ارسال k بیت از گره حسگر به گره سرگروه و یا از گره سرگروه به ایستگاه پایه است که در آن d نشان‌دهنده فاصله میان گره حسگر و سرگروه یا گره سرگروه تا ایستگاه پایه است. $E_R(k)$ انرژی است که گره سرگروه جهت دریافت k بیت اطلاعات مصرف می‌کند. در این روابط λ برای ارسال از گره‌های غیرسرگروه به سرگروه برابر ۲ و برای ارسال از سرگروه به ایستگاه پایه برابر با ۲/۵ در نظر گرفته شده است. $E_{elec} = 50nj/bit$ میزان انرژی مصرفی جهت راه‌اندازی فرستنده یا گیرنده و $\varepsilon_{amp} = 100pj/bit/m2$ میزان مصرف انرژی در تقویت کننده فرستنده است.



شکل (۱): ساختار شبکه حسگر بی‌سیم[۵].

1- Global Positioning System
2- Correlation



شکل (۲): مدل مصرف انرژی[۳].

۶- روش پیشنهادی انتخاب سرگروه

در این مقاله برای انتخاب سرگروه از بین گره‌های حسگر یک سیستم فازی پیشنهاد شده است که متغیرهای ورودی آن در هر دور، برای هر گره به صورت زیر تعریف می‌شوند:

۱- انرژی: سطح انرژی باقیمانده در هر گره $(E_i ;\ 1 \le i \le N)$

۲- غلظت: مجموع تعداد گره‌های موجود در ناحیه مربع شکل به ابعاد 20m*20m به مرکز گره مورد نظر که برای هر یک از این گره‌ها وزنی در نظر گرفته شده است. همان طور که فرض شد انرژی اولیه گره‌ها برابر است، اما در دورهای بعدی اختلاف انرژی بین گره‌ها بیشتر می‌شود. بنابراین این وزن‌دهی موجب می‌شود تا از انتخاب سرگروهی که گره‌های با سطح انرژی پایین را به سمت نابودی سوق می‌دهد و با در نظر گرفتن معیار FND، موجب کاهش طول عمر شبکه می‌شود، جلوگیری شود. این وزن به صورت نسبت کمترین میزان انرژی موجود در گره‌ها به انرژی هر گره تعریف می‌شود. به این ترتیب غلظت را می‌توان به شکل زیر تعریف نمود:

$$Concen(j) = \sum_{k=1}^{n} \frac{E_{min}}{E_k} \Big|_{(x_j-10<x_k<x_j+10)\&(y_j-10<x_k<x_j+10)}$$

$$; j = 1,\ldots, N \qquad (۷)$$

که در آن j شماره گره و n تعداد گره‌های موجود در ناحیه مورد نظر است. E_{min} کمترین انرژی موجود بین گره‌های شبکه و E_k انرژی گره kام می‌باشد.

۳- مرکزیت: مجموع مربع فواصل گره‌ها از گره مورد نظر با در نظر گرفتن وزنی برای هر گره است. این وزن که به صورت نسبت کمترین میزان انرژی به انرژی هر گره تعریف می‌شود، سبب می‌شود که جهت در نظر گرفتن موقعیت گره‌ها نسبت به هم علاوه بر موقعیت جغرافیایی آنها، به میزان انرژی موجود در گره‌ها از دورهای قبل نیز توجه شود. متغیر مرکزیت در هر دور برای هر گره به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Center(j) = \sum_{k=1}^{N} \frac{E_{min}}{E_k} (x_k - x_j)^2 + (y_k - y_j)^2$$

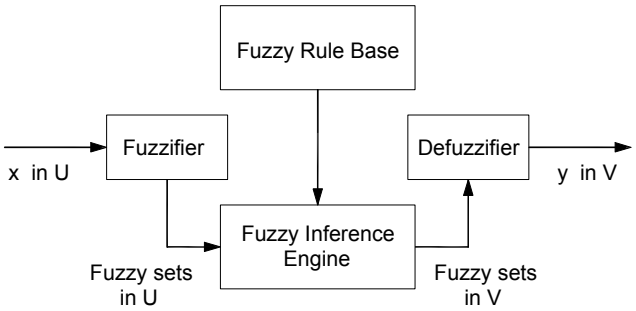
$$; j = 1,2,\ldots, N \qquad (۸)$$

که در آن N تعداد گره‌ها و (x_j, y_j) مختصات گره‌ای است که فواصل سایر گره‌ها تا آن از رابطه بالا به‌دست می‌آید.

۴- فاصله از ایستگاه پایه: فاصله هر گره حسگر تا ایستگاه پایه که به این صورت تعریف می‌شود:

$$Dist(j) = \sqrt{(x_j - x_{B.S})^2 + (y_j - y_{B.S})^2} \qquad (۹)$$

که در آن $(x_{B.S}, y_{B.S})$ مختصات محل ایستگاه پایه است. به این ترتیب در تعریف متغیرهای ورودی سیستم فازی، هر دو جنبه توانایی بالقوه و بالفعل گره‌ها در نظر گرفته می‌شود. توانایی بالفعل آنها مربوط به سطح انرژی و فاصله از ایستگاه پایه است و توانایی بالقوه، ناشی از تأثیر انتخاب آن گره به عنوان سرگروه، بر حفظ حیات سایر گره‌ها می‌باشد که به تعریف غلظت و مرکزیت آن مربوط می‌شود. سیستم فازی به‌کار رفته از سه بخش تشکیل شده است[۷,۹] که در شکل ۳ نشان داده شده است.

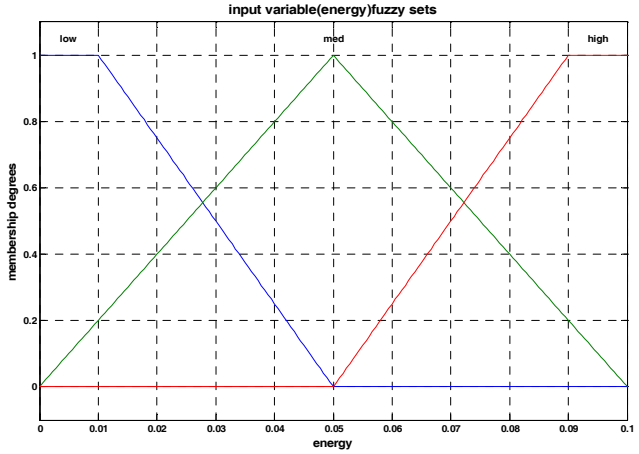


شکل (۳): سیستم فازی به‌کار رفته

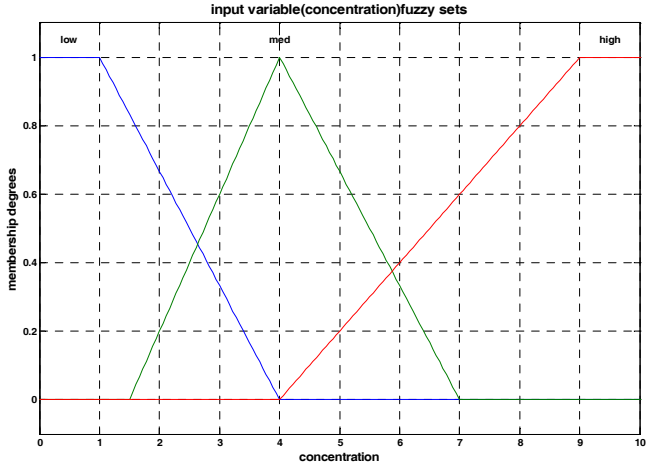
برای هر گره، نخست بخش فازی‌ساز[1] میـزان تعلـق هـر یـک از متغیرهـای تعریـف شـده را بـه مجموعـه‌هـای فـازی مـشخص می‌کند[۱۲]. همان طور که در شـکل‌هـای ۴ تـا ۷ نـشان داده شده است، برای توابع عضویت انرژی و غلظت سـه سـطح کـم، متوسط و زیاد، برای متغیر مرکزیت، سه سطح نزدیک، مناسـب و دور و برای متغیـر فاصـله از ایـستگاه پایـه، سـه سـطح کـم، متوسط و دور در نظر گرفته شـده اسـت. متغیرهـای ورودی بـا توجه به قوانین اگر- آنگاه فازی[۷]، کـه در ضـمیمه (۱) آورده شده است، در موتور استنتاج فازی که از نوع ممـدانی[2] انتخـاب شده است، ترکیب می‌شـوند و پـس از آن میـزان تعلـق متغیـر خروجی به تابع عضویت آن تعیین می‌شود. تابع عضویت متغیـر خروجی که به صورت شانس هر گره برای سرگروه شدن تعریف می‌شود، از هفت سطح خیلی کـم، کـم، تقریبـاً کـم، متوسـط، تقریباً زیاد، زیاد و خیلی زیاد تشکیل شده است. پس از اعمـال غیرفازی‌ساز، مقدار عددی شانس هر گره محاسبه مـی‌شـود. در این مقاله غیرفازی‌ساز[3] از نوع مرکز ثقـل در نظـر گرفتـه شـده است که شانس هر گره برای سرگروه شـدن را از رابطـه (۱۰) و بر اساس خروجی‌های به‌دست آمـده از قـوانین فـازی محاسـبه می‌کند[۵] , [۱۰].

$$\text{chance} = \frac{\int x \quad \mu_A(x)dx}{\int \mu_A(x)dx} \qquad (۱۰)$$

که در آن $\mu_A(x)$ مقدار تعلق متغیر x بـه مجموعـه فـازی A است.

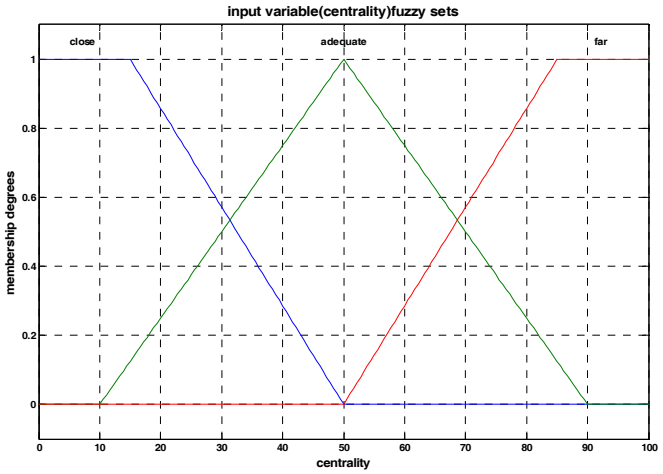


شکل (۴): مجموعه فازی در نظر گرفته شده برای متغیر انرژی

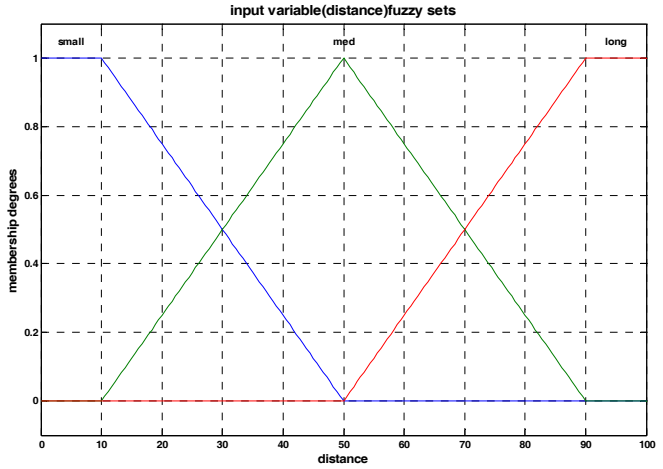


شکل (۵): مجموعه فازی در نظر گرفته شده برای متغیر غلظت

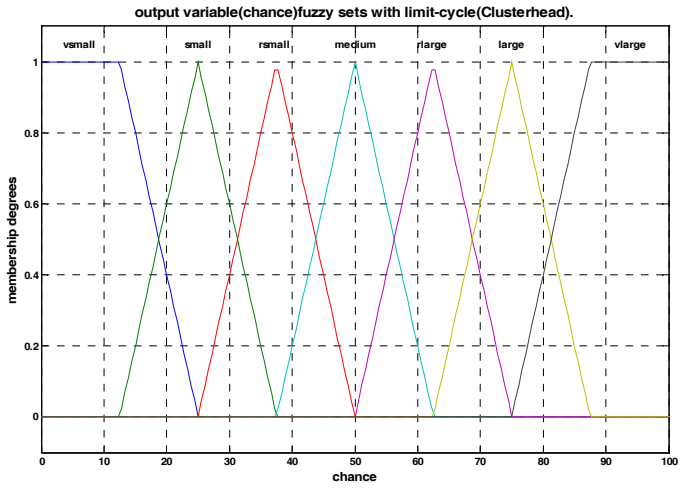
1- Fuzzifier
2- Mamdani inference engine
3- Defuzzifier



شکل (۶): مجموعه فازی در نظر گرفته شده برای متغیر مرکزیت



شکل (۷): مجموعه فازی در نظر گرفته شده برای متغیر فاصله



شکل (۸): مجموعه فازی در نظر گرفته شده برای متغیر شانس

۷- نتایج شبیه سازی

در شبیه‌سازی‌های انجام شده در این مقاله، روش پیشنهادی انتخاب سرگروه با روش‌های پیشین مقایسه می‌شود. شبکه مورد نظر شامل ۱۵۰ گره حسگر می‌باشد که به طور تصادفی در منطقه‌ای به ابعاد 150m*150m توزیع شده‌اند. ایستگاه پایه در مختصات (200,50) قرار گرفته است. گره‌ها دارای انرژی اولیه یکسان و برابر ۰/۱ ژول می‌باشند و هر گره در هر دور ۲۰۰ بیت اطلاعات را به سرگروه انتخاب شده ارسال می‌نماید. سرگروه داده‌های جمع‌آوری شده را به میزان ۵ درصد اندازه اصلی خود فشرده‌سازی می‌کند.

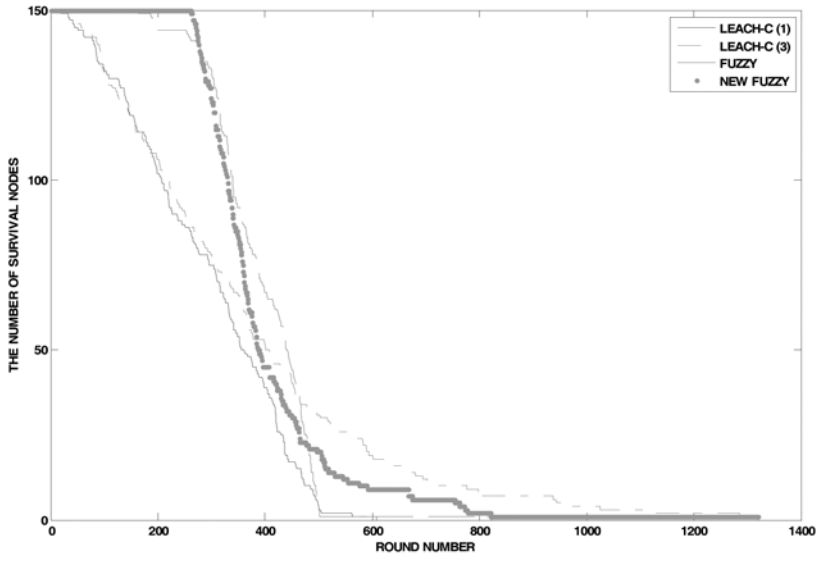
در مرحله شبیه‌سازی، نخست روش LEACH بر مبنای رابطه (۱) و سپس بر مبنای رابطه (۳) برای انتخاب سرگروه شبکه به‌کار رفته است. سپس روش فازی با درنظر گرفتن سه متغیر انرژی، غلظت و مرکزیت، برای انتخاب سرگروه شبکه در نظر گرفته شده است که در تعریف متغیرهای غلظت و مرکزیت تنها به موقعیت جغرافیایی گره‌ها توجه شده است.

در مرحله بعد، متغیر چهارم، یعنی فاصله گره تا ایستگاه پایه به متغیرهای ورودی سیستم فازی اضافه شده و در تعریف متغیرهای غلظت و مرکزیت علاوه بر موقعیت جغرافیایی گره‌ها، به تأثیر انتخاب آن گره بر حفظ انرژی سایر گره‌ها نیز توجه شده است. همه روش‌های انتخاب سرگروه، یک بار برای شبکه با گره‌های ثابت و یک بار برای گره‌های متحرک شبیه‌سازی شده‌اند.

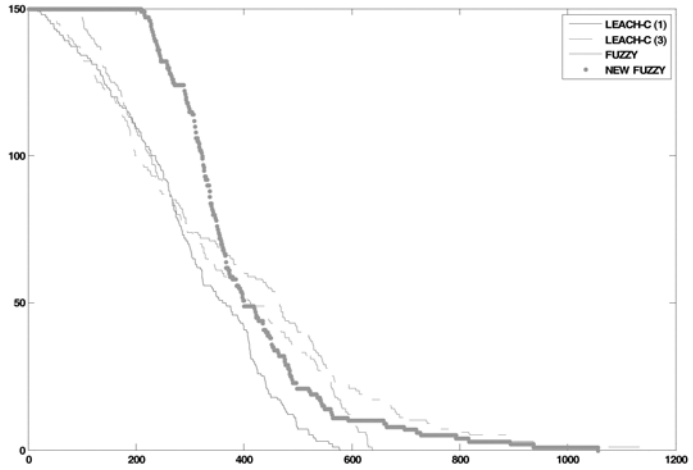
در همه روش‌ها ارزیابی طول عمر شبکه بر مبنای معیار FND صورت گرفته است و نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های (۹) تا (۱۲) نشان داده شده است. نتایج مقایسه طول عمر شبکه در شکل‌های (۹) و (۱۰) ملاحظه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی روش‌های مختلف انتخاب سرگروه شبکه با گره‌های ثابت در شکل ۹ و برای شبکه‌ای با گره‌های متحرک در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با استفاده از نتایج بدست آمده، استفاده از روش فازی نسبت به روش LEACH در افزایش طول عمر شبکه با گره‌های ثابت یا متحرک، دارای مزیت است. به علاوه از بین دو روش فازی شبیه‌سازی شده، روش دوم تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش طول عمر نسبت به روش فازی اول دارد. در شکل‌های (۱۱) و (۱۲)، کل انرژی موجود در شبکه در هر دور برای روش‌های مختلف نشان داده شده است. هر چه میزان افت انرژی شبکه از دورهای اولیه به دورهای بعدی انتقال پیدا کند، به معنای حفظ انرژی گره‌ها برای تعداد دورهای بیشتر، حفظ حیات شبکه و افزایش طول عمر آن است. شکل (۱۱) برای شبکه‌ای با گره‌های ثابت و شکل (۱۲) برای شبکه‌ای با گره‌های متحرک می‌باشد.

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

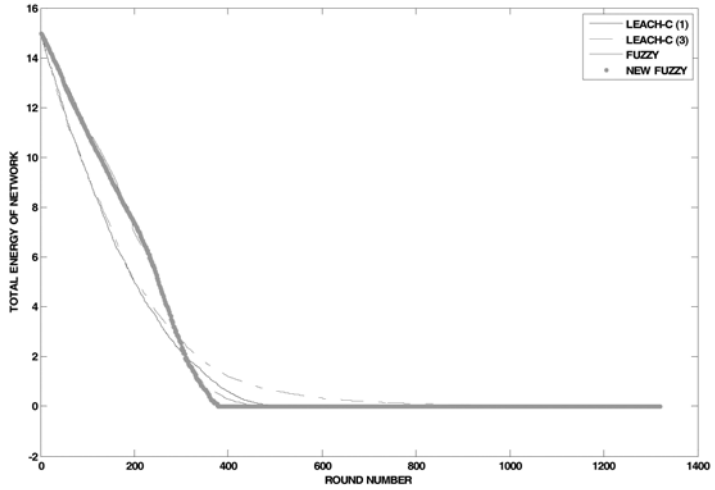
الگوریتم بهبود یافته فازی علاوه بر این که بر روش LEACH برتری دارد، نسبت به الگوریتم فازی معرفی شده نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش طول عمر شبکه حسگر دارد. عملکرد شبکه از لحاظ طول عمر با فرض متحرک بودن گره‌های شبکه نیز بررسی شد و در این حالت نیز نتایج شبیه‌سازی نشان داد که روش بهبود یافته فازی، از لحاظ طول عمر شبکه نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. بدیهی است شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر شبکه حسگر بی‌سیم می‌تواند منجر به انتخاب بهتر متغیرها و توابع تعلق فازی گردد.



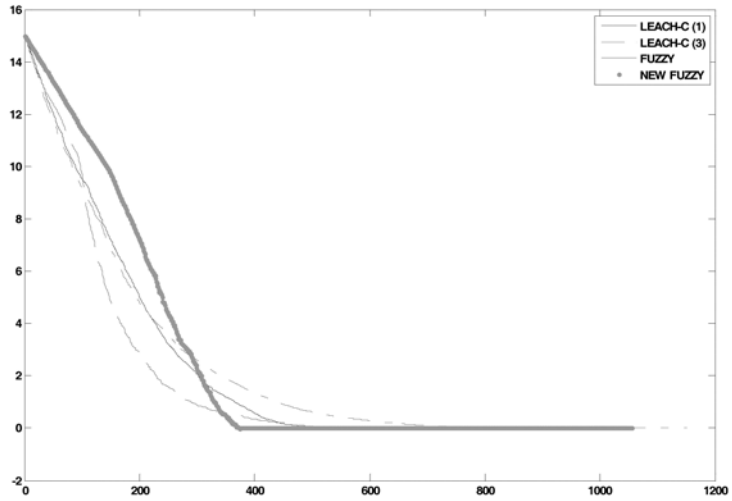
شکل (۹): مقایسه طول عمر شبکه با گره‌های ثابت، با استفاده از روش‌های مختلف انتخاب سرگروه



شکل (۱۰): مقایسه طول عمر شبکه با گره‌های متحرک، با استفاده از روش‌های مختلف انتخاب سرگروه



شکل (۱۱): کل انرژی موجود در شبکه با گره‌های ثابت در هر دور، با استفاده از روش‌های مختلف انتخاب سرگروه



شکل (۱۲): کل انرژی موجود در شبکه با گره‌های متحرک در هر دور، با استفاده از روش‌های مختلف انتخاب سرگروه

مراجع

[1] Q. Tian and E. Coyle, "Optimal Distributed Detection in Clustered Wireless Sensor Networks", IEEE Transaction. Signal Processing, vol. 55, no. 7, pp. 3892-3904, July 2007.

[2] S. Lindsey, C. Raghavendra and K. Sivalingam, "Data Gathering Algorithms in Sensor Networks Using Energy Metrics", IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, vol. 13, no. 9, pp. 924-935, September 2002.

[3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks", IEEE Trans. Wireless Communications, vol. 1, no. 4, pp. 660-670, October 2002.

[4] F. Dressler, "Self-Organization in Ad Hoc Networks: Overview and Classification", Univ. of Erlangen, Dept. of computer science 7, Technical report 02/06.

[5] I. Gupta, D. Riordan and S. Sampalli, "Cluster-head Election using Fuzzy Logic for Wireless Sensor Networks", Proceeding of the 3rd Annual Communication Networks and Services Research Conference, IEEE, pp. 238-243, 2005.

[6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", Proc. of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI, pp. 3005-3014, Jan. 2000.

[۷] سیستم‌های فازی و کنترل فازی / نوشته لی وانگ؛ ترجمه: محمد تشنه‌لب، نیما صفارپور و داریوش افیونی. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۸.

[8] C. M. Liu and C. H. Lee, "Distributed Algorithms for Energy-Efficient Cluster-head Election in Wireless Mobile Sensor Networks", Conf. on Wireless Networks (ICWN), pp. 405-411, 2005.

[9] Q. Liang, "Clusterhead Election for Mobile Ad Hoc Wireless Network", IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication Proceedings, vol. 2, pp. 1623-1628, 2003.

[10] K. Yan, S.C. Wang, M. L. Chiang and L. Y. Tseng, "A Fuzzy-based Power-aware Management for Mobile Ad hoc Networks", Computer standards & interfaces, pp. 123-136, 2008

[11] W .Zhenhua, H. Xiaodong, Z .Hong and L. Chang, "Research on Clustering Strategy for Wireless Sensor Network Based on Fuzzy Theory", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 596-604, 2007.

[12] K. M. Passino and S. Yurkovich, "Fuzzy Control", Addison-wesley, 1998.

خانم مریم بن‌عباس دارای مدرک کارشناسی برق- الکترونیک از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و کارشناسی ارشد برق- مخابرات از دانشگاه شاهد می‌باشد. ایشان دارای سه سال سابقه کار در شرکت صنایع مخابرات صاایران بوده و زمینه علاقمندی خانم بن عباس مخابرات بی‌سیم، شبکه‌های حسگر و ابزار دقیق می‌باشد.

ضمیمه: پایگاه قواعد فازی

1. (energy=low)&(concen=low)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=vsmall)
2. (energy=low)&(concen=low)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=vsmall)
3. (energy=low)&(concen=low)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=vsmall)
4. (energy=low)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=vsmall)
5. (energy=low)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=vsmall)
6. (energy=low)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=small)
7. (energy=low)&(concen=low)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=small)
8. (energy=low)&(concen=low)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=small)
9. (energy=low)&(concen=low)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
10. (energy=low)&(concen=med)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=vsmall)
11. (energy=low)&(concen=med)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=vsmall)
12. (energy=low)&(concen=med)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=small)
13. (energy=low)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=small)
14. (energy=low)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=small)
15. (energy=low)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
16. (energy=low)&(concen=med)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=small)
17. (energy=low)&(concen=med)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=small)
18. (energy=low)&(concen=med)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
19. (energy=low)&(concen=high)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=vsmall)
20. (energy=low)&(concen=high)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=vsmall)
21. (energy=low)&(concen=high)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=small)
22. (energy=low)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=small)
23. (energy=low)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=small)
24. (energy=low)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
25. (energy=low)&(concen=high)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=small)
26. (energy=low)&(concen=high)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=rsmall)
27. (energy=low)&(concen=high)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
28. (energy=med)&(concen=low)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=small)
29. (energy=med)&(concen=low)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=small)
30. (energy=med)&(concen=low)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
31. (energy=med)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
32. (energy=med)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=medium)
33. (energy=med)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=medium)
34. (energy=med)&(concen=low)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=medium)
35. (energy=med)&(concen=low)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=medium)
36. (energy=med)&(concen=low)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=medium)
37. (energy=med)&(concen=med)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
38. (energy=med)&(concen=med)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=rsmall)
39. (energy=med)&(concen=med)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=medium)
40. (energy=med)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
41. (energy=med)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=medium)
42. (energy=med)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=medium)
43. (energy=med)&(concen=med)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=rlarge)
44. (energy=med)&(concen=med)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=rlarge)
45. (energy=med)&(concen=med)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=large)
46. (energy=med)&(concen=high)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
47. (energy=med)&(concen=high)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=rsmall)
48. (energy=med)&(concen=high)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
49. (energy=med)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=medium)
50. (energy=med)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=rlarge)
51. (energy=med)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
52. (energy=med)&(concen=high)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=rlarge)

53. (energy=med)&(concen=high)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=large)
54. (energy=med)&(concen=high)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=large)
55. (energy=high)&(concen=low)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
56. (energy=high)&(concen=low)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=rsmall)
57. (energy=high)&(concen=low)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=rsmall)
58. (energy=high)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
59. (energy=high)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=medium)
60. (energy=high)&(concen=low)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=medium)
61. (energy=high)&(concen=low)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=medium)
62. (energy=high)&(concen=low)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=rlarge)
63. (energy=high)&(concen=low)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
64. (energy=high)&(concen=med)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=rsmall)
65. (energy=high)&(concen=med)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=medium)
66. (energy=high)&(concen=med)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=medium)
67. (energy=high)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=medium)
68. (energy=high)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=rlarge)
69. (energy=high)&(concen=med)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
70. (energy=high)&(concen=med)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=rlarge)
71. (energy=high)&(concen=med)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=large)
72. (energy=high)&(concen=med)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=large)
73. (energy=high)&(concen=high)&(center=far)&(dist=long)=>(chance=medium)
74. (energy=high)&(concen=high)&(center=far)&(dist=med)=>(chance=medium)
75. (energy=high)&(concen=high)&(center=far)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
76. (energy=high)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=long)=>(chance=medium)
77. (energy=high)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=med)=>(chance=rlarge)
78. (energy=high)&(concen=high)&(center=adq)&(dist=small)=>(chance=rlarge)
79. (energy=high)&(concen=high)&(center=close)&(dist=long)=>(chance=large)
80. (energy=high)&(concen=high)&(center=close)&(dist=med)=>(chance=vlarge)
81. (energy=high)&(concen=high)&(center=close)&(dist=small)=>(chance=vlarge)

آنالیز پایداری شیروانی های خاکی مسلح به روش های اجزاء محدود و تعادل حدی

محسن معجزی

کارشناس ارشد عمران- مدیریت ارشد مهندسی سازه های آبی

علی فرهادی

استادیار دانشکده فنی دانشگاه تربیت معلم تهران

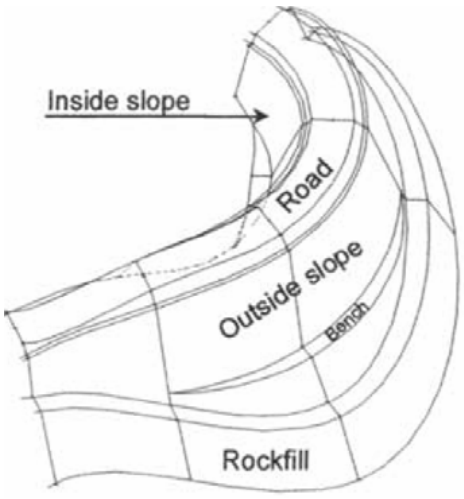
واژه‌های کلیدی: آنالیز پایداری، شیروانی مسلح، اجزاء محدود، تعادل حدی

چکیده

ارزیابی پایداری شیروانی های خاکی از قدیمی‌ترین مسائل مطرح در حیطه مهندسی عمران بوده و تا کنون برای آن روشهای مختلفی مانند روشهای مبتنی بر اصول تعادل حدی، روش اجزاء محدود، روش تفاضل محدود و ... توسعه یافته است. در این تحقیق بااستفاده از نرم افزارهای (ReSSA(2.0، Plaxis-V8.2 و GeoSlope –2004 و براساس روشهای مذکور، برای یک شیروانی اجرا شده آنالیز پایداری انجام گرفته و نتایج حاصله مقایسه و بررسی شده است. نتایج بدست آمده از آنالیزهای عددی تطابق قابل قبولی با نتایج حاصل از ابزار دقیق نشان می دهد.

۱- مقدمه

در این تحقیق با در نظر گرفتن یک شیروانی خاکی مسلح که رفتار حین ساخت و پس از ساخت آن توسط ابزار دقیق ثبت شده و اطلاعات و داده های آن موجود می باشد، با استفاده از روشهای تعادل حدی و اجزاء محدود تحت آنالیزهای پایداری و تنش- تغییر شکل قرار گرفته و نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفته است. پس از ساخت مدلی کامپیوتری از شیروانی، توسط نرم‌افزارهای (ReSSA(2.0، PLAXIS-V8.2 و GeoSlope-2004 بر روی آن آنالیزهای پایداری و تنش- کرنش انجام گرفته است. در نهایت به بررسی نتایج حاصل از این تحلیل‌ها و مقایسه آن با نتایج حاصل از ابزار دقیق پرداخته شده است. شیروانی خاکی مسلح مورد مطالعه دارای ۲۰۶ متر طول و۱۹/۶ متر ارتفاع بوده و از دو نیمه فوقانی و تحتانی تشکیل شده که آنها را یک برم سه متری با زاویه ۱۴ درجه به هم متصل می کند. زاویه شیب‌ها در هر دو نیمه ۶۰ درجه می‌باشد. در شکل (۱) نمای شیروانی مذکور نشان داده شده است. خواص مصالح خاکریز شیروانی، لایه سنگریز زیر پنجه شیروانی و فونداسیون در جدول (۱) ارائه شده است[۱].



شکل (۱): نمای شیروانی در مقطع مورد تحلیل

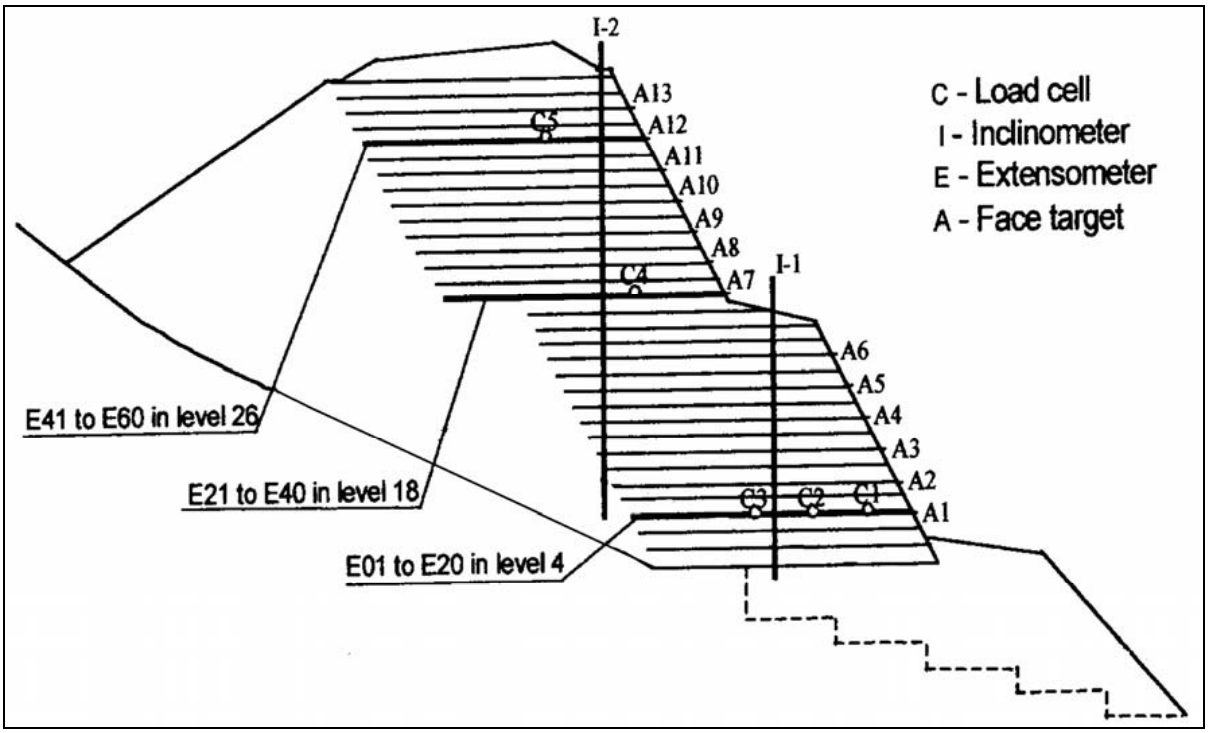
جدول (۱): مشخصات مصالح خاکریز، سنگریز پنجه و فونداسیون

مشخصات / مصالح	ν	φ (درجه)	C (kN/m^2)	$\gamma_{d(max)}$ (kN/m^3)
خاکریز	۰/۳	۳۲	۵	۱۹/۵
سنگریز زیر پنجه شیروانی	۰/۲۸	۴۸	صفر	۲۳
فونداسیون	۰/۲۳	۴۵	۸۵	۲۶

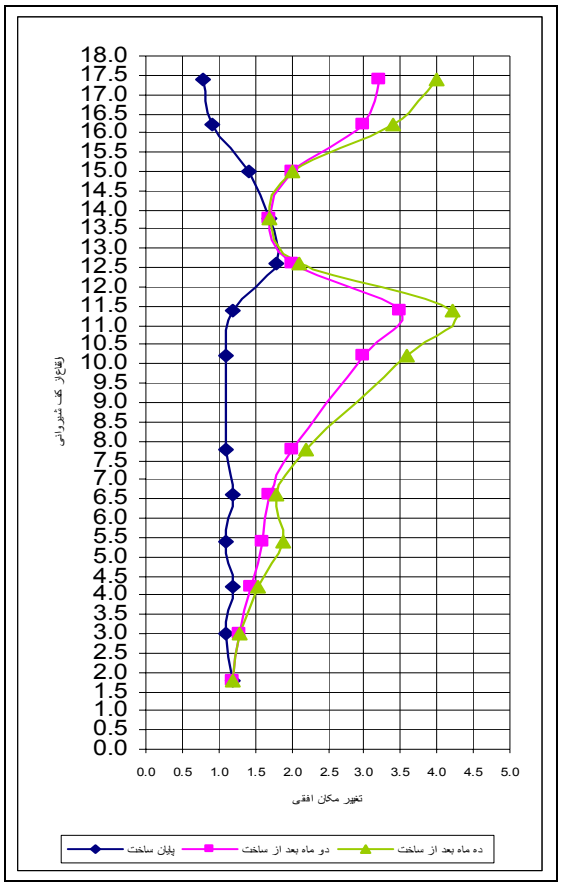
طراحی آرایش تسلیح شیروانی با استفاده از روش طراحی ژیول (Jewell,1996) انجام گرفته که در نتیجه آن مقطع شیروانی در ارتفاع به چهار بخش تقسیم و در هر بخش از یک نوع ژئوگرید با مقاومت مختلف استفاده شده است. نحوه توزیع در ارتفاع و مشخصات مسلح سازها در جدول (۲) آمده است. با استفاده از دو انحراف‌سنج (I-1 و I-2) که در حدود ۷ متر و ۱۵ متر از پنجه شیروانی فاصله داشته و دارای ارتفاع‌های ۱۰ و ۲۰ متر هستند تغییر مکانهای افقی داخلی شیروانی، ثبت گردیده است. همچنین برای ثبت تغییر مکانهای جداری در نقاطی به فواصل قائم ۱/۲ متری بر روی جداره شیروانی نشانه‌هایی نصب (A1 تا A13) و جا به جائی این نقاط در فواصل زمانی مشخصی برداشت و ثبت شده است.

جدول (۲): مشخصات ژئوگریدهای مورد استفاده در هر ناحیه

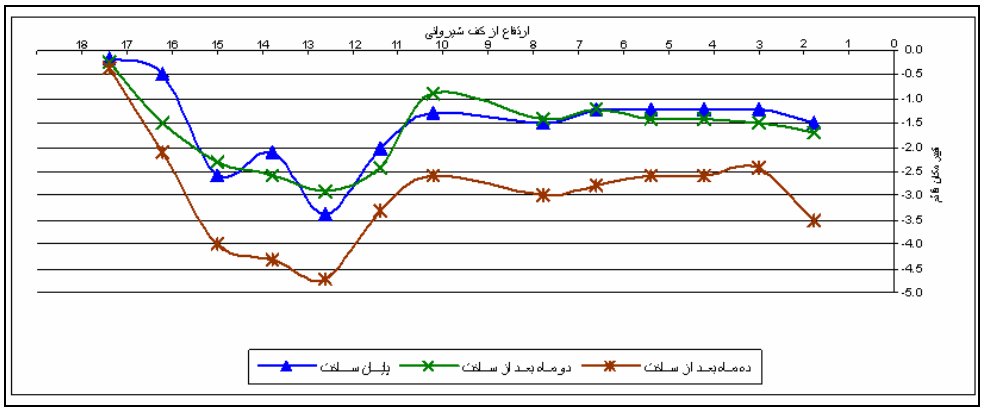
ناحیه	محدوده ارتفاعی (متر)	T_{ult} (kN/m)	EA (kN/m)
۱	۰ – ۱/۸	۱۶۰	۲۱۹۰
۲	۱/۸ – ۱۰/۲	۱۲۰	۱۶۴۰
۳	۱۰/۲ – ۱۶/۲	۹۰	۱۲۳۰
۴	۱۶/۲ – ۱۹/۶	۶۰	۸۲۰



شکل (۲): مقطع شیروانی در محل مورد تحلیل و موقعیت ابزار دقیق



شکل (۳): نمودار تغییر مکانهای افقی جداره کل شیروانی حاصل از نتایج ابزار دقیق



شکل (۴): نمودار تغییر مکانهای قائم جداره کل شیروانی حاصل از نتایج ابزار دقیق

۲- آنالیزهای عددی

پس از ساخت مدلهای شیروانی مسلح در نرم افزارهای مورد استفاده و کالیبره نمودن مدلها، آنالیزهای پایداری و تنش - کرنش انجام گرفت که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

نرم‌افزار(2.0) ReSSA بر مبنای اصول تعادل حدی قرار داشته و با استفاده از روشهای پیشاب، اسپنسر و روش گوه سه قسمتی قابل تعریف، بر روی شیروانی‌های مسلح و غیر مسلح آنالیز پایداری انجام می‌دهد. همچنین در این نرم افزار با وارد نمودن یک ضریب ثابت شبه استاتیکی می توان آنالیز پایداری در شرایط زلزله را نیز بصورت شبه استاتیکی انجام داد[۳]. PLAXIS - V8.2 نیز یک نرم‌افزار کامپیوتری است که براساس روش اجزاء محدود آنالیز تنش-کرنش و پایداری انجام می‌دهد. آنالیز پایداری در این نرم‌افزار به روش φ -C -Reduction انجام می‌گیرد. در این نرم‌افزار پس از ساخت مدل هندسی از سازه مورد نظر و تعریف شرایط مرزی و خواص مصالح مورد استفاده هندسه تعریف شده مسأله، توسط نرم‌افزار به المانهای اجزاء محدود تقسیم‌بندی شده و شبکه‌ای از المانها (مش) ایجاد می‌شود. سپس توسط کاربر شرایط اولیه

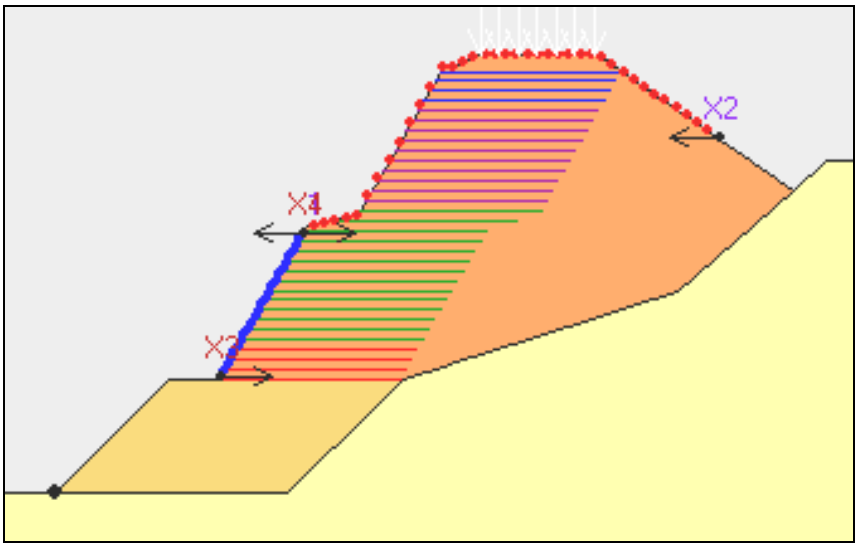
پروژه تعریف و پس از تعیین فازهای محاسباتی و تعریف روش آنالیز با توجه به نوع نتیجه مد نظر، محاسبات توسط نرم‌افزار انجام می گیرد[۴]. Geoslope 2004 یک مجموعه نرم‌افزاری است که می‌تواند هم به روش تعادل حدی خالص و هم با استفاده از روش تعادل حدی مبتنی بر تنش‌های محاسبه شده از روش اجزاء محدود، آنالیز پایداری انجام دهد. آنالیز تنش- کرنش در این نرم‌افزار بوسیله برنامه SIGMA/W موجود در این بسته نرم افزاری و آنالیز پایداری نیز توسط برنامه SLOPE/W انجام می‌گیرد[۵]. این نرم‌افزار بر یکی از ضعف‌های عمده روش تعادل حدی که عدم امکان تعریف شرایط تنش است غلبه نموده است. بدین صورت که می‌توان ابتدا شرایط تنش را توسط برنامه SIGMA/W ایجاد نموده و سپس با انتقال این تنش‌ها به برنامه SLOPE/W آنالیز پایداری را به روش تعادل حدی انجام داد. بنابراین نتایج این روش به شرایط واقعی نزدیک‌تر خواهد بود.

۲-۱- آنالیز با استفاده از نرم‌افزار ReSSA(2.0)

پس از ساخت مدل‌های شیروانی غیر مسلح و مسلح بصورت شکل (۵) و با استفاده از پارامترهای جدول (۱) بعنوان ورودی نرم‌افزار، بر روی این مدلها آنالیز پایداری انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است.

۲-۲- آنالیز با استفاده از نرم‌افزار PLAXIS-V8.2

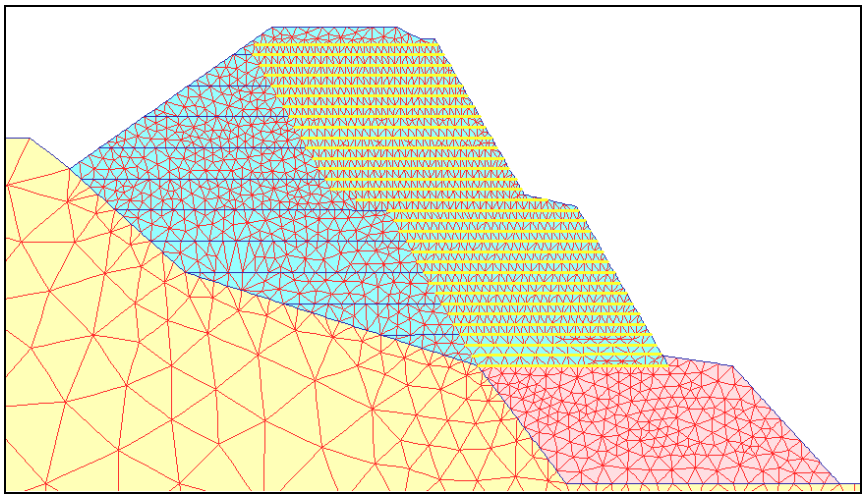
پس از ساخت مدل شکل (۶) از شیروانی در حالت بدون تسلیح و نیز حالت مسلح در نرم افزار PLAXIS، مشخصات مصالح تعریف و تحت آنالیز تنش- تغییرشکل و آنالیز پایداری قرار گرفت. لازم به ذکر است که آنالیز پایداری در این نرم‌افزار به روش φ-C-Reduction انجام می‌گیرد. نتایج آنالیزهای پایداری انجام شده با این نرم‌افزار در جدول (۴) ارائه شده است. در حالت شبه استاتیکی ضریب ثابت ۰/۱۵ در آنالیزها به کار رفته است.



شکل (۵): مدل شیروانی مسلح در نرم‌افزار(2.0) ReSSA

جدول (۳): نتایج حاصله از آنالیزهای پایداری صورت گرفته با نرم‌افزار ReSSA (2.0)

حالت تسلیح	بدون تسلیح			طراحی تسلیح به روش ژیول		
روش آنالیز	بیشاپ	اسپنسر	گوه سه قسمتی	بیشاپ	اسپنسر	گوه سه قسمتی
ضریب اطمینان در شرایط پایان ساخت	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۱	۱/۸۱	۱/۶۳	۱/۹۹
ضریب اطمینان در حالت شبه استاتیکی	۰/۸۴	۰/۹	۰/۷۲	۱/۴۸	۱/۳۱	۱/۵۴



شکل (۶): مدل اجزاء محدود ساخته شده در نرم‌افزار PLAXIS-V8.2

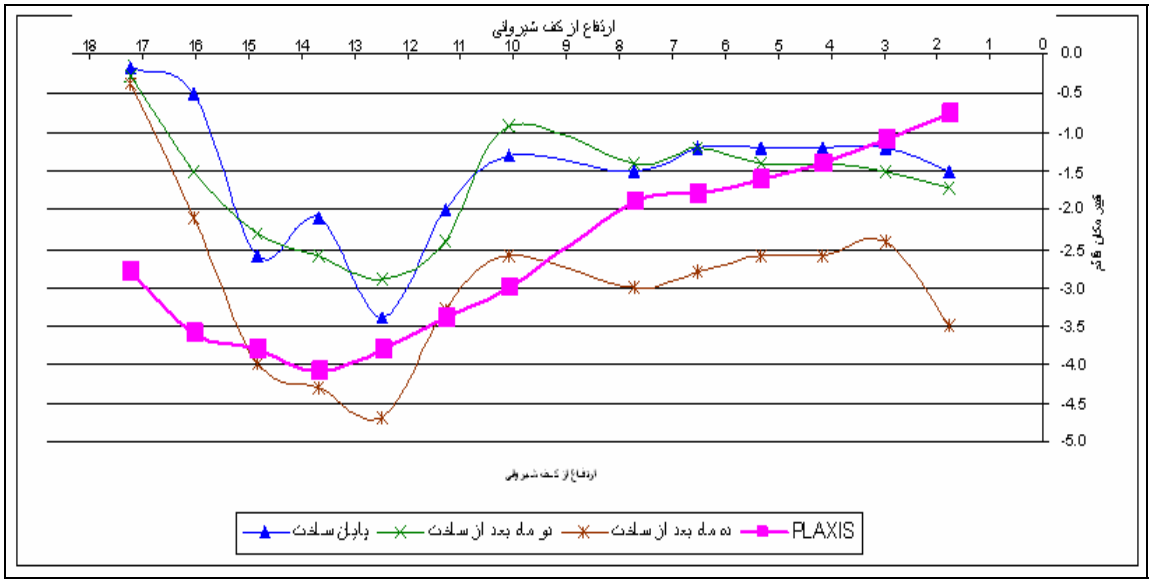
جدول (۴): خلاصه نتایج حاصل از آنالیزهای پایداری انجام شده توسط نرم‌افزار PLAXIS

حالت تسلیح	بدون مسلح‌ساز	طراحی تسلیح به روش ژیول
ضریب اطمینان	۱/۰۹	۱/۶۲
ضریب اطمینان در روش شبه‌استاتیک	۰/۸۷	۱/۳۲

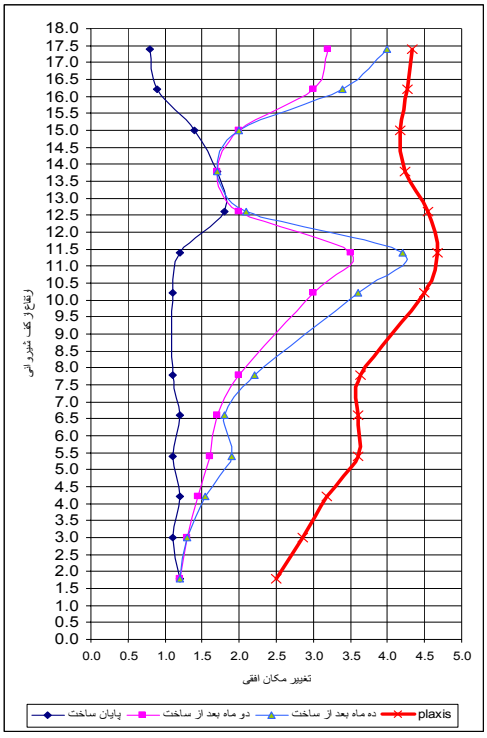
نتایج تغییر مکانهای قائم و افقی جداره حاصل از آنالیزهای نرم‌افزار PLAXIS-V8.2 در مقایسه با نتایج ابزار دقیق در شکلهای (۷) و (۸) نشان داده شده است.

۲-۳- آنالیز با استفاده از نرم‌افزار GeoSlope-2004

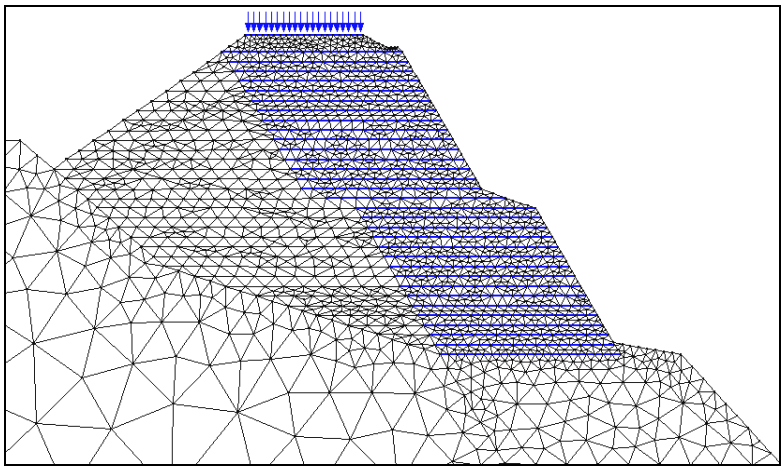
در این نرم‌افزار ابتدا مدلی اجزاء محدود از شیروانی مورد مطالعه (شکل ۹) در برنامه SIGMA/W ایجاد و تحت آنالیز تنش-کرنش قرار گرفت. سپس با انتقال این مدل به برنامه Slope/W و استفاده از تنش‌های ایجاد شده، بر روی مدل مذکور آنالیز پایداری به روش اجزاء محدود انجام گرفته است. همچنین با استفاده از برنامه SLOPE/W به تنهایی آنالیزهایی به روشهای تعادل حدی مورگنسترن- پرایس، بیشاپ، جانبو و روش عمومی تعادل حدی انجام شده است. همچنین برای شرایط زلزله، با اعمال ضریب شبه استاتیکی ۰/۱۵به روش شبه استاتیکی بر روی مدل آنالیزهایی انجام گرفته و نتایج حاصل از آنالیزهای پایداری در جدول (۵) ارائه شده است.



شکل (۷): نتایج تغییر مکان قائم از آنالیزهای نرم‌افزار PLAXIS-V8.2 در مقایسه با نتایج ابزار دقیق



شکل (۸): نتایج تغییر مکان افقی از آنالیزهای نرم‌افزار PLAXIS-V8.2 در مقایسه با نتایج ابزار دقیق



شکل (۹): مدل اجزاء محدود ساخته شده در نرم‌افزار Geo Slope-2004

جدول (۵): نتایج حاصل از آنالیز پایداری توسط نرم‌افزار Geo Slope2004

روش تسلیح	بدون تسلیح					طرح تسلیح به روش ژیول				
روش آنالیز	روش تعادل حدی				روش اجزاء محدود	روش تعادل حدی				روش اجزاء محدود
	روش معمولی قطعات	بیشاپ	جانبو	مورگنسترن - پرایس		روش معمولی قطعات	بیشاپ	جانبو	مورگنسترن - پرایس	
ضریب اطمینان	۱/۰۹۸	۱/۱۳	۱/۰۸۱	۰/۹۹	۰/۹۳	۱/۸۸۹	۱/۹۸۲	۱/۷۵۱	۱/۶۷۲	۱/۵۵
در حالت شبه‌آستاتیکی	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۸۱	۰/۷۵	۱/۳۵۷	۱/۴۴	۱/۳۸۷	۱/۳۲۱	۱/۲۸۲

۳- نتیجه‌گیری

بر اساس آنالیزهای پایداری و تنش تغییر شکل انجام شده بر روی شیروانی مسلح مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای GeoSlope-2004، ReSSA(2.0) و PLAXIS-V8.2 نتایج ذیل حاصل شده است:

- در حالت بدون تسلیح ضریب اطمینان پایداری شیروانی حدود عدد ۱ می باشد که حاکی از لزوم نیاز به تسلیح شیروانی است.
- نتایج بدست آمده از روش عددی اجزاء محدود نشان دهنده هماهنگی قابل قبولی بین تغییرات تغییرمکانها در این روش با تغییرمکانهای حاصل از نتایج ابزار دقیق می باشد.
- مقادیر ضریب اطمینان در روشهای تعادل حدی از مقادیر حاصله از روش اجزاء محدود بیشتر می باشد که می تواند به علت عدم امکان در نظر گرفتن شرایط تنش واقعی توده خاک در حالت تعادل حدی باشد.
- علیرغم اختلاف بین مقادیر ضریب اطمینان در روش های تعادل حدی با روش اجزاء محدود، تفاوت این مقادیر خیلی زیاد نبوده و در حد قابل قبول قرار دارد. بنابراین با وجود ضعف عمده روش های تعادل حدی در اعمال شرایط واقعی تنش، استفاده از این روش ها برای تحلیل پایداری شیروانی‌ها ها با دقت خوبی قابل قبول می باشد.
- با استفاده از نرم افزار GeoSlope می توان آنالیز پایداری را به روش تعادل حدی مبتنی بر تنشهای حاصل از روش اجزاء محدود انجام داد. بدینصورت که با اعمال تنشهای محاسبه شده از آنالیز تنش - کرنش به روش اجزاء محدود در برنامه SIGMA/W و انتقال این تنشها به برنامه SLOPE/W آنالیز پایداری انجام می گیرد. نتایج آنالیز پایداری حاصل از این روش تطابق خوبی با نتایج آنالیز پایداری به روش اجزاء محدود حاصل از نرم افزار PLAXIS دارد که حاکی از غلبه نرم افزار GeoSlope بر ضعف عمده روش های تعادل حدی است.

مراجع

1- Mendonc¸ A., Lopes M. L. and Lopes M. P. (2003), Construction and post-construction behaviour of a geogrid-reinforced steep slope. Geotechnical and Geological Engineering 21, 129–147.

2- Jewell, R. A. (1996). Soil Reinforcement with Geotextiles. Chapter 8. Ciria ISBN 0 86017 425 5, Thomas Telford ISBN 0 7277 2502 5, 332p.

3- Leshchinsky, D. (2001) The Power of Software in Geosynthetic Reinforcement Applications. www.GeoPrograms.com.

۴- امیر حوتی ، محسن معجزی، (۱۳۸۵) حل عددی مسائل مهندسی عمران با استفاده از PLAXIS. انتشارات آثار معاصر، تهران.

5- Geo-Slope International Ltd. (2004) GeoSlope Manual. Calgary, Alberta, Canada.

آقای علی فرهادی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک از دانشگاه جورج واشنگتن آمریکا در سال ۱۳۶۰ و دکترای مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک از دانشگاه لیورپول انگلستان در سال ۱۳۷۰ و عضو هیات علمی دانشکده مهندسی دانشگاه تربیت معلم تهران. دارای بیش از ۲۷ سال سابقه تدریس و تحقیق در دانشگاه و مشاور و کارشناس ارشد در مهندسین مشاور ژئوتکنیک، آزاد راه تهران- شمال، شهرداری منطقه ۱ تهران و مرکز مطالعات مقاومت مصالح و ژئوتکنیک تهران. دارای بیش از ۲۵ مقاله علمی منتشر شده در مجلات علمی داخل و خارج از کشور و بیش از ۵۰ گزارشهای علمی و تحقیقی می باشند. زمینه علاقمندی ایشان در زمینه طراحی و آنالیز شالوده های سطحی و عمیق، آنالیز شیروانی‌ها و دیوارهای مسلح (سیستم‌های MSE)، مطالعه و تحلیل آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی خاک و مطالعات ژئوتکنیک سازه های مختلف می باشد.

Email:
farhadi@tmu.ac.ir

آقای محسن معجزی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مکانیک خاک و مهندسی پی می‌باشد. ایشان جمعاً ۵ سال سابقه کار دارند که ۲/۵ سال آن در قدس نیرو است. زمینه فعالیت و علاقمندی آقای معجزی موارد مرتبط با طراحی و آنالیز سدهای خاکی و سنگریزه‌ای، طراحی و آنالیز شیروانی‌ها و دیوارهای مسلح (سیستم‌های MSE)، کاربردهای تسلیح خاک در مهندسی عمران و مطالعات ژئوتکنیک سازه‌های مختلف می‌باشد.

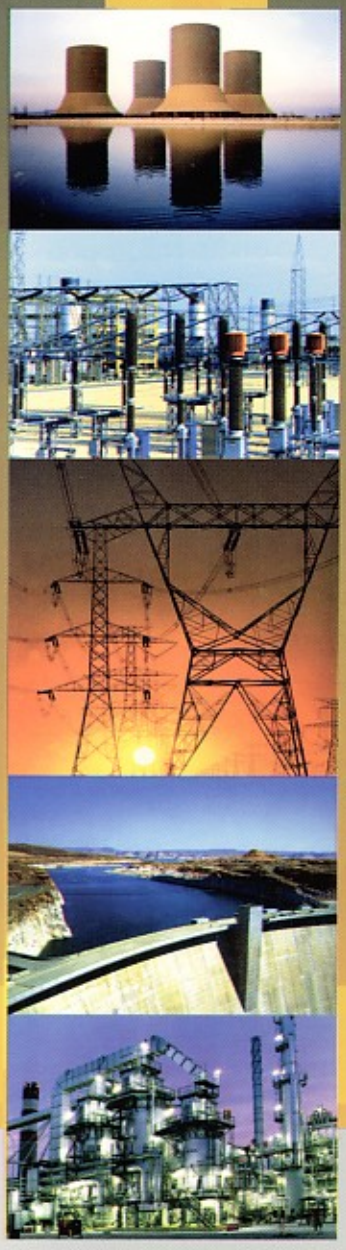
Email:
mmojezi@ghods-niroo.com

GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY

GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY

GNEC provides services, details design and engineering, project management and supervisory services in the following fields:

- *Thermal Power Plants (Steam, Gas Turbine & Combined Cycle)*
- *Substation & Switch - Yards*
- *Transmission Lines& Distribution Networks*
- *Dams & Hydropower Plants, Water Transmission Lines, Irrigation& Drainage Networks*
- *Environmental Studies*
- *Cooperation with Clients in Management Contract*
- *Participation in Major EPC Contracts*
- *Participation in Major "EPC" and "MC" Contracts in Different Types of industrial areas especially in Oil and Gas.*
- *Renewable Energies Studies, Engineering and "EPC" Contracts*



Add: No.98, Ostad motahari Ave.
Tehran - 1566775711 - IRAN
Tel: (+9821) 88403613 - 88416344
Telfax: (+9821) 88411704
E-MAIL: INFO@GHODS-NIROO.COM
WWW.GHODS-NIROO.COM

تهران ، خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ، شماره ۹۸
کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴
فکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴

No. 98, Ostad Motahari Ave.
Tehran 156675711 - IRAN
Tel: 88403613 - 88430454
Fax: 88411704
info@ghods-niroo.com
www.ghods-niroo.com

OHSAS 18001 DNV REGISTERED FIRM
ISO 14001 DNV REGISTERED FIRM
ISO 9001 DNV REGISTERED FIRM