شركت ملي نفت ايران

سازمان بهينه سازي مصرف سوخت كشور

پروژه

مديريت انرژي، مواد و حفظ محيط زيست در دانشگاه صنعتي شريف(مديريت سبز)

گزارش نهايي

دانشگاه صنعتي شريف

معاونت پژوهش و فناوري

شهريور ۱۳۸۵

چکیده

پروژه مديريت انرژي، مواد و حفظ محيط زيست در دانشگاه صنعتي شريف باتوجه به گسترش چشمگير دانشگاه هاي دولتي و غير دولتي در سطح كشور و مصرف قابل توجه انرژي و مواد در اين دانشگاه ها تعريف، و براي اجرا از طرف سازمان بهينه سازي مصرف سوخت كشور به دانشگاه واگذار گرديد. در طي يك سال اجراي اين پروژه گزارش هاي زير تهيه و براي بررسي و اظهار نظر به تناوب به سازمان ارسال گرديد:

۱- مطالعه و بررسي پيش زمينه طرح

۲- گزارش شناخت به منظور ثبت وضعيت موجود در دانشگاه

۳- طراحي و كاربرد مدل بهينه جريان انرژي دانشگاه

۴- دستورالعمل‌هاي اجرايي براي مديريت انرژي، مواد و حفظ محيط زيست در دانشگاه شريف

۵- ارائه آموزش‌هاي لازم به منظور ايجاد و ارتقاي فرهنگ صرفه‌جويي در مصرف مواد، انرژي و حفظ محيط زيست

در گزارش نهايي پروژه (كه تجمعي از گزارش هاي ارسالي تاييدشده پس از انجام اصلاحات موردنظر سازمان مي باشد)، علاوه بر ارايه الگوي دانشگاه سبز، مصارف مختلف انرژي از جمله برق، گاز و نيز مصارف مواد از جمله آب، كاغذ ، غذا و همينطور توليد آلاينده هاي مختلف از جمله پسماندهاي مواد غذايي، كاغذهاي باطله و مواد شيميايي خطر ناك مورد بررسي و نتايج آن به صورت نمودارهاي مختلف ارايه گرديده است.

همچنين مدل بهينه جريان انرژي دانشگاه و كاربرد آن بعنوان يك مطالعه موردي با تهيه بانك اطلاعاتي لازم در دانشگاه صنعتي شريف انجام گرفته است. ضمن آنكه اصول كلي طراحي و ساخت

يك دانشگاه با مصارف بهينه انرژي و مواد نيز ارايه گرديده است. طراحي و نصب سايت دانشگاه سبز درسايت اصلي دانشگاه و همچنين فرهنگ سازي كاركنان و دانشجويان از طريق تدوين دوره هاي آموزشي و تهيه بروشور دانشگاه سبز از ديگر دستاوردهاي اين پروژه مي باشد. در خاتمه خلاصه گزارش مديريتي پروژه تحت عنوان اجمالي بر فرايند اجرا و نتايج پروژه ضميمه گزارش نهايي گرديده است.

قدرداني

انجام اين پروژه که نتايج آن بسادگي مي تواند قابل اجرا در دانشگاه هاي کشور باشد بدون حمايت معنوي و مادي سازمان بهينه سازي مصرف سوخت کشور امکانپذير نبود. جا دارد بدينوسيله از مديريت محترم بخش ساختمان جناب آقاي مهندس آخرتي و کارشناسان سازمان بويژه سرکار خانم مهندس لقماني و آقاي مهندس کناري تشکر و قدرداني شود.

اميد است ادامه همکاري هاي علمي و پژوهشي سازمان با دانشگاه هاي کشور زمينه ساز توسعه فعاليتهاي پژوهشي در بخش بهينه سازي مصرف انرژي در سطح کشورگردد .

فهرست مطالب

۱

مطالعه و بررسي پيش‌زمينه طرح

۱-۱ مقدمه

جواني جمعيت يكي از ويژگي‌هاي جامعه ايران است به طوريكه از ۷۰ ميليون نفر جمعيت، ۷۰ درصد آن زير ۳۰ سال قرار دارد. همچنين حدود۲۰ميليون نفر از كل جمعيت كشور در مدارس و دانشگاه‌ها در حال تحصيل هستند و به همين دليل مراكز آموزشي و پژوهشي در اقتصاد ايران و جامعه ايران از اهميت زيادي برخوردار است. عدم تامين بودجه كافي دانشگاه موجب كاستي هاي فراواني در امر آموزش شده است در صورتيكه يكي از سياست‌هاي تامين بودجه، اعمال راهكارهاي مختلف صرفه جويي در مصارف آب، برق، ساير حامل‌هاي انرژي،كاغذ و ساير موارد مي باشد. ايجاد تغييرات فناوري و آگاه سازي افراد نه تنها موجب صرفه جويي هزينه مراكز آموزش عالي شده، بلكه موجب آشنايي آينده سازان كشور با نظام مديريت سبز نيز مي گردد. در راستاي اعمال مديريت سبز در كشور، در بند پ تبصره ۲۰ قانون بودجه سال ۱۳۸۲ وآئين نامه اجرايي آن، اعمال سياست‌هاي مصرف بهينه منابع و حفاظت از منابع پايه و محيط زيست مورد تاكيد قرار گرفته و كليه دستگاههاي اجرائي و شركت‌هاي دولتي موظف شده اند كه اجراي برنامه مديريت سبز را در برنامه كار خود قرار دهند[1]. دستورالعمل‌هاي مديريت سبز در دانشگاهها و مراكز آموزش عالي كشور توسط سازمان حفاظت محيط زيست تدوين شده و در دسترس عموم قرار گرفته است كه مفاهيم بسيار كلي را بيان مي‌كند، ولي چارچوبي اصولي براي مديريت سبز دانشگاه ارائه نمي دهد.

دانشگاه زيرمجموعه‌اي از ساختمان‌هاي تجاري و آموزشي محسوب مي‌شود، از نظر جهاني و ملي، ساختمان‌هاي تجاري بخش عمده‌اي از منابع را به مصرف مي‌رسانند و در نتيجه آلاينده‌هاي مختلف

محيط زيست نظير آلودگي هوا ، فاضلاب و زباله را ايجاد مي‌كنند. بررسي‌هاي نمونه‌وار در سال ۲۰۰۵ نشان مي دهد كه از مجموع انرژي مصرفي ايالات متحده، سهم اين بخش(ساختمان‌هاي تجاري و آموزشي) ۱۷% و چشم‌انداز تاثيرات گرم شدن زمين آن نيز ۱۳% برآورد گرديده است[2].

دانشگاه‌ها داراي ساختمان‌هاي اداري، آموزشي، بوفه، رستوران، فروشگاه‌هاي كوچك، خوابگاه و مهمانسرا، درمانگاه، سالن‌هاي ورزشي و اماكن تفريحي و ساختمانهاي آزمايشگاهي و كارگاهي مي‌باشند كه مي توان آنرا به صورت يك شهرك يا شهر ويژه (با توجه به بزرگي دانشگاه و تنوع فعاليت‌ها) در نظر گرفت. امروزه اين شهرهاي كوچك در تمام نقاط دنيا از ناحيه افزايش هزينه هاي انرژي و عملياتي تحت فشار قرار گرفته‌اند. ميزان پذيرش دانشجويان دايما" در حال افزايش بوده، و از طرف ديگر مصرف سرانه هر دانشجو بدلايل مختلف از جمله بهبود كيفيت زندگي و خطوط پر سرعت اينترنت در حال افزايش است. هزينه‌هاي فزاينده انرژي، محدوديت‌هاي زيست محيطي، پايان‌پذيري منابع فسيلي و ارزش افزوده فوق العاده اين منابع مسلما" انگيزه بهينه سازي انرژي در دانشگاه‌ها و مراكز آموزشي را براي مديرا ن در برنامه‌ريزي‌هاي بلند مدت مضاعف كرده است. عامل اصلي روند عدم توازن در محيط زيست ناشي از مصرف انرژي و آلاينده هاي ناشي از آن مي باشد. در ايران تقاضاي شديد جهت تحصيلات دانشگاهي، گسترش فزاينده دانشگاه‌ها ومراكز آموزش عالي در سال‌هاي بعد از انقلاب، يارانه اي‌بودن هزينه هاي انرژي، دانشگاه‌ها را بصورت مراكز انرژي بر و همچنين نمونه هاي تاثير گذار جهت انجام مطالعات بهينه سازي مصرف انرژي درسيستم‌هاي يكپارچه درآورده است.

بالا بودن هزينه انرژي و اصرار دولت‌ها و قوانين زيست محيطي بر منطقي شدن مصرف انرژي دانشگاه‌ها، مديران را به اين نتيجه رسانيده است كه انجام مديريت انرژي در دانشگاه‌ها نه تنها اقتصادي

بوده بلكه مي تواند منجر به بهبود فضاي دانشگاه و بهبود كيفيت هواي داخل[1] شده، و به تبع آن افزايش ميزان جذابيت كلاسهاي درس براي دانشجويان و افزايش بهره وري آموزشي و دلپذيري محيط دانشگاه شود. استفاده از تجهيزات مديريت كنترل[2]، بزرگترين پتانسيل را براي بهينه سازي انرژي دانشگاه‌ها ايجاد كرده است. برخي از ساختمان‌ها تا نيمه شب نفت يا گاز را مي سوزانند بدون اينكه مصرف كننده عمده و تقاضايي براي انرژي باشد. استفاده از سيستم‌هاي‌پايش‌مركزي جهت تنظيم ساعت‌هاي خاموشي – روشنايي، گرمايش و سرمايش در تمام سيستم انرژي دانشگاه امروزه به عنوان تجربه اي اثبات شده از طرف دپارتمان انرژي آمريكا[3] تبليغ مي شود[3]. در واقع طرحهاي جديد مديريت انرژي، مواد و محيط زيست در دانشگاه‌ها تلفيقي از جنبه هاي بهره وري و كار آمدي انرژي دانشگاه همراه با روشهاي ابتكاري در محيط زيست، آب و حمل و نقل جهت بهينه كردن هزينه صرفه جويي ها و منافع زيست محيطي است.

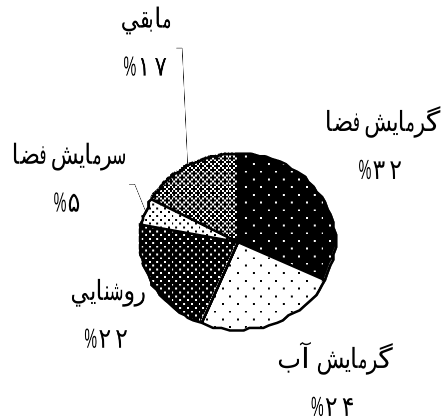
دماي مطبوع محيط داخلي بر روي راحتي ساكنان ساختمان تاثير گذاشته و عدم راحتي افراد داخل ساختمان تاثير منفي بر روي ميزان بهره وري و سلامتي ساكنين خواهد داشت. تحقيقات مختلفي با هدف شناخت ارتباط بين دماي محيط داخل و ميزان بهره وري انجام گرفته است ليكن كمي كردن تاثير مفهوم دماي محيط داخل در تغييرات بهره وري فوق العاده مشكل مي باشد.

طبق تحقيقاتي كه دپارتمان انرژي آمريكا در باره سهم انرژي مفيد در كل تقاضاي انرژي دانشگاه انجام داده است به نتايجي رسيده است كه مي تواند در جهت توسعه مدل مبنا و تقسيم بندي نوع انرژي مفيد مصرفي دانشگاه مدنظر قرار گيرد. تقاضاي نهايي اصلي انرژي در دانشگاهها ، گرمايش فضا

---

[1] *Internal Air Quality*
[2] *Control management*
[3] *Department of Energy*

(۳۲%) ، گرمايش آب (۲۴%) ، روشنايي (۲۲%) ، سرمايش فضا (۵%) و براي بقيه موارد (۱۷% مي باشند (شكل ۱-۱ را ببينيد)[4].



شكل۱-۱ توزيع مصرف انرژي در كالج ها و دانشگاههاي آمريكا[4]

در اين پروژه سعي خواهد شد، امكان سنجي بهره گيري ازگزينه هايي نظير؛ فناوري توليد همزمان برق و حرارت[۱](CHP)، چيلرهاي جذبي[۲]، عايق بندي جداره ها و سقفها و استفاده از پنجره هاي پر بازده در بخش عرضه و تقاضاي انرژي دانشگاه ارزيابي شود. دانشگاه بعنوان سيستم انرژي يكپارچه[۳] كه در آن، اگر چه حاملهاي انرژي ثانويه از طرف شركت‌هاي توزيع محلي تامين مي شود، ولي در كل اين حاملهاي انرژي ثانويه جهت تامين تقاضاي مفيد[۴] در سيستم انرژي دانشگاه بايد در بخشهاي مختلف به شكل هاي متفاوت انرژي (نظير حرارت،آب‌گرم) تبديل گردند. از جمله گاز طبيعي در بويلر جهت توليد آب گرم و بخار آب مصرفي سيستمهاي گرمايش و تهويه مطبوع[۵] (HVAC) مصرف مي شود و بخشي از گاز طبيعي در فرايندهاي نظير پخت و پز جهت تامين نيازهاي تغذيه اي افراد موجود در داخل دانشگاه مصرف مي شود و يا برق از شبكه توزيع شهري وارد سيستم تبريدي دانشگاه شده، و

---

[۱] *Combined Heat and Power*
[۲] *Absorption Chiller*
[۳] *Integrated Energy System*
[۴] *Useful Energy Demand*
[۵] *Heating, Ventilation and Air Conditioning*

تبديل به هواي سرد مي شود و اين هواي سرد در سيستم سرمايش مورد استفاده قرار مي‌گيرد. اين پروژه با چگونگي تعامل بين بخشهاي مختلف سيستم انرژي دانشگاه و رقابت بين سوختهاي مختلف مصرفي در سيستم انرژي دانشگاه، رقابت بين استفاده از راهكارها و فناوريهاي مختلف جهت بهبود عملكرد سيستم انرژي دانشگاه سرو كار دارد. لازم بذكر است سرمايه گذاريهاي آتي در تامين تقاضاي فزاينده انرژي شامل تغييرات كلي سيستم عرضه انرژي دانشگاه نظير سيستم *CHP* و يا استفاده از بويلرهاي جديد نيز در يك دوره بلند مدت مورد ارزيابي قرار خواهد گرفت. مدل بر اساس برنامه ريزي خطي و جهت انعكاس موقعيت و تعامل بين بخشهاي مختلف سيستم انرژي دانشگاه در صورت تغيير وروديها و گزينه ها در بلند مدت مي پردازد. مدل ، هزينه كلي سيستم انرژي دانشگاه را شرايط مختلف و در طول چندين سال كمينه خواهد كرد. بيشترين سعي در توسعه مدل در بخش تقاضا صورت خواهدگرفت چراكه وضعيتها و حالتهاي جديدي در اين بخش وجود دارند كه نياز به مطالعه دارند. مدل مورد نظر در محيط مدلسازيMs-Excel انجام شده‌است. وروديها از طريق مميزي انرژي دانشگاه معين شده كه در صورت فقدان داده از روشهاي تخميني و نرم افزاري و استانداردهاي جهاني بهره گرفته‌شده‌است. لازم به ذكر است كه هدف اصلي در اين پروژه ايجاد روشناي وتوسعه مدل مي باشد. ايجاد مدلهاي دقيق نياز به لحاظ كردن پارامترهاي مختلفي نظير وضعيت سيستم توزيع آب و سيستم توزيع غذاي دانشگاه بر مي گردد. انعطاف پذيري مدل، آنرا جهت كاربرد در برنامه ريزيهاي شهري نيز بسيار مفيد خواهد كرد.

۱-۲ فرايند شكل گيري پروژه

در اين بخش اهداف و ضرورت انجام پروژه به همراه فرايند شكل گيري آن تشريح خواهد شد. عدم وجود استانداردهاي مصرف انرژي در محيط هاي آموزشي و تحقيقاتي، عدم تغييرات فناوري در راستاي بهينه سازي انرژي به دليل سياستهاي يارانه اي در سطح ملي و ضرورت توسعه روش شناسي هاي يكپارچه سيستم دانشگاه دليلي بر شكل گيري اين پروژه محسوب مي شود.

۱-۲-۱ ضرورت انجام پروژه

دانشگاه به دليل طبيعت فعاليت هاي آن، جزء مراكز انرژي بر محسوب مي شود، رشد بيش از حد مصارف انرژي و مواد(بالاي ۱۰%) لزوم تخصيص بهينه منابع و افزايش بهره وري را مي طلبد. انجام اين پروژه بنا بر ضرورت هاي زير انجام گرفته است:

۱) چارچوبي جهت مطالعات جريان انرژي و مواد در دانشگاههاي كشور وجود ندارد.

۲) فقدان شاخصهاي مصرف و هزينه ها و شاخصهاي محيط زيستي دانشگاهها

۳) عدم وجود مقررات و استانداردها و مدل مبنايي[۱] در ارتباط با مصرف بهينه انرژي و مواد در دانشگاه

۱-۲-۲ اهداف

انجام پروژه مستلزم تعريف اهدافي بوده است؛ كه عبارتند از:

۱) ايجاد چارچوب ارزيابي زيست محيطي[۲] و اقتصادي دانشگاه

۲) ارزيابي مديريت سبز در يك دانشگاه نمونه

۳) ايجاد بانك اطلاعات[۳] مصارف و هزينه هاي انرژي و مواد دانشگاه شريف

---

[۱] *Base-Line Model*
[۲] *Environmental Assessment*
[۳] *Database*

۴) تدوين راهكارهاي مختلف صرفه جويي مصارف انرژي و مواد در دانشگاه

۵) طراحي و توسعه و كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه

۶) كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه در دانشگاه شريف

۷) امكانسنجي كاهش مصرف كاغذ و انرژي از طريق تغييرات فناوري در دانشگاه

۸) اطلاع رساني و تنوير افكار دانشجويان و كارمندان

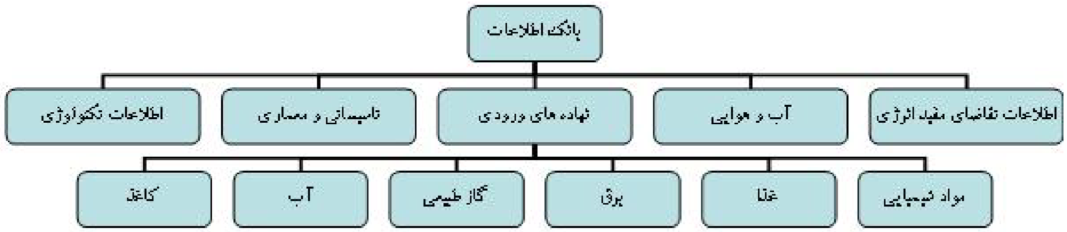
۱-۲-۳ متدولوژي اجراي پروژه

براي اجراي پروژه دسترسي به مدلها و نرم افزارهاي مخصوص و همچنين كاركرد سيستم انرژي دانشگاه و سياستهاي توسعه پايدار دانشگاهها در كشورهاي توسعه يافته در درجه نخست اولويت قرار گرفت. آنچه بيشتر تداعي مي شد اينكه در كشورهاي توسعه يافته، دانشگاه به عنوان يك بنگاه توليد كننده خدمات آموزشي و تحقيقاتي نگريسته مي شود و بعد اقتصادي آن اهميت بالايي دارد كه به تبع تمام بنگاه ها توليدي، اداره كنندگان آن در صدد هستند كه هزينه هاي توليد را با توجه به محدوديت‌ها (مقررات، بودجه، پذيرش وغيره) حداقل نمايند تا بتوانند حداكثر منافع را براي بنگاه و در سطح ملي براي كشور ايجاد كنند. در حاليكه در ايران بدليل دولتي بودن اكثر دانشگاهها، مديران تنها درصدد اداره آن و اكتفا به وضعيت موجود هستند وكمتر بدنبال انجام مطالعات بهبود كيفيت و يا حركت در مسيرهاي غير متعارف، ابتكاري و مديريت به معناي علمي آن مي‌باشند. به هر حال، افزايش بودجه دانشگاه در هر سال از طرف دولت تعيين مي‌گردد و مديران بايد آنرا در امور جاري به مصرف برسانند. اينكار با حداقل معيارها و استانداردها در راستاي چشم انداز دانشگاههاي كشور، توسعه علمي و آموزشي در سطح ملي و ارتباط تحقيقات دانشگاهي با توسعه صنعتي بكار گرفته مي شود. دولتي بودن دانشگاههاي كشور موجب افت كيفيت تحصيلي، عدم تخصيص بهينه بودجه ومنابع، عدم رعايت استانداردهاي آموزشي، بي توجهي به مصرف انرژي و مواد و تاثيرات زيست محيطي آن در سطح

منطقه اي و ملي، عدم تغييرات جدي در فرايند فناوري آموزشي و تكيه بر آمارهاي صرفا" كمي گرديده است. بعد از انقلاب اغلب به چندين برابر شدن ظرفيت پذيرش دانشگاههاي كشورتاكيد مي‌شود بدون آنكه توجه گردد كه در رتبه بندي دانشگاههاي جهان، جايي براي دانشگاههاي ايران در ميان ۵۰۰ دانشگاه برتر جهان وجود ندارد اگر چه ايران از نظر تعداد مقالات علمي منتشره بعد از تركيه در جهان اسلا م قرار دارد ولي رجوع به مقالات ايراني بسيار اندك مي باشد[6]. اين معضل باعث شده است كه دانشگاههاي ايران را در سطحي پايينتر از دانشگاههاي كشورهاي منطقه قراربگيرد. نتيجه اين نابساماني مهاجرت اغلب نخبگان ايران به كشورهاي توسعه يافته و عدم بهره گيري از هزينه هاي ملي جهت آموزش اين افراد مي باشد. نگاه صرفا" شعاري و آرماني به دانشگاههاي ايران، عدم تغييرات جدي در كتابهاي درسي، عدم بهره گيري از فرهنگ جهاني در منابع آموزشي در مقابل تكيه بيش از حد به منابع درسي مذهبي، دانش آموختگان ايراني را از نظر دانش فرهنگ جهاني در سطح پايينتري قرار داده است. متوقف كردن روند پذيرش بيش از ظرفيت دانشگاهها، و تكيه بر جنبه هاي كيفي آموزش عالي و ارتباط جدي با صنايع كشور احتمالا" مي تواند، جايگاه دانشگاههاي ايران را بهبود دهد كه متاسفانه چشم انداز و سياستهاي مديران كشور اينچنين به نظر نمي رسد.

مطالعات اندكي در مورد ساختار هزينه هاي دانشگاه و بهينه سازي انوع هزينه هاي مصرفي نظير انرژي،آب و كاغذ و غيره انجام گرفته است لذا در داخل كشور منابع قابل اطميناني و يا مناسبي يافت نشد. تنها جزوه اي در مورد آموزش مديريت سبز در دانشگاهها توسط سازمان محيط زيست انتشار يافته است حاوي نكات باارزشي مي‌باشد[7]. جمع آوري اطلاعات و آشنايي با روش شناسي هاي مختلف، گردآوري اطلاعات نهاده هاي مصرفي ومعماري و تاسيساتي سايت دانشگاه در مرحله بعدي است. بدين منظور، بانك اطلاعاتي با ساختار زير(شكل ۱-۲) طراحي شده است بتواند اطلاعات

نهاده‌هاي ورودي و اطلاعات تاسيساتي، معماري، اطلاعات آب و هوايي و اطلاعات فناوري‌هاي تبديل انرژي در دانشگاه را در خود جاي دهد.



شكل ١-٢ بانك اطلاعات دانشگاه صنعتي شريف

مهمترين بخش اين اطلاعات، اطلاعات نهاده ها هستند كه هزينه و ميزان مصرف و ساير مشخصه هاي اين مواد را حداقل براي چند سال گذشته ارايه دهد. اطلاعات آب هوايي، پروفيل تغييرات دماي ساعتي تهران در طول سال و اطلاعات مربوط به ميزان رطوبت و غيره در اين بانك جمع‌اوري شدند. بعلاوه اطلاعات تاسيساتي شامل نقشه تاسيسات خدمات آب و انرژي و معماري دانشگاه و همچنين اطلاعات فني شامل اطلاعات فناوري‌هاي تبديل، قيمتها و ساير فناوريهاي مرتبط با جريان نهاده ها مورد نياز خواهد بود. اطلاعات كليدي ديگر از قبيل ميزان تقاضاي مفيد اشكال انرژي در دانشگاه مي‌باشد كه از طريق روشهاي خاص تخمين زده خواهد شد. اين اطلاعات در زمينه شكل دهي و كاربرد مدل دانشگاه بسيار حياتي است و در عين حال مشكلترين فرايند تدوين اطلاعات نيز مي‌باشد. البته اطلاعات دانشگاه، زباله و ساير تجهيزات مربوط به سرويس غذاي دانشگاه نيز گردآوري گرديدند. منابع اطلاعات عموما" اداره تاسيسات دانشگاه، اداره خدمات عمومي، اداره تغذيه، شركتهاي پيمانكاري سرويس موتورخانه ها، مسئولين موتورخانه ها، معاونت دانشجويي و معاونت آموزشي و ساير جاها مي باشند. برخي اندازه گيريها نظير دماي خروجي دودكش بويلرها نيز مي‌بايست انجام گيرد.

بعد از تشكيل بانك اطلاعات دانشگاه، تجزيه و تحليل هاي اطلاعات جهت محاسبه شاخص‌هاي مديريت سبز و همچنين راهكارهاي مختلف كاهش هزينه ها از طريق صرفه جويي درمصرف نهاده ها انجام خواهد گرفت. ايجاد تغييرات فناوري در سطوح اداري و آزمون گيري دانشگاه منافع بي شماري را ايجاد مي كند كه يكي از آنها كاهش مصرف كاغذ مي باشد. شفاف سازي ساختار هزينه هاي عملياتي دانشگاه (مربوط به نهاده ها)، شاخصهاي رشد جزئي و كلي نهاده ها نيز مورد توجه مي باشند. از روش شناسي مرجع[8]، جهت مديريت سبز دانشگاه بهره‌گيري مي شود سپس فرايند توسعه مدل بهينه انرژي دانشگاه انجام خواهدگرفت.

۱-3 مروري بر مقالات، نوشتجات و روش‌شناسي ها

۱-3-۱ گستره جهاني

تجزيه و تحليل مصرف انرژي در دانشگاه،گستره وسيعي از مدلها و روش‌شناسي‌هاي ساده بر مبناي مميزي[۱] مصرف دانشگاههاي موجود و محاسبه شاخصهاي ويژه مصرف انرژي، بكارگيري روش ارزيابي چرخه عمر[۲](*LCA*) دردانشگاه تا توسعه مدلهاي بهينه عرضه و تقاضاي سيستم انرژي دانشگاه را دربرمي‌گيرد. جستجوي مطالب و منابع مختلف بصورت اجمالي در زير ارائه مي‌شودكه از روشهاي ساده به سمت روشهاي پيچيده و تفصيلي تغييركرده است.

يكي از مفيد ترين كارهايي كه در زمينه ارزيابي و مديريت سبز دانشگاه انجام گرفته است، مطالعات جامع جريان انرژي و مواد و تاثيرات زيست محيطي[۳] در دانشگاه ان اربور ميشيگان[۴] (U-M AA) مي باشد[9]. هدف در اين مطالعه، ارايه تعريفي از توسعه پايدار[۵] دانشگاه و چارچوبي براي

---

[۱] *Energy Audit of University Systems*

[۲] *Life Cycle Assessment*

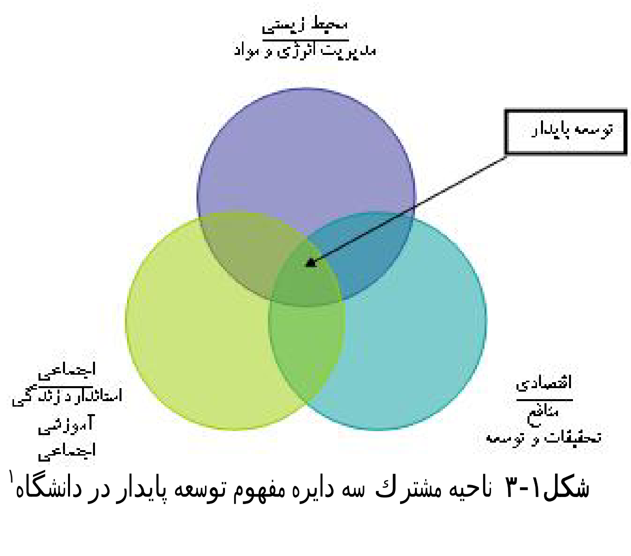
[۳] *Environmental Impact*

[۴] *University of Michigan's Ann Arbor campus*

[۵] *Sustainability*

ارزيابي مناسب دانشگاه مذكور مي باشد. از اين چارچوب براي تخمين شاخص‌هاي توسعه پايدار دانشگاه استفاده شده است.

چارچوب ارزيابي از مفهوم "*Triple Bottom Line*" استفاده مي كند كه محدوده مشترك زيست محيطي، اجتماعي و اقتصادي به عنوان جايگاه توسعه پايدار و يا دانشگاه سبز در نظر گرفته مي شود (شكل۱-۳را ببينيد). هر محدوده به چندين دسته و چندين شاخص تقسيم بندي شده اند؛ دسته بنديهاي زيست محيطي از مصرف انرژي و مصرف آب تا گاز هاي گلخانه اي، دسته بندي هاي اجتماعي، شاخص‌هاي توسعه اجتماعي در دانشگاه، و دسته بندي مالي مربوط به سياستگذاريهاي درآمد مالي و سرمايه گذاريهاي دانشگاه مذكور مي باشد. در مجموع پنجاه شاخص ارائه شده اند كه شامل بيست و پنج شاخص زيست محيطي، بيست شاخص اجتماعي و پنج شاخص اقتصادي مي باشد. شاخصهاي خاصي نيز جهت محاسبه رشد فعاليت آورده شده اند. مرزهاي جغرافيايي، فعاليت هاي انجام گرفته در داخل سيستم دانشگاه را مشخص مي كند كه در برگيرنده آموزش، تحقيقات، مراقبتهاي پزشكي، فعاليتهاي تفريحي ، مسكوني، سرويس غذا، هنر و توسعه اجتماعي است.



شكل۱-۳ ناحيه مشترك سه دايره مفهوم توسعه پايدار در دانشگاه[1]

---

[1] *Sustainable University*

دوره مطالعه، از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۱ را در بر مي گيرد. از رهيافت تجزيه و تحليل چرخه عمر جهت اندازه گيري تاثيرات بالادستي و پايين دستي استفاده شده است. نتايج روندهاي مثبت و منفي را نشان مي دهد و خط مبنايي را براي تنظيم اهداف كوتاه مدت و بلند مدت را فراهم مي كند. اين مطالعه در زمينه بهبود روندها، پيشنهادي ندارد ولي در زمينه بهبود كيفي و كمي گزارش‌دهي مربوط به مديريت سبز پيشنهاداتي را آورده است و به نظر مي رسد كه كاملترين و مفصلترين ارزيابي انجام گرفته در ارتباط با توسعه پايدار دانشگاه و محيط هاي آموزشي مي باشد.

يكي از كارهايي كه جهت برجسته‌سازي شاخصهاي انرژي دانشگاه انجام گرفته است مربوط به مرجع[10] مي‌باشد كه كاربرد روش‌شناسي" تشخيص مصرف انرژي دانشگاه"[۲] در دانشگاه پروجاي ايتاليا را همراه با نتايج و شاخصهاي آن نشان مي‌دهد. بدين منظور تمام ساختمانهاي دانشگاه با توجه به موقعيت جغرافيايي‌شان به ۶ قطب تقسيم شده اند. سپس در تمام ساختمانها، سطوح زيربناي كلي به بلوك‌هايي مطابق با كاربري آموزشي، اداري و مناطق تحقيقاتي تقسيم مي‌شوند. برمبناي اين تقسيم‌بندي، ضريب بهره‌گيري از مناطق ويژه براي هر قطب مشخص مي‌شود. مقاله روشي را براي تعيين مصرف الكتريكي قطب با تقسيم‌بندي آن به سه نوع كاربري آموزشي، اداري و آزمايشگاهي از طريق تعريف سه شاخص سطح كه بيانگر مصرف ويژه در واحد مترمربع زيربنا مي‌باشد، بيان مي‌دارد. مقادير اين شاخص‌ها با توجه به طبيعت فعاليتهاي انجام گرفته در هر قطب متفاوت مي‌باشد. سرانجام مصرف انرژي حرارتي از طريق ارزيابي مصرف سالانه انرژي و مصرف ويژه هر قطب مطابق عمر و مشخصات ساختمان آناليز مي‌شود. در اين مدل شاخصهاي زيربنايي مصرف انرژي براي فعاليتهاي مختلف آورده شده است نشان مي‌دهد كه همبستگي بين دماي محيط بيرون و مصرف انرژي الكتريكي

---

[۲] *Energetic Building Diagnosis*

وجود دارد و محدوده تغييرات از ۱۰۰ درصد در پايين‌ترين دما تا ۱۰+ درصد در بالاترين دما نسبت به دماي مرجع $20\,^{\circ}C$ مي‌باشدكه دماي مبناي گرمايش فضا پذيرفته شده درشهر پروجاي ايتاليا است.

روش فوق، رهيافت عمومي به منظور مطالعه روندها و شاخصهاي مصرف انرژي مي‌باشد. از طرف ديگر اين روش بايد حداقل در يک دورة زماني ۳ ساله بكارگرفته شود تا تعميم‌هاي آماري و نتيجه‌گيريها و پيشنهادات داراي اعتبار علمي باشند. روش جهت برنامه‌ريزي و ارزيابي راهكارهاي مختلف بهينه‌سازي انرژي دانشگاه (مثلا"نصب سيستم TES[۱])، بعلت ناآگاهي نسبت به برهم‌كنش اجزاي مختلف سيستم انرژي دانشگاه، امكان‌پذير نبوده و از طرف ديگر نياز به تجهيزات اندازه‌گيري (آناليزور برق[۲]، لوكس‌سنج[۳] و غيره) در مقياس وسيع بوده و بنابراين هزينه، افراد و وقت زيادي را مي‌طلبد. اين روش توسط يكي از بخشهاي معاونت انرژي وزارت نيرو براي اولين بار (در ايران) در دانشگاه صنعتي مالک اشتر بكار گرفته شده است‌كه به علت عدم بهره گيري از روش نظام مند، براي اهداف پروژه مناسب نمي‌باشد. از طرف ديگر، يک روش‌شناسي براي پيش‌بيني مصرف الكتريكي مرتبط با فعاليتهاي آموزشي، اداري، و آزمايشگاهي بوسيله مصرف ويژه، شاخصهاي زيربنا «شاخص مصرف‌كننده» تعريف مي‌شود. همبستگي بين دماي محيط و مصرف برق نشان مي‌دهد كه استفاده از گرمايش و سرمايش برقي به منظور برآورد بار برودتي و گرمايش دانشگاه ايده مبنايي نمي‌باشد.

مقاله ديگري كه ارزيابي چرخه عمر انرژي و محيط زيست را در دانشگاه بكار گرفته است مربوط به مرجع [11] مي‌باشد. بكارگيري روش LCA در بخش ساختمان اگرچه نسبتاً جديد مي‌باشد (مقايسه با بخش صنعت) ولي رشد آن سريع بوده است. هدف از بكارگيري اين روش تجزيه و تحليل‌هاي چرخه عمر ساختمانها جهت شناسايي و ارزيابي چگونگي تاثيرگذاري پارامترهاي كليدي طراحي بر روي

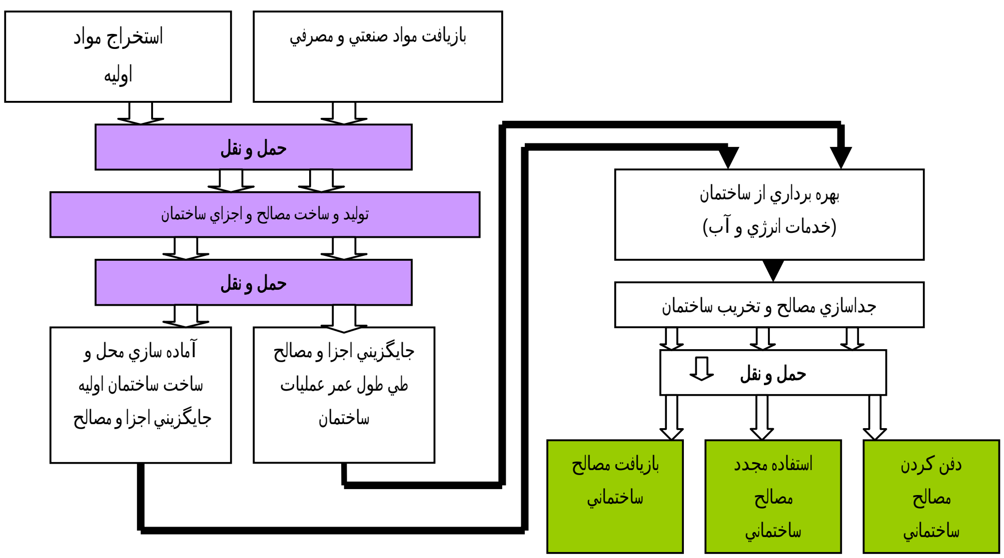
---

[۱] *Thermal Energy Storage*

[۲] *Electrical Analyzer*

[۳] *Lux meter*

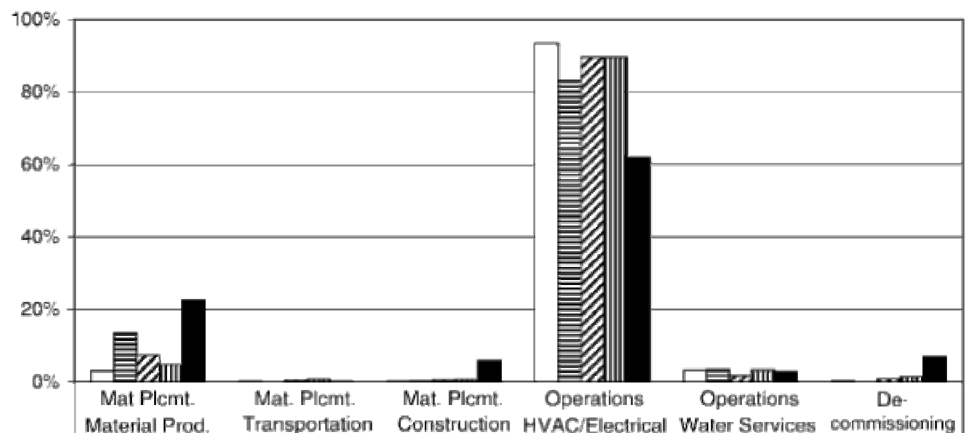
عملكرد زيست محيطي ساختمان در طول عمر آن مي باشد. LCA، فرايندي است كه به موجب آن جريانهاي مواد و انرژي سيستم كمي شده و اندازه‌گيري مي‌شود و بخاطر پيچيدگيهاي كنش بين ساختمان و محيط زيست، ارزيابي چرخه عمر روش فراگيري جهت آزمايش تأثيرات زيست محيطي ارائه مي‌دهد. LCA اين امكان را مهيا مي‌كند تا چگونگي توزيع تاثيرات در طول فرايندها يا مراحل چرخه ارزيابي شود. عموماً مطالعات LCA در ساختمان و دانشگاه از چهار فاز تشكيل يافته است: تعريف هدف، فهرست‌بندي جريان انرژي و مواد در چرخه عمر ساختمان، ارزيابي تاثيرات و تفسير نتايج [12]. در مرحله LCA، داده‌هاي مورد نياز گردآوري شده و محاسبات جهت كمي كردن وروديها و خروجيهاي انرژي و مواد در سيستم ساختماني انجام مي‌گيرد. ارزيابي تاثيرات زيست محيطي براساس فاز LCA انجام مي‌گيرد ليكن به نظر مي‌رسد كه رشد و توسعه آن در بخش صنعت گسترده‌تر و سريعتر بوده است. شكل ۱-۴، فازهاي مختلف ارزيابي چرخه عمر در ساختمان را نشان مي‌دهد.



شكل۱- ۴ نمودار جريان اطلاعات در روش LCA در ساختمان[13]

مدلسازي كامپيوتري جهت تعيين مصرف انرژي اوليه براي گرمايش، سرمايش، روشنايي، آب داغ و مصرف آب بكار گرفته مي‌شود. در اين مقاله يک ساختمان۶ طبقه با زيربناي ۷۳۰۰ مترمربع در محوطه

دانشگاه ميشيگان[1] مورد ارزيابي قرار گرفته است. طول عمر ساختمان نيز ۷۵ سال در نظر گرفته شده است. نتايج مقاله نشان مي‌دهد که توليد مصالح ساختمان و انتقال آن به سايت دانشگاه و همانطور ساخت آن حدود ۲/۲% از کل مصرف انرژي چرخه عمر ساختمان را به خود اختصاص داده است. سيستمهاي HVAC و برقي ۹۴/۴% از کل مصرف انرژي و خدمات آب ۳/۳ درصد از کل مصرف انرژي چرخه عمر را دارند. تخريب ساختمان و انتقال آوار تنها ۰/۲% از کل مصرف انرژي اوليه چرخه عمر ساختمان رابه خود اختصاص مي دهد. خلاصه‌اي از نتايج کاربرد روش LCA در يک ساختمان دانشگاه در شکل۱-۵ نشان داده شده است ملاحضه مي‌شود که در اين روش سهم بهره‌برداري از سيستم‌هاي HVAC برق بسيار بالا مي‌باشد.



	Mat Plcmt. Material Prod.	Mat. Plcmt. Transportation	Mat. Plcmt. Construction	Operations HVAC/Electrical	Operations Water Services	De-commissioning
GWP	3.0%	0.1%	0.1%	93.4%	3.1%	0.2%
ODP	13.5%	0.0%	0.2%	82.9%	3.4%	0.0%
AP	7.4%	0.4%	0.4%	89.5%	1.5%	0.8%
NP	4.7%	0.7%	0.5%	89.5%	3.3%	1.3%
Waste	22.4%	0.1%	5.8%	61.9%	2.8%	6.9%

شکل ۱-۵ توزيع تأثيرات زيست محيطي چرخه عمر ساختمان مورد نظر براي ۵ دسته تأثير مختلف[14]

يکي ديگر از کارهاي انجام گرفته، به منظور شبيه‌سازي و ارزيابي پتانسيل تقاضا در تاسيسات مصرف‌کننده نهايي دانشگاه در مرجع [15] آمده است. در اين مرجع يک روش‌شناسايي براي تخمين بارهاي بخش تقاضا و پيشنهاداتي در تاسيسات و مجتمع‌هاي ساختماني و کاربرد واقعي آن در دانشگاه

[1] *Michigan University*

ارائه مي‌شود. اين روش‌شناسي براساس اطلاعات فرايندهاي فيزيكي درگير مصرف برق و انعطاف‌پذير در تقاضاي مورد نياز مي‌باشد. نخست روش‌شناسي بطور كامل تشريح مي‌شود سپس كاربرد آن در دانشگاه پلي‌تكنيک والنسيا[1] (UPV) ارايه مي‌شود. مطالعات با تست‌هاي ويژه‌اي جهت تشخيص اجزاي بار تكميل گرديده است. اين مطالعه نتيجه‌گيري مي‌كند كه در يک دانشگاه، پروفيلهاي بار داراي دو پيک شناخته شده مي‌باشند: پيك اول مربوط به ساعت ۲-۱ بعدازظهر و پيك دوم در حوالي عصر (۷-۶ بعدازظهر). از جمله نتايج بسيار مفيد اين مطالعه، تعيين مهمترين اجزاي تشكيل دهندة بار مي‌باشد كه عبارتند از:

۱) گرمايش فضا؛ طبق نتايج اين مطالعه حدود ۱۹/۱% ازبار پيک[2] فصل زمستان بخاطر بارهاي گرمايش فضا مي‌باشد.

۲) تهويه مطبوع؛ پيک برق ساليانه دانشگاه معمولاً در فصل تابستان بخاطر بار تهويه مطبوع ايجاد مي‌شود. بررسيهاي اين مقاله نشان مي‌دهد كه حدود ۳۳% تا ۳۵% بار پيک دانشگاه در تابستان به تهويه مطبوع مرتبط مي‌باشد.

۳) روشنايي؛ سهم بارهاي روشنايي بيروني و دروني در ساختمانهاي آموزشي خيلي بالاست. بررسيهاي مختلف و نتايج نشان مي‌دهد كه ۲۳ تا ۲۷% تقاضاي پيک ناشي از اين اجزا مي‌باشد. با بهره‌گيري از بالاستهاي الكترونيكي و فتوسنسورها بجاي فلورسنتهاي تيغي مي‌توان تا ۵% مصرف را پايين آورد[16].

۴) تجهيزات الكترونيكي؛ مصرف تجهيزات الكترونيكي –كامپيوترها، پرينترها و ويدئوها- در ساختمانهاي دانشگاهي خيلي مهم مي‌باشد. تخمين‌ها نشان مي‌دهد كه حدود ۱۵ تا ۲۰% از تقاضاي

---

[1] *Universidad Politecnica de Valencia*

[2] *Peak Load*

پيک کلي مربوط به اين تجهيزات مي‌باشد. به منظور تعيين اين درصد، نويسندگان مقاله از نتايج قبلي بر مبناي اندازه‌گيري *non-intrusive* در سطوح تجمعي پايين استفاده کرده‌اند[17]. رويه تست بر مبناي اندازه‌گيري اجزاي هارمونيک در ولتاژ پايين (۳۸۰v تا ۱۰۰kw) و سپس بازسازي اندازه‌هاي هارمونيک از طريق وزن‌دهي هر مصرف نهايي (بويژه بر مصرف الکترونيکي) از طريق يک تابع هدف مي‌باشد.

۵) آزمايشگاههاي تحقيقاتي و تدريس: تخمين سهم اين بخش از تقاضاي کل فوق‌العاده سخت مي‌باشد. دليل اصلي اين مشکلات، استفاده غيرقابل پيش‌بيني از اين تجهيزات و تسهيلات مي‌باشد. بررسيهاي منابع مختلف نشان مي‌دهد که سهم اين بخش از تقاضاي پيک دانشگاه کمتر از ۱۰% مي‌باشد.

۶) ديماندهاي مانده: باقي‌مانده ديماند (حدود ۱۰%) مربوط به بخشهاي مختلفي بوده که تعيين و شناسايي آنها مشکل بوده و از طرف ديگر چندان مهم نمي‌باشند و در مجموع حدود ۱۰% از تقاضاي پيک مي‌باشد.

اين روش‌شناسي براي مصرف‌کنندگان بزرگ يا مجتمع‌ها ساختماني بزرگ مناسب بوده، و مشارکت بخش‌تقاضاي برق(مصرف کنندگان) را در سازماندهي بازارهاي برق تسهيل مي‌کند. بکارگيري روش پيشنهاد شده در اين مقاله مستلزم پيش‌بيني دقيق اجزاي بار در سراسر دوره ديماند مي‌باشد. افزون بر اين، تجزيه و تحليلهاي تفصيلي انعطاف‌پذير توأماً فرايندهاي درگير از طريق ابزارهاي شبيه‌سازي پيشرفته جهت کمک به شناسايي مصرف‌کننده و متقاضيان بخش تقاضا ضرورت دارد. اين روش چون بيشتر به بازارهاي انرژي و قيمت‌گذاري ديماند مي‌پردازد در محدوده اهداف پروژه نمي‌باشد ولي اطلاعات مفيدي را در مورد اجزاي تشکيل دهنده بارهاي دانشگاه فراهم مي‌کند.

مقاله ديگري كه در اين بخش مورد بررسي قرار گرفته است، مرجع [18] مي‌باشد. در اين مقاله به منظور ايجاد شبكه‌اي از دانشگاه ها و آزمايشگاه هاي تحقيقاتي اروپايي از مدلي تحت عنوان ECOCAMPUS[1] استفاده شده است. براي تهيه مدل داده‌هاي اصلي مربوط به مصرف انرژي بازبيني شده و ديماند الكتريكي در هر سطح از مراحل زير آناليز مي شود.

- نخست، زيربناي كلي شامل اغلب تاسيسات آموزش عالي، آزمايشگاههاي تحقيقات و تاسيسات مرتبط از جمله (خوابگاه‌هاي دانشجويي، رستوران‌ها، سالن‌هاي ورزشي) مورد بررسي قرار مي‌گيرد و داده‌هاي ناخالص (مصرف سالانه، هزينه واقعي كيلووات ساعت، شاخص‌ها، رشد سالانه و...) از طريق تجزيه و تحليل صورت‌حساب‌هاي برق محاسبه مي‌گردد.
- در مرحله دوم، فعاليتهاي بخش علوم و فناوري از طريق چند روش، نه تنها از تجزيه و تحليل صورت‌حسابهاي برق بلكه از طريق اندازه‌گيري و مصاحبه با مصرف‌كنندگان و مديران ساختمان مدنظر قرار گرفته است.
- سپس نتايج درمرحله سوم از طريق دو مطالعه موردي، ارزيابي شده كه بطور كامل در مرجع فوق آمده است.

ازطرف ديگر تعدادي شاخص در اين مقاله نتيجه گيري شده است كه اطلاعات بسيار مفيدي جهت مطالعه تطبيقي بدست مي‌دهند. مجموع داده‌هاي تقاضاي حرارت و مصرف الكتريكي سالانه در حدود ۳۵۰ – ۲۵۰ kwh/m^2 محاسبه شده است كه سهم حرارت ۶۰% و سهم برق حدود ۴۰% مي‌باشد. تجزيه و تحليل دقيق‌تر برخي از تفاوتهاي توزيع ناهمگون فعاليتهاي مختلف را نشان مي‌دهد مثلاً، به احتمال زياد دانشكده علوم و تكنولوژي شدت انرژي بالاتر از فعاليتهاي دانشكدة حقوق يا علوم انساني دارند. داده‌هاي مصرف برق از ۱۷۰ – ۳۰ kwh/m^2 براي تدريس تا ۱۱۰ – ۶۰ kwh/m^2 براي خوابگاههاي

[1] *European Commission of University Campus*

دانشجويي متفاوت است. قابل ذكر است كه بدليل افزايش بهره‌گيري از تجهزات نوين در دانشگاهها، مصرف سالانه برحسب مترمربع دانشجو يا كارمند بطور پيوسته در حال افزايش مي‌باشد. مصرف آب، شامل خوابگاههاي دانشجويي و رستورانها، از $۰/۹m^3 - ۰/۵$ بر مترمربع سال مي‌باشد. نرخ رشد غيرقابل كنترل به نظر مي‌رسد. نرخ رشد سالانه توليد زباله سرانه هر دانشجو حدود $۱\ Kg/Stu./year$ مي‌باشد و ميزان زباله‌هاي شيميايي حدود ۱۰ درصد وزني كل زباله‌ها مي‌باشد. هيچگونه همبستگي دقيقي هنوز بين افزايش مصرف و تغييرات سطح زيربنا يا تعداد دانشجويان و يا تعداد خالص كارمندان ايجاد نشده است.

هزينه‌هاي متناظر*:

- صورت‌حسابهاي خدمات (انرژي / آب / زباله) حدود ۵-۳/۵% در سال رشد مي‌كند.
- صورت‌حسابهاي حرارت و آب هيچگونه رشدي را نشان نمي‌دهد در صورتيكه صورت‌حساب برق دائماً رو به افزايش است.
- زمان برگشت سرمايه همچنان زير ۲/۵ سال است.

مطالعات موردي منجر به نتايج جدول زير شده است كه براي اهداف مطالعه تطبيقي مناسب مي‌باشد.

جدول ۱-۱

شاخص‌هاي مقايسه اي برحسب نوع فعاليت دانشگاهي

	تدريس	اداري	خوابگاه دانشجويي	رستوران دانشجويي	كتابخانه‌ها	آزمايشگاهها
تقاضاي آب $(m^3/m^2.yr)$	۰/۴	۰/۲	۲/۲۸	۰/۹۸	۰/۲	۲/۵
برق $(Kwh/m^2.yr)$	۳۷	۳۳	۴۴	۷۸	۲۵	۱۲۹
آب/ برق $(Kwh/m^3.yr)$	۹۷/۵	۱۶۵	۱۹/۳	۷۹	۱۲۵	۵۱

* اين مقادير تنها جهت مقايسه آورده شده اند.

از آنجائيکه روش‌شناسي بکار گرفته شده در اين مقاله برمبناي مميزي مي‌باشد. جهت توسعه مدل فراگير بهينه جريان انرژي و مواد دانشگاه کافي نبوده و تنها استفاده از نتايج آن به منظور مطالعه تطبيقي مناسب مي‌باشد.

مورد ديگر مرجع [19] مي‌باشدکه به هدف گذاري عملکردي جاه طلبانه براي استاندارد مصرف انرژي دانشگاه‌ها بعنوان هدف بلند مدت مي‌پردازد. در اين مرجع کل ساختمانهاي موجود در دانشگاه به سه بخش تقسيم‌بندي شده است که اين تقسيم‌بندي با اندکي تغييرات بعنوان مبناي تقسيم‌بندي انواع مصرف‌کنندگان در اين پروژه قرار گرفته است. ليکن آنچه در اين مقاله مفيد به نظر مي‌رسد روشهاي پيشنهادي جهت محاسبه شاخصهاي انرژي در دراز مدت مي‌باشد که بر مبناي روش تجزيه و تحليل رگرسيون چندمتغيره پايه‌ريزي شده است: در اين روش مصرف سالانه انرژي با شدت انرژي و مجموع روز-درجه[۱] متناظر، به صورت رابطه زير قابل ارائه است.

$$Energy\,Intensity = a + b * \%lab + c * C\lim ate\,Variable \qquad (۱-۱)$$

که در آن؛

Energy Intensity : شدت انرژي بر واحد سطح (Kwh/m^2)

%lab : درصد فضاي تحقيقاتي و آزمايشگاهي

Climate Variable: متغير روز-درجه

a،b و *c*: ثابت هائيکه بايد تخمين زده شوند.

بخشي از نتايج اين پروژه در جدول زير آمده است که مبناي هدف‌گذاري و معيارهاي رسيدن بدان در دراز مدت در انواع ساختمانهاي جديد دانشگاهي مي‌باشد و هدف کاهش ۵۰ درصدي مصرف انرژي تا سال ۲۰۰۸ بوده‌است.

[۱] Degree-day

جدول ۱-۲

هدف‌گذاري مصرف انرژي براي دانشگاههاي بهينه در بلند مدت [22].

	حداکثر توان	حداکثر آب سرد	برق سالانه	حداکثر حرارت	حرارت سالانه
	W/gsf *	*Tons/kgsf*	*Kwh/gsf/yr*	*Th/hr/kgsf*	*Th/gsf/yr*
ساختمانهاي آزمايشگاهي					
سال ۲۰۰۴	۵,۴	۳,۰	۳۳	۰,۳۴	۱,۵
۲۰۰۵-۲۰۰۷	۴,۴	۲,۴	۲۶	۰,۲۸	۱,۲
۲۰۰۸+	۳,۴	۱,۹	۲۰	۰,۲۱	۰,۹
فضاهاي درسي، اداري و کتابخانه اي					
سال ۲۰۰۴	۲,۹	۱,۶	۱۲	۰,۱۰	۰,۱۶
۲۰۰۵-۲۰۰۷	۲,۴	۱,۳	۱۰	۰,۰۸	۰,۱۳
۲۰۰۸+	۱,۸	۱,۰	۷,۶	۰,۰۶	۰,۱۰
مسکوني، تفريحي، و خدماتي					
سال ۲۰۰۴	۲,۰	۱,۱	۸,۵	۰,۱۴	۰,۲۲
۲۰۰۵-۲۰۰۷	۱,۷	۰,۹	۶,۹	۰,۱۲	۰,۱۸
۲۰۰۸+	۱,۳	۰,۷	۵,۳	۰,۰۹	۰,۱۴

۱-۳-۲ کارهاي انجام گرفته در ايران

مميزي کامل انرژي دانشگاه مالک اشتر توسط سابا(سازمان بهره‌وري انرژي) و با پشتيباني معاونت انرژي وزارت نيرو انجام گرفته است. هدف بدست آوردن شاخصهاي مصرف انرژي بر حسب مترمربع بوده و بر مبناي بازديد از محل و اندازه‌گيري داده‌هاي مختلف (آناليزور برق، بازدهي بويلر،...) بوده است[۲۰]. همچنين شناسايي گلوگاههاي اتلاف انرژي و ارائه راهکارهاي صرفه جويي و بازگشت سرمايه هدف نهايي اين پروژه بوده است. از آنجائيکه اين‌گونه کارها صرفاً از يک دستورالعمل مکانيکي برخوردار بوده و ارزيابي جامع جريان مواد و انرژي و بر همکنش زير سيستم‌هاي مختلف انرژي، تأثير و تغييرات تکنولوژي بر بهينه‌سازي نبوده است، نمي‌تواند در پس‌زمينه اهداف پروژه فعلي (دانشگاه شريف) قرار گيرد

* *Gross Square Foot*

۴-۱ چارچوب مديريت سبز در دانشگاه

در تداوم و تكامل نظريه هاي رشد و توسعه اقتصادي در جهان از دهه ۱۹۸۰ ميلادي نظريه هاي اقتصادي مبتني بر توسعه پايدار مطرح شده و روزبه روز از طرفداران بيشتري برخوردار شده است. بر اساس نظريه هاي مزبور، رشد و توسعه اقتصادي كشورها زماني مطلوب و پايدار است كه با تخريب محيط زيست (شامل هوا، زمين، آب و صدا و تخريب منابع آيندگان) همراه نباشد. اين نظريه ها به تدريج در مجامع جهاني، مانند سازمان ملل متحد و واحدهاي اقماري آن و نيز نزد دولتها طرفداران پروپاقرصي پيدا كرده و با تشكيل اجتماعات جهاني مانند كنفرانس ريودوژانيرو و امضاي سند زمين، ابتدا به صورت توصيه ها و سپس به صورت الزامات حفظ محيط زيست در برنامه ريزي توسعه اقتصادي كشورها جاي مناسب خود را يافته است. سازمان ملل تحت برنامه اي با عنوان توسعه پايدار و رشد اقتصادي اذعان مي دارد،" توسعه انساني پايدار به معناي آن است كه ما اخلاقا" موظفيم در حق نسل بعدي حداقل به همان خوبي عمل كنيم كه نسل پيش از ما در حق ما عمل كرده اند".

توسعه انساني پايدار با مدل‌هايي از توليد و مصرف مادي سرو كار دارد كه قابل تكرار هستند. در اين مدلها، منابع طبيعي به عنوان كالايي رايگان كه كشوري يا نسلي و يا فردي بنا به ميل خود آنرا تاراج كند، تلقي نمي شود، برعكس اين منابع قيمتي دارند كه كميابي نسبي كنوني و آتي، قيمت آنرا منعكس مي‌كند. از اينرو، در اين مدلها، منابع محيطي پايان پذير با هر دارايي كمياب ديگري يكسان است و بهره برداري از آنها بايد تابع سياستهاي معقولي از بابت مديريت دارايي ها باشد. براساس برآوردهاي انجام گرفته توسط وزارت نيرو در ايران، هزينه اجتماعي آلاينده هاي اصلي ناشي از مصرف حاملهاي انرژي در رقم باور نكردني ۱۱۳۸۵۳ ميليارد ريال قرار مي گيرد كه سهم ناكس[1]،

[1] No_x

ساكس[۳] و دي اكسيدكربن[۳] به ترتيب۴۳/۵% ، ۷% و ۴۹/۵% بوده است. اين رقم جدا ازهزينه فرصت هرزروي ضايعات مربوط به آب، برق، گاز،كاغذ، مواد اوليه و مواد غذايي مي باشد. عامل اصلي تخريب منابع زيست محيطي در درجه اول ناشي از مصرف منابع فسيلي و در مراحل بعدي توليد محصولات تجديد ناپذير است.

۱-۴-۱ مستندات قانوني توسعه مديريت سبز در ايران

اصل پنجاهم قانون اساسي جمهوري اسلامي ايران[21]

در جمهوري اسلامي ايران، حفاظت محيط زيست، كه نسل امروز و نسلهاي بعد بايد در آن حيات اجتماعي روبه رشدي داشته باشند وظيفه عمومي تلقي مي گردد. از اين رو فعاليتهاي اقتصادي و غير آن كه با آلودگي محيط زيست يا تخريب غير قابل جبران آن ملازمه پيدا كند، ممنوع است.

متن بند پ تبصره ۲۰ قانون بودجه سال ۱۳۸۲

جهت كاهش هزينه هاي جاري دولت، اعمال سياستهاي مصرف بهينه منابع، حفاظت از منابع پايه و محيط زيست، كليه دستگاههايي اجرايي و شركتهاي دولتي براي اجراي برنامه مديريت سبز شامل مديريت مصرف انرژي،آب، مواد اوليه و تجهيزات(شامل كاغذ)، كاهش مواد زائدجامد وبازيافت آن طبق آيين نامه اي كه توسط سازمان حفاظت محيط زيست و سازمان مديريت و برنامه ريز ي كشور تهيه و به تصويب هيات وزيران خواهد رسيد، اقدام خواهند نمود. سازمان مديريت و برنامه ريزي كشور، اعتبارات لازم براي استقرار نظام مديريت سبز را در رديف بودجه دستگاهها پيشبيني خواهد نمود.

---

[۳] So_x

[۳] Co_2

۱-۴-۲ تعريف مفاهيم

۱. *دانشگاه سبز*[۱]: دانشگاهي كه در اركان و عناصر آن نگاهي هوشمندانه به كار و فعاليت نهادينه شده و در پرتو آن مصارف انرژي، آب، كاغذ، مواد مصرفي و ... براي توليد كالاها و خدمات مورد نياز بهينه شده و حفاظت از محيط زيست در جهت تحقق اهداف توسعه پايدار جامعه مورد تاكيد و عمل قرار گيرد.

۲. *مديريت سبز*: مجموعه اي از مطالعات و اقدامات جامع، هدفمند و مستمري است كه در سطح مختلف دستگاههاي دولتي صورت مي گيرد تا وضعيت سازمان را در جهت نيل به وضعيت دولت سبز ارتقاء و تداوم بخشد.

۳. ديماند برق[۲]: ميزان پيك تقاضاي برق در هر ماه را ديماند برق مي نامند. هزينه ديماند در مقايسه با مصرف عادي بسيار بالا بوده و بخش عمده اي از صورت حساب را به خود اختصاص مي دهد.

۴. اجلاس ريودوژانيرو: اين همايش جهاني موسوم به همايش زمين در سال ۱۹۹۲ در كشور برزيل، شهر ريودوژانيرو با حضور ۱۲۰ تن از سران دولت هاي جهان و تعداد كثيري از نمايندگان رسمي سازمانهاي جهاني تشكيل گرديد. يكي از نتايج مهم اين اجلاس" دستور كار ۲۱" مي باشد.

۵. مدل: با استفاده از روش برنامه ريزي خطي و مفهوم حجم كنترل ، تابع هدف را با توجه به مجموعه محدوديت ها بهينه مي كند.

---

۱ *Green University*

۲ *Power Demand*

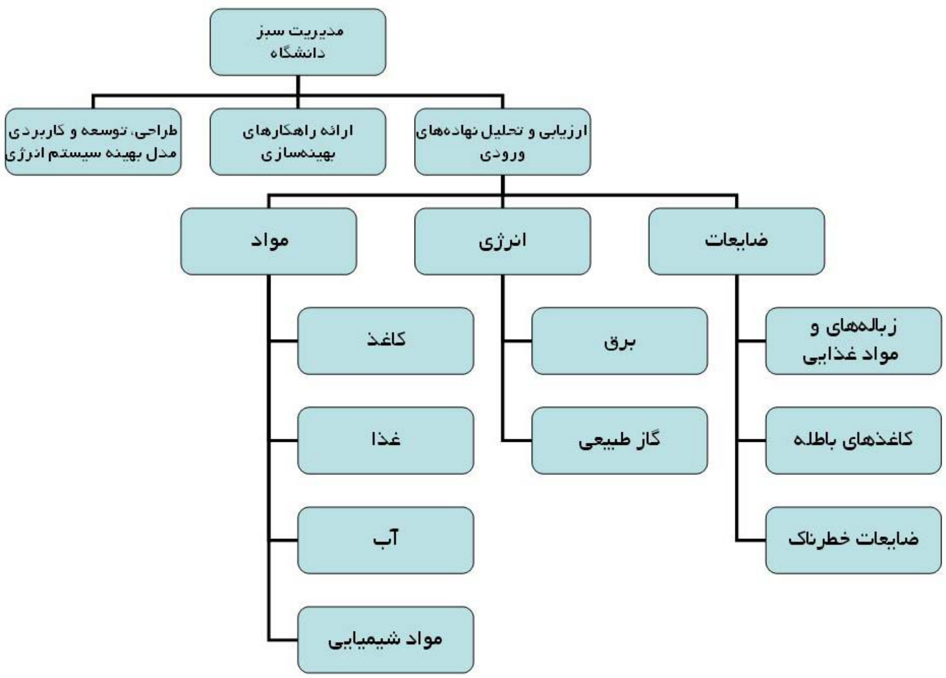
۱-۴-۳ روش شناسي مديريت سبز در دانشگاه

مراحل مختلف ارزيابي مديريت سبز در دانشگاه و مراكز آموزشي به ترتيب عبارتند از:

۱. تشكيل بانك اطلاعات جريان انرژي و مواد در دانشگاه شامل(برق، گاز، ساير حاملهاي انرژي، كاغذ، مواد غذايي،آب، زباله، مواد شيميايي)

۲. تجزيه تحليل اطلاعات و محاسبه شاخص هاي مختلف مصارف انرژي و مواد

۳. شناخت روند وضعيت موجود به منظور فهم و درك چشم انداز آينده



شكل۱-۶ روش شناسي مديريت سبز در دانشگاه

۴. ارائه راهكارهاي مختلف صرفه جويي مصرف انرژي و مواد

۵. امكان‌سنجي راهكارهاي مختلف كاهش مصارف و هزينه ها

۶. طراحي و توسعه مدل بهينه جريان نهاده ها در دانشگاه و امكان‌سنجي بهره گيري از فناوريهاي سبز.

۷. پياده كردن يافته هاي پروژه در دانشگاه.

۲

مدیریت انرژي و مواد در دانشگاه صنعتي شریف

۲-۱ مقدمه

دانشگاه صنعتي شریف در غرب شهر تهران واقع شده است. زیر بناي ساختمان‌هاي موجود در دانشگاه حدود ۱۲۹۹۰۶ متر مربع است. محوطه دانشگاه متشكل از ۴۲ ساختمان، يك زمین فوتبال و بخش فضاي سبزو جاده كشي مي باشد. ساختمان‌هاي موجود در دانشگاه با كاربري‌هاي اداري،آموزشي و كتابخانه، كارگاهي و آزمایشگاهي و ساختمان‌هاي رفاهي و ورزشي تقسیم مي شوند. ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰,۸متر، موقعیت جغرافیایي ۴۱ درجه شمالي و ۱۹ درجه غربي بوده؛ متوسط دماي سالانه $17C^\circ$، میانگین سرعت باد$20Km/h$ ،میانگین رطوبت نسبي در صبح و بعد ازظهر به ترتیب ۴۹% و ۲۹% مي باشد[1]. این دانشگاه بخاطر فشار پذیرش دانشجو و نیازمندي‌هاي تحقیقاتي و تاسیساتي جدید دائما" در حال توسعه مي باشد. جدول ۲-۱ مشخصات كلي دانشگاه صنعتي شریف را نشان مي دهد. هدف در این بخش بدست آوردن شاخص‌ها و روندهاي مصرف و هزینه انرژي و مواد عمده مورد مصرف این دانشگاه مي باشد.

جدول ۲-۱

مشخصات كلي دانشگاه صنعتي شريف

رديف	مشخصات	واحد	مقدار	توضيحات
۱	كل زير بناي دانشگاه *	مترمربع	۱۲۹۹۰۶	ساختمان‌هاي در حال ساخت ملحوظ شده اند
۲	تعداد ساختمانهاي دانشگاه	واحد	۴۲	ساختمان‌هاي در حال ساخت ملحوظ شده اند
۳	تعداد دانشجويان**	نفر	۸۰۰۰	
۴	تعداد استادان	نفر	۴۰۰	
۵	تعدادكارمندان	نفر	۱۰۰۰	

* اطلاعات درج شده در اين قسمت از دفتر فني دانشگاه اخذ شده اند.

** اطلاعات از معاونت دانشجويي گرفته شده اند.

افزايش سريع مصارف و هزينه هاي انرژي و مواد فشار مضاعفي را به سيستم عرضه و تقاضاي دانشگاه به عنوان يك بنگاه آموزشي و تحقيقاتي وارد مي كند. بنابراين مديران جهت رسيدن به اهداف دانشگاه سبز و كاهش هزينه ها در تلاش هستندكه با برنامه ريزي دراز مدت، بهره گيري از فناوري ها و راهكارهاي مختلف صرفه جويي مواد و انرژي و با اعمال مديريت بخش تقاضا اين رشد را تا حدي متعادل سازند. نقشه محوطه دانشگاه شريف همراه با جزئيات ساختمانها در شكل۲-۱ نشان داده شده است.

۲-۲ مشخصات تاسيساتي انرژي دانشگاه صنعتي شريف

دانشگاه داراي يك پست برق KW ۲۰ جهت تامين انرژي برق دانشگاه، ۴ كنتور ورودي آب جهت مصارف بهداشتي و گرمايشي ، و يك ايستگاه تغذيه گاز به ظرفيت حداكثري m^3/h ۷۰۰۰ نيازهاي مصارف گاز را تامين مي كند. جريان انرژي و مواد دانشگاه با اندكي اغماض، مطابق نمودار مرجع انرژي بوده (شكل ۳-۱) و برق مستقيما" از شبكه توزيع شهري تامين مي گردد. گازطبيعي نيز بعد از ورود از شبكه شهري وارد موتورخانه ها، آشپزخانه سلف سرويس، بوفه ها و آبدارخانه ساختمانهاي دانشگاه مي شود.

حدود ۸۰درصد گاز ورودي جهت مصارف گرمايشي، سرمايشي و آبگرم و مابقي جهت پخت غذا، روشنايي وآزمايشگاهي و بعضي مصارف جزئي ديگر به مصرف مي رسد. ميزان سرو غذا در هر روز از ۴۵۰۰ تا ۴۸۰۰ پرس متغير است*.

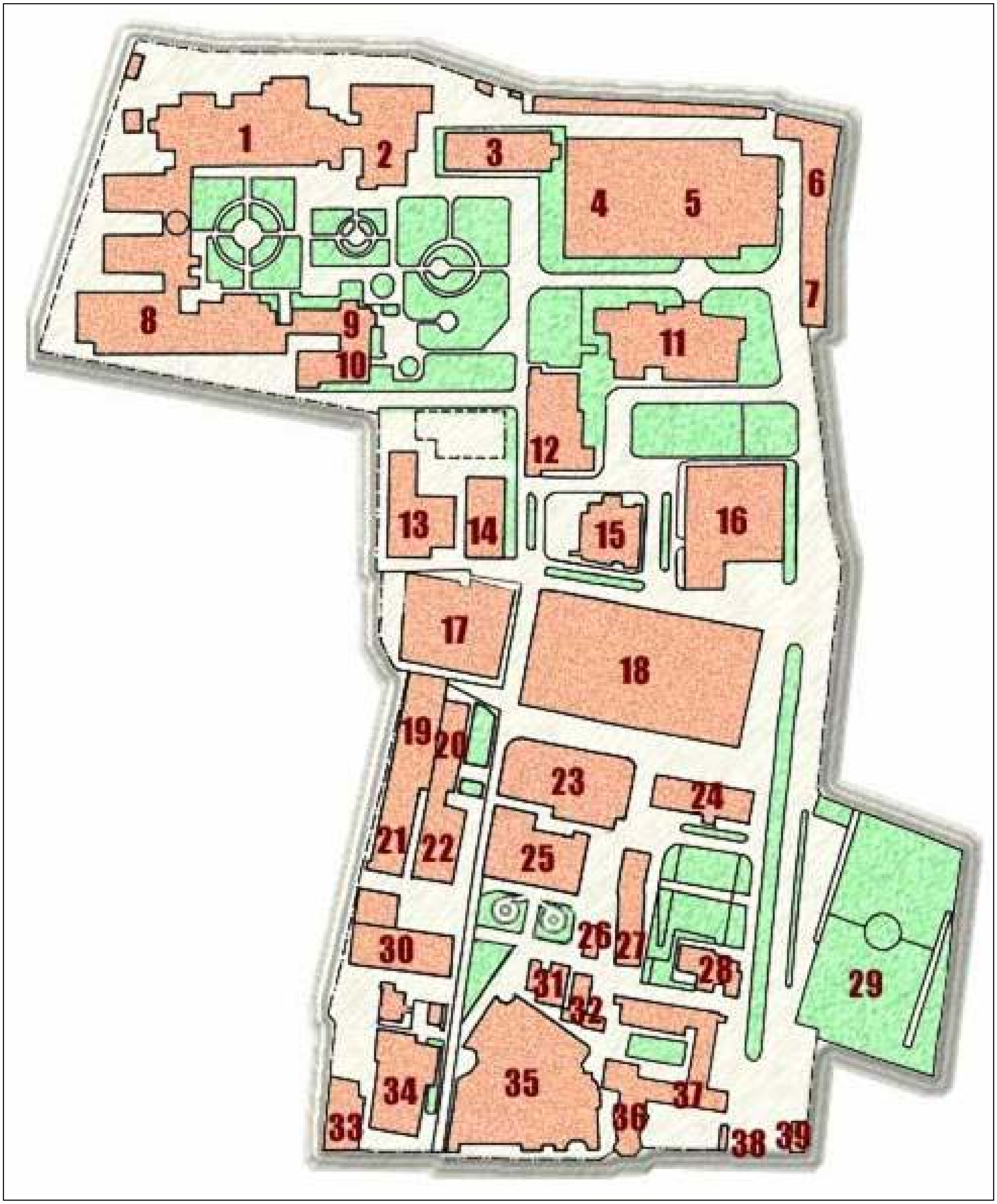
۲-۲-۱ بررسي اجمالي سيستم‌هاي تهويه مطبوع دانشگاه

دانشگاه براي تامين تقاضاي گرمايشي و سرمايشي ازچندين موتورخانه جزء و يك موتورخانه مركزي بهره مي گيرد. موتورخانه مركزي بخش عمده اي از محوطه دانشگاه را پوشش داده است. بهره برداري از اين موتورخانه از سال ۱۳۷۸ شروع شده و از بويلرهاي پربازده ساخت ماشين سازي اراك و دو دستگاه چيلر جذبي جهت اجتناب از ديماند پيك در فصول سرمايش استفاده مي كند.آب ورودي به موتورخانه ابتدا وارد دستگاه سختي‌گير شده تا از مشكلاتي نظير رسوب گيري بويلر(كه تاثير معكوس بر روي بازده دارد) و لوله ها جلوگيري شود. تزريق سوخت به بويلر انعطاف پذير بوده ليكن، نسبت سوخت به هوا تقريبا" ثابت(۱:۲/۵) مي باشد. دماي آبگرم گرمايشي خروجي از مبدلها $۷۰ C^{\circ}$ بوده و دماي آب برگشتي حدود $۶۰ C^{\circ}$ مي باشد. بويلرها، مبدل‌ها و لوله ها بطور كامل علايق بندي شده اند. هواي ورودي به بويلر پيشگرم نشده و از هواي داخل موتورخانه استفاده مي كند. زمان كاركرد ۲۴ ساعته بوده، و نسبت به تقاضا حساس مي باشد. در اغلب اوقات كه بار كششي پايين بوده ، يك يا دو بويلر در مدار قرار مي گيرند. جدول ۲-۲ مشخصات تاسيسات گرمايشي و سرمايشي موجود در دانشگاه شريف را نشان مي دهد. دماي گاز خروجي بويلر ها حدود $۴۵۰ C^{\circ}$ بوده، و مي تواند با نصب يك ركوپراتور[1] جهت بازيافت حرارتي و پيشگرم هواي احتراق در بويلرها استفاده گردد.

---

* اداره تغذيه دانشگاه

[1] Recuperator



شكل۲-۱ نقشه پرديزه دانشگاه صنعتي شريف

جدول ۲-۲

مشخصات تاسيسات سرمايشي و گرمايشي دانشگاه شريف*

نوع	رديف	اسم	تعداد	ظرفيت هر دستگاه
گرمايش	۱	موتورخانه مركزي	۳	۲۲۵۰۰ پوند بخار ساعت
	۲	امور اداري	۲ ديگ چدني	شوفاژ كار ۴۰۰ سولار
	۳	شيمي	۲ ديگ فولادي	۱ ميليون كالري
			۱ ديگ چدني	پانصد هزار كالري
	۴	مكانيك	۱ديگ چدني	-
سرمايش	۱	موتورخانه مركزي	۲ چيلر جذبي	۱۰۰۰ تن تبريد
	۲	رياست	۲ چيلر تراكمي	۱۲۰ تن تبريد
	۳	شيمي	۲ چيلر تراكمي	۱۲۰ تن تبريد
			۱چيلر تراكمي	۱۰۰تن تبريد

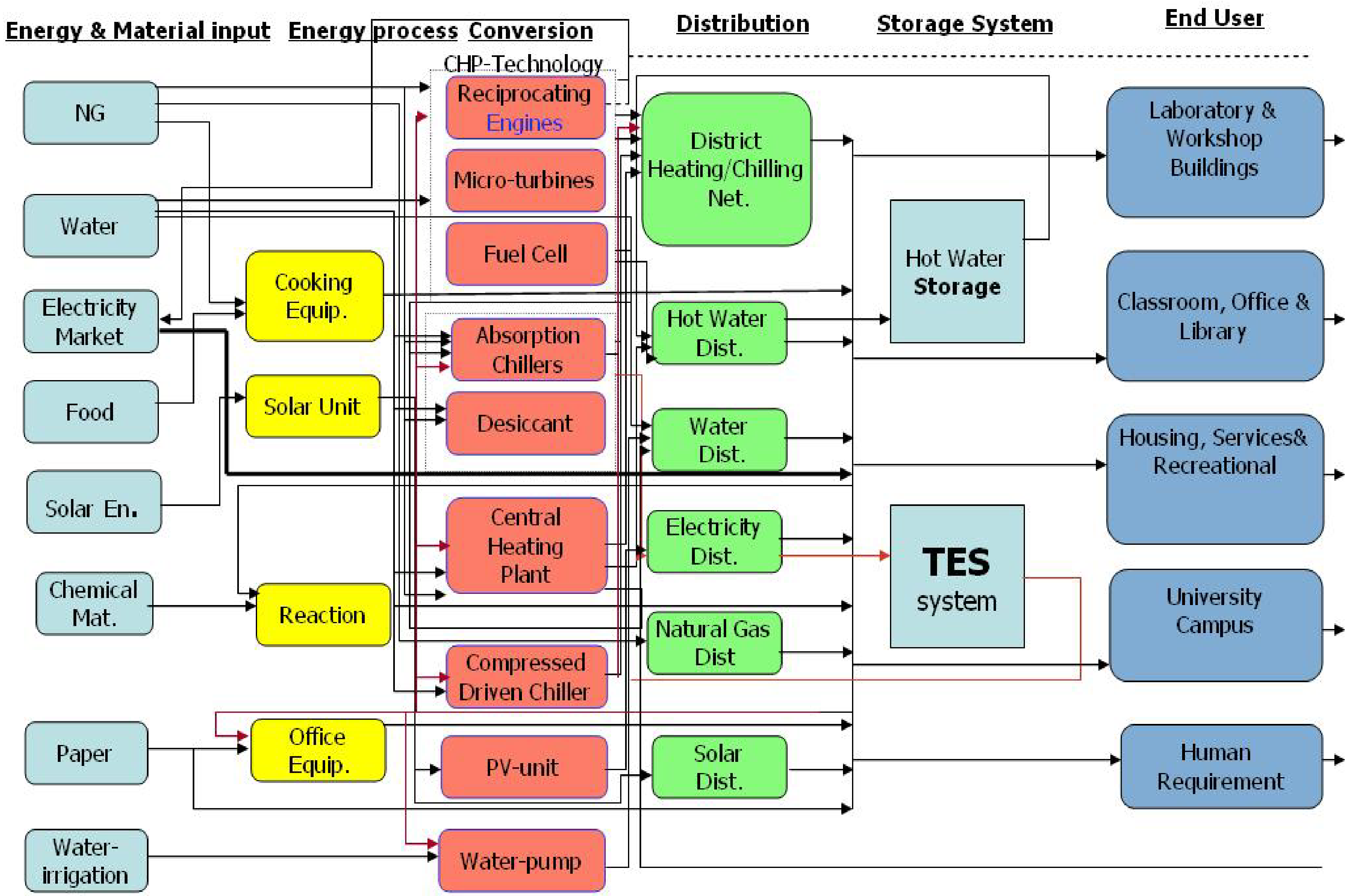
*منبع : مصاحبه با مسولين شركت پيمانكاري ناظر بر موتورخانه ها[آقاي فلاحي] و بازديد از محل و نقشه ها

آبگرم وسرد خروجي از موتورخانه ها از طريق شبكه داخلي دانشگاه وارد ساختمان ها شده، سالن ها را از طريق دستگاه هوا ساز[1] و كلاس ها و فضاهاي اداري از طريق شوفاژ و فن كوئل تامين مي شوند. مابقي نيازمندي‌هاي سرمايشي از طريق تعداي كولرهاي گازي و آبي تامين مي گردد.

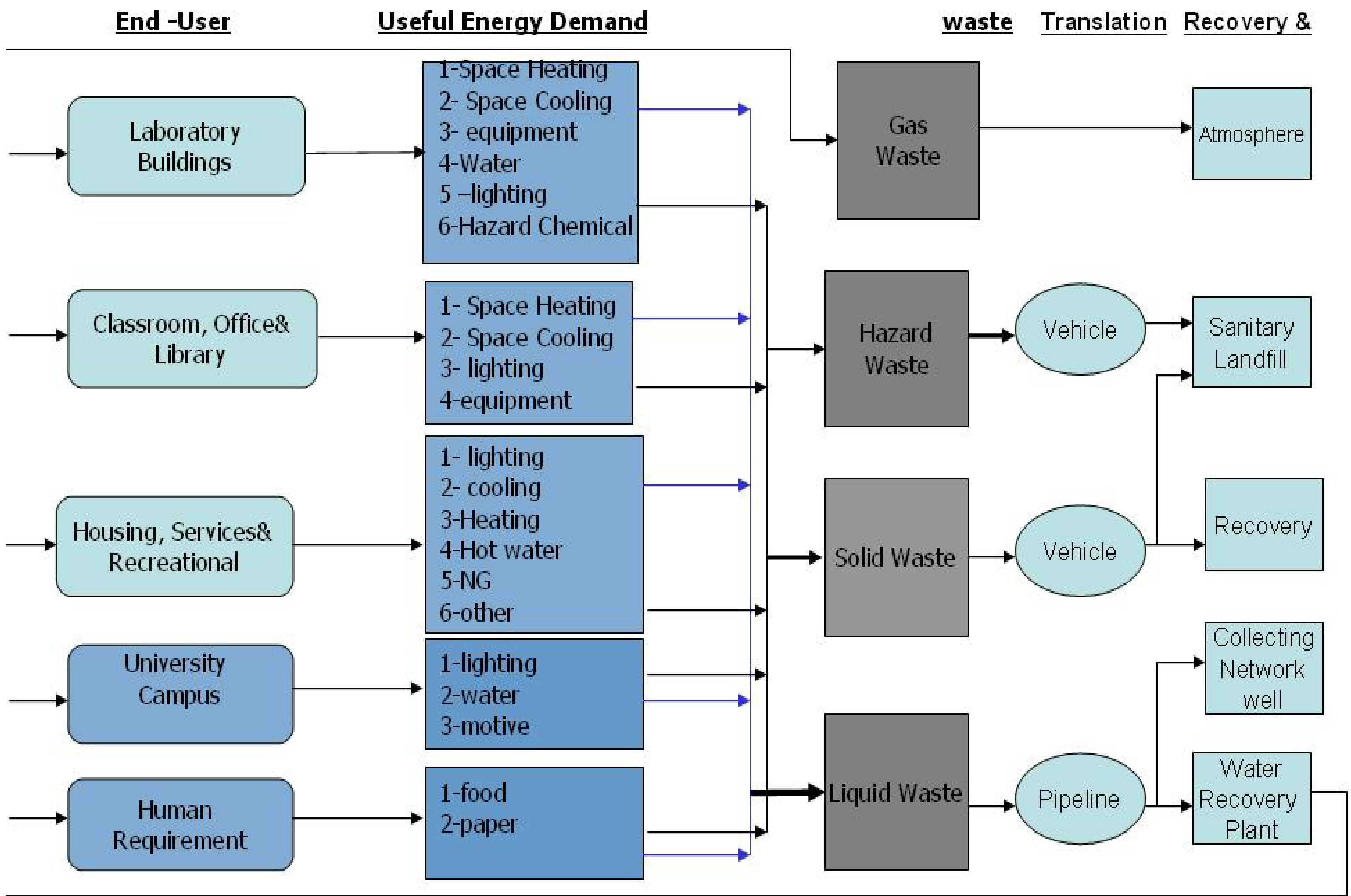
۲-۲-۲ چارچوب روش‌شناسي اجراي پروژه

براي اجراي پروژه مطالعاتي مديريت انرژي و مواد در درجه اول بايد از ساختار تفصيلي جريان انرژي و مواد در دانشگاه كاملا" آگاه باشيم. بدين منظور بايد بطور سيستماتيك جريان انرژي و مواد، سيستم‌هاي تبديل انرژي، سيستم‌هاي مديريت شناسايي و برهمكنش بين حجم‌كنترل‌هاي مختلف بررسي گردد.

[1] *Air Handling Unit*



الف- بخش‌اول، نمودار مرجع جریان انرژي و مواد



شكل۲-۲ نمودار مرجع جريان انرژي و مواد در دانشگاه

روش‌شناسي مطالعات در چارچوب نمودار جريان انرژي و مواد دانشگاه خواهد بود در اين نمودار سعي وافر شده است تا گزينه‌هاي مختلف تكنولوژيكي در بخش عرضه و تقاضاي براي رساندن سطح و شدت مصارف در مقياس جهاني لحاض شوند. بنابراين در وحله نخست با استفاده از مميزي محدود اطلاعات مصارفي ساختمان‌هاي دانشگاه را جمع‌آوري مي‌كنيم سپس اين اطلاعات تجزيه و تحليل شده و شاخص‌ها مصارف دانشگاه شريف را با جاه‌هاي ديگر مي‌سنجيم و در ادامه راهكارهاي مختلف مديريت مصرف انرژي و مواد را ارائه نموده پس مورد تجزيه و تحليل قرار مي‌دهيم.

۲-۳ شناسايي كليه اشكال مصرف انرژي و مميزي اجمالي دانشگاه

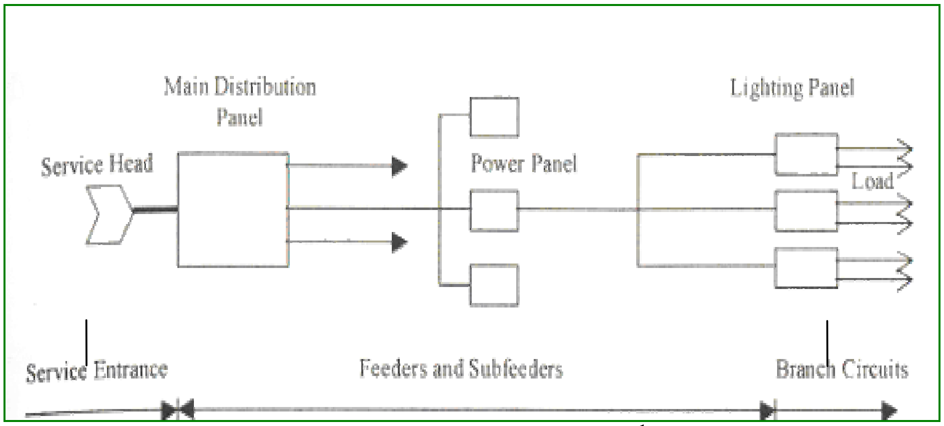
دانشگاه بدليل طبيعت فعاليت‌هاي علمي و تحقيقاتي در زمره بنگاه هاي انرژي بر محسوب مي شود. بعنوان نمونه دانشگاه شريف در سال ۱۳۸۳ به ميزان ۱۱۳۰۰ مگا وات ساعت برق با هزينه ۵۷۰ميليون ريال و ۴۲۰۰۰ مگاوات ساعت گاز طبيعي* با هزينه ۵۲۰ميليون ريال به مصرف رسانده است. در بخش‌هاي بعدي روند مصرف و هزينه هاي انرژي(برق و گاز)، شاخص هاي مصرف و مقايسه با شاخص هاي جهاني، راهكارهاي كاهش مصارف و هزينه ها، تجزيه و تحليل خواهد شد.

۲-۳-۱ مديريت مصرف برق دانشگاه

در اكثر ساختمان ها و تاسيسات صنعتي، سيستم‌هاي الكتريكي بخش عمده‌اي از كل مصرف انرژي را در اختيار دارند. در اين بخش، نخست روندها و شاخص‌هاي مصرف برق، توزيع مصارف نهايي ونهايتا"راهكارهاي بهينه سازي انرژي در رابطه با سيستم‌هاي الكتريكي دانشگاه ارائه مي‌شوند. تمام نيازمندي برق دانشگاه از شبكه خريداري مي شود و سپس از طريق سيستم توزيع همانند شكل۲-۲ وارد محوطه دانشگاه مي گردد. شكل ۲-۳دياگرام يكطرفه اي از سيستم توزيع الكتريكي براي دانشگاه

* معادل حرارتي هر متر مكعب گاز طبيعي برابرKwh ۱۰,۹۸ فرض شده است[2].

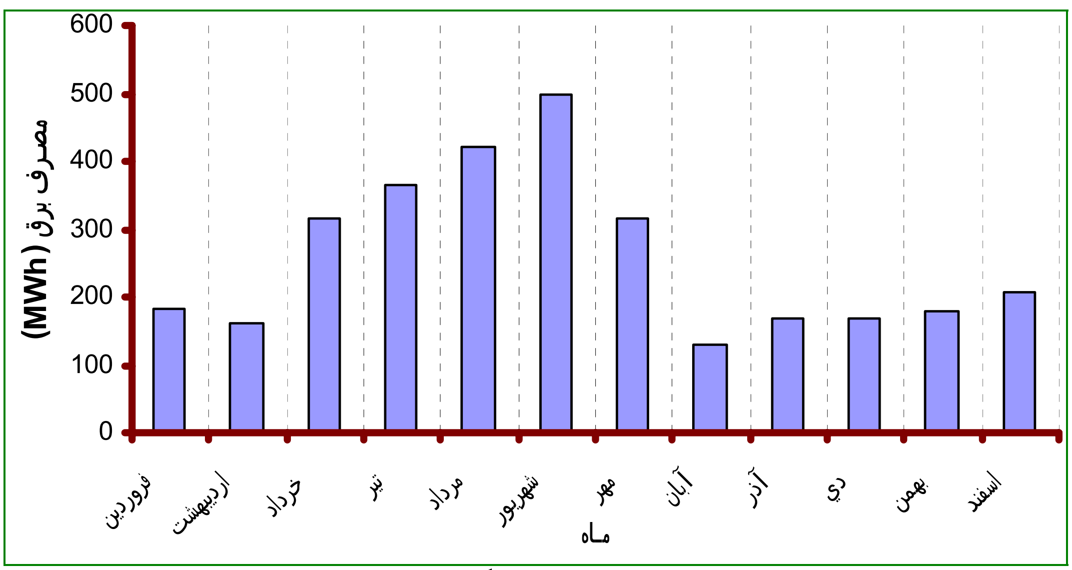
را نشان‌مي‌دهد. پانل اصلي توزيع شامل سوئيچ قطع‌كننده براي توزيع توان الكتريكي و واحد فرعي براي كاهش سطح ولتاژ مي‌باشد.



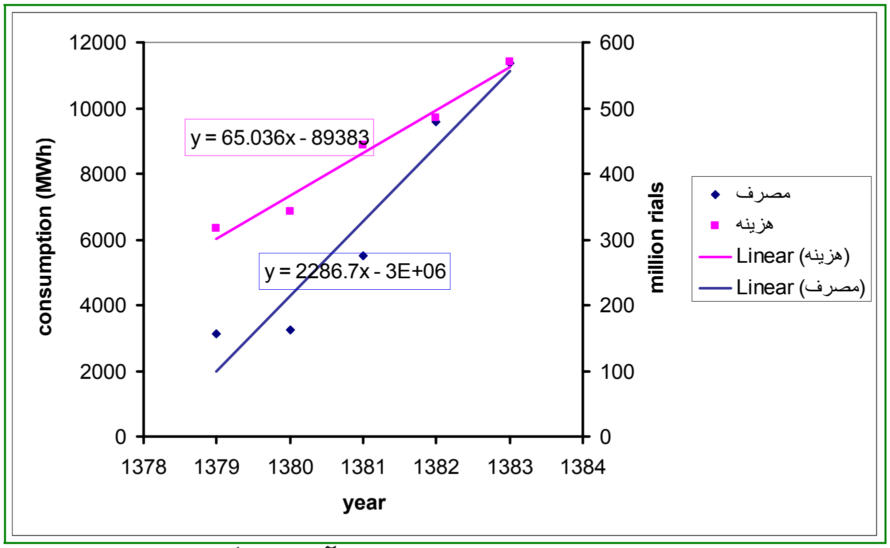
شكل 2-3 دياگرام يك طرفه سيستم توزيع اصلي داخل ساختمان[4]

۲-۳-۱-۱ مميزي و گردآوري اطلاعات مصرفي و هزينه‌اي

در اين قسمت اطلاعات مربوط به پنج سال گذشته مصرف برق مورد تجزيه تحليل قرار مي گيرند. منبع اطلاعات صورت حساب‌هاي واقعي برق دانشگاه شريف بوده كه شامل توان اكتيو و راكتيو و ديماند مي باشد. شكل ۲-۴ روندمصرف برق طي سال ۱۳۷۹ و و هزينه هاي مرتبط را نشان مي دهد. بيشترين مصرف در تابستان بخاطر فشار مضاعف سيستم سرمايش دانشگاه مي باشد.



شكل۲-۴ روند مصرف ماهانه برق در دانشگاه صنعتي شريف طي سال ۱۳۷۹



شكل۲-۵ پيشبيني روند سالانه مصرف برق و هزينه آن در دانشگاه شريف

در جدول شماره ۲-۴ ميزان مصرف برق، هزينه، ميزان رشد و شاخص هاي زيربنايي و سرانه را ليست شده است. روند بهبود در مورد ضريب توان تاثير بسزايي در مديريت مصرف برق سيستم دانشگاه داشته، و از طرف ديگر شاخص‌هاي مصرف عمدتا" با شاخص‌هاي جهاني قابل مقايسه نيستند.

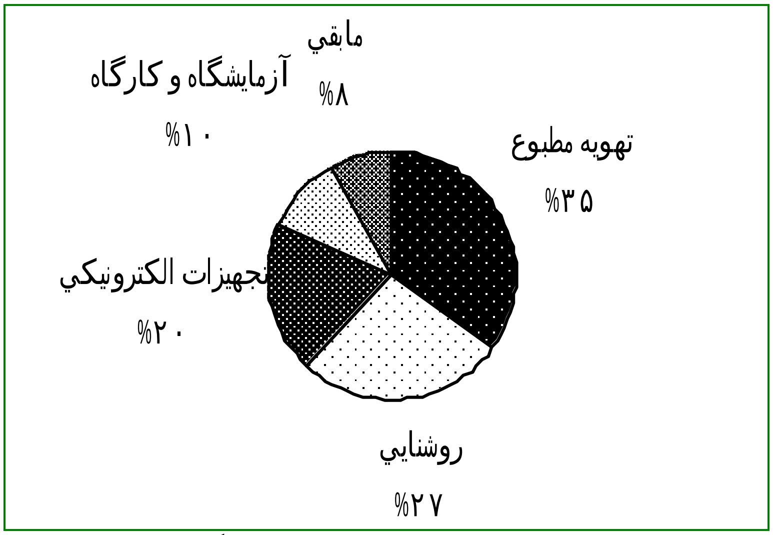
جدول۲-۳

اطلاعات و شاخص هاي مربوط به برق در سيستم انرژي دانشگاه شريف*

	واحد	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
ميزان مصرف برق	MWh	3118	3254	5521	9584	۱۱۳۸۵
هزينه برق	Million Rials	316	342	443	485	۵۷۰
رشد مصرف	%	-	4.4	69	73	۱۸
رشد هزينه	%	-	8.2	29.5	9.5	۱۷/۵
متوسط ضريب بار		0.29	0.27	0.19	0.43	-
متوسط سهم ديماند	%	23.8	21.8	15.7	11.6	-
شاخص زير بنا	MWh/m^2/year	0.024	0.025	0.042	0.073	۰/۰۸۸
شاخص سرانه	MWh/Stu./year	-	-	-	1.19	۱/۴۲

* اطلاعات اوليه از صورت حسابها و بازديد از محل فراهم شده است.

توزيع مصارف نهايي برق در دانشگاه صنعتي شريف در شكل۲-۶ نشان مي دهد كـه بيشـترين سـهم مربوط به سيستم‌هاي تهويه مطبـوع(۳۵%)،كـه در واقـع مهمتـرين عامـل ايجـاد ديمانـد پيـك [1] در فصـل سرمايش مي باشند، روشنايي(۲۷%) و مصارف تجهيـزات الكترونيكـي(۲۰%) در رده هـاي بعـدي قـرار مي‌گيرند.



شكل۲-۶ توزيع تقريبي مصارف نهايي برق دانشگاه شريف

تجزيه و تحليل اطلاعات نشان مي دهد كه عوامل اصلي افزايش مصرف و هزينه ها عبارتند از:

۱) افزايش پذيرش دانشجويان در مقاطع كارشناسي , كارشناسي ارشد ودكتري

۲) ديماند پيك در تابستان به خاطر سرمايش كه هزينه صورت حساب را شديدا" افزايش مي دهد.

۳) ضريب بار [2] پايين كه موجب پرداخت هزينه مضاعف بدون مصرف برق مي باشد.

۴) افزايش شديد استفاده از فناوري هاي جديد نظير رايانه و تجهيزات الكترونيكي ديگر

---

[1] *Peak Demand*

[2] *Power Factor*

۳-۳-۱-۲ راهکارهاي کاهش هزينه و مصرف برق

راهکارهاي کاهش هزينه برق بهره گيري از فناوري توليد توزيعي[3] در سايت دانشگاه و استفاده از يك ژنراتور پيك ساي[4] مي باشد.

الف) استفاده از يك ژنراتور پيك سا نيز به مقدار قابل توجهي پيك ديماند و در نتيجه هزينه برق دانشگاه را كاهش خواهد داد. در اين قسمت اندكي در مورد طراحي بهينه ژنراتور پيك سا و بهينه ترين زمان استفاده از آن جهت كاهش ديماند پيك دانشگاه بحث مي شود. اندازه بهينه ژنراتور پيك سا و زمان بهره برداري از آن از طريق معادلات زيرقابل محاسبه است[4].

$$g^* = (12Cd - Ac)(D_u - D_l)/[T(O\,\&\,M - Ce)] \quad (۱-۲)$$

$$t_g^* = g^*.T/(D_u - D_l) \quad (۲-۲)$$

ميزان صرفه جويي ايجاد شده نيز از طريق معادله زير بدست مي آيد.

$$AW = g^2.T/[2(D_u - D_l)]Ce + 12.g.Cd - \{Ac + O\,\&\,M.g.T/[2(D_u - D_l)]\}g \quad (۳-۲)$$

كه؛

Ac *هزينه مالكيت، وام يا اجاره ژنراتور پيك ساي ($)*

Cd *هزينه واحد ديماند برق ($/Kw/month)*

Ce *هزينه واحد انرژي برق ($/Kwh)*

D_u *بار حداكثري دانشگاه (KW)*

D_l *بار حداقلي دانشگاه (KW)*

T *زمان بهره برداري از تاسيسات در سال (hours/year)*

---

[3] *Distributed Generation Technology*
[4] *Peak Shaving*

O&M هزينه عملياتي و نگهداري ، از جمله هزينه سوخت ($/KWh)

g^* اندازه بهينه ژنراتور پيك سا يا ظرفيت خروجي (KW)

T^*_g زمان بهره برداري از ژنراتور پيك سا (hours/year)

AW ميزان صرفه جويي برق ايجاد شده ناشي از بكارگيري ژنراتور پيك ساي ($/year)

با فرض اطلاعات جدول۲-۴ كه تا حد ممكن واقعي براي دانشگاه صنعتي شريف واقعي هستند اندازه بهينه پراتور، زمان استفاده ازآن و ميزان صرفه جويي و بازگشت سرمايه محاسبه مي شود. همانطوريكه جدول نشان مي دهد بكارگيري ژنراتور پيك سا به ميزان قابل توجهي صرفه جويي بر مبناي قيمت‌هاي واقعي برق(بازگشت سرمايه برابر ۱,۴۷ سال خواهد بود)ايجاد مي كند.

جدول۲-۴

طراحي بهينه ژنراتور پيك ساي براي دانشگاه صنعتي شريف

پارامترها	O&M	T	D_l	D_u	Ce	Cd	Ac
مقادير	۰,۱۰	3000	2000	۸۷۰۰	۰,۰۵	۱۰	50
	g^*		T_g^*			AW	
نتايج	3200		۱۴۳۳			۱۰۹۳۷۲	

ب) استفاده از سيستم‌هاي ذخيره انرژي حرارتي[1] در ساعات غير پيك و تخليه آن در ساعات پيك نيز يكي ديگر از راهكارهاي كاهش هزينه ديماند مي باشد[5] كه احتمالا" بكارگيري آن در ايران به اين زودي‌ها امكان‌پذير نخواهد شد.

ج) در ساختمان‌هاي تجاري و تاسيسات صنعتي، سيستم‌هاي الكتريكي اغلب مقاومتي نبوده، و توان راكتيو قابل توجه است. در واقع هر چقدر اختلاف فاز، Φ، بزرگتر باشد، توان راكتيو P_X بزرگتر

---

[1] Thermal Energy Storage

خواهد بود. نسبت توان حقيقي P_R، به كل توان P_t برابر كسينوس اختلاف فاز است. اين نسبت به عنـوان ضريب توان[۲]، pf شناخته مي‌شود:

$$pf = \frac{P_R}{P_t} = \cos \Phi \qquad (۴-۲)$$

در حالت ايده‌آل، ضريب توان بايد تا جاي ممكن به واحد نزديـك باشـد (pf=1). اگرچـه، معمـولاً ضريب توان بيش از ۹۰% مورد قبول است. اگر ضريب توان كوچك باشد، كه در اين صـورت سيسـتم الكتريكي بار القائي بالايي دارد، مي‌توان از خازن‌هاي موازي براي كاهش تـوان راكتيـو اسـتفاده كـرد. ضريب توان متوسط در دانشگاه شريف بعد از اصلاحات انجام شده حدود ۰/۴۳ مي باشـد كـه نصـف مقدار ايده آل است. اصلاح ضريب توان با افزودن مجموعه خـازن‌هـاي مـوازي بـه سيسـتم الكتريكـي، حاصل مي گردد. اندازه اين خازن‌ها، P_C ، معمولاً با KVAR (واحد مشـابه تـوان راكتيـو) انـدازه‌گيـري شده و با استفاده از رابطه زير مي توان اندازه آن را محاسبه كرد.

$$P_C = P_R.\left[\tan(\cos^{-1} pf_e) - \tan\cos^{-1} pf_r\right] \qquad (۵-۲)$$

كه در آن،

P_c توان معادل خازن *(Kvar)*

P_R توان راكتيو تاسيسات *(Kvar)*

Pf_e ضريب توان بعد از افزودن خازن موازي

Pf_r *ضريب توان قبل از افزودن خازن*

با استفاده از مقادير ضـريب تـوان قبـل و بعـد از جـايگزيني، انـدازه خـازن‌هـا را مـي‌تـوان تعيـين كـرد. درصورتيكه بخواهيم در دانشگاه صنعتي شريف ضريب بار را به۰/۹درصد برسانيم نيازمندي خـازني بـا اندازه توان*Kvar* ۳۵ خواهيم بود.

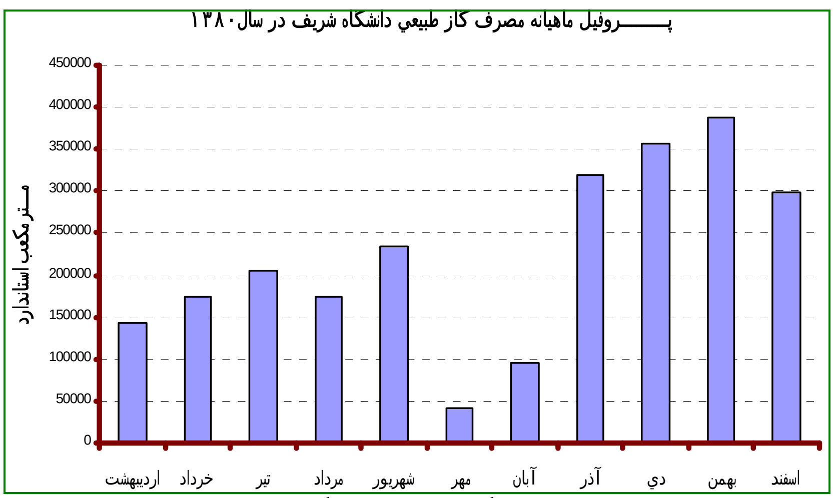
---

power factor 1

د) روشنايي, بخش قابل توجهي از مصرف انرژي برق دانشگاه را بـه خـود اختصـاص مـي دهـد(۲۷%). علاوه بر اين، گرماي توليد شده بوسيله سيستم هاي روشنايي، جزء بارهـاي حرارتـي اضـافي اسـت كـه لازم است بوسيله تجهيزات خنك كننده رفع شـود. معمـولاً، جـايگزيني تجهيـزات روشـنايي، از لحـاظ هزينه بسيار به صرفه بوده و در اكثر كاربردها داراي دوره بازگشت سرمايه كمتر از ۲ سال هستند[6].

۲-۳-۲ مديريت مصرف گاز طبيعي در سيستم‌هاي گرمايش و سرمايش مركزي دانشگاه

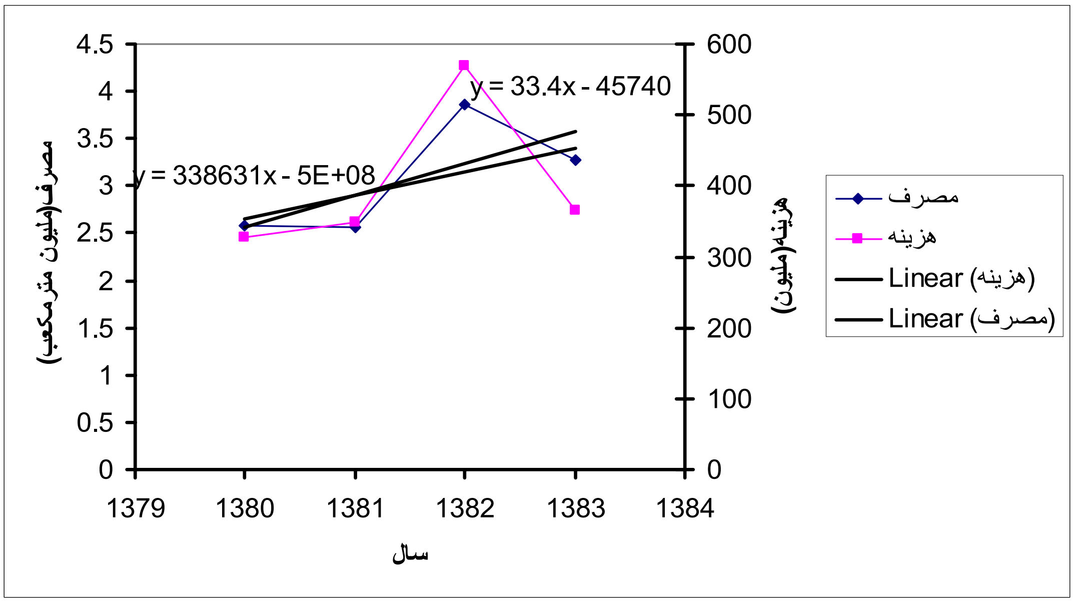
مهمترين سوخت فسيلي مورد استفاده در دانشگاه شريف گاز طبيعي مي باشد كه از شـبكه گـاز شـهري خريداري شده، و از طريق ايستگاه گاز با ظرفيت حداكثري ۷۰۰۰m^3/h وارد دانشـگاه مـي شـود. مـثلا" در سال۱۳۸۳ بالغ بر ۳/۲۷مليون متـر مكعـب گـاز طبيعـي در دانشـگاه بـه مصـرف رسـيده اسـت. رونـد مصرف ماهانه گاز طبيعي در سال ۱۳۸۲ در شكل۲-۷ نشان داده شده است.



شكل۲-۷ روند ماهانه مصرف گاز طبيعي در دانشگاه شريف طي سال ۱۳۸۰

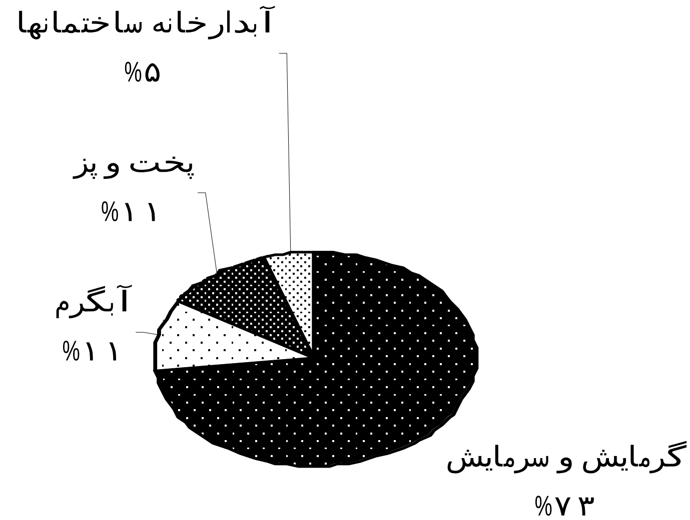
۲-۳-۲-۱ مميزي و گردآوري اطلاعات مصرفي و هزينه‌اي

همانطوريكه شكل۲-۷ نشان مي دهد ميزان مصرف با تغييرات دماي بيرون كاملا" همبسته مي باشد. وجود پيك در ماههاي دي و بهمن بخاطر كاهش شديد دماي محيط و نياز به گرمايش ساختمان‌هاي دانشگاه مي باشد و پيك هاي تابستان نيز بخاطر تامين بخش عمده اي از بار سرمايشي دانشگاه توسط چيلرهاي جذبي مي باشدكه بطور غير مستقيم از انرژي گاز طبيعي بهره مي گيرند.



شكل۲-۸ روند مصرف سالانه گاز طبيعي در دانشگاه صنعتي شريف

رشد مصرف گاز طبيعي متاثر از تغييرات آب و هوايي بعنوان يك متغير تصادفي، رشد تعداد دانشجويان و افراد دانشگاه، افت بازدهي و اتلاف حرارتي در بخش تبديل، توزيع و مصارف نهايي مي باشد. توزيع مصارف نهايي گاز طبيعي به ترتيب مصارف سرمايشي و گرمايش، پخت ويز در سلف سرويس و آبدارخانه هاي دانشگاه مي باشد. شكل ۲-۸ توزيع مصارف نهايي گاز طبيعي در دانشگاه صنعتي شريف را نشان مي دهد.



شکل ۲-۹ توزيع مصارف نهايي گاز طبيعي در دانشگاه صنعتي شريف

گاز طبيعي بعد از ورود به دانشگاه در بين موتورخانه و ديگر مصارف نهايي دانشگاه تقسيم مي گردد. عمده ترين مصرف كننده گاز در دانشگاه بويلرها (۷۳درصد) مي باشندكه با بازدهي خاصي محتوي انرژي گاز طبيعي را تبديل به حرارت بخار آب كرده، و از طريق مبدل‌هاي حرارتي آنرا بصورت آب داغ گرمايشي (دماي $۷۰C^{\circ}$) و آب گرم بهداشتي(حدود دماي $۵۴C^{\circ}$) در مي آورد. در فصل سرمايش اين آب گرم به چيلر جذبي جهت توليد آب سرد تغذيه مي شودكه آب گرم يا سرد از طريق شبكه توزيع داخلي دانشگاه در مصارف نهايي توزيع مي گردد. اتلاف حرارتي لوله عموما" قابل صرفنظر بوده و در حد ۲-۳درصد مي باشد. هزينه گاز طبيعي در دانشگاه شريف نيز طي اين سالها متناظر با افزايش حجم مصرف زياد شده است.

۲-۳-۲-۲ راهكارهاي صرفه جويي انرژي[1] در سيستم‌هاي گرمايش مركزي

گاز ورودي به بويلر از طريق روزنه هاي ريزي وارد مشعل مي شود؛كه اين روزنه ها باعث فوران گاز طبيعي و تركيب سريع آن با هواي عرضه شده، مي گردد. بسته به جهت، تعداد و موقعيت روزنه ها انواع مختلفي از طراحي بويلرها موجود است.

Energy Conservation Measures [1]

جهت اطمينان از مسدود نشدن گذرها، روزنه هاي تزريق سوخت، بايد به عنوان بخشي از جريان روزمره نگهداري و تنظيم بويلرهاي آتش‌زني گاز، بازرسي شوند. همچنين شناسايي و جايگزيني قسمت‌هاي سوخته يا خراب نيز از اهميت خاصي برخوردار است[7].

تعريف عمومي بازدهي حرارتي جامع بويلرها، بصورت نسبت خروجي حرارت، E_{out}، به ورودي حرارت E_{in}، است:

$$\eta_b = \frac{E_{out}}{E_{in}} \qquad (6\text{-}2)$$

بازدهي كل بويلر از بازدهي احتراق، تلفات حرارتي دودكش و تلفات حرارتي سطوح خارجي بويلر تشكيل شده است. منظور از بازدهي حرارتي، كارآيي مشعل در فراهم كردن نسبت سوخت/هواي بهينه براي احتراق كامل سوخت ، مي‌باشد.

بهبود بازدهي بويلر

براي بهبود بازدهي بويلر سيستم گرمايشي موجود، راهكارهاي مختلفي وجود دارد. اين راهكارها عبارتند از:

- تنظيم[2] بويلر فعلي.
- جايگزيني بويلر فعلي با يك بويلر با بازدهي بيشتر.
- استفاده از بويلرهاي تلفيقي[۳].

تاثير خالص همه اين راهكارها، كاهش مصرف سوخت مصرفي سيستم انرژي است. براي محاسبه صرفه‌جويي در مصرف سوخت، ΔFU، ناشي از تغيير بازدهي بويلر، مي‌توان از رابطه زير استفاده كرد[7]:

$$\Delta FU = \frac{\eta_{eff} - \eta_{std}}{\eta_{eff}} . FU_{Std} \qquad (7\text{-}2)$$

[2] *Tune Up*
[3] Modular

که،

- η_{std} و η_{eff} ، به ترتيب بازدهي بويلر قديمي و جديد هستند.
- FU_{std} ، مصرف سوخت پيش از جايگزيني بويلر است.

لذا، براي تخمين انرژي صرفه‌جويي شده، بدست آوردن بازدهي حرارتـي كـل هـر دو بـويلر قـديمي و جديد داراي اهميت است.

تنظيم بويلر موجود

از طريق آناليز تركيب و دماي گاز دودكش، مي‌توان بازدهي حرارتي بويلر را با استفاده از گراف هـاي ويژه تخمين زد، اگر مشخص شد كه بواسطه هواي اضافي نامناسب، بازدهي پايين است؛ مي‌توان با بهره گيري از راهكارهاي زير باز دهي بويلر را افزايش داد[8]:

- نصب يك همزن درون لوله هاي آتش، جهت ايجاد تلاطم بيشتر ولذا افزايش انتقال حرارت بين گاز احتراق داغ وآب. ميزان بهبود در بازدهي بويلر را مي توان با اندازه گيري دماي گاز دودكش تعيين كرد. هنگاميكه همزن نصب شد، دماي گاز دودكش بايد كاهش يابد. يك محاسبه سر انگشتي نشان مي دهد كه، به ازاي هر $50\,^{\circ}c$ كاهش در دماي گاز دودكش، بازدهي بويلر ۲/۵% افزايش مي يابد.
- عايق بندي پوسته بويلر جهت كاهش تلفات حرارتي. بهبود بازدهي بويلر، به دماي سطح بستگي دارد .
- نصب دوده زداها[1]، جهت زدودن رسوبات لوله هاي بويلر كه باعث كاهش انتقال حرارت بين گاز احتراق داغ وآب مي شوند. بهبود بازدهي بويلر، به دماي گاز دودكش بستگي دارد.

---

[1] Soot Blower

- استفاده از اكونومايزرها جهت انتقال انرژي از گازهاي دودكش به تغذيه آب ورودي. يك محاسبه سرانگشتي نشان مي دهدكه، به ازاي افزايش $۵°c$ در دماي تغذيه آب ، بازدهي بويلر ۱% افزايش مي يابد.

۲-۴ ميزان مصرف مواد در دانشگاه شريف

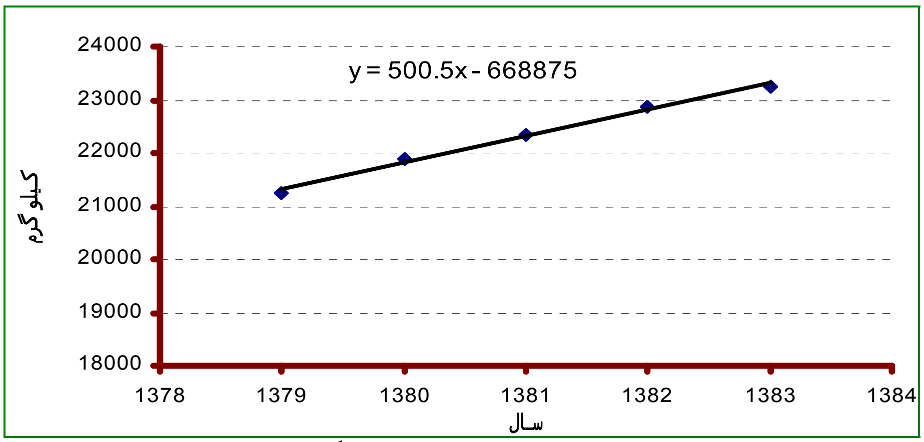
۲-۴-۱ مديريت مصرف كاغذ در دانشگاه

در ساليان قبل ، مفهوم دانشگاه بدون كاغذ يك واژه فراموش شده و در حاشيه محسوب مي شد كه، به هرحال نتيجه آن ، مصرف كاغذ بيشتري مي باشد. امروزه تكنولوژيهايي(سخت افزاري يا نرم افزاري) موجود هستندكه با كاهش تعداد فرمها، ايجاد فايلهاي الكترونيكي، و توليد و مسيريابي يادداشتها، فراهم كردن مديريت آزمون در دانشگاهها، بطور الكترونيكي ما را به مفهوم دانشگاه بدون كاغذ رهنمون مي كنند. اگر چه هدف اوليه اين تكنولوژيها كاهش مصرف كاغذ مي باشد ليكن منافع موازي ديگري همانند بهبود بازدهي، خدمات دهي بهتر مراجعين، كاهش فضاهاي ذخيره اسناد، كاهش خطاها، و كاهش هزينه هاي توزيع و همچنين كاهش ميزان زباله ها منافع ماوراي كاهش مصرف كاغذ مي باشد. امروزه كاربرد تكنولوژي مديريت الكترونيكي اسناد[1] جايگاه خود را بعنوان تكنولوژي برتر در خدمت محيط زيست و تجارت و مشاغل اداري به اثبات رسانيده است. تجربه موفق اين تكنولوژي در چندين دانشگاه و سازمانهاي شبيه دانشگاه موجب بهبود روند امر و كاهش چشمگير مصرف كاغذ و منافع ديگري گرديده است[12].

مصرف كاغذ سرانه در دانشگاه شريف داراي رشدي ساليانه ۲,۲درصد بوده، و ميزان كل مصرف در سال ۱۳۸۲ ،۹۱۵۲ بسته بوده كه معادل وزني آن۲۲۸۸۰كيلوگرم و تعداد برگهاي كاغذ مصرف شده ۴,۵ميليون برگ و معادل ريالي آن ۲۵۰ميليون ريال در سال ۱۳۸۲بوده است. از طرف ديگر معادل

[1] Electronic Document Management

وزني مصرف سرانه هر دانشجو در سال ۱۳۸۲، ۲٫۴ كيلو گرم بوده است. اين مقادير بنا بر آمارهاي ارائه شده توسط دانشگاه اشاره دارد ودر واقع كاغذ خريداري شده از طرف دانشجويان در اين آمارها وارد نشده است كه احتمالا" بنا بر آمار زباله رقم قابل توجهي هم خواهد بود. انواع ديگر كاغذ نظير كارتن ها، بسته بندي مواد و غيره در اين محاسبات وارد نشده است. شكل۲-۱۰روند مصرف كاغذ در دانشگاه را نشان مي دهد. البته وارد نكردن ميزان كاغذ خريداري شده توسط دانشجويان خطاي زيادي را ايجاد كرده است.



شكل۲-۱۰روند مصرف كاغذ در دانشگاه شريف

توليد يك تن خمير كاغذ ۱۷۰گالن معادل نفت انرژي و ۱۷۰۰۰ گالن آب مصرف مي كند و از حيث مصرف آب در صنعت مقام نخست و مصرف انرژي مقام سوم را دارد[13].

۲-۴-۲-۲ كاهش مصرف كاغذ در دانشگاه ازطريق تكنولوژي

تكنولوژي مديريت الكترونيكي اسناد با تعداد زيادي از اسناد سروكار دارد:

- اسناد امتحاني دانشجويان از طريق سيستم شبكه دانشگاه كه داراي امنيت بالا بوده و با بهره گيري از سايت‌ها و تالارهاي مخصوص امتحان انجام مي گيرد.
- اسناد اداري
- نامه هاي الكترونيكي

- مسائل آماري دانشگاه
- اسنادHTMLكه از طريق شبكه داخلي دانشگاه و يا شبكه اينترنت دريافت شده اند.

انواع اسناد مشخص شده در بالا، يك يا چند مرحله از فرايند مديريت اسناد مورد بحث در پايين را مي گذرانند(شكل ۲-۱۱را ببينيد):

- استخراج[1]، ايجاد تصاوير الكترونيكي از اسناد كاغذي(يعني اسكن كردن)، يا وارد كردن مستقيم اسناد در كامپيوتر.
- شاخص گذاري[2]، سازمان دهي و ذخيره مقدار غير فعال اسناد و گزارش‌ها نيازمند روش شاخص گذاري با استفاده از فيلدهاي شاخصي يا فايل‌هاي متن كامل مي باشد.
- ذخيره[3]،اسناد الكترونيكي در داخل CDها، ديسك هاي ليزري يا نوارهاي مغناطيسي بطور قابل اطميناني ذخيره مي گردند.
- رمزيابي[4]، علاوه بر استفاده از اسناد، اين اسناد بايد از طريق روش شاخص از سيستم ذخيره رمزيابي شوند.
- گردش كار و خروجي[5]، طراحي جريان اسناد گرفته شده و داده از طريق سيستم توزيع.
- خدمات كنترل تجديد نظر و ذخيره گرا[6]،

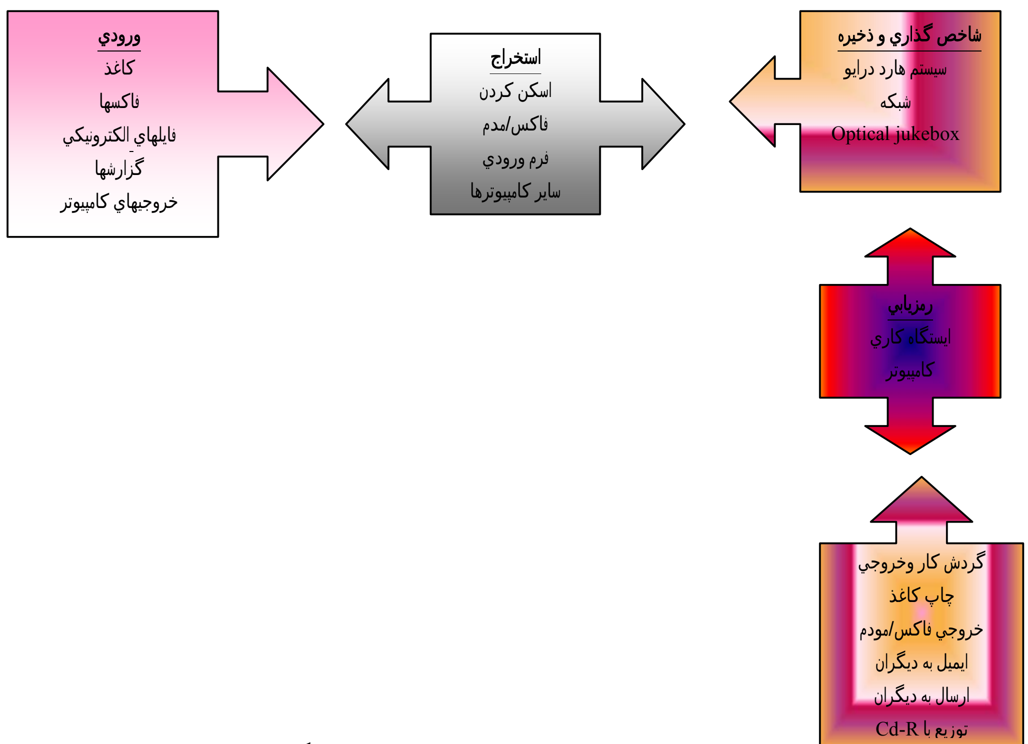
يكي از اهداف اصلي پياده سازي سيستم هاي مديريت اسناد در دانشگاه كاهش مصرف كاغذ همراه با صرفه جويي‌در وقت جهت جستجوي بهينه اسناد مي باشد. ايجاد سيستم شبكه داخلي دانشگاه زير بناي ايجاد سيستم مديريت اسناد مي باشد. اسكن كردن روش تبديل اسناد و اطلاعات از حالت كاغذي

---

[1] Capture
[2] Indexing
[3] Storage
[4] Retrieval
[5] Working Flow and Output
[6] Revision control and repository-oriented (storage) services

به شكل الكترونيكي مي باشدكه هزينه بالايي در حد ۰/۱۱ $ تا ۰/۱۵$ بر صفحه (تنها براي اسكن كردن) و ۰/۱۵ تا۰/۳۰$ بر صفحه جهت آماده سازي، اسكن و شاخص گذاري را مي طلبد و هزينه حافظه ذخيره اطلاعات بسيار پايين بوده ودر حد ۱۲۰$ بر۸۰*Gbite* ، مي باشد كه انتظار مي رود حتي كمتر هم شود[14]. چالش‌هاي مختلفي مديريت الكترونيكي اسناد در دانشگاه را تهديد مي كند:

۱. يكپارچه سازي تمام محصولات از طريق اين تكنولوژي



شكل۲-11ساختار مديريت الكترونيكي اسناد در دانشگاه

۲. دسترسي همزمان به اسناد، داده ها و تصاوير و دفاتر ثبت

۳. تناظركاري بين مركز و دپارتمانها از طريق وب

۴. پشتيباني سريع

۵. هماهنگي با استانداردها

تعدادي از شركت‌ها و سازمان‌هاي جهاني جهت ارائه خدمات مديريت الكترونيكي اسناد امروزه فعال هستند. در اين قسمت تعدادي از كمپاني‌هاي ارائه دهنده خدمات سخت افزاري و نرم افزاري تكنولوژي‌هاي بدون كاغذ جهت بهره گيري احتمالي از آنها در دانشگاه شريف آورده مي شود.

دانشگاه اروين كاليفرنيا[1] برنامه كاهش هزينه، و بهبود بازدهي را از سال ۱۹۹۱ شروع كرده است[14]. اهداف برنامه، ساده سازي فرايند اداري، كاهش مصرف كاغذ در دانشگاه، كاهش پيچيدگي و لايه بندي اداري، بهبود بهره وري و كاهش ميزان كارمندان بوده است. در نتيجه اين برنامه سطوح اداري، نظير تنظيم، كاريابي، نوسازي تاسيسات، مسافرت، حسابداري، پاركينگ دانشجويان و امتحان از دانشجويان؛ ۷۰% ساده تر و سريعتر شده است. ميزان صرفه جويي ساليانه در مصرف كاغذ دانشگاه، حدود ۵۸% بوده است[14].

۲-۴-۲-۲ طراحي سيستم آزمون الكترونيكي در دانشگاه در داخل سيستم مديريت اسناد

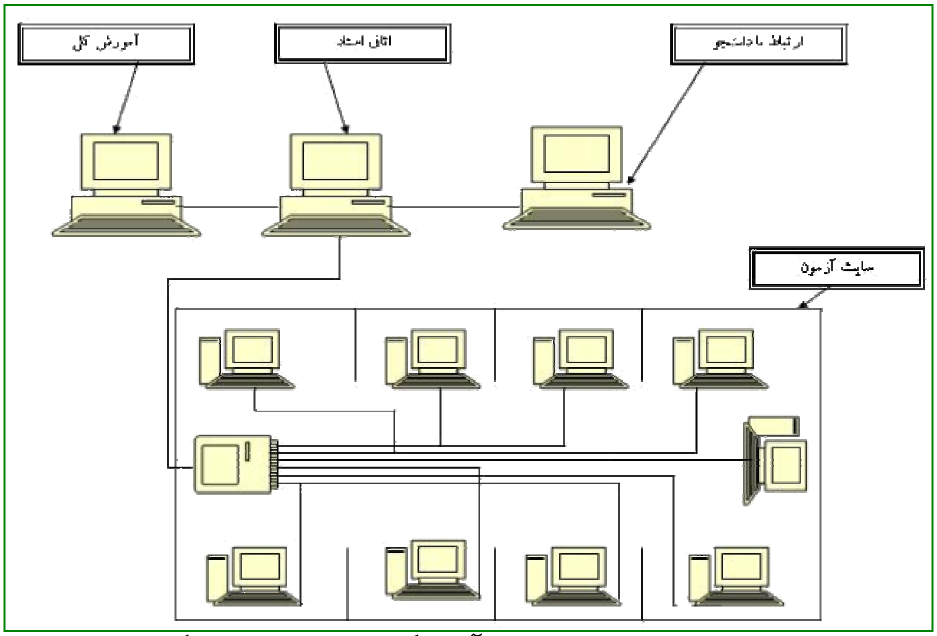
اين سيستم در داخل شبكه داخلي دانشگاه پيشبيني مي گردد. داراي مراكز فرماندهي جداگانه و سايت‌هاي آزمون گيري از دانشجويان مي باشد. بخشي از اين سايت‌ها در دانشگاه موجود بوده، و مراكز ديگر نظير تالارهاي امتحاني بايد مجهز به كامپيوترگردند. عملكرد اين سيستم به اين صورت مي باشد كه ابتدا سوالات طراحي شده و در داخل فايل مخصوص آزمون از طرف استاد قرار مي گيرد. سپس دانشجويان از طريق كامپيوترهاي موجود در سايت، اين فايل‌ها را گرفته و در زمان مشخص پاسخ سوالات را مي دهند. بعد از اتمام امتحان ، فايل امتحاني هر دانشجو از طريق شاخص گذاري در فايل‌هاي استاد (مركز فرماندهي جمع گرديده) قرار گرفته و چون سوالات امتحاني از قبل در سيستم موجود مي باشند لذا از طريق اجراي برنامه مخصوص در زمان خيلي كوتاهي جواب سوالات امتحاني دانشجويان محك مي شود و خروجي در واقع نمره تعلق گرفته به هر دانشجو مي باشد كه پس از

[1] University of California, Irvine

ارزيابي استاد از طريق آدرس الكترونيكي[1] به وي اطلاع داده مي شود و نسخه اي از نمرات نيز جهت ثبت نهايي پس از اعمال تجديد نظر به آموزش كل ارسال مي‌گردد. شكل۲-۱۲ جريان اطلاعات و موقعيتها را در سيستم مديريت آزمون دانشگاه نشان مي دهد. ايجاد اين سيستم در دانشگاه شريف تبعا" نيازمند بهره گيري از مشاوران با تجربه خارجي و سرمايه گذاري جديد جهت ايجاد زير بناي مديريت اطلاعات دانشگاه و خريد كامپيوتر و ساير تجهيزات سخت افزاري و نرم افزاري مي باشد. ارزيابي هزينه بسيار مشكل بوده، ليكن نيازمند حداقل ۱ كامپيوتر به ازاي هر ۵ دانشجو بوده است. محاسبات و تجربه در كشورهاي ديگر نشان از برگشت سرمايه ۲ تا ۳ سال مي باشد[14]. البته در برخي مواقعي ۷۰ در صد سرمايه در سال اول برگشت مي شود.

عوامل مختلفي بكارگيري سيستم مديريت اسناد الكترونيكي در دانشگاه يا مراكز مشابه را كند مي كنند. مهمترين عامل مقاومت سيستم در مقابل تغييرات مي باشد. افزون بر اين مسائل مرتبط با دسترسي كافي به كامپيوترها و تجهيزات،آموزش دهي،مسائل امنيتي، اعتبار و درستي داده نيز دخيل مي باشند. امكان سنجي ايجاد سيستمهاي مديريت اسناد در دانشگاه بسيارمتغير بوده و به اهداف و ابعاد آن بستگي دارد. در سازمان‌هاي كوچكتر، هزينه بكارگيري كامل سيستم جديد ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰$ بوده و در دانشگاه بكارگيري آن هزينه ۵۰۰هزار تا چندين ميليون دلار را مي طلبد. مطالعات شركت بين المللي داده ها نشان مي دهد كه بطور ميانگين برگشت سرمايه، البته با آموزش دهي كارمندان و كاركنان دانشگاه، طي سال نخست از ۸۷% تا ۱۲۰۰% خواهد بود.

[1] E-Mail



شکل۲-۱۲ طرح شماتيك سيستم آزمون گيري الكترونيكي در دانشگاه

منافع ايجاد سيستم‌هاي مديريت الكترونيكي اسناد در دانشگاه:

- افزايش بهره وري
- كاهش كارمندان ؛ كاهش تعداد كارمندان به ميزان ۱۰ نفر به معناي صرفه جويي ساليانه در حد ۴۰۰ ميليون ريال مي باشد.
- بهبود خدمات به مراجعين
- بهبود دسترسي به اطلاعات
- كاهش هزينه هاي انبار
- دستيابي و كنترل مكاتبات
- كاهش هزينه هاي توزيع
- بهبود كيفيت كار
- **كاهش مصرف كاغذ**؛ ايجاد سيستم مديريت الكترونيكي اسناد ميزان مصرف كاغذ را از ۴۰-۵۸% كاهش مي دهد.

۲-۵ ارزيابي ميزان توليد زباله[1] و آلاينده‌ها در دانشگاه

۲-۵-۱ مقدمه

دانشگاه صنعتي شريف بدليل فعاليت‌هاي گسترده آموزشي، اداري و تحقيقاتي در طول سال، يكي از منابع ايجاد زباله مي باشد. زباله هاي توليد شده در يك دانشگاه عمدتا" به سه دسته اصلي تقسيم بندي مي شوند:

- زباله هاي جامد[2]
- فاضلاب[3]
- زباله خطرناك[4]

زباله هاي جامد، طبق بررسيها و بازديد از محل جمع آوري زباله در دانشگاه صنعتي شريف، عمدتا" به پنج گروه تقسيم بندي مي شوند: ۱) كاغذ، كه عمدتا" مربوط به مصارف كاغذ A_4 در دانشگاه بوده و كارتن هاي بسته بندي و انواع ديگر كاغذ در اين بخش گنجانده مي شوند. ۲) پسماند مواد غذايي، كه زباله هاي سلف سرويس دانشگاه را در بر مي گيرد. ۳) پلاستيك كه شامل نايلون، بطري‌هاي پلاستيكي، شيشه و انواع ديگر مواد تجزيه ناپذير مي باشند. ۴) بوته گياهي، برگ درختان و در كل تمام زباله هاي ناشي از منظره سازي در دانشگاه. ۵) مابقي تمام انواع زباله هاي جامد كه در بالا لحاظ نشد. فرايند جمع آوري زباله ها در سطح دانشگاه صنعتي شريف بدين صورت است كه حدود ۸۰ سطل جمع آوري زباله در سايت دانشگاه شريف نصب گرديده است كه در واقع زباله هاي محوطه دانشگاه و هر ساختمان بدون تفكيك درآنجا جمع مي شوند و سپس از طريق انتقال سطل و جمع آوري باقي مانده كل زباله ها در يك محيط مشخص، از طريق خودروي مخصوص به خارج از دانشگاه منتقل مي گردد. بخشي از كاغذ بازيافت شده، و مابقي همراه با زباله هاي ديگر دفن

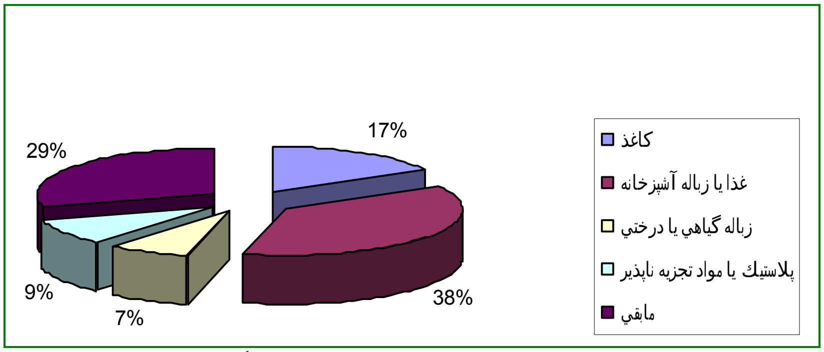
[1] Waste Management
[2] Solid Waste
[3] Liquid Waste
[4] Hazard Waste

مي‌گردد. فاضلاب، دانشگاه داراي سيستم فاضلاب جامعي نبوده، و هيچگونه اتصالي به سيستم شهري ندارد. فاضلاب‌هاي هر ساختمان معمولا" وارد چاه شده و در ضمن هيچگونه بازيافت فاضلاب انجام نمي‌گيرد. زباله خطرناك مربوط به پسماند مواد شيميايي خطرناك مورد استفاده در آزمايشگاه‌هاي شيمي بوده و تنها دانشكده اي كه اين مواد در آن مصرف مي شوند، دانشكده شيمي بوده كه پسمانده را در شيشه هاي استوانه اي به ظرفيت ۶۰۰cc تا ۷۰۰cc نگهداري مي كنند و معمولاهر۱,۵ سال، يكبار اين مواد را با ماشين مخصوص به خارج از دانشگاه منتقل مي نمايند. لازم به تذكر است كه حجم و مقدار اين زباله ها در دانشگاه شريف بسيار اندك است.

۲-۵-۲ برجسته سازي آمار توليد زباله در دانشگاه صنعتي شريف

جمع آوري و انتقال زباله بصورت روزانه (شنبه تا چهارشنبه) انجام مي گيرد. تعداد سرويس‌ها در روز شنبه سه ماشين (بخاطر انباشت زباله در روزهاي پنجشنبه و جمعه) و بقيه روزها دو ماشين در روز مي باشد، وزن بار هر سرويس معمولا" بين ۱۲۰۰ تا ۱۴۵۰ كيلوگرم است.

محاسبات نشان مي‌دهد كه كل زباله توليدي ساليانه دانشگاه شريف در حدود ۷۵۸ تن مي باشد لذا سرانه زباله توليدي بر حسب كل دانشجويان۹۴,۷۳ كيلو گرم و بر حسب كل افراد دانشگاه (دانشجويان، اساتيد، و كارمندان) ۸۰,۶ كيلو گرم است كه نسبت به استانداردهاي جهاني رقم قابل قبولي مي باشد [16]. شكل ۲-۱۹توزيع وزني هر كدام از اجزاي تشكيل دهنده زباله در دانشگاه شريف را نشان مي دهدكه از اين ميزان تنها حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد كاغذ بازيافت شده و جهت تبديل مجدد به فروش مي رسد.



شكل۲-۱۳توزيع وزني اجزاي تشكيل دهنده زباله در دانشگاه صنعتي شريف

۲-۵-۳ جايگاه مديريت زباله در سيستم جامع مديريت جريان انرژي و مواد دانشگاه

همانطوريكه در نمودار مرجع جريان انرژي و مواد(شكل۳-۱) مشخص است تراز انرژي زباله بعد از مصرف كننده نهايي قرار مي گيرد و بطور كلي به بخش توليد زباله، انتقال، و بازيافت و دفن تقسيم بندي شده اند. اين نمودار مرجع عمومي بوده و فرض مي كند كه قادر به بازيافت بخشي ازپسماندها بوده و به سيستم برگشت داده شود يا بخشي از كاغذ را بازيافت كرده و آنرا به كارخانجات جهت توليد مجدد بفروش رسانيم. بنابراين در سيستم جامع مديريت انرژي و مواد، دو روش جهت بازيافت كاغذ و فاضلاب پيشنهاد گرديده است كه احتمالا" گزينه هاي اصلحي جهت مديريت زباله مي باشند. استفاده از پسماند مواد غذايي جهت توليد كود و جدا كردن پلاستيك از ديگر زباله ها راهكارهايي در راستاي مديريت سبز دانشگاه شريف است.

۲-۶ مقايسه شاخص‌هاي انرژي و زيست محيطي دانشگاه شريف با ديگر دانشگاه‌ها

شاخص‌ها، سيگنال‌هاي نشان دهنده حالت سيستم مي باشند از شاخص‌ها جهت نشان دادن شرايط كنوني، به منظور درك رفتار آتي سيستم بهره مي گيرند. شاخص‌هاي دانشگاه سبز، نشانگر ارتباط داخلي بين سه عنصر؛ مكان، افراد، و سودمندي است. شاخص‌هاي موثر پايداري، شرايط كنوني ارتباط بين جامعه، اقتصاد، و مسائل زيست محيطي را بيان مي كنند.

در اين بخش برخي شاخص هاي مديريت سبز دانشگاه صنعتي شريف با سه نمونه از سبزترين دانشگاههاي جهان مقايسه خواهد شد. جدول ۲-۵ شاخص مصرف سرانه برق طي چندين سال را در دانشگاه‌هاي اورگون، *Purdue* و شريف نشان مي دهد.

جدول ۲-۵

مقايسه تطبيقي شاخص‌هاي سرانه مصرف برق در دانشگاه شريف

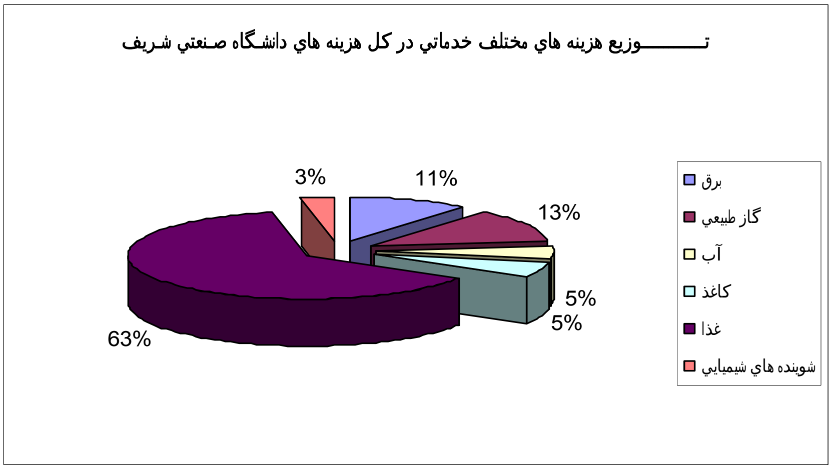
سال	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰
		[KWh/People]	
دانشگاه اورگون[a]	۴۴۳۷,۹	۴۴۵۱,۵	۳۹۸۹,۵
دانشگاه[a] Purdue	۵۱۲۱,۸	۵۰۶۶,۸	۵۱۳۹,۰۳
دانشگاه شريف			۱۰۱۹,۴

[a] داده ها از مرجع [16,14] اخذ شده است.

۲-۷ ارزيابي نتايج كلي

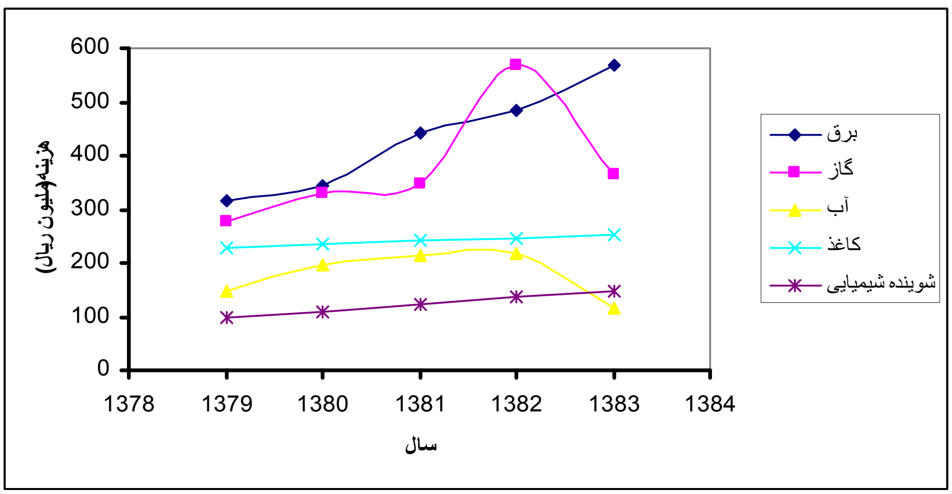
۲-۷-۱ تجزيه و تحليل هزينه هاي كلي در دانشگاه صنعتي شريف

هزينه هاي خدمات انرژي و مواد دانشگاه صنعتي شريف از ۶ بخش كلي تشكيل شده است كه به ترتيب هزينه هاي انرژي(برق و گاز) و هزينه هاي مواد (آب،كاغذ، غذا، و شوينده هاي شيميايي) مي باشند. شكل۲-۱۴ توزيع اين هزينه ها را در كل هزينه دانشگاه در سال ۱۳۸۲ نشان مي دهد. مواد غذايي با سهم ۶۳% در رده نخست و هزينه هاي گاز طبيعي(۱۳%) و برق (۱۱%)در رده هاي بعدي قرار مي گيرند.



شكل۲-۱۴ توزيع هزينه هاي خدماتي در دانشگاه صنعتي شريف در سال ۱۳۸۲

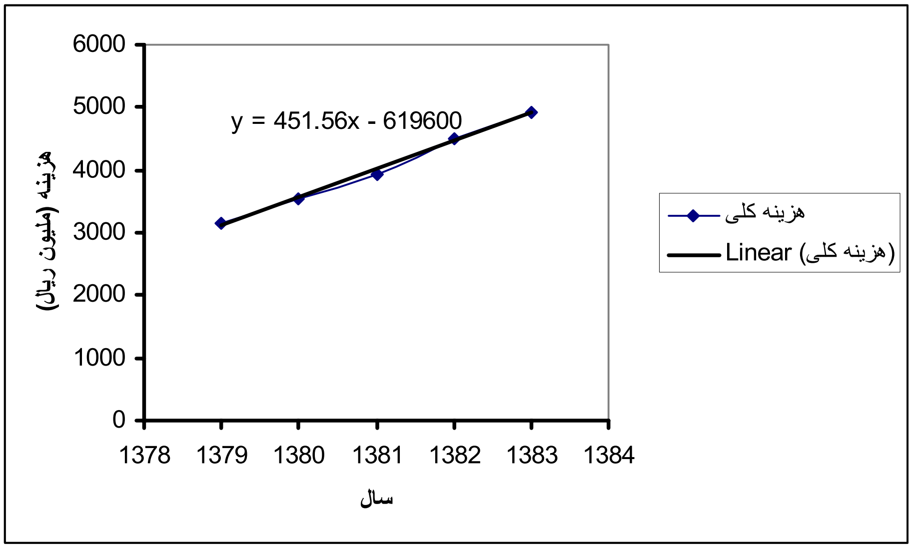
از طرف ديگر شناخت روند هر كدام از هزينه ها در سال هاي اخير جهت فهم روند رشد هزينه ها مفيد مي‌باشد و اينكه تغييرات كدام يك بيشتر بوده و بنابراين نياز به دقت بيشتري در مصرف و مديريت آنها دارد. شكل ۲-۱۵رشد هزينه هاي مختلف(به جز غذا) را نشان مي دهد.



شكل۲-۱۵روند رشد هر كدام از هزينه ها(به جز غذا) در دانشگاه صنعتي شريف

هدف اصلي مديريت،كاهش هزينه‌هاي دانشگاه وحداقل متوقف كردن ميزان رشد با بهره گيري از راهكارهاي مختلف صرفه جويي مي باشد. بنابراين اطلاع از رشد كلي هزينه و ميزان اين هزينه ها ضرورت دارد.كل هزينه هاي شش نوع خدمات اصلي دانشگاه در سال ۱۳۸۲ بالغ بر ۴۵۱۲,۳۴ ميليون ريال بوده است كه اين هزينه شتابان (متاثر از افزايش تقاضا و تورم اقتصاد ايران) در حال افزايش بوده

، بطوريكه متوسط رشد هزينه ها در ساليان اخير برابر با ۱۰,۸% بوده است كه رقم قابل توجهي مي باشد. شكل۲-۱۶ روند رشد هزينه هاي كلي در دانشگاه شريف طي ۱۳۷۹-۱۳۸۲، همچنين پيشبيني ميزان آن در آينده را نشان مي دهد.



شكل۲-۱۷ روند رشد هزينه هاي كلي دانشگاه صنعتي شريف در طي ۱۳۷۹-۱۳۸۲

راهكارهاي كاهش مصرف انرژي و مواد در بخشهاي قبلي بطور مفصل مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت كه با بهره گيري از آنها مثلا درمورد كاغذ، ايجاد سيستم مكاتبات الكترونيكي حدود ۵۰% هزينه ها راكاهش داده و داراي بازگشت سرمايه از ۱,۵ تا ۲ سال است. در فصل سوم بطور مفصل به جريان بهينه انرژي در دانشگاه با توجه به كاهش هزينه ها خواهيم پرداخت. هدف اصلي بهره گيري از راهكارهاي مختلف به منظور متوقف كردن رشد هزينه و بهينه سازي جريان انرژي در دانشگاه مي باشد.

٣

طراحي، توسعه و كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه

٣-١ مقدمه

مكانيزم عرضه و تقاضا در سيستم انرژي دانشگاه همانند يک شهر کوچک[4] مي‌باشد. در اين شهر كوچک ساختمان‌هايي با كاربري‌هاي مختلف وجود دارند كه هر كدام بنابر فعاليت‌هايشان متقاضي انواع انرژي مفيد يا مواد مي‌باشند. دانشگاه بعنوان يک كمپاني توليدكننده خدمات آموزشي و تحقيقات مي‌باشد كه درصدد است تا براساس تئوري توليد، هزينه‌هاي كلي خود را كمينه كند. انرژي بعنوان يكي از نهاده‌هاي اصلي دانشگاه در فرايند توليد خدمات آموزشي و تحقيقاتي مي‌باشد. بنابراين حداقل كردن هزينه انرژي دانشگاه در راستاي حداقل‌كردن هزينه توليد مي‌باشد. منطقي كردن ميزان تقاضاي مفيد در ساختمان‌ها و فضاهاي مختلف دانشگاه در راستاي اهداف كاهش هزينه و حفظ محيط‌زيست و نهايتاً حركت به سمت معيارهاي دانشگاه سبز مي‌باشد.

٣-١-١ مروري بر انواع نرم افزارها و مدل‌ها

تعدادي از مدل‌هايي كه با بهينه سازي انرژي در سيستم هاي انرژي شهري سرو كار دارند. مستقيما" در اين بخش آورده شده است كه بطور خلاصه بدان‌ها خواهيم پرداخت. يكي از اين مدل‌ها ، مدل MODEST، (مدلي براي بهينه سازي سيستم‌هاي انرژي پويا با وابستگي زماني اجزا و شرايط مرزي سيستم) مي باشد[1].

[4] Mini City

مدل براساس برنامه ريزي خطي به دو بخش عرضه و تقاضا و تقسيم شده است. بخش عرضه بطور تفصيلي با جزئيات بوده، ليكن در بخش تقاضا وارد جزئيات نشده است. گام‌هاي زماني طولاني مدت بوده و تغييرات روزانه و تغييرات كل سال را منعكس نمي كنند. بهرحال، ايده اصلي در اين مدل كمينه كردن هزينه سيستم انرژي براي تحليل‌هاي پريودي در چندين سال مي باشد.

مدل ديگر، مدل موسوم به MARKAL مي باشد [2] كه اين مدل خيلي به MODEST شبيه مي باشد(اين مدل نيز بر اساس برنامه ريزي خطي استوار است). مدل تفصيلي به HOVA موسوم مي‌باشد[3] كه به عنوان مدل تشريح بار حرارتي استفاده مي شود. از طريق مدل HOVA كه بعنوان زيرشاخه‌اي از MARKAL مي باشد. شناسايي راهكارهاي صرفه جويي انرژي در استوك ساختمان امكان پذير است. رهيافت بكار گرفته شده در اين مقاله خيلي به روش كار در اين پروژه نزديك هست. اما در مدل HOVA با فرايند دقيق تشريح بار حرارتي مواجهه هستيم كه از اين نظر با روش بكار رفته در اين پروژه متفاوت به نظر مي رسد كه در بخش‌هاي بعدي به طور مشروح دنبال خواهد شد. تفاوت ديگر در قياس با مدل MARKAL اين است كه مدل مورد استفاده در اين مقاله بر اساس برنامه ريزي خطي صحيح مركب مي باشد. بهر حال مدل MARKAL در بخش عرضه خيلي پيچيده تر از مدل نمايش داده شده در اين بخش مي باشد. مدل MARKAL همراه با تشريح بار حرارتي خيلي ساده در قياس با مدل HOVA استفاده شده است[4].

در مرجع شماره [5] مدلي بر اساس برنامه ريزي خطي صحيح مركب توسعه يافته است. فرايند تشريح بار حرارتي در مقايسه با مدل تشريح شده در اين مقاله چندان پيچيده نيست. بار حرارتي كلي براي سومين شهر بزرگ سوئد ، بعنوان خانه غول پيكر مدل شده است. در مرجع شماره [5] ، بار حرارتي ساختمان مستقيما" به

دماي بيرون بستگي داشته، مقدار حرارت لازم بر اساس تخمين‌هايي بدست آمده، و ميانگين ماهانه بار حرارتي محاسبه شده است.

مرجع شماره [6] بسيار مفيد مي باشد. در اين منبع سرمايه‌گذاري در بخش‌هاي تقاضا مواردي نظير عايقكاري مضاعف براي ساختمان‌هاي جديد، كه با هزينه هاي اجتناب ناپذير در بخش تقاضا مقايسه شده است. محاسبات بر اساس روش بهينه سازي نمي باشد.

در مرجع شماره [7]، چگونگي بهينه سازي چند منظوره براي سطح شهري فرضي را نشان مي دهد. اهداف عبارتند از ميزان مصرف انرژي اوليه، هزينه كاهش *CO2*. سطح شهر شامل دسته هاي مختلفي نظير ساختمان‌هاي اداري، هتل‌ها و آپارتمان‌ها و غيره مي باشد.گزينه هاي مختلف سيستم عرضه انرژي عبارتند از : پمپ‌هاي حرارتي، موتورهاي گاز سوز، هيترهاي خورشيدي آب و سيستم‌هاي سرمايش و گرمايش مركزي. بهينه سازي پيشنهاد مي كند؛ سهم واحد سطح برخوردار از هر نوع انرژي مفيد چه مقدار بايد باشد. محاسبات بر اساس تراز انرژي ساعتي براي ۱۲ روز نمايشي در هر ماه از سال مي باشد. اين روش براي ساده كردن محاسبات بوده، ليكن جاه طلبي قابل توجهي در زمينه انعكاس تغييرات در قيمت برق در سراسر سال (با تغييرات ساعت به ساعت) لحاظ شده است.

در مرجع شماره[8] با كاهش تقاضاي حرارتي از طريق استفاده و بكار گيري سيستم توليد همزمان با استفاده از گاز طبيعي سرو كار داريم. بويلرهاي كمكي و تكنولوژي ذخيره حرارت در تجزيه و تحليل آمده است. تغييرات فصلي و روزانه وارد محاسبات شده اند كه ميانگين ۲۴ ساعت در جهت نشان داده شده تغييرات ماهانه مورد استفاده قرار گرفته اند. بهينه سازي بر اساس برنامه اي موسوم به TUTSIM مي باشد كه در آن از

متغييرهاي on/off بهره گرفته شده است. هدف اصلي مطالعه ساختمان‌هاي جديد مي باشند كه خارج از اهداف پروژه مي باشد.گزينه هاي بخش تقاضا، نظير عايق بندي مضاعف جداره ها در دوگزينه موسوم به گزينه هاي عايق بندي بهبود يافته و گزينه انرژي كمينه جمع شده است. دو سناريو، مورد مطالعه قرار گرفته است كه سناريوي مقياس كوچك با ۲۰۰ ساختمان و سناريوي مقياس بزرگ با ۲۰۰۰۰ ساختمان . به نظر مي رسد كه استوك ساختمان‌ها دسته بندي نشده اند. بخش عرضه و تقاضا به مدل اين پروژه شبيه نبوده، و فرايند بهينه سازي در هر بازه زماني انجام گرفته است كه يك ايراد بزرگ براي اين روش مي باشد. اين ايراد در مرجع تشريح شده است. هدف پايين آوردن تقاضاي حرارتي بوده ، و بخش تقاضا بطور مناسب سايز بندي نشده است. آنچه اين مدل را از بقيه مدل‌ها متمايز مي كند اين است كه مدل نشان داده شده در اين پروژه بر اساس برنامه ريزي خطي صحيح نمي باشد. بعنوان مثال آنرا در ايجاد روابط غير خطي نظير انرژي صرفه جويي شده در ارتباط با ضخامت عايق بندي مضاعف (اين روش همچنان در مرجع شماره [5] استفاده شده است) ناتوان نشان مي دهد. اين مدل از روش تشريح پيچيده گام‌هاي زماني كوتاه مدت جهت انعكاس تغييرات روزانه بارها استفاده مي كند(هيچگونه ميانگيني براي ۲۴ ساعت محاسبه نشده است).

مورد بعدي[9]، مدل بهينه جريان انرژي در سيستم انرژي دانشگاه را از طريق تشريک تكنولوژي هاي توليد همزمان برق و حرارت (CHP) به همراه منابع انرژي توزيعي[1] (DER) در مجموعه‌اي كوچک از فعاليت‌هاي متفاوت و متقاضيان مختلف تحت عنوان ميكروگريد[2] (دانشگاه) توسعه مي‌دهد. هدف توسعه مدل اقتصاد مهندسي به منظور گزينش انواع تكنولوژي ها جهت تامين تقاضاي مفيد انرژي دانشگاه بعنوان يک ميكروگريد مي‌باشد

[1] Distributed Energy Resources
[2] Micro-Grid

منابع انرژي پراكنده، متشكل از تكنولوژي‌هاي نظير پيل‌هاي سوختي[3]، ميكروتوربين‌ها[4]، موتورهاي رفت و برگشتي[5] پانل‌هاي فوتوولتائيك[6]، توربين‌هاي بادي كوچک، و سايرتكنولوژي‌هاي پربازده مي‌باشد. تكنولوژي‌هايCHP از حرارت اتلافي جهت تامين بارهاي حرارتي الكتريكي بهره مي‌برند. بهره‌مندي از قابليت‌هايCHP، كليدي براي افزايش بازدهي سيستم انرژي دانشگاه مي‌باشد. تكنولوژي توليد پراكنده، منافع زيادي را براي سيستم انرژي دانشگاه بعنوان كمپاني توليدكننده خدمات آموزشي و تحقيقاتي جهت كاهش هزينه در درازمدت فراهم مي‌كند. اين منافع عبارتند از: كاهش هزينه نسبت به نرخ‌هاي خرده فروشي و خريد مستقيم از شبكه، بهبود كيفيت قدرت و قابليت اطمينان آن، قابليت توليد همزمان پيک‌سائي برق، كاهش تلفات برق، كاهش آلودگي از طريق بكارگيري تكنولوژي‌هاي سبز، به مدد پيشرفت‌هاي چشمگير در توسعه تكنولوژي CHP، فرصتي جهت افزايش بازدهي تبديل حرارت و قدرت به ۶۰ تا ۸۰ درصد، كاهش پايدار آلايندگي‌ها و فراهم كردن منافع مالي و كاهش هزينه مصرف‌كنندگان ايجاد شد. نرم افزار توسعه يافته براي انجام اين قابليت به DER-CAM[1] موسوم است . مدل قابليت اعمال بارهاي كوتاه زماني را دارد.

مدل ESM[2] در پژوهشكدۀ تحقيقات انرژي شريف (SERI)[3] توسط ي. سبوحي توسعه يافته است و هدف از آن در اولويت نخست مطالعات جامع مسائل انرژي كشور مي‌باشد[10]. مدل هاي سيستم انرژي از سال ۱۹۷۴ توسعه يافته‌اند، كه اين جريان با توسعه MARKAL شروع شد. اينگونه مدل ها كل زنجيرۀ جريان انرژي از منابع انرژي اوليه به سمت نيازمندي‌هاي انرژي مفيد در بخش‌هاي مختلف اقتصادي را نمايش مي‌دهند. در مطالعه بر هم‌كنش بين زير بخش‌هاي سيستم انرژي، رقابت بين عرضه انرژي و صرفه‌جويي انرژي و

---

[3] Fuel Cell
[4] Micro-Turbine
[5] Reciprocating Engine
[6] Photovoltaic
[1] Distributed Energy Resource Customer Adoption Model
[2] Energy System Model
[3] Sharif Energy Research Institute

بهينه‌سازي تركيب سوخت در سطوح اوليه و نهايي زنجيره جريان انرژي كاربرد دارند. مدل سيستم انرژي، مدل كل سيستم بوده، و جهت تجزيه و تحليل يكپارچه جنبه‌ها و ابعاد مختلف توسعه بخش انرژي و به‌منظور فراهم كردن ابزاري جهت بازبيني چشم‌انداز سيستم عرضه انرژي مي‌باشد. همچنين براي تجزيه و تحليل‌هاي فراگير بلندمدت توسعه بخش انرژي بكار مي‌رود. مدل سيستم انرژي، جريان انرژي از منابع به سمت مصرف‌كننده نهايي را در بخش‌هاي مختلف اقتصادي و اجتماعي نشان مي‌دهد. جريان انرژي با گذر از سيستم هاي استخراج، سيستم‌هاي فرايندي، انتقال، توزيع، تبديل، و غيره صورت گرفته، و تكنولوژي‌هاي مصرف نهايي منعكس شده در ESM برمبناي ويژگي‌هاي فني، اقتصادي و زيست محيطي تكنولوژي‌هاي مختلف مورد استفاده در بخش انرژي مي‌باشد.

اين مدل بر مبناي برنامه‌ريزي خطي بوده، و بخاطر سادگي آن در فرايند مدل سازي جهت برنامه ريزي بهينه سيستم انرژي در كوتاه مدت و بلند مدت كاربرد دارد.

۳-۱-۲ شناخت سيستم جريان انرژي و مواد در دانشگاه

نمودار مرجع تراز سيستم جريان انرژي و مواد دانشگاه در شكل۳-۱ ارائه شده است. در سمت راست بخش عرضه خدمات انرژي و مواد دانشگاه و در سمت چپ بخش تقاضا قرار گرفته است. در نمودار تراز جريان انرژي دانشگاه، ورودي‌هاي انرژي و مواد گاز طبيعي، الكتريسيته، آب، غذا، مواد شيميايي، كاغذ، انرژي خورشيدي و آب چاه بوده است. سيستم عرضه انرژي دانشگاه از ۵ سطح انرژي متفاوت تشكيل يافته است. اين بخش‌ها عبارتند از:

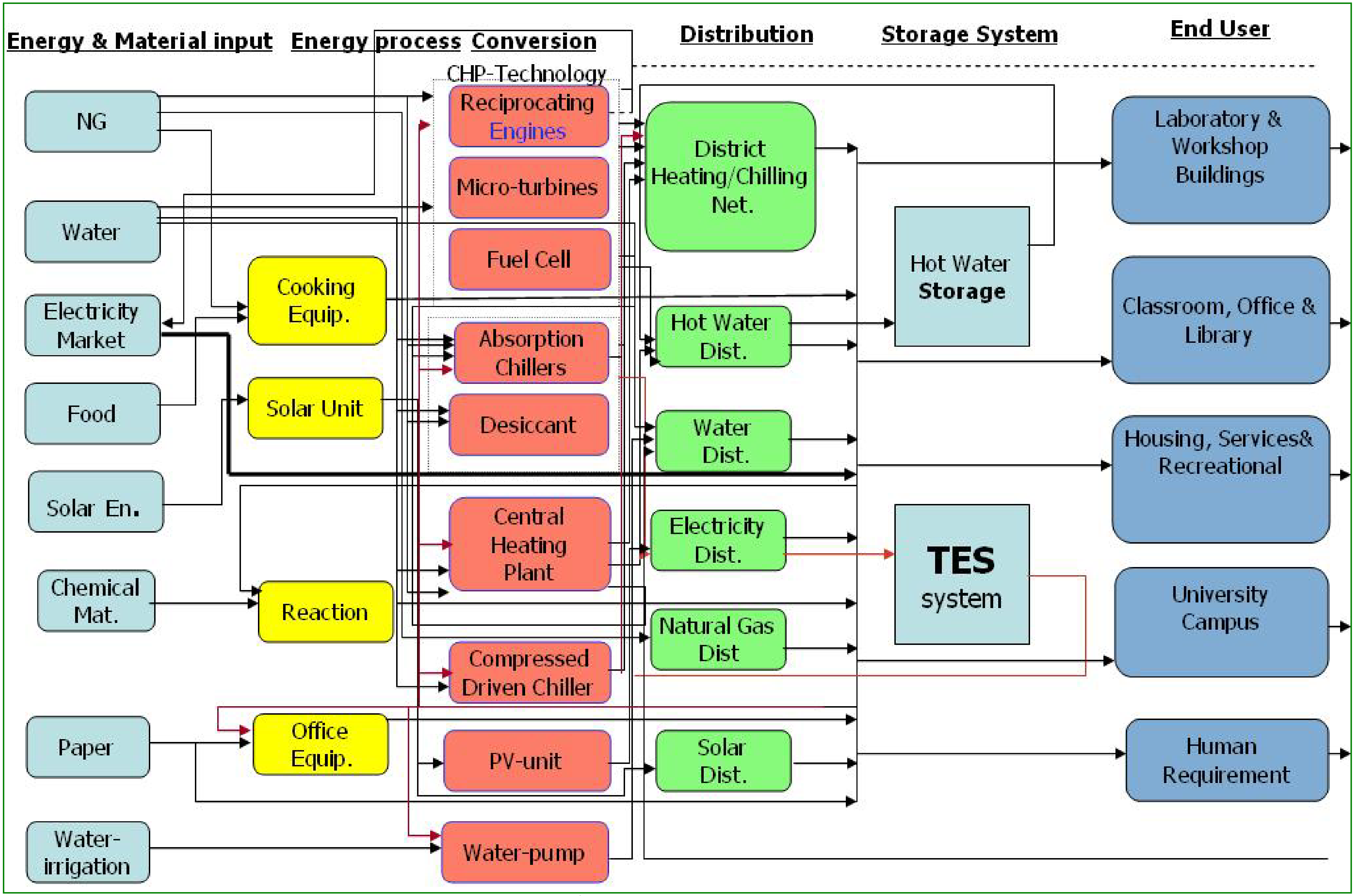
- ورودي‌هاي انرژي ثانويه و مواد؛ از بخش شبكه توزيع شهري وارد شده، و يا از طريق خرده‌فروشي تامين مي‌گردد و همچنين انرژي خورشيدي.

- تبديل انرژي؛ انرژي ثانويه در پلنت هاي تبديل به انرژي مصرفي مفيد و يا شكل ديگري از انرژي (بخار آب جهت راه‌اندازي چيلر جذبي) تبديل مي‌شود. بازدهي تبديل انرژي و نوع چينش تكنولوژي‌ها، تاثير فوق‌العادي بر عملكرد بهينه انرژي دانشگاه داشته، و بيانگر تغييرات تكنولوژي در درازمدت و قابليت حصول تكنولوژي‌هاي جديد در راستاي بهينه‌سازي انرژي در سيستم عرضه و تقاضاي انرژي دانشگاه مي‌باشد.
- Energy Processing؛ انرژي ورودي جهت ايجاد محصولات خاصي (مثلاً كپي كاغذ) در يک فرايند مصرف مي‌شوند.
- شبكه‌هاي توزيع آب داغ، آب سرد و برق
- تكنولوژي سيستم‌هاي ذخيره انرژي حرارتي (TES)[5] : اين سيستم‌ها در داخل دانشگاه پيش‌بيني گرديده‌اند تا در صورت كمبود و عرضه در بارهاي پيک و تغييرات زياد قيمت برق وظيفه انتقال ساعات اوج بار به ساعت غير پيک انجام دهند(اين سيستم در پروژه ارزيابي نمي شود).

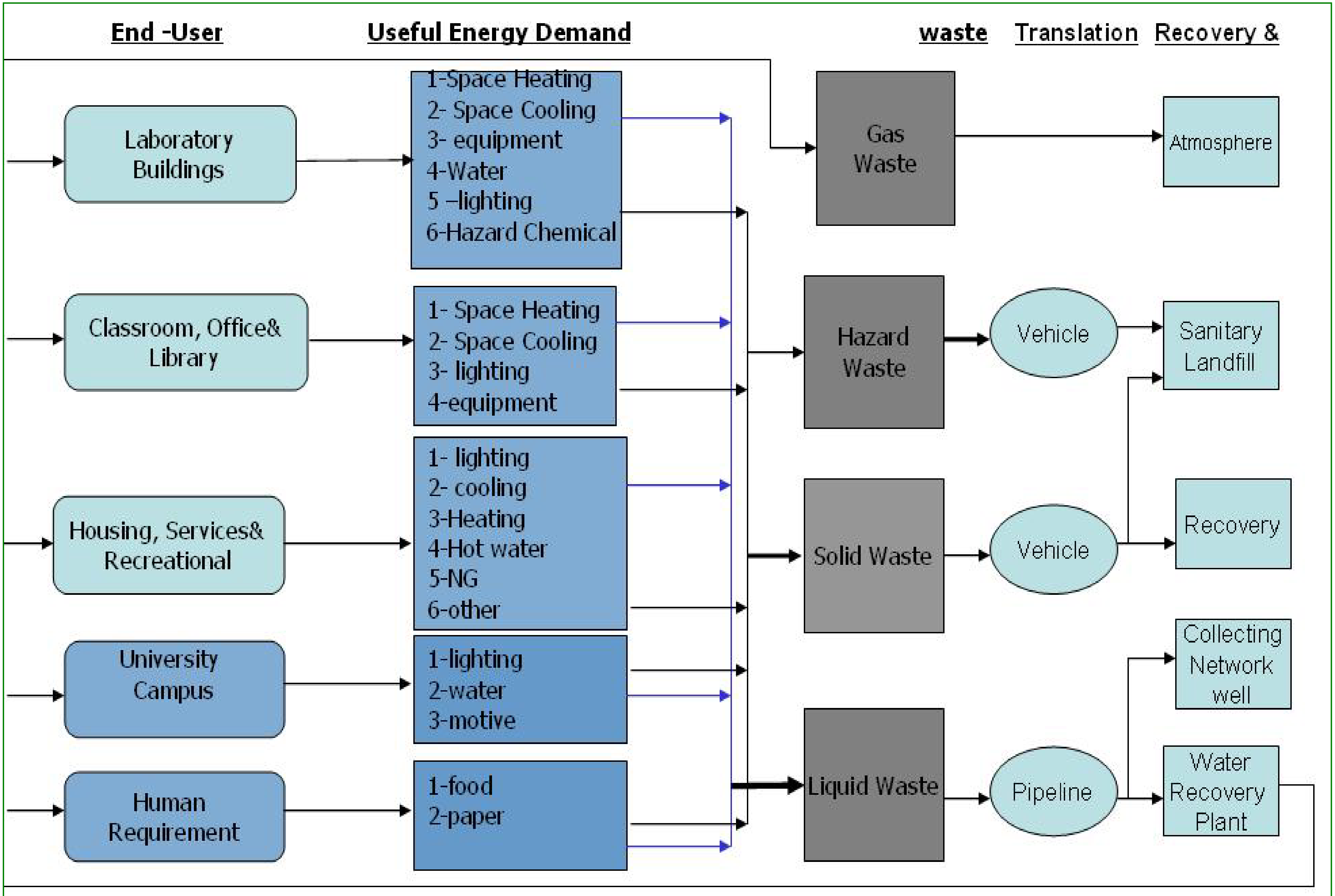
امروزه مديريت بخش تقاضا[1] يكي از تاثيرگذارترين راهكارهاي منطقي كردن تقاضاي انرژي مطرح مي‌باشد. تجربه ايالات متحده در طول ۱۵-۱۰ سال گذشته نشان مي‌دهد كه رشد كاهش مصرف خدمات انرژي مي‌تواند در صورت اجراي برنامه‌هاي DSM بطور متوسط ۱-۰,۵% در سال باشد. با نرخ رشد متوسط ۲% بعنوان مبنا، كاهش ۵۰-۲۵% در رشد تقاضا ايجاد خواهد شد[11]. ايجاد تغييرات در بازدهي و ظرفيت تجهيزات مصرف كننده نهايي (فن‌كوئل‌ها، لامپ‌ها) زمينه اصلي كاربرد برنامه DSM مي‌باشد. كل

[5] Thermal Energy storage
[1] Demand Side Management-

ساختمان‌هاي موجود در دانشگاه به سه دسته زيرتقسيم‌بندي مي‌شوند[12]: الف) ساختمان‌هاي كارگاهي و آزمايشگاهي، ب)ساختمان‌هاي آموزشي، اداري و كتابخانه ج)ساختمان‌هاي تفريحي، ورزشي و رستوران‌ها



شکل۳-۱ نمودار مرجع جریان انرژي دانشگاه -سمت عرضه



شکل۳-۲ نمودار مرجع جریان انرژي دانشگاه-سمت تقاضا و بازيافت

۳-۲ مدل سازي بهينه[1] جريان عرضه و تقاضاي انرژي در سيستم انرژي دانشگاه

با توجه به اينكه فرمولاسيون و كاربرد فرايند جريان انرژي شكل۳-۱ از پيچيدگي زيادي برخوردار است. در اين بخش مدل ساده‌اي كه بخش عمده‌اي از اهداف كلي را برآورد مي‌كند، طراحي و توسعه داده خواهد شد. نيازمنديهاي گرمايشي و الكتريكي سايت دانشگاه به منظور اجتناب از سردرگمي منظور خواهد شد.

۳-۲-۱ مباني تئوري مدل بهينه انرژي دانشگاه

دانشگاه به عنوان يك كمپاني توليد كننده خدمات آموزشي و تحقيقاتي مي باشد. اين كمپاني در صدد است كه بر اساس مجموعه محدوديت‌ها، به هدف حداقل كردن كردن هزينه توليد بر اساس تئوري توليد دست پيدا كند. ولي تحقق اين امر با حقيقت امكانپذيري و ضرورت تطبيق ايده آلها با واقعيت‌هاي زميني مواجهه است. تلاش در جهت دستيابي به حداقل هزينه توليد در چارچوب محدوديتها مفهوم پيدا مي كند. لذا با حداقل كردن مصرف منابع، ازجمله انرژي، مي توان گامي در جهت نيل به هدف اين كمپاني برداشت. يكي از ابعاد مصرف انرژي، تامين آسايش و ايجاد شرايط فعاليت براي ساكنين مي باشد. چنانچه اين امر با حداقل منابع مالي صورت بگيرد در چارچوب تخصيص بهينه منابع خواهد بود و از طرفي در بعد اجتماعي، قضيه آلودگي و تخريب كمتر محيط زيست و مصارف كمتر منابع انرژي، بويژه منابع انرژي پايان پذير، را به همراه خواهد داشت، مدل رياضي تئوري توليد را در دانشگاه به صورت زير مي توان نمايش داد[13]:

[1] Optimal Modeling

$$
\begin{aligned}
MinZ &= \sum_{t=1}^{t=T} P_{i,t} \times F_{i,t} \times \frac{1}{(1+r)^t} \\
S.t.& \\
f(F_{1,t}&, F_{2,t}, \ldots, F_{n,t}) \ge Q \\
F_{k.t} &\le A_{k,t} \\
F_i &\ge 0
\end{aligned}
\qquad (۱-۳)
$$

كه،

- Z؛ ارزش فعلي مجموع هزينه هاي سيستم
- $P_{i,t}$: : قيمت عامل توليدي iدر گام زماني t
- $F_{i,t}$: مصرف عامل توليدي i در گام زماني t
- r: نرخ تنزيل
- F: تابع توليد
- Q_t: تقاضاي براي محصول در زمان t
- $A_{k,t}$: مرز مصرف عامل توليدي k در زمان t

دستگاه معادلات جايگزين مجموع قيدها و محدوديت‌ها مي شود و با حل اين دستگاه معادلات و با عنايت به تابع هدف ، رفتار كمپاني توليد و در نتيجه جريان بهينه انرژي دانشگاه شناسايي مي شود. از طرفي، مدل بهينه جريان انرژي دانشگاه مدل كنترلي بر اساس برنامه ريزي خطي صحيح مركب[1] پويا مي باشد.

[1] Mixed Integer Linear Programming

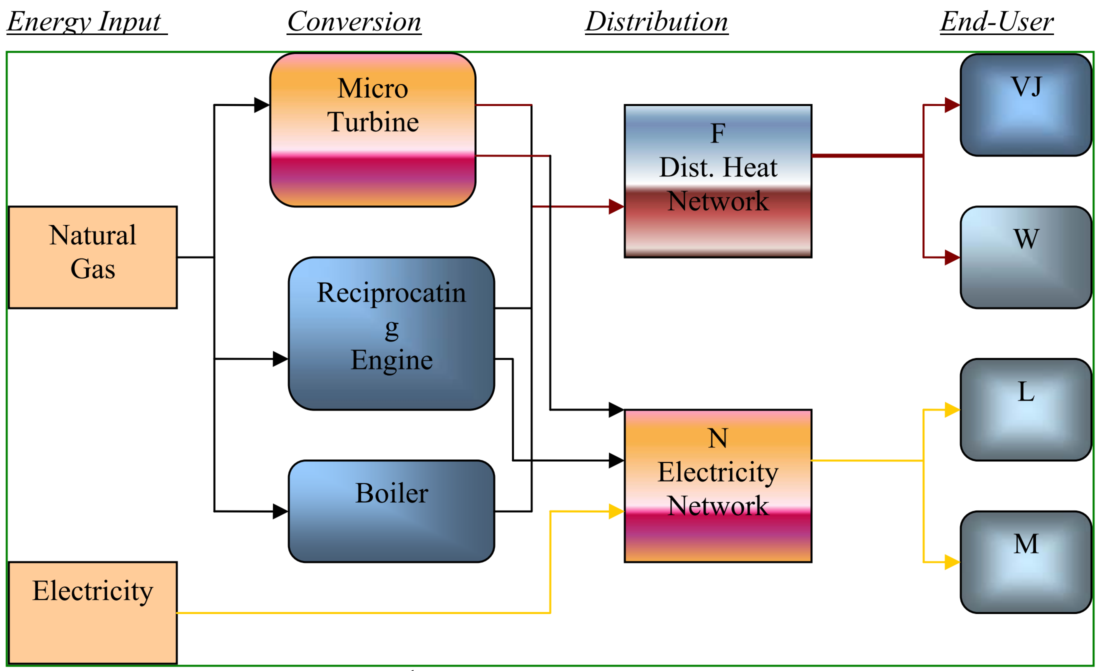
۳-۲-۲ ساده‌سازي مدل[2]

مدل براساس برنامه‌ريزي خطي صحيح مركب خواهد بود، گزينه‌هاي بخش تقاضا بصورت گام‌هاي مختلف، نظير عايق بندي جداره با ضخامت ۵ سانتي‌متر در گام نخست و ضخامت ۱۰سانتي‌متر در گام بعدي، در مدل لحاظ مي گردد. نمودار جريان انرژي ساده شده دانشگاه در شكل۳-۲ ارائه گرديده است. در سمت راست نمودار بخش عرضه قرار گرفته است. دو دستگاه CHP در نظر گرفته شده‌اند كه هر دو از گاز طبيعي استفاده مي‌كنند و به ترتيب ميكروتوربين گازي و موتور رفت و برگشتي گاز سوز مي‌باشند. آنها حرارت را به شبكه گرمايش محلي تحويل مي‌دهند، F، و برق را به شبكه الكتريكي تحويل مي‌دهند،N. يک بويلر نيز به منظور فراهم كردن باقي‌مانده تقاضا و بار پيش‌بيني شده است.EI در بخش عرضه و M در بخش تقاضا (سمت چپ) بازار برق مي‌باشد. بازار برق بخاطر مسائل فني مدل به دو گره تقسيم شده است.

بخش تقاضا نيز به ۴ گره تقسيم شده است. گره نخستين، V_j به بخشي از بار حرارتي كه مستقيماً به دماي بيرون بستگي دارد، اشاره مي‌كند، همانند انتقال حرارت از جداره‌ها و تهويه هوا. باقي‌مانده حرارت در گره w جمع مي‌شوند. گره L نيز بار الكتريكي دانشگاه مي‌باشد. همانطوريكه قبلاً گفته شد، هدف حداقل كردن هزينه‌هاي سيستم انرژي كمپاني خدمات آموزشي و تحقيقاتي (دانشگاه) در افق برنامه ريزي با توجه به محدوديت‌ها مي‌باشد.

---

[2] Model Simplification



شكل ۳-۲ جريان انرژي در دانشگاه

۳-۲-۳ فرمولاسيون رياضي مدل

ساختار مدل، شامل پارامترها، متغيرهاي تصميم‌گيري، تابع هدف و محدوديت‌ها كه در بخش‌هاي زير توضيح داده مي‌شوند.

پارامترها

L_i تقاضاي الكتريكي دانشگاه در گام زماني i (Mwh)

W_i تقاضاي حرارتي معمولي در گام زماني i (Mwh)

V_i تقاضاي حرارتي كه مستقيماً به دماي بيرون وابسته بوده ، در گام زماني i (MWh)

$N_{\mu T}, N_{En}, N_{Bo}$ انرژي معادل گاز مصرفي در هركدام از دستگاهها در گام زماني i (Mwh)

$T_{\mu T}, T_{En}$ انرژي حرارتي عرضه شده به شبكه گرمايش داخل دانشگاه از ميكرو توربين و موتور در گام زماني i (MWh)

$E_{\mu T}, E_{En}$ انرژي الكتريكي عرضه شده به شبكه در گام زمانيi (Mwh)

$P_{\mu T}, P_{En}.P_{Bo}$ ظرفيت و توان دستگاههاي CHP و بويلر (Mwh)

C_{Ng}, C_{Eli} قيمت گاز طبيعي و برق در بازار$(\$/MWh)$

C_{iE} قيمت فروش برق به بازار$(\$/MWh)$

$\eta_{\mu T}, \eta_{En}, \eta_{Bo}$ بازدهي دستگاهها

$\alpha_{\mu T}, \alpha_{En}$ نسبت برق به حرارت خروجي در دستگاه CHP

t_i طول ساعتي گام زماني (h)

M عدد خيلي بزرگ

$k_{\mu T}, k_{En}, k_{Bo}$ هزينه سرمايه گذاري ثابت براي هر دستگاه$(\$/Mwh)$

$kI_{\mu T}, kI_{En}, kI_{Bo}$ هزينه سرمايه گذاري متغير براي هر پلنت$(\$)$

PVF ضريب ارزش كنوني، چون تجزيه و تحليل در طول چندين سال انجام مي گيرد لذا از اين ظريب به منظور احتساب ارزش فعلي منابع بهره مي گيرند. تورم در اينجا وارد محاسبات نمي شود.

ضريب ارزش كنوني بصور ت مقابل محاسبه مي شود: $pvf = \frac{1-(1+r)^{-n}}{r}$ كه n افق زماني و r نرخ تنزيل مي باشد.

$I_{\mu T}, I_{En}, I_{Bo}$ متغير $binary$ بمنظور سرمايه گذاري در هر دستگاه

IIT_{jp}, IIV_{jk} متغير $binary$ براي سرمايه گذاري در عايقي به ضخامت در جداره يا سقف ساختمانهاي دانشگاه

KIT_{jp}, KIV_{jk} هزينه عايق بندي با ضخامت خاص (kياp)، براي عايق بندي جداره يا سقف ساختمانهاي دانشگاه ($)

IW_j متغير *binary* براي سرمايه گذاري در بهترين نوع از پنجره براي دسته ساختماني j

KW_i هزينه سرمايه گذاري در بهترين نوع از پنجره ($)

NM_i برق فروشي به بازار (Mwh) در گام زماني i

FV_{ij} بار حرارتي عرضه شده كه مستقيما" به دماي هواي بيرون وابسته بوده، در دسته j طي گام زماني I

FW_i حرارت عرضه شده جهت تامين بار حرارتي متداول و تقريبا" مستقل از دما(مثلا" مصرف آبگرم در دانشگاه)

W_i بار حرارتي هميشگي طي گام زماني i(MWh)

NL_i برق تحويلي به ساختمانهاي دانشگاه در گام زماني i(MWh)

L_i بار الكتريكي دانشگاه در گام زماني I(MWh)

E_i برق خريداري شده از بازار در گام زماني i(MWh)

U_{New} مقدار جديد Uبعد از عايقكاري

U_{Exit} مقدار موجود U مثلا" براي جداره

EIT_{ijp} انرژي صرفه جويي شده ناشي از افزودن عايق به كف ساختمان دسته j به ضخامت p در گام زماني I (MWh

EIV_{ijk} انرژي صرفه جويي شده ناشي از افزودن عايق به جداره ساختمان دسته j به ضخامتkدر گام زماني I (MWh)

Ek_{ij1}, Ek_{ij2} انرژي صرفه جويي شده ناشي از تعويض پنجره هاي دانشگاه با پنجره هاي پر بازده نوع ۱ و۲ در دسته ساختماني j و در گام زماني I (Mwh)

V_{ij} بار حرارتي كه مستقيما" به دماي بيرون وابسته بوده براير دسته ساختماني j در گام زمانيi (Mwh)

AT_j سطح جداره هاي ساختمان در دسته ساختماني jدر دانشگاه

k_{Wall} *ضريب* انتقال حرارتي جداره ساختمان $(w/m^2.c)$

تابع هدف[1] : تابع هدف مدل در معادله (۳-۲) نشان داده شده است كه محتوي گزينه هاي بخش تقاضا يعني عايق‌بندي جداره ها ، كف و بهره گيري از دو نوع پنجره پر بازده مي باشد.

$$\begin{aligned} Z = Min\,[\sum_i \; [C_{NG} \cdot N_{MT} \cdot \frac{1}{\eta_{MT}} + C_{NG} \cdot N_{eng} \cdot \frac{1}{\eta_{En}} + C_{NG} \cdot N_{BO} \cdot \frac{1}{\eta_{BO}} + C_{iE}.E_i].PVF \\ + k_{\mu T} \cdot P_{\mu T} + K_{En} \cdot P_{En} + K_{BO} \cdot P_{BO} + KI_{\mu T} \cdot I_{\mu T} + KI_{En} \cdot I_{En} + KI_{BO} \cdot I_{BO} + \\ \sum_j \sum_p (IIT_{jp} \cdot KIT_{jp}) + \sum_j \sum_k (IIV_{JK} \cdot KIV_{jk}) + \sum_j (kw_{ji} \cdot IW_{jt} + kw_{ji} \cdot IW_{ji}) \\ - \sum_i (C_{iE} \cdot NM_i).PVF \;] \end{aligned} \qquad (۳-۲)$$

تابع هدف نياز به توضيح بيشتري دارد. فرض بر اين است كه شبكه گرمايش در دانشگاه موجود بوده، و احتياجي به سرمايه گذاري جديد ندارد. سرمايه گذاري در دستگاه‌هاي *CHP* و بويلر، سرمايه گذاري در دستگاه‌هاي جديد مي باشد. زمان تجزيه و تحليل از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ فرض شده است.در معادله (۱)، قيمت‌هاي سوخت طي زمان تجزيه و تحليل ثابت فرض مي شود. البته اين مشكل را مي توان با افزودن ضريب افزايش درصدي بهبود داد(همانطوريكه قبلا توضيح داده شد). عايق بندي بصورت گام به گام مدل مي شود. يعني اينكه ، اگر مثلا IIT_{jp} براي ضخامت عايق خاص در دسته خاص برابر ۱ باشد، هزينه متناظر در تابع هدف لحاظ مي گردد. آخرين جمله در تابع هدف برق فروخته شده به بازار است. البته اين جمله بخاطر ايجاد

---

[1] *Object Function*

درآمد در تابع هدف منفي مي باشد. از طرف ديگر بخاطر مسائل فني مدل ، اختلاف جزئي بين قيمت برق خريداري شده و فروشي به شبكه وجود دارد.

محدوديت‌ها[1] : تابع هدف با تعدادي از محدوديت‌ها دنبال مي شود. محدوديت‌هاي نخستين، معادلات (۳-۳) تا (۳-۵)، معادلاتCHP هستند كه براي سرمايه گذاري در نوع دستگاه خاص CHPيا بويلر در صورت پذيرفته بودن آن، اعمال مي شوند. همچنين اطمينان مي دهدكه هزينه اوليه سرمايه گذاري قبل از هزينه متغير در تابع هدف لحاظ شده است.

$$I_{\mu T}.M - P_{\mu T} \geq 0 \qquad (۳-۳)$$

$$I_{En}.M - P_{En} \geq 0 \qquad (۳-۴)$$

$$I_{Bo}.M - P_{Bo} \geq 0 \qquad (۳-۵)$$

معادلات(3-6) تا (3-8) معادلات توان هستند. مجموع انرژي عرضه شده از دستگاه‌هاي تبديل بايد با بار حرارتي دانشگاه مطابقت داشته باشد.

$$P_{\mu T.i} - \frac{1}{t_i}.N_{\mu T,i} \geq 0 \qquad (۳-۶)$$

$$P_{En,i} - \frac{1}{t_i}.N_{En,i} \geq 0 \qquad (۳-۷)$$

$$P_{Bo,i} - \frac{1}{t_i}.N_{En,i} \geq 0 \qquad (۳-۸)$$

معادلات (۳-۹) و (۳-۱۰)، معادلات CHP مي‌باشند. ضرايب α، نسبت حرارت و برق توليد شده در دستگاههاي CHP را تنظيم مي‌كنند. مقدار α در طول كل افق زماني ثابت فرض مي‌شود. از نظر فني، داشتن

[1] Constraint

يک مقدار α يکسان در هر گام زماني ممکن بوده، چراکه در هر گام زماني تنها يک معادله داريم. مقدار ثابت براي α البته بخشي از اين ساده‌سازي است. در واقعيت α اندكي به تغييرات بار وابسته است.

$$E_{\mu Ti} - \alpha_{\mu T} \cdot T_{\mu Ti} = 0 \quad (۳-۹)$$

$$E_{Eni} - \alpha_{En} \cdot T_{Eni} = 0 \quad (۳-۱۰)$$

همچنين معادلات (۳-۱۱) و (۳-۱۲) معادلات CHP محسوب مي‌شوند. در هر گام زماني تنها يک معادله وجود دارد. بعنوان مثال، $T_{\mu Ti}$ حرارت (Mwh) تحويل داده شده از پلنت CHP، ميكروتوربين به شبكه گرمايش محلي در گام زمانيi، و $E_{\mu Ti}$ برق تحويل يافته (Mwh) به شبكه برق دانشگاه در گام زماني i مي باشد و $N_{\mu Ti}$ كل انرژي ورودي به ميكروتوربين است. $N_{\mu Ti}$ در تابع هدف با هزينه مرتبط شده است.

$$N_{MTi} - T_{MTi} - E_{MTi} \geq 0 \quad (۳-۱۱)$$

$$N_{Eni} - T_{Eni} - E_{Eni} \geq 0 \quad (۳-۱۲)$$

معادله (۳-۱۳)، معادل تراز شبكه گرمايش حرارتي دانشگاه مي‌باشد. سه جمله نخست انرژي عرضه شده به شبكه و دو گزينه نهايي تقاضا مي‌باشند. براي هر گام زماني يک معادله خواهيم داشت در صورتيكه بار حرارتي پيش تعريف شده‌اي براي ساختمان به عنوان چاهك حرارتي در نظر گرفته شود، معادله يک نامساوي خواهد بود. جمله Fw_i بار حرارتي معمول (Mwh) تحويل داده شده، به دسته ساختمان j طي گام زماني I مي‌باشد. مثلا" بار حرارتي آب گرم دانشگاه اين عبارت را تشكيل مي دهدكه عموما" به دماي بيرون وابسته نيست. FV_{ij} ، حرارت تحويلي *(MWh)* به دسته ساختمانيj (ساختمان‌هاي كارگاهي و آموزشي)، در سال I مي باشد. اين در واقع مشخصه بار حرارتي دسته ساختماني بوده، و به انتقال حرارت از بدنه ساختمان و تصفيه هواي داخل ساختمان وابسته است. w_i ثابت بوده و بار حرارتي متداول در گام زمانيi را نشان مي‌دهد.

$$T_{\mu Ti} + T_{Eni} + T_{Boi} - \sum_j FV_{ij} - FW_i \geq 0 \quad (۱۳-۳)$$

$$F_{wi} \geq W_i \quad (۱۴-۳)$$

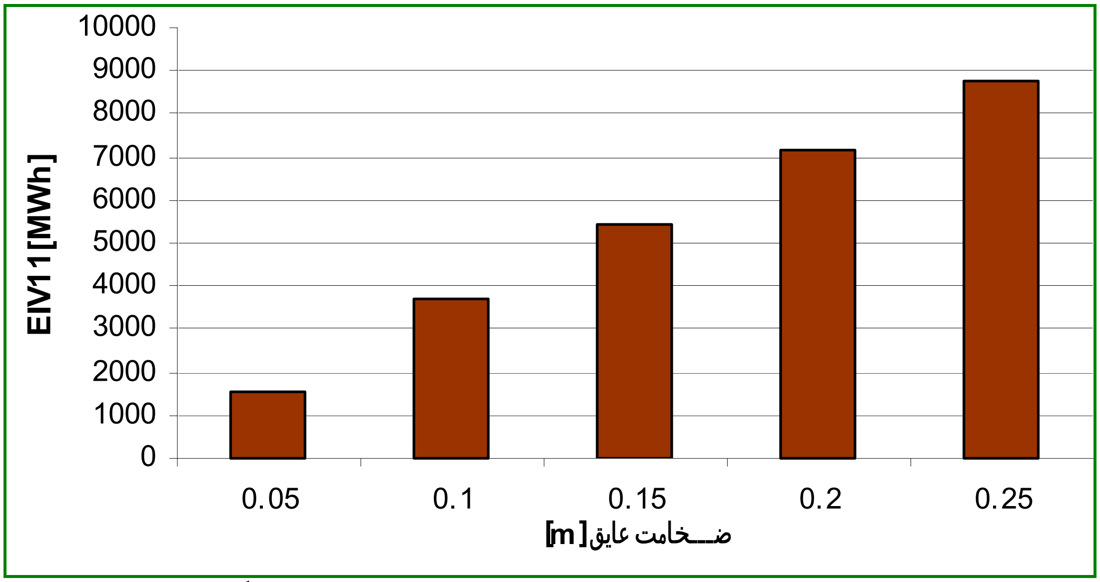
معادله (۳-۱۵) معادله ترار انرژي شبكه برق مي‌باشد. براي هر گام زماني تنها يک معادله داريم كه يك محدوديت تساوي بوده، چراكه عرضه و تقاضا بايد مساوي باشند. دو جمله نخست برق (Mwh) عرضه شده توسط دستگاه‌هاي CHP مي‌باشند. معادله (۱۵) معادله بار و ثابت L_i (Mwh) بار الكتريكي دانشگاه در گام زماني i را نشان مي‌دهد.

$$E_{MTi} + E_{Eni} + E_i - NL_i - NM_i = 0 \quad (۱۵-۳)$$

$$NL_i \geq L_i \quad (۱۶-۳)$$

همانند محاسبه باراصلي، محاسبه انرژي صرفه‌جويي شده براساس روش ساعت – درجه مي‌باشد. هنگام محاسبه مقدار انرژي ذخيره شده ناشي از افزودن عايق، U جديد محاسبه مي‌گردد. معادله (۳-۱۷) بدين منظور استفاده مي شود كه K_{Wall} (W/mK) رسانش حرارتي جداره ساختمان و ضخامت عايق مي باشد. U_{Exit} مقدار آن قبل از عايق بندي مي باشد.

EIT_{ijp} با استفاده از معادله (۳-۱۸) محاسبه مي شود. جمله نخست اختلاف بين دماي مبناي داخل و دماي خارج ساختمان مي باشدكه از شبكه گرمايش داخلي دانشگاه حرارت مي گيرد. دماي مبناي گرمايش ساختمان در تهران C ۱۸فرض مي شود[15]. جمله دوم، t_i ، تعداد ساعت‌ها در هر گام زماني بوده، و جمله AT_j مجموع سطح (m^2) جداره ساختمانهاي دستهj در دانشگاه مي باشد.



شكل ۳-۳ ميزان صرفه جويي انرژي ناشي از عايق بندي جداره ساختمانهاي دانشگاه در يك سال

اصول محاسبات جمله هاي ديگر معادله (۳-۱۸)، براي عايق بندي كف ساختمان و پنجره هاي نوع ۱ و۲ نيز همانند روش تشريح شده براي جداره ها خواهد بود[16] .

$$U_{new} = \frac{U_{exit} \cdot K_{wall}}{K_{wall} + U_{exit}.t} \tag{۳-۱۷}$$

$$EIT_{ijp} = \Delta T_i \cdot t_i \cdot (U_{exit,j} - U_{new,j}) \cdot AT_j \times 10^{-6} \tag{۳-۱۸}$$

معادله (۳-۱۹) براي برآورد بار حرارتي دانشگاه ارائه گرديده است. ثابت V_{ij} نشان دهنده بار حرارتي ساختمان‌هاي دستهj در هر گام زماني مي‌باشد.. براي هر دسته ساختماني j ودر هر گام زماني تنها يك معادله خواهيم داشت. ثابت V_{ij} در بر گيرنده بار حرارتي دسته ساختماني j در گام زمانيI مي باشد.. حرارت از طريق متغير FV_{ij} عرضه مي شود، ليكن بار حرارتي از طريق تعدادي ازجمله ديگر در معادله كاهش مي‌يابد. اين اصل در جمله دوم معادله منعكس شده است. IIT_{ij} متغير *binary* براي عايق بندي جداره ساختمان‌هاي دسته j با عايقي به ضخامت p مي باشد. اين متغير در تابع هدف به هزينه مرتبط شده است. EIT_{ijp} ميزان صرفه

جويي انرژي(MWh) ناشي ازعايق بندي جداره ساختمان‌هاي دسته j با عايقي به ضخامت p در گام زماني I مي باشد. در صورتيكه مقدار IIT_{ij} برابر ۱ باشد، مقادير متناظر EIT_{ijp} در تمام گامهاي زماني در محدوديت‌ها قرار مي گيرند، لذا مقدار ويژه اي از انرژي صرفه جويي مي شود. اينگونه روش مدل سازي دو مزيت ويژه دارد: نخست، تابع محاسب صرفه جويي انرژي ، بصورت تابعي از ضخامت عايق، غير خطي مي باشد. ثانياً، در بازار، ضخامت عايق محدود به تعدادي از ضخامت‌هاي استاندارد گام به گام مي باشد. ميزان صرفه جويي ناشي از عايق بندي جداره ساختمان‌هاي دانشگاه در شكل۳-۳ نشان داده شده است.

$$F_{vij}+\sum_{p}(IIT_{jp}.EIT_{ijp})+\sum_{k}(IIV_{jk}.EIV_{ijk})+IWiEK_{ijl}+IWj2\geq Vij \qquad (۱۹-۳)$$

معادلات(۳-۲۰) و (۳-۲۱) انتخاب تنها يك ضخامت عايق براي هر دسبه ساختماني در طول كل دوره تجزيه و تحليل را تضمين مي كنند و معادله (۳-۲۲) مشخص مي كند كه براي هر دسته ساختماني تنها يك نوع پنجره بايد انتخاب گردد.

$$\sum_{p} IIT_{jp} \leq 1 \qquad (۲۰-۳)$$

$$\sum_{k} IIV_{jk} \leq 1 \qquad (۲۱-۳)$$

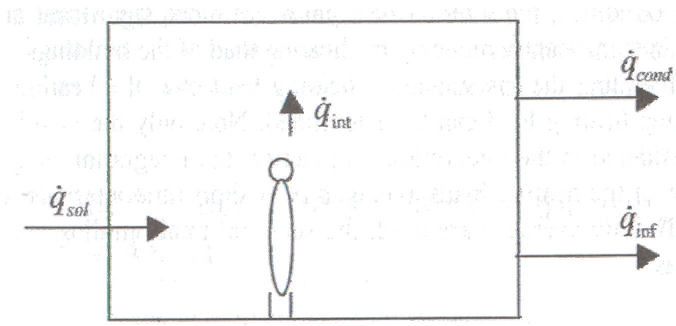
$$IW_{ji}+IW_{jz} \leq 1 \qquad (۲۲-۳)$$

۳-۳ روش شناسي تخمين بارهاي حرارتي، آبگرم و الكتريكي دانشگاه

۳-۳-۱ تخمين تقاضاي بار گرمايشي و سرمايشي

از روش روز-درجه، براي تخمين بارهاي گرمايشي و سرمايشي ناشي از تلفات انتقال حرارتي پوشش ساختمان و برآورد هرگونه جذب حرارت داخلي و خورشيدي، استفاده مي‌شود. روش درجه روزها، برپايه تحليل حالت پايدار تعادل حرارتي مرزهاي ساختمان است. يك ساختمان معمولاً با جريان‌هاي حرارتي

مختلفي رو به رو است؛ شامل رسانش، نفوذ، جذب حرارت خورشيدي و جذب داخلي، كه در شكل ۳-۴ نشان داده شده‌اند[17]. با استفاده از تعادل حرارتي (قانون اول ترموديناميك) در ساختمان، مي‌توان تلفات و جذب حرارتي خالص را براي هر مورد تعيين كرد. به عنوان نمونه، براي محاسبه بار گرمايشي، تعادل گرمايي لحظه‌اي عبارت است از:



شكل۳-۴ مدل ساده تراز حرارتي ساختمان

$$\dot{q}_H = BLC.(T_i - T_o) - \dot{q}_g \qquad (۳-۲۳)$$

كه،

- BLC، ضريب بار ساختمان است و به شكل زير محاسبه مي گردد:

$$BLC = \sum_{j=1}^{N_E} U_{T,j}.A_j + \dot{m}_{\inf}.C_{P,a} \qquad (۳-۲٤)$$

- q_g، جذب حرارتي خالص از تشعشعات خورشيدي، q_{Sol} ؛ جذب حرارتي داخلي (افراد، روشنايي و تجهيزات)، q_{int} ؛ و در بعضي موارد تلفات زمين q_{grd} - اگر قابل توجه باشد:

$$\dot{q}_g = \dot{q}_{Sol} + \dot{q}_{\text{int}} + \dot{q}_{grd}$$

اين رابطه را مي‌توان جهت وارد كردن دماي تعادل ساختمان T_b ، بازنويسي كرد:

$$q_H = BLC.\left[(T_1 - \frac{q_g}{BLC}) - T_o\right] = BLC.(T_b - T_o) \qquad (۳-۲۵)$$

بنابراين، دماي تعادل، از طريق مقدار افزايش دماي ناشي از كاهش در بار حرارتي ساختمان به علت جذب حرارتي داخلي، نقطه تنظيم دماي داخلي را تنظيم مي‌كند. پيش از بحران نفتي، تلفات نفوذ و انتقال قابل توجه بودند (و لذا مقدار BLC به خاطر جذب داخلي، بالا بود). تخمين‌ها نشان مي‌دهد كه جذب خالص داخلي، دماي ساختمان تا ۳°C (۵°F) افزايش مي‌دهد[17]. لذا دماي تعادل براي همه ساختمان‌ها، ۱۸°C (٦٥°F) در نظر گرفته شد. اما با افزايش بازدهي حرارتي پوشش ساختمان و استفاده از تجهيزات بيشتر در داخل ساختمان، جذب حرارتي داخلي افزايش يافته و مي‌تواند سهم بيشتري را در بار حرارتي ساختمان داشته باشد. با جمع كردن بار حرارتي لحظه‌اي در سرتاسر فصل گرمايشي، كل بار گرمايي ساختمان را مي‌توان اندازه‌گيري نمود. توجه داشته باشيد كه تنها مقادير مثبت q_H در نظر گرفته مي‌شوند. در عمل، جمع كل با متوسط بارهاي گرمايي در دروه‌هاي كوتاهتر (يك ساعت يا يك روز) تخمين زده مي‌شود. اگر از متوسط ساعتي استفاده شود، كل بار گرمايشي فصلي ساختمان، به صورت زير محاسبه مي‌گردد[18]:

$$Q_H = .BLC.\sum_{i=1}^{N_H}\sum_{j=1}^{24} (T_b - T_{o,j,i})^+ \qquad (٣-٢٦)$$

مجموع براي روزهاي فصل گرمايشي، N_H ، است. از رابطه (۳-۲۶)، مي‌توان پارامتري را كه بار حرارتي ساختمان را مشخص مي‌كند، به صورت درجه روزهايي (DD_H) تعريف كرد، كه خود تابعي هستند از دماهاي خارجي و دماي تعادل كه با دماي نقطه تنظيم گرمايشي ساختمان و جذب داخلي ساختمان، تغيير مي‌كند:

$$DD_H(T_b) = \sum_{i=1}^{N_H}\sum_{j=1}^{24} (T_b - T_{o,j,i})^+ \qquad (٣-٢٧)$$

با فرض بازدهي ثابت تجهيزات گرمايشي در سراسر فصل گرمايش،كل مصرف انرژي E_h، جهت برآورد بار گرمايشي ساختمان بصورت زير تخمين زده مي‌شود:

$$E_H = \frac{Q_H}{\eta_H} = \frac{BLC.DD_H(T_b)}{\eta_H} \qquad (۲۸-۳)$$

همچنين براي تعيين بار سرمايشي بوسيله درجه روزهاي فصل سرمايشي (DD_C) از طريق رابطه‌اي مشابه (۳-۲۷) مي‌توان از روش درجه روزهاي متغير كه در رابطه (۳-۲۹) بيان شد، استفاده كرد:

$$DD_C(T_b) = \sum_{i=1}^{N_C}\sum_{j=1}^{24} (T_{o,i,j} - T_b)^+ \qquad (۲۹-۳)$$

كه ، N_C تعداد روزهاي فصل سرمايشي است.

بايد تاكيد شود كه روش درجه روزهاي متغير مي‌تواند تخمين دقيقي از مصرف انرژي گرمايشي سالانه ارائه دهد؛ بخصوص براي ساختمان‌هايي كه تحت تأثير تلفات ناشي از پوشش ساختمان شامل نفوذ هوا هستند. متأسفانه، به خاطر عوامل مختلفي از جمله، جرم حرارتي ساختمان كه عمل جذب داخلي را به تأخير مي‌اندازد؛ دماي هواي بيروني در تابستان كه مي‌تواند باعث ايجاد خطا در محاسبه درجه روزهاي سرمايشي شود؛ و تغييرات زياد در نرخ‌هاي تهويه و نفوذ هوا به خاطر باز شدن پنجره‌ها توسط ساكنين يا استفاده از سيكل‌هاي اكونومايزر[۱] ؛ روش درجه روزها براي محاسبه بارهاي سرمايي دقيق نيست[19].

۳-۳-۱-۱ تخمين BLC ساختمان‌هاي دانشگاه شريف

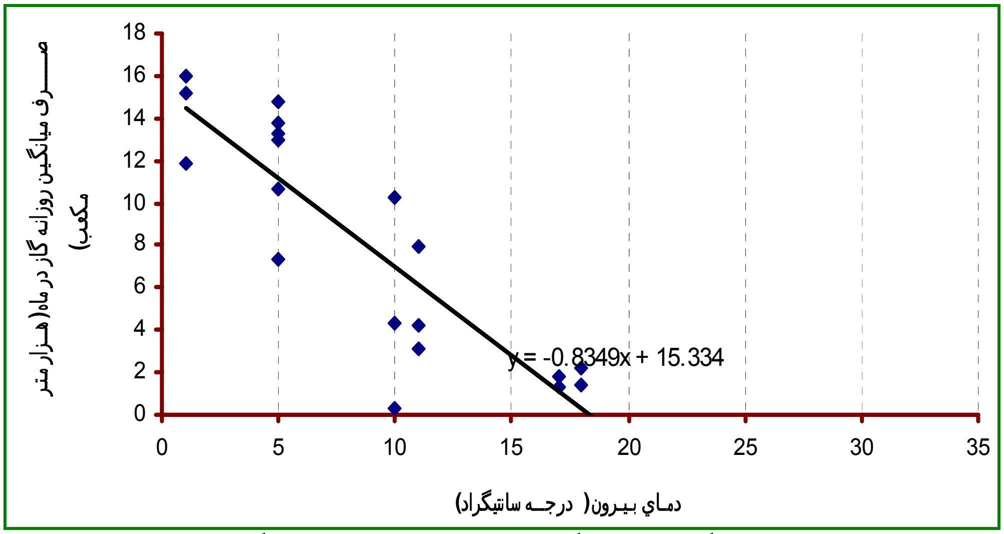
ضريب بار ساختمان‌هاي دانشگاه را مي‌توان از روشي كه در زير بيان مي‌شود، تخمين زد[20]:

برآورد غيرمستقيم: در اين روش، براي ارائه برآورد دقيقي از BLC ، مميز مي‌تواند بر مصرف انرژي (حتي داده‌هاي ماهانه هم بدين منظوركافي هستند) و وابستگي آن با دماي هواي بيرون تكيه كند. اين روش، شبيه

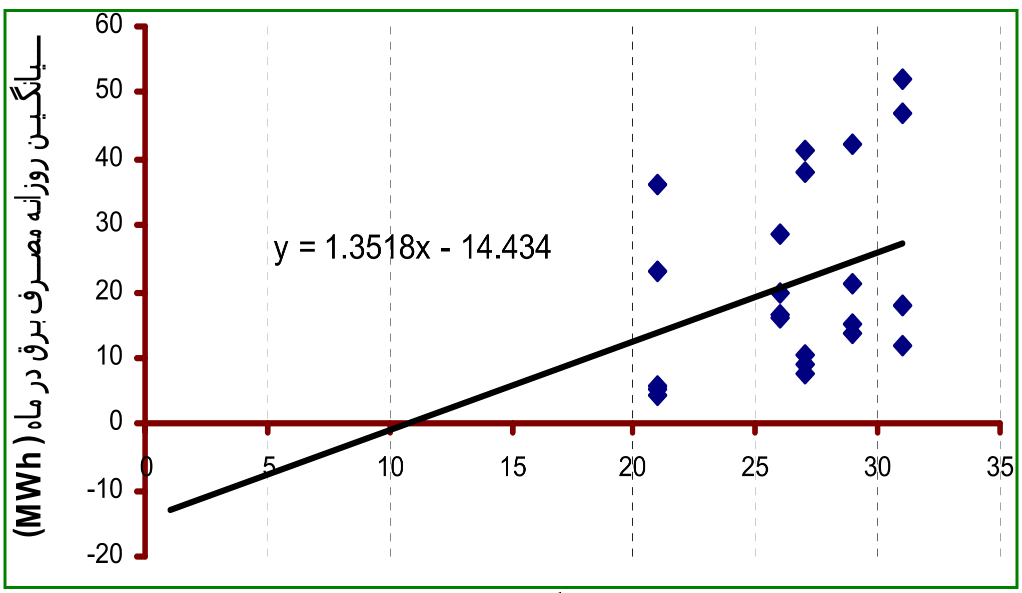
---

[۱] Economizer

روش ارائه شده توسط (١٩٨٦) Fels ، يعني PRISM است كه BLC با استفاده از شيب خط رگرسيون مربوط به نمودار مصرف انرژي ساختمان و دماي هواي خارجي، بدست مي‌آيد. لازم به ذكر است كه بايد دماي هواي بيروني روي همان دوره‌هايي كه داده‌هاي تاسيساتي براي آنها موجودند، متوسط‌گيري شوند.

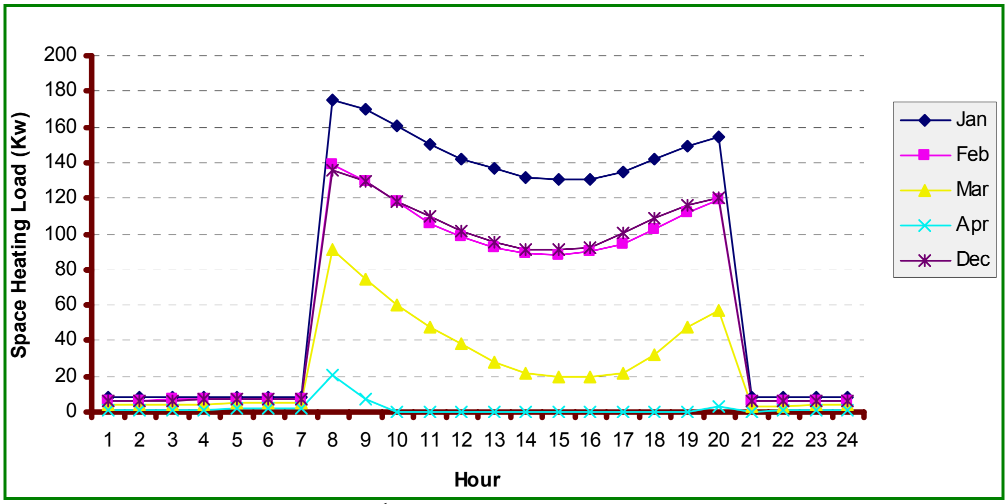


شكل٣-٥ تعيين *BLC* فصل گرمايشي دانشگاه صنعتي شريف بر پايه مصرف گاز(*Yoon et al* ,1997).



شكل٣-٦ تعيين *BLC* براي فصل سرمايشي دانشگاه صنعتي شريف بر پايه مصرف برق(*Yoon et al* ,1997)

براي نمونه، شكل۳-۷ بار گرمايش ساعتي دانشگاه را در طول ماههاي مختلف و روزهاي عادي و تعطيل نشان مي دهد. جهت تهيه اين نمودارها از مدل ساعت-درجه همراه با پروفيل ساعتي روزانه ميانگين ماهيانه دماي تهران بهره گرفته شد.



شكل ۳-۷ تخمين تقاضاي بار حرارتي دانشگاه صنعتي شريف

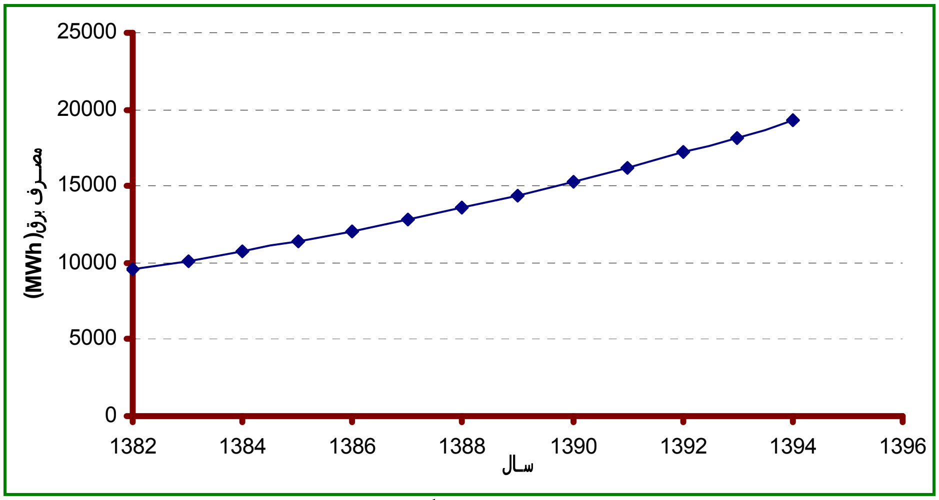
۳-۳-۲ برآورد تقاضاي مفيد الكتريكي دانشگاه

تخمين دقيق تقاضاي بار الكتريكي دانشگاه يا هر سايت ديگري بسيار مشكل است چرا كه نياز به تجهيزات اندازه گيري گسترده(آناليزور برق، پراب) و گروه اندازه گيري در حداقل طول يكسال دارد. دليل اين محدوديت تاثيرگذاري تعداد عظيمي از عوامل بر روي مصرف برق ساختمان‌ها مي باشد[21]، همانند:

- زمان روز يا سال
- شرايط آب و هوايي
- تعداد ساكنين
- طراحي ساختمان
- رويدادهاي خاص (نظير كنفرانس‌ها، تجهيزات خاص و غيره)

برخي از اين عوامل متغيرهاي تصادفي تلقي شده، چرا كه كسب اطلاعات در موردآنها بسيار سخت است. معمولا" از روش رگرسيون براي برآورد بارهاي الكتريكي مجتمع هاي مسكوني، بيمارستان‌ها، و دانشگاه بهره مي گيرند. مطالعه LBL [22] از يك مدل با دما و رطوبت نسبي به عنوان متغيرهاي مستقل استفاده كرده است بارهاي الكتريكي ساعتي ساختمان را به عنوان متغير وابسته فرض كرده است. در گزينه نخست، هنگاميكه دما وارد مي شود، افزودن رطوبت نسبي بهبود چنداني را در رگرسيون ايجاد نمي كند و در گزينه دوم تنها رطوبت نسبي به عنوان متغير نسبي فرض شده است كه نتايج، هيچگونه همبستگي بين بارساعتي و رطوبت نسبي را نشان نمي دهد. تاثيرات سرعت باد نيز زماني قابل ملاحظه است كه از ۶ m/s تجاوز نكند[23]. مدل ديگري پيشنهاد گرديده است كه شش متغير مستقل را جهت تشريح تاثيرات و الگوي مصرف انرژي لحاظ مي نمايد. روش‌هاي ديگري وجود دارد كه از الگوي مصرف برق دانشگاه جهت تخمين بارهاي ساعتي بهره مي گيرد. جهت اجتناب از اندازه گيري هاي گسترده، از الگوي مصرف برق دانشگاه بهره خواهيم گرفت. چراكه ساده بوده و نيازمند اطلاعات ورودي اندكي است و در واقع متوسطي از مقادير اندازه گيري رفتار مصرف كننده در دانشگاه و مراكز آموزشي جهان است[24]. پروفيل بار الكتريكي دانشگاه داراي دو پيك مي باشد. يكي حدود ساعت ۱-۲ بعدالظهر ديگر در ۶-۷ عصر منحني هاي نرمال شده اي جهت محاسبه بار الكتريكي دانشگاه وجود دارد كه در اين بخش ازآنها براي تخمين تقاضاي بار ساعتي دانشگاه بهره خواهيم گرفت[25].

از آنجائيكه مدل طراحي شده داراي گام زماني ساليانه مي باشد. ناگزير از پيشبيني ميزان تقاضاي مفيد انرژي در سالهاي آينده نيز خواهيم بود كه از روش سري زماني با توجه به رفتار گذشته مصرف انرژي دانشگاه بهره خواهيم گرفت. نتايج در نمودار شكل۳-۸ آمده است.



شكل۳-۸ نمودار تخمين تقاضاي مفيد دانشگاه در سال‌هاي تجزيه و تحليل مدل

۳-۳-۳ تخمين مصارف آب گرم در دانشگاه

دماي آب‌گرم برحسب مورد استفاده متفاوت است، مثلا"دماي آب‌گرم براي مصارف معمولي در دانشگاه مثل شير دستشويي و يا ظرفشويي حدود ۴۹تا ۵۴ درجه سانتي گراد است[26]. بالا رفتن دماي آب‌گرم ميزان تلفات حرارتي در لوله ها حامل را افزايش مي دهدكه اين موضوع عامل محدودكننده اي در بالا بردن دماي آب مي باشد. براي تعيين ميزان آب گرم مصرفي در ساختمان‌هاي دانشگاه، از جداول انجمن مهندسين تاسيسات كشورهاي آمريكايي و اروپايي استفاده شده است كه طبعا" بر پايه عادات فرهنگي و ملي كشورشان مي باشد. از آنجائيكه در ايران مطالعه جامعي در مورد ميزان مصارف آبگرم صورت نگرفته است و از طرفي با توجه به گوناگوني آب و هوا در نقاط مختلف، تعيين ميزان مصرف آبگرم بسيار دشوار است. ناگزير به استفاده از جداول خارجي شده و مشاهدات شخصي را نيز در اين امر دخالت داده شوند. جداول مذكور ميزان تقاضاي آب‌گرم را بر حسب نوع ساختمان و مقدار لازم براي هر يك از ساكنين و يا وسايل مورد استفاده در ساختمان ارائه مي دهند[26].

۳-۳-۱ روش شناسي

ميزان مصرف آب‌گرم در جداول، حداكثر مقدار برپايه استفاده از سيستم در تمام ساعات روز است. ولي بديهي است كه ميزان تقاضاي آب گرم در تمام ساعات يكسان نيست. بلكه در ساعاتي از روز اين مقدار حداكثر و در ساعاتي ديگر حداقل مي باشد. براي پي بردن به ميزان مصرف واقعي كه مي تواند اساس محاسبات قرار گيرد. از ضريبي به نام ضريب تقاضا استفاده مي شودكه با ضرب آن در حداكثرمصرف، مقدار واقعي آبگرم در ساعات مورد نظر حاصل مي گردد. دانشگاه و مدارس و كارخانجات داراي تقاضاي آب گرم يكنواختي نبوده، و حداكثر تقاضا در زمان كوتاهي رخ مي دهد(معمولا" هنگام نها و نماز).

*ضريب تقاضا*حداكثر مصرف آبگرم= مقدار واقعي مصرف*

بر پايه مطالب مذكور، مي توانيم مقدار واقعي مصرف آب گرم دانشگاه را با استفاده از فرمول بالا و بهره گيري از جدول تعيين نماييم كه بعد از تجميع و اعمال نوع روزها، مقدار ساليانه آن محاسبه و در مدل اعمال مي گردد.

نخست، تعداد ساختمانهاي موجود در دانشگاه بر حسب نوع كاربري به ۱۰ گروه مختلف تقسيم بندي شدند و سپس تعداد متوسط هر كدام از وسايل بهداشتي (دستشويي عمومي، دوش، سينك ظرفشويي، سينك آبدارخانه) در هر ساختمان از طريق نمونه برداري مشخص گرديد. ميزان مصرف استاندار حداكثر و ضرايب تقاضا گردآوري شدند. براي تعيين بارهاي ساعتي آب گرم دانشگاه شريف، مصرف كنندگان اصلي دانشگاه شريف (مصرف تقريبا" ثابت تمام ساختمانها جهت مصارف بهداشتي،آبدارخانه به منظور فراهم كردن چايي و قهوه و آشپزخانه و سلف سرويس جهت شستشوي ظروف مي باشد) تعيين گرديدند. سپس از طريق مصاحبه با آبدارچي ها، مسئول سلف مشخص گرديد كه عمده مصرف و پيك مصرف آب گرم مابين ساعت ۱۲-۱۳ (چايي و قهوه و نماز) و ۱۴-۱۵ (شستشوي ظروف سلف و ساير) بوده است. بخش عمده اي

از مصرف آب گرم دانشگاه از موتورخانه تامين مي گرددكه حدود ۶۰-۷۰هزار ليتر در روز بوده است*. جهت تصحيح مدل همخواني نتايج تخمين با مقدار واقعي مشاهده شده است. براي محاسبه بار حرارتي ساليانه آب گرم مورد استفاده در مدل، نوع روزها مشخص شد و سپس تقاضاي حرارتي در روزهاي تعطيل و عادي تخمين زده شد. كل بار از تجميع در تمام روزهاي سال حاصل گرديد.

۳-۴كاربرد مدل در دانشگاه صنعتي شريف

۳-۴-۱ توسعه پايگاه اطلاعات

براي اهداف مدل سازي ابتدا پايگاه اطلاعاتي دانشگاه شريف تهيه گرديد كه اين اطلاعات شامل آمار مربوط به مصرف انرژي و تكنولوژيهاي مورد استفاده مي باشد. ميزان تقاضاي مفيد برق،گاز طبيعي جهت مصارف پخت و پز، آب‌گرم و بار حرارتي و سرمايشي ساختمان از طريق روشهاي خاص تخمين زده شد (فصل هاي قبلي را ببينيد)

۳-۴-۲ فرض‌هاي عمده مدل

فرضهاي مدل به صورت زير تقسيم بندي شده است:

الف- قيمت حاملهاي انرژي

قيمت حاملهاي انرژي مورد استفاده در دانشگاه كه در مدل استفاده شده اند در جدول۳-۱ آورده شده است.

جدول۳-۱

قيمت حاملهاي انرژي*

نوع حامل انرژي	واحد	قيمت(سنت)
برق	كيلووات ساعت	۴
گاز طبيعي		۴

* قيمت هاي يارانه اي انرژي ايران نيز در مدل اعمال خواهد گرديد.

*براورد از طريق مصاحبه و بازديد از سايت

ب- اطلاعات فني و اقتصادي تجهيزات

جدول۳-۲ هزينه هاي دستگاههاي عرضه را نشان مي دهد. قيمت حاملهاي انرژي در تمام سالها يكسان فرض شده است. بار حرارتي مدل شده در دانشگاه صنعتي شريف به همراه تقاضاي مفيد آب گرم، برق در طول سالهاي مورد ارزيابي در نمودار ۳-۹ نشان داده مي شود.

جدول۳-۲ هزينه دستگاهها

نوع دستگاه	هزينه تعمير و نگهداري($/Kwh)	هزينه سرمايه گذاري ثابت ($/KW)*
ميكرو توربين	0.006-0.01	950
موتورهاي رفت و برگشتي	0.01-0.015	1100
بويلر	.0.0015	130

هزينه هاي اوليه و هزينه هاي متغير در مرجع [34] يافت مي شود.

هزينه گزينه هاي بخش تقاضا در جدول۳-۳ ارائه شده است. قيمتهاي انرژي در جدول ۳-۳ ارائه گرديده است. قيمت برق در سطول سال ثابت فرض شده است كه احتمالا" فرض منطقي نباشد. ورودیهاي ديگر در جدول ۳-۴ نشان داده شده اند.

جدول ۳-۳

هزينه گزينه هاي بخش تقاضا؛ t ضخامت در واحد متر مي باشد.

گزينه هاي صرفه جويي	[$/m^2]
عايق بندي كف ساختمانها[a]	12.5+30t
عايق بندي جداره خارجي[a]	70+39.5t
پنجره با شيشه هاي سه جداره[b]	250
Low emissive triple glazing	300

[a] هزينه ها از مرجع [34] مي باشند.

[b] هزينه ها از مرجع [35] مي باشند.

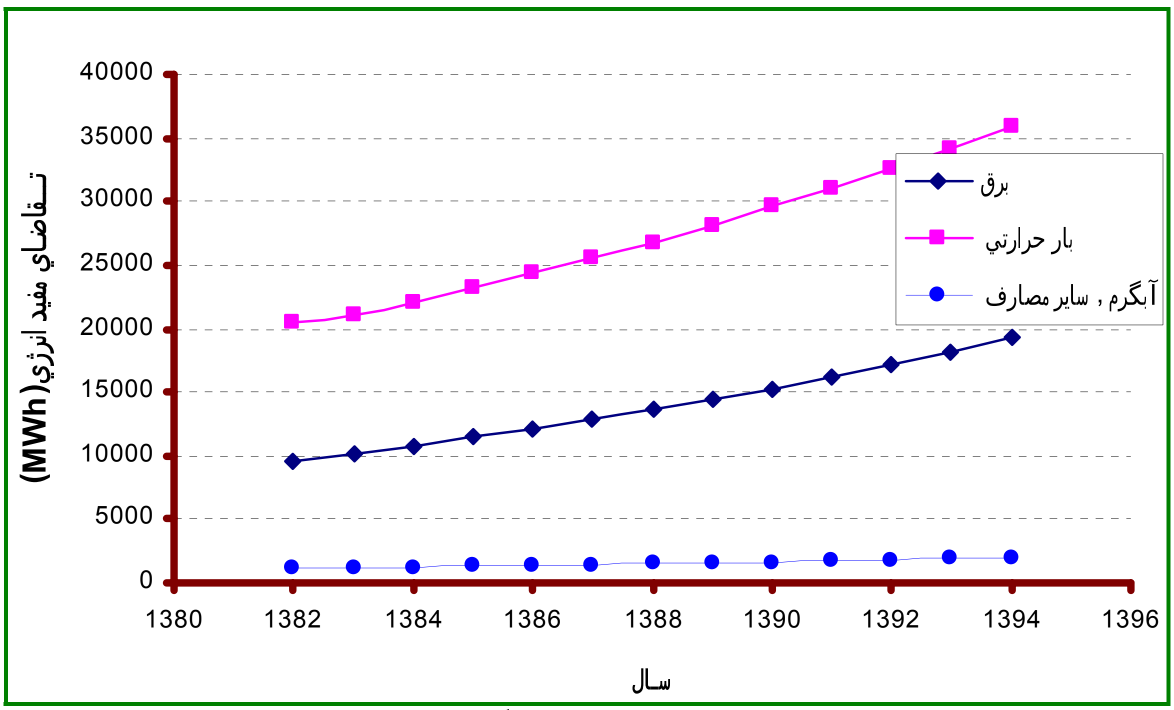
جدول ۳-۴

وروديهاي ديگر مورد استفاده در مدل

بازدهي ميكرو توربين	%۸۰
نسبت برق به حرارت	0.5
بازدهي موتور رفت و برگشتي	75%
بازدهي بويلر گاز سوز	%۷۰
زمان تجزيه و تحليل	۸ سال
نرخ بهره	%۵

ج- تقاضاي انرژي در دانشگاه

در اين مدل سال ۱۳۸۲ به عنوان سال پايه مي باشد.(فرض شده است كه انرژي مورد نياز براي سرمايش از طريق تغذيه حرارت به چيلر جذبي با شعله غير مستقيم تامين مي گردد) و مدلسازي براي يك دوره ۸ ساله ، يعني تا سال ۱۳۸۹ انجام گرفته است. برآورد تقاضا در شكل۳-۹ نشان داده شده است.

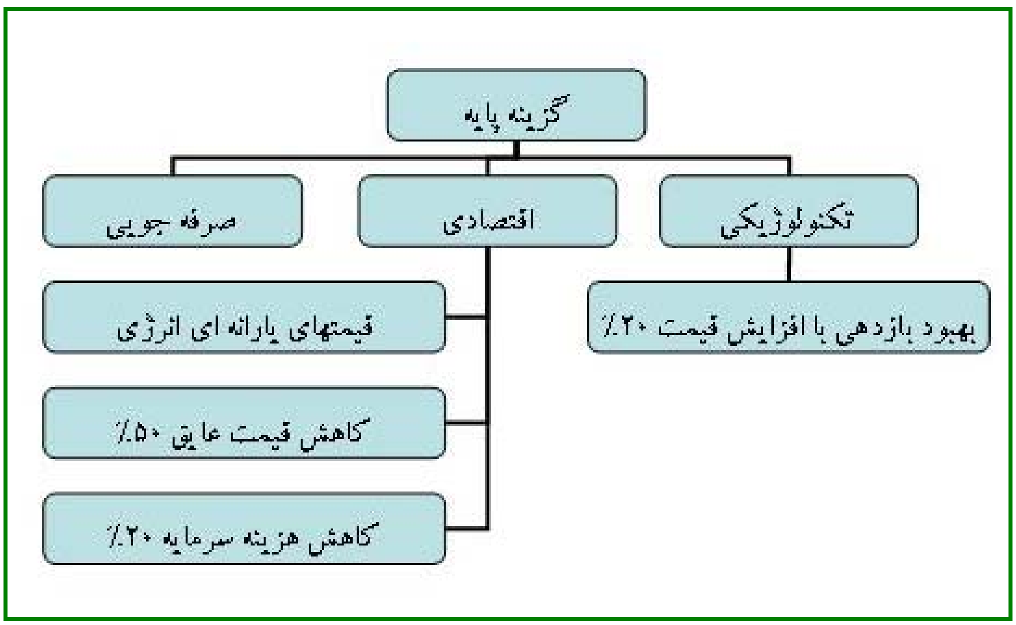


شكل۳-۹ تقاضاي مفيد انرژي در دانشگاه شريف به تفكيك

مدل در محيط بهينه سازي نرم افزار Ms-Excel ساخته شد(براي كسب جزئيات به پيوست ب مراجعه شود).روش بكار رفته برنامه ريزي خطي صحيح مركب مي باشد. تعداد معادلات قيد بالغ بر۲۱۱ عدد و تعداد متغيرهاي ۱۰۸ عدد مي باشد افق زماني برنامه ريزي خطي ۸ سال بوده است.

۳-۴-۳   نتايج كاربرد مدل

براي تحليل درجه حساسيت جريان انرژي نسبت به پارامترها از روش گزينه استفاده شده است. در اين روش يك گزينه پايه در نظر گرفته شده كه، با استفاده از داده هاي بالا مي باشد[28]، سپس گزينه هاي ديگر با تغيير دادن در پارامترهاي گزينه پايه ايجاد مي شوند. اين گزينه ها بصورت زير نشان داده شده است.



شكل۳-۱۰ سناريوهاي مختلف مدل

۳-۴-۳-۱ نتايج حاصل از گزينه پايه

نتايج گزينه پايه در جدول۳-۵ بصورت ترازنامه انرژي براي دانشگاه صنعتي شريف درآمده است. در اين تراز نامه ساختمانهاي دانشگاه مصرف كننده حرارت و سرمايش، برق و آب‌گرم و ساير اشكال انرژي

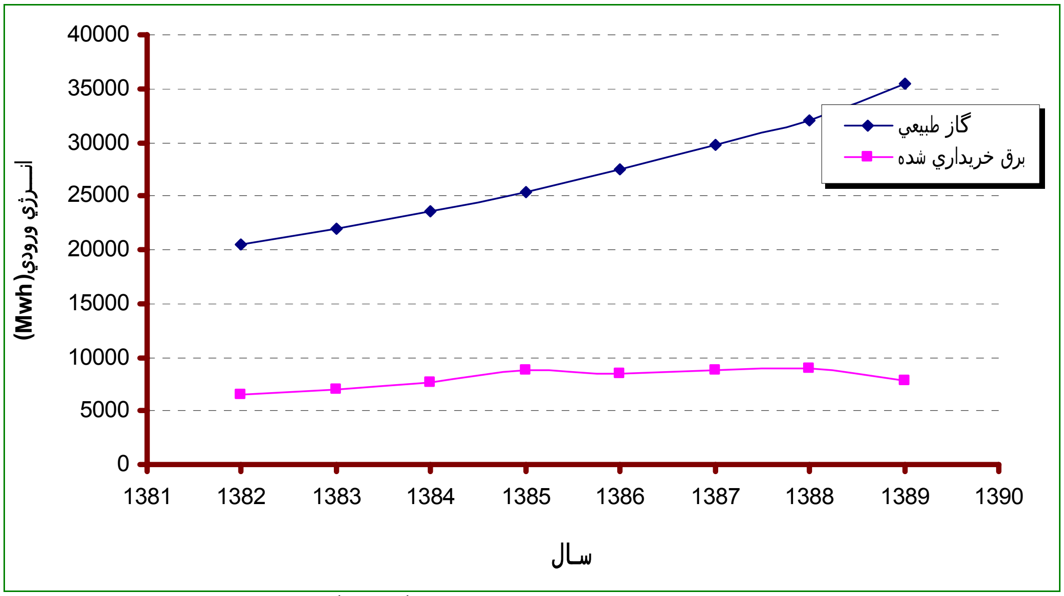
مي باشند. ميزان مصرف انرژي در دانشگاه و مقادير عرضه حاملهاي انرژي ساختمانهاي دانشگاه، براي هر كدام از انرژيهاي مفيد در حالت بهينه براي يك دوره زماني ۸ ساله نشان داده شده است.

روند رشد انرژي ورودي به دانشگاه در شكل۳-۱۱ نشان داده شده است و روند توليد برق در داخل دانشگاه نيز در نمودار ۳-۱۲ مشاهده مي گردد.

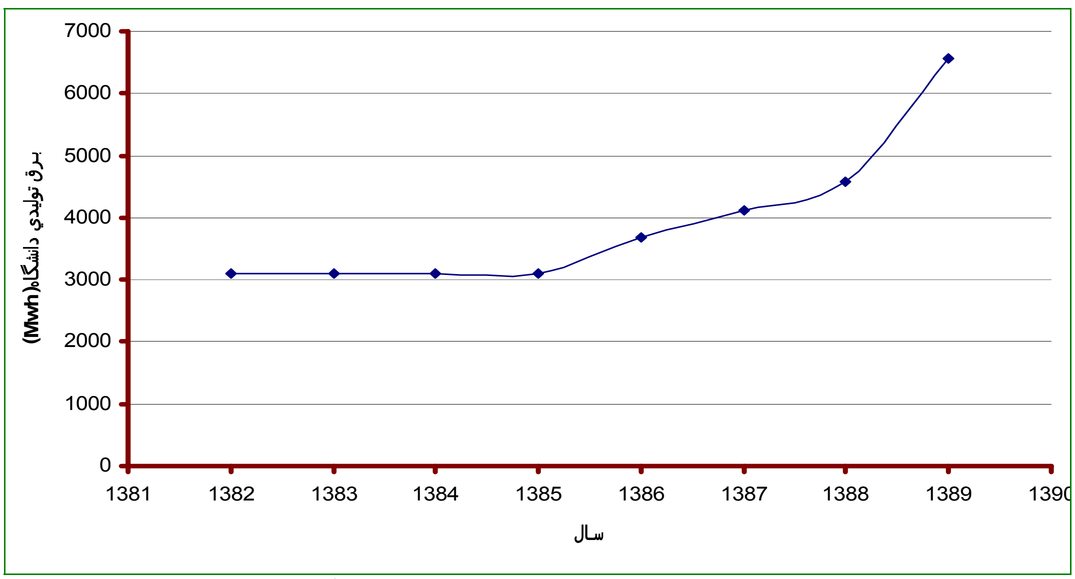
جدول۳-۵

ترازنامه انرژي گزينه پايه دانشگاه شريف

سال	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
آب گرم	1142	1199.1	1259.05	1322.00	1388.10	1457.51	1530.38	1606.9
بارحرارتي (گرمايش‌و سرمايش)	20400	21420	22491	23615.55	24796.33	26036.14	27337.95	28704.85
الكتريسيته	9584.7	10159.83	10769.42	11415.58	12100.52	12826.55	13596.14	14411.91
گاز طبيعي ورودي به بويلر	5014.2	6552.97	8168.62	9865.05	9117.6	9117.6	9117.6	2646.02
گاز طبيعي ورودي به ميكرو توربين	15470.8	15470.8	15470.8	15470.8	18420.9	20602.9	22894.0	32850.0
گاز طبيعي ورودي به موتور رفت و برگشتي	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
برق توليدي ميكرو توربين	3094.1	3094.16	3094.159	3094.161	3684.17	4120.578	4578.805	6570
برق توليدي موتور رفت و برگشتي	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
حرارت توليدي بويلر	3509.9	4587.083	5718.04	6905.538	6382.386	6382.386	6382.386	1852.219
حرارت توليدي ميكرو توربين	9282.476	9282.479	9282.477	9282.482	11052.51	12361.73	13736.42	19710
حرارت توليدي موتور رفت و برگشتي	0	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
برق خريداري شده از شبكه	6490.584	7065.667	7675.257	8831.509	8416.346	8705.969	9017.335	7841.908
برق فروشي به شبكه	0	0	0	0	0	0	0	0
تغذيه بار حرارتي متداول	1142	1199.1	1259.055	1322.008	1388.108	1457.514	1530.389	1606.909
تغذيه بار حرارتي متغير	11650.46	12670.46	13741.46	14866.01	16046.79	17286.61	18588.41	19955.31



شكل۳-۱۱ روند رشد انرژي ورودي به دانشگاه در گزينه پايه



شكل۳-۱۲ ميزان برق توليد شده در سايت دانشگاه در گزينه پايه

در جدول۳-۶ مقدار بهينه استفاده از هر كدام از تكنولوژيها(بخش عرضه و تقاضا) در دانشگاه تا سال ۱۳۸۹ در گزينه پايه آورده شده است. براي هر كدام از تكنولوژيهاي موجود يا آتي مقدار بهينه آنها آورده شده

است. مثلا" عايق بندي حداقل نصف جداره ساختمانهاي دانشگاه در سال ۱۳۸۳ تاثيرشديدي بر كاهش اتلاف انرژي دارد.

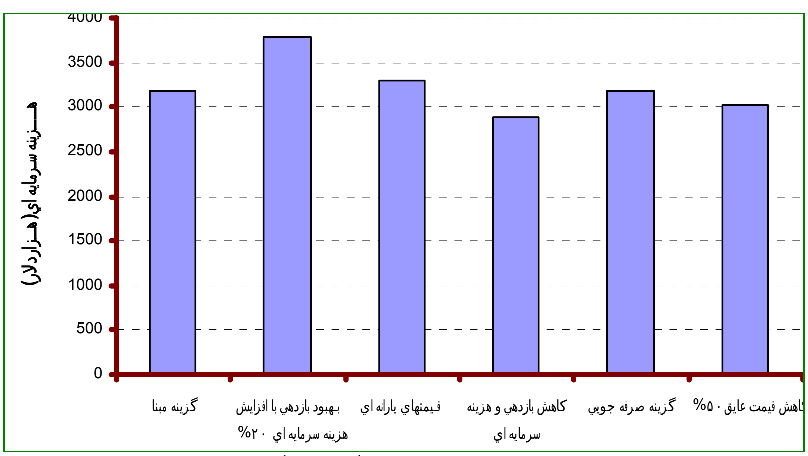
جدول ۳-۶

ميزان بهينه بهره گيري از تكنولوژي هاي بهينه سازي انرژي در گزينه پايه

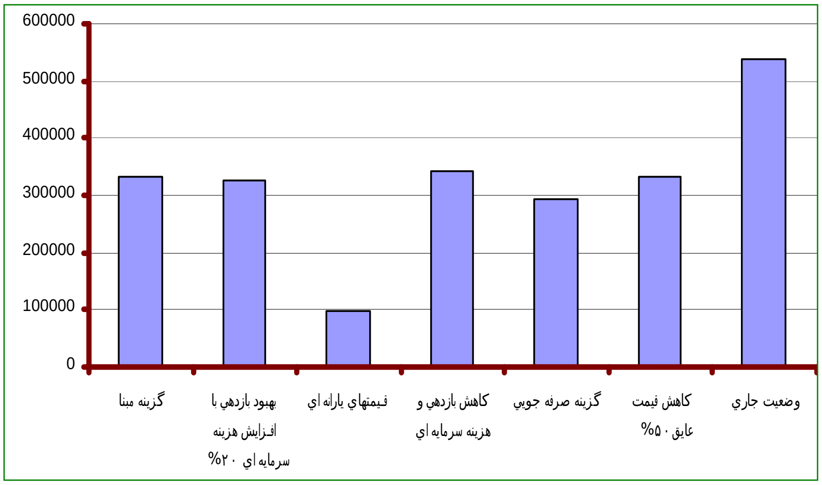
نوع تكنولوژي	مجوز بهره گيري	ظرفيت بهينه (MW)
ميكرو توربين	۱	۳
موتور رفت و برگشتي	۰	۰
بويلر	۱	۱
عايق باضخامت ۵سانتي متر	1	-
عايق باضخامت ۱۰سانتي متر	۰	-
عايق باضخامت۱۵سانتي متر	۰	-
عايق باضخامت۲۰سانتي متر	۰	-
عايق باضخامت۲۵ سانتي متر	0	-

۳-۴-۳-۲ تحليل حساسيت جريان انرژي با متغيرهاي مختلف

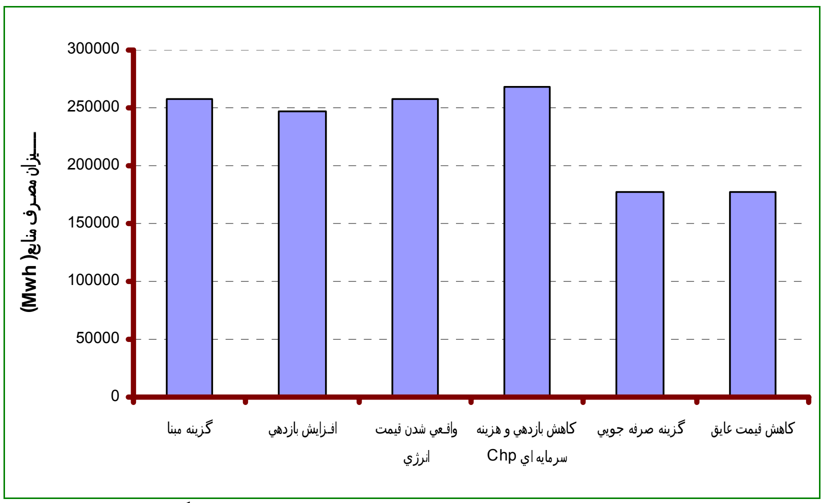
مقايسه بين گزينه هاي مختلف در نمودارهاي زير آمده است:



شكل۳-۱۳ مقايسه بين هزينه سرمايه گذاري گزينه هاي مختلف



شكل ۳-۱۴ مقايسه بين هزينه هاي عملياتي



شكل۳-۱۵ مقايسه بين مقدار انرژي ورودي به دانشگاه

در نمودارهاي بالا مقايسه تمام گزينه ها با يكديگر از نظر هزينه سرمايه گذاري، مقدار مصرف انرژي، هزينه عملياتي دانشگاه نشان داده شده است. در گزينه افزايش بازدهي با فرض افزايش هزينه سرمايه تكنولوژي تبديل همراه بوده است. به هر حال از نظر قياس هزينه سرمايه گذاري به نظر مي رسد گزينه عايق بندي جداره هاي ساختماني بهينه باشد. در تمام گزينه ها و حتي در گزينه هاي ديگري كه در اين قسمت مطرح نشدند. مدل از ميان تكنولوژي‌اي تبديل تنها ميكرو توربين و موتور رفت و برگشتي را انتخاب مي كند.

كه ظرفيت ميكرو توربين ۳مگاوات و ظرفيت بويلر نيز ۱مگاوات مي باشد. از روي نمودارها مشاهده مي گردد كه گزينه صرفه جويي بسيار مفيد بوده، هم هزينه سرمايه اي آن پايين بوده و هزينه هاي عملياتي دانشگاه را پايين مي آورد.از طرف ديگر توليد بخش يا تمام برق دانشگاه در داخل آن علاوه بر كاهش هزينه ها ي برق در دانشگاه، حركتي به سمت تكنولوژيهاي پاكيزه محسوب مي گردد.

اين نتيجه گيري‌ها مختص دانشگاه صنعتي شريف بوده، ليكن با جمع آوري اطلاعات مورد نياز روش شناسي را به سادگي مي توان در دانشگاه‌هاي ديگر پياده كرد. لذا جهت تاثير دادن بارها و تغييرات فصلي، بايد گام‌هاي زماني را كوتاه تر فرض نمود.

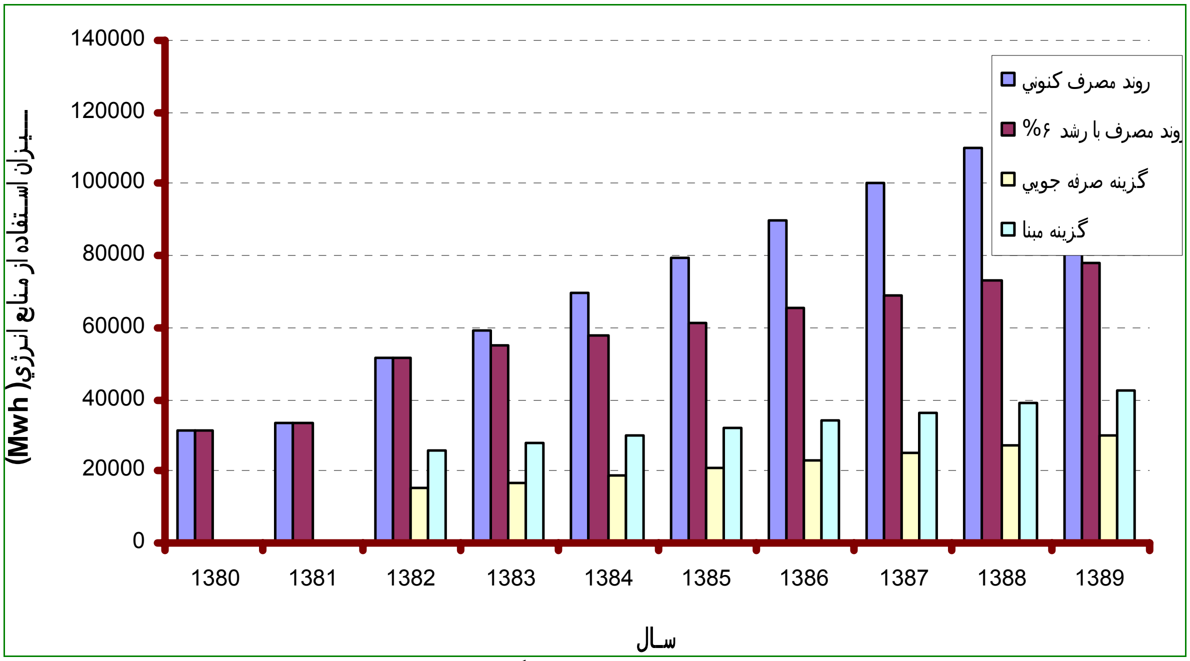
۳-۴ نتيجه گيري و بحث

۳-۵-۱ اجمال نتايج

مديريت سبز دانشگاه در راستاي اهداف توسعه پايدار بوده و بدليل طبيعت فعاليتهاي آموزشي و تحقيقاتي آن، تاثيرگذاري فزاينده اي در نهادينه شدن مفاهيم زيست محيطي و مدلهاي توسعه پايدار در سطح كلان جامعه دارد. افزايش غير منطقي مصرف و هزينه هاي(بالاي ۱۰%) خدماتي دانشگاه موجب هرزروي منابع، كسري بودجه دانشگاه ها، عدم تخصيص بهينه منابع و فشار مضاعف بر بودجه ملي گرديده است. در صورتيكه با سرمايه گذاري اوليه مشخصي، مي توان جلوي بخشي از اين تلفات را گرفت. در اين پروژه به مواردي نظير، ايجاد چارچوبي نظام مند براي مطالعات دانشگاه سبز، شناخت سيستم جريان انرژي و مواد دانشگاه، شفاف سازي مصارف و هزينه هاي مواد و انرژي، ايجاد بانك اطلاعات خدمات انرژي و مواد دانشگاه، شناسايي گلوگاهها اتلاف، امكانسنجي راهكارهاي مختلف براي بهبود وضع موجود، طراحي و توسعه مدل اوليه كنترل بهينه جريان انرژي دانشگاه و همچنين كاربرد آن در دانشگاه صنعتي شريف انجام

گرفت. روش شناسي پي گرفته شده در اين پروژه، مي تواند بعنوان الگو و آغازي در راه تكميل و بهبود پروژه هاي بهينه سازي فعاليتهاي دانشگاه و ايجاد فرايند توسعه پايدار در اين محيط باشد.

مدل بهينه دانشگاه بر اساس الگوي عرضه و تقاضا انرژي و با اين هدف كه اصلي ترين شاخصه مديريت سبز كاهش آلاينده ها، مي باشد، شكل گرفته و بر اين اساس سيستم مرجع جريان انرژي و مواد دانشگاه با هدف بهره گيري از تكنولوژيهاي جديد و بهينه در بخش عرضه و تقاضا توسعه يافته است. تنها سه نوع تقاضاي مفيد در بخش مصرف نهايي مد نظر بوده است.



شكل۳-۱۶ مقدار صرفه جويي در گزينه هاي مختلف

براي ايجاد مدل از روش برنامه ريزي خطي صحيح بهره گرفته شده است. روش شناسي توسعه يافته براي مدل قابليت بكارگيري در دانشگاه، مجتمع هاي ساختماني، بيمارستانها و شهرها را داشته و اصلي ترين بخش آن تقاضاي انرژي مفيد در بخش نهايي مي باشد.در دانشگاه صنعتي شريف تقاضاي انرژي مفيد در فضاهاي

مختلف محاسبه گرديده و براي برآورد اين تقاضا مدل عرضه انرژي از شبكه هاي انرژي رساني شكل گرفته است. پايگاه داده خدمات انرژي و مواد دانشگاه شامل اطلاعات مصارف، برق، گاز، آب، كاغذ، مواد غذايي، شوينده هاي شيميايي، زباله، و اطلاعات بارهاي گرمايشي، سرمايشي، آب گرم و گاز طبيعي ساعتي دانشگاه، و پرو فيل دماي ساعتي تهران و ساير اطلاعات جهت بكار گيري مدل بهينه انرژي دانشگاه و محاسبه شاخص‌ها و پارامترهاي مطلوب تهيه گرديد. با تحليل حساسيت برخي پارامترهاي اقتصادي و فني مقدار صرفه جويي انرژي تخمين زده شد كه در شكل ۳-۱۶ نشان داده شده است.

مدلي كه براي دانشگاه توسعه داده شد، به صورت يك نرم افزار در محيط Ms-Excel درآمده است. كاربرد آن در دانشگاه ها يا سيستمهاي مشابه، در صورت دسترسي و محاسبه اطلاعات مورد نظر، بسيار ساده مي باشد.

۳-۵-۲ ضعف‌هاي روش شناسي

ضعف‌هاي پروژه در دو بخش قابل ارزيابي هستند:

الف) بدليل اندك بودن اطلاعات، تمام شاخصهاي مربوط به چارچوب مديريت سبز(مثلا"، شاخصهاي كيفي آموزشي) دانشگاه ارزيابي نشدند. براي نمونه الگوي بكار رفته در دانشگاه ميشيگان در برگيرنده ۵۰ شاخص مختلف مي باشد.

ب) ضعف‌هاي مربوط به كاربرد مدل در دانشگاه صنعتي شريف شايد خيلي برجسته باشد؛ كه عبارتند از:

- عدم تفكيك مصارف نهايي در مدل
- گام هاي زماني ساليانه به جاي ماهيانه يا ساعتي به دليل مشكلات دسترسي به جواب

- عدم بهره گيري از تكنولوژي‌هاي كاهش ديماند در مدل
- عدم اعمال تغييرات و بارها جهت محاسبه ظرفيت بهينه تكنولوژي‌هاي CHP يا بويلر.

۳-۵-۳ پيشنهادات براي كارهاي آتي

در مطالعه سيستماتيك عرضه و تقاضاي انرژي و مواد دانشگاه، تمام موارد اعمال نشده است. لذا براي كاربرديتر شدن مدل، كارهاي آتي مي تواند بر مبناي سيستم مرجع جريان انرژي و مواد (شكل ۳-۱) دنبال گردد كه البته گام زماني نيز كوتاه تر(مثلا" ۳ ساعتي) گردد. اعمال قيمت هاي متغير برق در مدل نيز مي‌توان زمينه ايجاد مديريت بار درمطالعه موردي باشد. از طرف ديگر، پياده سازي برخي از پيشنهادات (نظير مديريت الكترونيكي اسناد) نيز مي تواند در زمره كار هاي آتي تلقي گردد.

ارزيابي مهندسي فضاهاي دانشگاه شريف

۱-۴ تاريخچه

دانشگاه صنعتي شريف در اوايل سال ۱۳۴۵ (چند ماه بعد از زمان تاسيس آن توسط محمدرضا شاه)، محل موقتي را براي شروع فعاليت‌هاي خود در شمال خيابان آزادي، جائيکه قرار بود در آن هنرستان تاسيس شود، انتخاب نمود و بلافاصله براي ساخت ساختمان‌هاي ضروري شامل کلاس‌هاي درس، غذا خوري دانشجويان و بعضي آزمايشگاه‌هاي آموزشي اقدامات اوليه شروع گرديد. آقاي دکتر مجتهدي، رئيس وقت دانشگاه، طراحي ساختمان‌هاي اصلي توسعه دانشگاه از جمله بناهاي مربوط به دانشکده فيزيك، شيمي، رياضي، مکانيك، صنايع، متالوژي به يکي از معماران برجسته کشور واگذار نمودند. ايشان نيز با در نظر گرفتن فضاهاي آموزشي و پژوهشي موردنياز و با الهام از معماري سنتي ايران، ساختمان‌هاي اوليه دانشگاه را طراحي نمودند.

تظاهرات دانشجويي عليه حکومت و اظهار همبستگي اساتيد با دانشجويان، مقامات امنيتي کشور را بر آن داشت، توسعه دانشگاه را متوقف نمايند. در مقابل دانشگاه را به شهر اصفهان در يك فضاي گسترده‌تر و کاملا خارج از شهر اصفهان منتقل نمايند. استادان و دانشجويان در مقابل اين تصميم مقاومت نشان دادند و سرانجام در قبل از انقلاب تصميم بر آن شد که دانشگاه در محل فعلي باقي بماند و دانشگاه صنعتي ديگري نيز در اصفهان بوجود آيد (دانشگاه صنعتي اصفهان).

متاسفانه در اين مرحله و فاصله زماني، تمامي فضاهاي اطراف دانشگاه به فضاهاي مسكوني خصوصي تبديل شد كه عملا دانشگاه امكان توسعه جغرافيايي را نداشت. از طرف ديگر فعاليت‌هاي دانشگاه از جمله افزايش دانشجويان ورودي و افزايش تعداد اساتيد، افزايش رشته‌هاي تحصيلي و متعاقبا نياز به افزايش كلاس‌هاي درس، آزمايشگاه‌هاي جديد و فضاهاي اداري باعث شد كه ساختمان‌هاي ناهنجار و غير همگوني در دانشگاه ساخته شود كه هيچگونه هماهنگي با معماري قبلي نداشته، و عملا پرديزه[1] دانشگاه را بهم بريزد. بعلاوه بخشي از فضاهاي كه با الهام از معماري سنتي ايران در ساختمان‌ها موجود وجود داست و عملا در تنظيم نور و كنترل گرمايش و سرمايش موثر بود با ايجاد دفاتر، كلاس‌هاي درس از بين رفت. بدين ترتيب مجموعه فعلي ساختمان‌هاي دانشگاه شكل گرفت.

۲-۴ ارزيابي مهندسي فضاهاي دانشگاه

همانطوريكه ذكر شد، دانشگاه صنعتي شريف در يك فضاي بسته ناخواسته‌اي محبوس شده است و هيچ‌يك از استانداردهاي قابل قبول جهاني را دارا نمي باشد. ساختمان‌هاي پرديزه دانشگاه به لحاظ ايمني و فضاي سبز داراي اشكالات فراوان بوده، و عملا" محيط مطلوب و با نشاطي براي دانشجويان، استادان و كارمندان وجود ندارد. تردد وسايل نقليه در خيابان‌هاي تنگ، جدا نبودن مسير افراد پياده رو از مسير خودروها، وجود عوارض متعدد در مسيرهاي عبور افراد، روشنايي محدود و غير استاندارد در شب، ساختمان‌هاي فشرده و نزديك به هم، عمليات ساختماني پيوسته و سرو صداي ناشي از آنها تماما محدوده دانشگاه را به صورت جزئي از تهران شلوغ درآورده است.

[1] Campus

شكل۴-۱ تردد اتومبيل‌ها در محوطه دانشگاه باعث آشفتگي فضاي رواني دانشگاه شده است

فقدان برنامه ريزي اصولي در دانشگاه شريف و ساخت و ساز ناهماهنگ و بي‌قانون باعث ايجاد ساختمان‌هايي با جهت گيري نامناسب شرقي-غربي در پرديزه دانشگاه شده،كه وجود چنين ساختمان‌هائي از همه نظر قابل بحث و ايراد و انتقاد است بعضي از اين نكات در زير آمده است.

رشد حمل و نقل موتوري باعث افزايش اهميت جداسازي ترافيك متحرك و ساكن شده است. در توقفگاه‌هاي دايمي اتومبيل‌ها، مسير و محوطه پارك اتومبيل‌ها بايد به طور مشخص علامت‌گذاري شده و مسيري حفاظت شده براي عبور پياده تامين شود. متاسفانه در حال حاضر از تمام فضاهاي دانشگاه كه به هيچ وجه براي پارك خودرو مناسب نيست، براي پاركينگ استقاده مي‌شود و بدين ترتيب نه تنها ايمني عابرين پياده از بين مي‌رود بلكه محيط مناسب براي تجمع و ديدارهاي دوستانه دانشجويان نيز دستخوش وقفه مي‌گردد. انتظار مي‌رود كه مسئولان دانشگاه با تخصيص فضاهاي مناسب بعنوان پاركينگ خودروهاي موتوري وضع نابسامان پرديزه دانشگاه صنعتي شريف را به حالت

مطلوب درآورده و فرهنگ پياده روي را در محوطه دانشگاه تشويق نمايند. طبيعي است كـه بـا اجـراي چنين سياستي دستاوردهاي زير بسيار محتمل خواهد بود:

١. ايجاد فضاي آرام و امن براي دانشجويان، كارمندان و استادان و مراجعين به دانشگاه
٢. بوجود آوردن فضاي كافي براي تجمع و ديدارهاي دوستانه و بحث‌هاي علمي و اجتماعي
٣. جلوگيري از ايجاد گردوخاك، مواد معلق و آلاينده‌هاي موضعي هوا
۴. كاهش نسبي مصرف انرژي (صرفه جويي هزار ليتر بنزين در سال)

همانطوركه اشاره شد دانشگاه شريف در حال حاظر فاقد طراحي همزمان و اصولي فضاهاي بـاز و بسـته و فاقد بكارگيري اصول جداسازي مسير پياده، سواره و رديف ساختمان‌هاست و هيچ فضـايي از بيـرون شامل حريم مخصوص نمي‌باشد خط و مرز ساختمان‌ها همان خط پايان كار سازه‌اي رويـت مـي‌شـود. توجه به فضاهاي باز نه به عنوان آنچه كه از زمين پس از طراحي ساختمان‌ها در محوطه بـاقي مـي‌مانـد، بلكه به مثابه عنصري كه در كل مجموعه نقش مستقلي دارند حائز اهميت بسيار است. بهترين عناصر باز عبارتند از: فضاي سبز، زمين‌هاي ورزشي، و فضاهاي آموزشي علمي در فضـاهاي بـاز و اسـتراحت در شكل‌گيري هر فضا، وجودفضاي سبز در كنار ساختمان‌ها و هماهنگي آنها بـا هـم از نظـر عملكـردي و ساختاري توصيه مي‌شود. با ايجاد فضاي سبز، مي‌توان كيفيت بصري را در محدوده مجموعـه، بـالا بـرد كه نقشـي بسـيار عميـق و نامحسـوس در آرامـش و آسـايش روانـي و عـاطفي اسـتفاده كننـدگان دارد. بخصوص در محيط‌هاي آموزشي با ايجاد حس درك تغيير فصول، زيبايي طبيعي هماهنـگ بـا زيبـايي مصنوعي ساخته دست بشر (معماري ساختمان‌ها) مي‌توان از يكنواختي و بي‌روحي ساختمان‌ها كاسـت و حس استقرار و استفاده بيشتر را براي استفاده كنندگان در محيط‌هاي عمـومي افـزايش داد. بـه همـين دليل، دستيابي به چشم‌انداز طبيعي، مناظر فضاي سبز در كنار محيط‌هاي آموزشي بـه صـورت بـاز ولـي

مهار شده، توصيه مي‌شود كه با مبلمان درست و ساده و هماهنگ با محيط آراسته شده باشد و به راحتي در دسترس استفاده كنندگان قرار گيرد.

در تعيين باغچه و گياهان زمين مربوط به فضاهاي سبز هم نكات مربوط به اقليم، تابش خورشيد و بادهاي محلي بايد در نظر گرفته شوند. وجود انواع آب‌نما هم در ميان باغچه و فضاي سبز به زيبايي و تلطيف محيط كمك مي‌كند كه در بررسي اقليمي و طراحي مي‌تواند مدنظر قرار گيرد. طراحي فضاي سبز با اهداف مختلف از جمله زيبايي ديد و منظر، حفظ بهداشت محيط زيست و مبارزه با آلودگي هوا، ايجاد مانع در برابر عوامل نامساعد اقليمي ، محل تجمع افراد، بازي و تفريح صورت گيرد:

- فضاي سبز براي تجمع، استراحت و تفريح دانشجويان.
- فضاي سبز بين مجموعه‌هاي ساختماني و بلوك هاي به منظور ايجاد محيط سالم و ايجاد حريم براي عملكردهاي مختلف.
- نوارهاي سبز در حاشيه خيابان بندي‌ها و مسيرهاي پياده به منظور جلوگيري از انتقال صداي وسايل نقليه و يا ايجاد سايه و زيباسازي منظر براي عابرين پياده.

در دانشگاه صنعتي شريف عليرغم وجود فضاي سبز و چشم انداز، بدليل ناهماهنگي و غيرقابل دسترس و بلا استفاده بودن توسط دانشجويان ، و به دليل فقدان مبلمان رفاهي- تفريحي- عملكردي، درون و اطراف فضاها و فقدان طراحي مناسب براي استفاده منظري؛ تاثير خاص خود را نمي‌گذارد و مي‌توان بيان كرد كه تنها نقش پركنندگي و يا جدا كنندگي بين ساختمان‌ها را ايفا مي نمايد.

شايان ذكر است، كه مصالح به‌كار رفته در فرش كف محوطه هم از اهميت خاص خود برخوردار است. آسفالت وكف‌سازي هموار و مناسب براي تعريف مسيرهاي دسترسي و فضاهاي عملكردي مورد بحث است و همچنين نقش مهمي در تفكيك مسيرها و جداسازي آنها خواهد داشت.

همچنين آسفالت نامناسب مي‌تواند به كيفيت منظري و زيبايي‌سازي محوطه و دسترسي آسان آن صدمه وارد آورد و هم موجب آسيب ناگهاني استفاده كنندگان هنگام حركت سريع و بي‌توجهي آنها شود.

شكل۴-۲ زوال كف پياده‌روها در محوطه دانشگاه شريف همه جا ديده مي‌شود

در محوطه دانشگاه شريف هم اين موارد بسيار مشاهده مي‌شود. فرش كف بسيار ناهموار و در بعضي از جاها از بين رفته كه اين امر مي‌تواند به دليل نامرغوب بودن مصالح مورد استفاده و يا اجراي نامناسب توسط پيمانكار صورت گرفته باشد. همچنين مي‌تواند به دليل انباشته شدن رطوبت در مكان‌هايي كه هنگام اجراي آن، كاملا تراز نشده باشد.

در مواردي هم، ورودي‌هاي زير زميني كه توسط پله‌هاي ورودي صورت مي‌گيرد، بدون هيچ علامات هشداردهنده‌اي در طول مسير ديده مي شودكه مي‌تواند براي افراد تازه وارد و كم توجه و يا شتاب زده خطر بسيار جدي محسوب گردد.

شكل۴-۳ منظره‌اي از محوطه دانشگاه صنعتي شريف

معمولا ورودي‌ها حدفاصل فضاي داخلي و خارجي مي‌باشند و بايد كاملا واضح و نمايان باشند. بي‌توجهي يا كم توجهي به اين شاخص باعث سردرگمي و عدم خوانايي دسترسي و مسيرهاي دستيابي به فضاهاي مورد نظر مي‌گردد. متاسفانه اكثرا افراد در محوطه دانشگاه با ابهام در مسير مواجهند و هيچ تفكيك، يا تابلوي اعلام راهنمايي براي دست يافتن افراد و مراجعه‌كنندگان در دست‌يابي به هدف و ساختمان موردنظرشان وجود ندارد. حتي در بعضي موارد، ورودي ساختمان‌ها هم مشخص نشده اند كه اين امر باعث اتلاف وقت زياد مراجعه‌كنندگان در محيط آموزشي مثل دانشگاه مي‌شود.

ساختار هر بنا به عملكرد اوليه اصلي آن در زمان ساخت و دليل اجراي آن، داراي ارزش و اعتبار است كه به مرور زمان چنانچه عملكرد جديدي به بنا داده مي‌شود باعث تغيير تحولي در آن مي‌گردد و به همين نسبت هم باعث تغييراتي در ساختار و كالبد بنا مي‌شود كه بايد بر طبق اصول و با توجه به دلايل منطقي باشد.

بعنوان مثال با مرمت قسمتي از ساختمان‌ها و پر كردن قسمت‌هاي خالي مثل تاق‌هاي كنار ورودي برخي از بلوك ها، به ديد بصري آن آسيب رسانده و هم عملكرد آنرا كه بر اساس دلايل منطقي زمان خودش شكل گرفته را، زير سوال مي‌برد.

با پيشرفت تكنولوژي براي رفاه و ايمني در مقابل عوامل اقليمي، سرما و گرما و با نصب و استفاده از سيستم‌ها و دستگاه‌هاي خنك كننده و گرم كننده بايد كليه اصول ايمني، عملكردي رعايت شود. متاسفانه در بعضي از قسمت هاي دانشگاه دستگاه‌هاي سرمايش، گرمايش- در معرض ديد عابرين قرار دارد و منظر بد و نامطلوبي را ايجاد مي‌كنند. از طرف ديگر هيچگونه تمهيدي براي پنهان نمودن و مهاركردن سيستم‌هاي الكتريكي و مكانيكي در نظر گرفته نشده است. با توجه به اينكه دانشگاه محيطي پويا و كنجكاو مي‌باشد، امكان خطر و آسيب به عابرين وجود دارد در يك طراحي اصولي و هماهنگ تمام مسائل ايمني، منظري در آن بصورت كامل و جامع گنجانده مي‌شود. بدين صورت كه فضاهايي خاص و دور از دسترس و ديد مراجعين و استفاده كنندگان براي تاسيسات و دستگاه‌هاي ايجاد مي‌شود كه حتي در صورت لزوم و نياز به تغيير بدون رويت و مشاهده تعميرات و تغييرات انجام مي‌گيرند.

شكل۴-۴ بهره‌گيري از روشنايي روز در بيشتر ساختمان‌ها حداقل بوده است.

در طراحي داخلي فضاهاي آموزشي نكته بسيار فاحشي كه وجود دارد. فقدان نور طبيعـي در فضـاي مركزي ساختمان‌ها بوده، كه باعث مي‌شود براي تامين نور حتي در روزهاي آفتابي و روشـن از انـرژي اضافي استفاده گردد و مصـرف انـرژي هـم هيچگونـه صـرفه‌جـويي نشـود. همينطـور فضـاهاي بـا نـور مصنوعي باعث ايجاد خستگي مفرط در اواخر روز و هم باعث خواب‌آلودگي دانشجويان مـي‌شـود. در حاليكه طراحي درست اوليه و اصولي مي‌تواند اين مسايل را برطرف نموده و صرفه جويي قابل تـوجهي در مصرف انرژي نيز بوجود آورد. در انتها بايد بر ايـن نكتـه اشـاره شـود كـه بـراي نزديـك شـدن بـه كارايي مفيد دانشگاه نياز به طراحي موضعي روي‌بخش‌هاي اشاره شده در بالا مي‌باشد تا بتوانـد محـيط فرح‌بخش و آكنده از آموزش و يادگيري و جذب و نگهداري ساعات بيشتري از روز براي دانشجويان مـراجعين كـاربران واسـاتيد در محـيط دانشـگاه فـراهم آورد.

۵

اصول طراحي سيستم هاي انرژي دانشگاه

۱-۵ مقدمه

بنابر آمار رسمي كشور، تعداد دانشجويان در سال تحصيلي ۱۳۸۳-۸۴ بالغ بر۱,۴ ميليون نفر بوده، كه در بيش از۵۰ دانشگاه و موسسه آموزش عالي عمدتا دولتي يا با ساختاردولتي تحت پوشش قرار دارند[1]. اين ميزان جمعيت عموما از امكاناتي بهره‌مند هستند كه تحت عنوان آموزش عمومي رايگان در ايران قانون شده است و بنابراين در كنترل دولت مي‌باشد. چون هزينه آموزش پرورش از بودجه عمومي كشور تامين مي‌شود، حساسيت زيادي بر روي ميزان كارآمدي هزينه و مديريت بهينه اعمال نمي‌شود. از طرف ديگر بايد تاكيد شود كه بهترين زمان بهينه‌سازي ساختمان با معيار حداقل‌هزينه عملياتي، و تعمير و نگهداري ، زمان طراحي و ساخت ساختمان مي‌باشد. دولت نبايد اين انتظار را داشته باشد كه دانشگاه تحت كنترل خود بعد از ساخته‌شدن پذيراي تغييراتي سخت افزاري در راستاي كاهش هزينه‌هاي عملياتي باشد. اين گزينه نه تنها هزينه نسبتا" زيادي را مي‌طلبد، بلكه مديريت منسجم و كارآمدي جدا از مديريت آموزشي را نياز دارد كه طبعا به علت انگيزه بسيار پايين مديران در تكلف دولت نمي توان انتظار بهبود زيادي داشت. در اين فصل اصول طراحي ساختمان‌هاي پر بازده در قالب توصيه‌هايي ارائه خواهد شد. اگرچه در كل فراگير نبوده، ولي رعايت همين نكات اندك نيز مي‌تواند تاثير مناسبي بر روي بهره‌وري انرژي دانشگاه در ايران داشته باشد.

۵-۲ اصول طراحي دانشگاه با كارايي انرژي بالاتر

۵-۲-۱ دستورالعمل‌هاي عمومي

با جهت گيري مناسب ساختمان‌هاي دانشگاه ميزان دستيابي به انرژي خورشيدي حداكثر شده، و بهره‌گيري از روشنايي روز بهبود يافته، ميزان مصرف انرژي الكتريكي براي روشنايي كاهش و همچنين‌از مقدار بارهاي گرمايشي و سرمايشي كاسته خواهد شد. جهت‌دهي ساختمان بر روي محور شرقي-غربي همراه با حداكثر سازي پنجره‌هاي روبه جنوب و حداقل سازي پنجره‌هاي روبه شرق و غرب، عملكرد انرژي ساختمان، را بهبود مي‌بخشد و هزينه‌هاي اوليه مرتبط با سرمايش را كاهش مي دهد.[2]

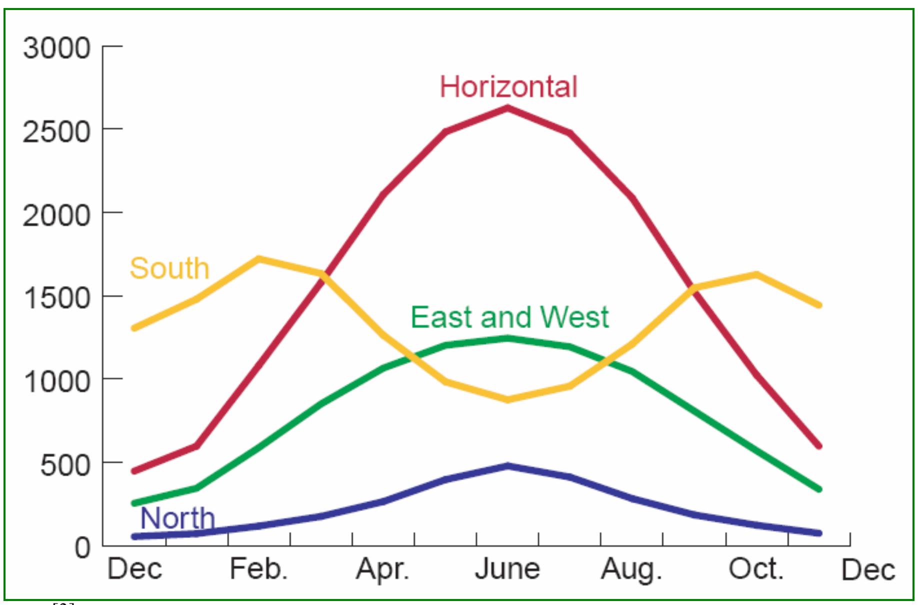
لامپ‌هاي برقي، مقادير زيادي از برق ورودي را به صورت اتلاف حرارتي وارد فضاي داخل ساختمان مي‌كنند كه در مقايسه با همان مقدار شدت روشنايي ناشي از روز حرارت زيادي توليد مي‌كند. اين حرارت بايد در ماه‌هاي گرم توسط سيستم تهويه زدوده شود بنابراين روشنايي خورشيد خنك‌تر از روشنايي برق است. كاهش بارهاي سرمايشي با استراتژي‌هاي روشنايي روز اغلب به طراحان اين امكان را مي‌دهد تا سيستم‌هاي تهويه با اندازه كوچكتر طراحي نمايند. با طراحي دانشگاه در امتداد غرب به شرق، هزينه‌هاي روشنايي كمينه مي‌گردد. همچنين بهره‌مندي از مجموعه استراتژي‌هاي زير كارائي انرژي ساختمان‌هاي دانشگاه را شديدا بهبود خواهد بخشيد:

- از طريق تعبيه شيشه هاي رو به جنوب يا شمال، استراتژي روشنايي روز اعمال شود.
- اطمينان از اينكه المان‌هاي طراحي خارجي با ويژگي‌هاي پرديزه موجود، تاثير منفي بر روي طراحي روشنايي روز نداشته باشد.
- اطمينان از اينكه المان‌هاي ساختمان بطور ناخواسته، سايبان سطوح شيشه‌اي نباشند كه به منظور بهرگيري از روشنايي روز طراحي شده‌اند.

- ملاحظه مواد انعكاس دهنده روي سطوح شيشه اي،

۵-۲-۲ استراتژي روشنايي روز

از آنجا كه روشنايي يكي از مولفه‌هاي اصلي مصرف انرژي (برق) مي‌باشد تلاش براي بهره‌گيري از روشنايي كافي بايد در اولويت تمام طراحي‌ها باشد. با طراحي مناسب و بهره گيري از پتانسيل روشنايي روز، روشنايي الكتريكي كاهش يافته، و محيط دلپذيرتري براي ساكنين ايجاد مي‌شود. ويژگي پنجره‌ها و نحوه طراحي آنها و هدف طراحي آنها، مي‌تواند سطح كارايي انرژي در دانشگاه را تعيين نمايد. شكل۵-۱ ميزان جذب اشعه خورشيدي را با تغيير جهت سمت پنجره ها نشان مي‌دهد.



شكل۵-۱ ميزان جذب انرژي خورشيدي با تغيير سمت پنجره‌ها (برحسب وات بر مترمربع) [3]

۵-۲-۳ انتخاب مناسب پنجره‌هاي ساختمان

در تمام طراحي‌ها، پنجره بايد از مواد با كيفيت بالا ساخته شود و در كنار آجرهاي حرارتي، از شيشه‌هاي مناسب براي كاربردهاي خاص استفاده شود. پنجره‌ها بايد اهداف كلي را تامين نمايند،

طراحي پنجره‌هي بزرگتر، تاثيرات معكوس بر كارايي انرژي ساختمان خواهد داشت. براي تعيين اندازه بهينه پنجره‌ها در هر كاربردي طراحان بايد از گزينه هاي شبيه سازي كامپيوتري استفاده نمايند. دپارتمان انرژي آمريكا[1] برنامه DOE-2 را به عنوان ابزار تجزيه و تحليل به اين منظور آماده نموده است. برخي از كشورها با ايجاد تغييراتي در متن برنامه آن را به صورت بومي در آوردند كه در ايران هم جدا از مشكلات احتمالي تحريم مي توان اينگونه اقدامات را به انجام رساند. طراحي پنجره ها با هدف كمينه سازي اتلاف انرژي نياز به ابزارهاي نرم افزاري دارد كه نرم افزار بالا نمونه اي از يك تجربه اثبات شده است.

جدول۵-۱ ميزان انتقال و ضريب رسانش پنجره‌هاي مختلف

نوع شيشه	گذردهي انرژي خورشيد	مقدار مقاومت حرارتي (U value Equ.)
تك جداره روشن	%۷۵-%۸۹	۱,۱۱
دو جداره روشن	%۶۸-۷۵%	۰/۴۹
دو جداره روشن Low-e*	%۴۵-۵۵	۰/۳۸
Low-e تك رنگ خاكستري	%۳۰-۴۵	۰/۳۸
Low-e آرگون	%۴۵-%۵۵	۰/۳

انتخاب مناسب مقادير انتقال حرارت به همراه جهت‌گيري ساختمان بارهاي سرمايشي را كاهش داده، و در كل تاثير كليدي بر روي ميزان كارائي انرژي ساختمان خواهد داشت.

۵-۲-۴ پوسته[1] ساختمان

به علت اينكه پوسته ساختمان مسئول مستقيم ۱۶-۲۰% انرژي مصرفي دانشگاه است، تمركز بروي اين موضوع طراحي مي‌تواند به كاهش مصرف انرژي درساختمان‌ها منجر شود. عايقكاري جداره‌ها و

[1] Department Of Energy

*The **low-E** window has a conductance (U-**value**) of 1.5 W/sq.m-deg.C,

[1] Envelope

سقف موجب كاهش اتلاف بهره حرارتي و همچنين افزايش راحتي مي‌گردد. جداره‌هاي بيروني با رنگ روشن و بام‌هاي سفيد به كاهش بارهاي سرمايش كمك مي‌كند. مجموع اين عوامل كاهش اندازه و هزينه سيستم تهويه مطبوع مورد نياز را در پي خواهد شد.

در اقليم‌هاي معتدل و متغير(كه دانشگاه صنعتي شريف نيز در اين اقليم قرار دارد.)، تكنيك هاي ساخت و ساز چگال، راه حل كليدي براي بهبود گرمايش و سرمايش ساختمان محسوب مي‌شود. جداره هاي چگال موجب به تاخير افتادن بهره حرارتي مي‌شود براي نمونه، استفاده از آجر و بلوك ۱۶ اينچي يا بلوك با حفره‌خالي عايق مي تواند نرخ انتقال حرارت را به مقدار قابل‌توجهي كاهش دهد.

۵-۲-۵ پيشنهاد آبگرمكن خورشيدي به عنوان گزينه استفاده از انرژي هاي تجديد پذير

به علت تقاضاي شديد آب گرم در دانشگاه (دانشكده‌ها و سلف سرويس) ، سيستم گرمايش خورشيدي به عنوان مهمترين گزينه كاهش صورت‌حساب انرژي مي‌تواند مطرح باشد. در برخي از دانشگاه‌ها استفاده از آبگرمكن خورشيدي علاوه بر اهداف آموزشي مي تواند منافع گسترده‌اي را به همراه داشته باشد.

۶-۲-۵ امكان‌سنجي اقتصادي نصب آب‌گرمكن خورشيدي

بخشي از مديريت انرژي مربوط به امكان بهره‌گيري از انرژي خورشيدي در زندگي روزمره مي‌باشد و بهترين گزينه استفاده ازانرژي خورشيد در دانشگاه، تامين انرژي حرارتي از طريق آبگرمكن خورشيدي مي‌باشد. در اين بخش دانشكده مهندسي شيمي دانشگاه صنعتي شريف به عنوان يك ساختمان نسبتا" بزرگ (متراژ زيربنا ۵۰۰۰متر مربع) انتخاب شده است، تا ارزيابي اقتصادي نصب آب‌گرمكن خورشيدي بر روي آن صورت بگيرد. براي نصب آبگرمكن خورشيدي ابتدا بايد نياز

حرارتي گرمايش آب ساختمان محاسبه گردد. براي تخمين نياز گرمايشي (آب‌گرم) ساختمان ترجيحا از استانداردهاي طراحي سيستم گرمايش در محيط‌هاي آموزشي بهره گرفته شده است[4].

شکل۵-۴ نمونه‌اي از آبگرم‌کن خورشيدي مورد استفاده در دانشگاه صنعتي شريف

بهرحال مجبوريم برخي از تقريب‌ها را در هنگام تخمين تقاضاي آب گرم به دليل فقدان استانداردهاي داخلي و تکيه بر معيارهاي جهاني بپذيريم.

۵-۲-۶-۱ محاسبه بار گرمايش آب

ابتدا مشخصات کاربري ساختمان به همراه استاندارد مربوط به مصرف آب‌گرم را جمع‌آوري مي‌کنيم که اين مشخصات در جدول۵-۲ رديف گرديده است. براي محاسبه از چندين رابطه به صورت متوالي استفاده خواهد شد اين روابط در ذيل آورده شده‌اند[5]:

(۴-۱) ضريب تقاضا * حداکثر مصرف آب‌گرم = مقدار واقعي مصرف

(۴-۲) ضريب منبع * ضريب تقاضا * حداکثر آب‌گرم لازم = حجم منبع آبگرم

(۴-۳) $$Q_t = V * 8.33 * (t_2 - t_1)$$

که،

Q_t معادل حرارتي آب‌گرم (Btu)

T_2 دماي خروجي(F)

T_1 دماي ورودي(F)

جدول۵-۲ مشخصات كاربري ساختمان دانشكده

نوع متغير	كميت	توضيحات
تعداد دانشجويان	۸۰۰	نفر
دماي ورودي	۶۰	فارنهايت
دماي خروجي	۱۴۰	فارنهايت
حداكثر آب‌گرم مصرفي براي هر نفر در دانشكده	۴	گالن در ساعت
ضريب تقاضاي آب‌گرم مصرفي دانشگاه	۰,۴	
ضريب ذخيره منبع	۱	
تعداد ساعت كاري در سال	۲۰۰۰	ساعت
بازدهي سيستم تبديل	۰,۷	
بازدهي سيستم انتقال	۰,۸۵	
بازدهي آب‌گرمكن خورشيدي	داخلي (۰,۸)،	

با انجام محاسبات تقاضاي آبگرم حرارتي دانشكده مهندسي شيمي در هر سال معادل۹۲۸۰۰مترمكعب گاز طبيعي خواهد بود. از طرف ديگر براي طراحي سيستم آب‌گرمكن خورشيدي بايد متوسط تابش بـر متربـع در تهران مشخص باشد.

جدول۵-۳ مشخصات اقتصادي و فني سيستم آب‌گرمكن خورشيدي

نوع متغير	مقدار	توضيحات
متوسط تابش دريافتي در تهران	۴,۷	كيلووات ساعت بر مترمربع بر روز
استاندارد سطح كالكتور	۲*۱,۰۵	مترمربع
ميزان كاهش آلايندگي	۰,۳۹۶	تن معادل دي‌اكسيد كربن بر متر مربع بر سال
قيمت گاز طبيعي در ايران	۷۰	ريال
قيمت گاز طبيعي در مقياس ملي	۴۶۰	ريال
هزينه سرمايه‌اي و نصب هر آبگرمكن (۴مترمربع)	۴۵۰۰۰۰۰	ريال

با استفاده از اطلاعـات بـالا امكـان انجـام تجزيـه و تحليـل اقتصـادي نصـب آب‌گـرمكن خورشـيدي در دانشكده مهندسي شيمي دانشگاه صنعتي شريف فراهم خواهد شد. جدول ۵-۴ نتايج محاسبات اقتصـادي را نشان مي‌دهد.

جدول۵-۴ نتايج محاسبات فني- اقتصادي

نوع متغير	مقدار	ملاحضات
ميزان صرفه جويي سالانه	۶۵۰۰۰۰۰	ريال، مقياس بنگاه
	۴۲۶۸۸۰۰۰	ريال، مقياس ملي
تعداد كالكتورهاي خورشيدي	۱۴عدد	هر عدد ۲,۱ مترمربع
هزينه نصب و راه‌اندازي آبگرمكن خورشيدي		ريال
زمان برگشت سرمايه	۴,۶ سال	از ديدگاه بنگاه
	كمتر از يك سال	در مقياس ملي

بنابراين در صورتيكه دولت بخشي از هزينه‌ها را بصورت يارانه پرداخت كند يعني به جاي پرداخت يارانه گاز مستقيما آنرا براي انرژي تجديد پذير پرداخت نمايد موجب كاهش زمان برگشت سرمايه از ديدگاه بنگاه خواهد شد.

۵-۳ چك ليست طراحي دانشگاه بهينه از نظر انرژي

براي ارائه مجموعه‌هاي فراگير از توصيه‌هاي طراحي ساختمان در اين قسمت پيشنهادهايي در قالب گزينه مناسب و نامناسب ارائه شده است كه رعايت اين مسائل مي‌تواند كمك مناسبي به بهبود وضعيت انرژي ساختمان دانشگاهي و آموزشي گردد در اكثر ساختمان‌هي آموزشي دنيا اين مجموعه دستورالعمل‌ها رعايت شده است كه در واقع تجربه موفقي را از نظر بهبود انرژي نشان مي‌دهد.

چك ليست مسائل كليدي طراحي دانشگاه

المان طراحي نكوهيده ■

المان طراحي پيشنهادي □

چك ليست مسائل كليدي طراحي پرديزه	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت زندگي
استفاده از مزاياي منابع طبيعي اطراف ساختمان با: - جهت دهي طراحي ساختمان براي بيشينه كردن استفاده از انرژي خورشيد و روشنايي روز - استفاده از درختكاري و اشكال طبيعي	■ ■		□	■ ■	□ □	
تدبيرراهكارهايي براي صرفه جويي آب نظير رعايت اصول منظره سازي	■			■		■
افزودن اسبابي براي فراهم كردن آسايش افراد در پرديزه - براي معلمان و يجاد برنامه هاي تعليمي - شامل تدريس خارج ساختمان و تفسير محيط - تجهيزات مختلف محيط طبيعي براي تفريح		■ ■ ■	■ ■ ■	■ □ □		
بيشينه‌سازي فرصت آموزش درمسير پياده روي از مناطق مسكوني تا دانشگاه		■				

مجهز کردن دانشگاه به ويژگي هاي طراحي محيط		■	■			
توسعه مکاني که در آن از وجود چشم انداز , اکوسيستم و زندگي حيات وحش حمايت مي شود.		■	■	□		
به کارگرفتن استراتژي‌هاي صرفه جويي انرژي وبهره گيري از انرژي تجديد پذير براي کاهش آلايندگي		□		□		□
ايجاد باريکه زميني براي ايجاد حصار صوتي	■			■		■
توسعه کنترل فرسايش محوطه و راهکار اداره طغيان آب			□		■	
اتصال مستقيم راه هاي دانشگاه به مسيرهاي سبز و مسيرهاي کناري مناطق مسکوني				■		■
طراحي دانشگاه به صورت بخشي از جامعه : - ايجاد دسترسي ساده و راحت به متن اجتماع و عبور و مرور از طريق پياده روي - مجوز بهره مندي از امکانات تفريحي	■			■	■	■

چك ليست مسائل كليدي روشنايي روز و پنجره‌ها	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت زندگي
محاسبه تمام منافع عايـده از روشـنايي روز، شامل: - روشنايي و سرمايش برق كاهيده - ميزان كاهش سرويس الكتريكي در دانشگاه - كم كردن تعميرات سيستم مكانيكي - جابه جايي كمتر لامپ ها - كاهش پيک تقاضا و تجهيزات با كوچكتر شدن بارهاي سرمايشي و روشنايي	■ ■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■
ارزيابي و اجتناب از اثرات منفي در ارتباط با نوع , مكان و كار پنجره ها , شامل:						
- نور خورشيد و انعكاس اشعه مستقيم وارد فضاهاي كار و آموزشي مي شود.	□		■		■	
- ازدياد انعكاس در ماه هاي گرم	■		■		■	
- مشكلات آسايشي و شدت واتلاف حرارتي غير مفيد به سبب نداشتن كنترل حرارتي , عايق سازي ضعيف پنجره ها و و انتخاب سمت پنجره ها	■		■		■	
- تعميرات و نگهداري	■					
اثبات فوايد روشـنايي طبيعـي بـراي دانـش		■		□		

آموزان						
ایجاد ارتباط سنجیده با محیط بیرون که شرایط آب و هوایي ظاهري را به چیزي مهیج براي دانش آموزان تغییر مي دهد.		■		□		
به کار گیري راهکارهاي روشنایي طبیعي که مي تواند یادگیري و مشارکت دانش آموزان را زیاد کند.	□	■	□	□		
تشخیص اهمیت روشنایي طبیعي به عنوان راهي براي ایجاد محیط آموزشي بهتر که :						
- اثر فیزیولوژیکي مثبت بر دانش آموزان و معلمان دارد			■		■	■
- ایجاد کیفیت روشنایي بهتر			■		■	
- افزایش کارایي دانش آموزان و معلمان			■			■
کاهش مواد و هزینه ساخت با بهینه کردن روشنایي طبیعي در طراحي کلي ساختار و سیستم سقف				■		
به کار گرفتن راهکار روشنایي طبیعي کنترل شده			■		■	
زمانیکه شرایط آب و هوایي اجازه مي دهد، نصب پنجره هاي عملي براي بهتر کردن کیفیت هواي داخل			□		■	
استفاده از روشنایي طبیعي و پنجره هاي با کارایي بالا به عنوان راهي براي کاهش هزینه انرژي در طولاني مدت , تغییر منابع مفید به نیاز هاي آموزشي مهم و ذخیره بیشتر از هزینه انرژي شما در جامعه	■					■

چك ليست مسائل كليدي پوسته بهينه ساختمان از نظر انرژي	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت اجتماعي
ارزيابي دقيق جداره ساختماني ضرورت دارد چرا كه خيلي از اين مواد در طول مدت عمر اسباب غير قابل تعويض هستند	■					
در نظر گرفتن دامنه گسترده اي از سيستم هاي ساختماني كه مي توانند مصرف انرژي را بهبود داده و نيازمندي هاي تعميراتي و نگهداري را كاهش دهند و آسايش را تسهيل نمايند، شامل:			■			
- ديوار هاي خارجي با رنگ روشن و سيستم سقف با انعكاس بالا	■			■	□	■
- حصارهاي انعكاسي عايق شده در سقف	■			■	□	■
- ساختار ديوارهاي آجري	■			■	□	■
- بهينه كردن عايق سازي سقف و ديوار ها	■			■	□	■
- سپرهاي مقاوم نفوذ و هوا	■			□	■	■
- ديوارها ي داخلي و كف با رنگ روشن	■			■	■	□
به كار گيري آثار هنري و گرافيكي در ساختمان كه به ترويج آموزش دانش آموزان درباره انرژي و محيط زيست ياري رساند.		■				
طراحي تركيبات ساختماني با ضريب انرژي براي آشكار كردن هدف و عملكرد آنها براي دانش آموزان		■				
در نظر گرفتن مسائل ديوار هاي ساختماني كه مستقيما بر آسايش و سلامتي، و غير		■				

مستقيم بر عملكرد دانش آموزان در كلاس اثر مي گذارد.						
در نظر گرفتن راهكارهاي انـرژي تضـميني عملكرداجزاء و تركيبات ساختماني			■		■	
در نظـر گـرفتن رنـگ سـطوح داخلـي در كنترل تابش و بهبود راحتي			■		■	
به كار گرفتن راهكارهاي انرژي كه باعـث ذخيـره بيشـتر ارزي انـرژي در جامعـه مـي شود.	■					■

چك ليست مسائل كليدي سيستم‌هاي الكتريكي و روشنايي روشنايي و سيستم‌هاي الكتريكي	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت اجتماعي
انتخاب لامپ‌ها , لنزها و تجهيزات روشنايي با كارايي بالا كه به وظيفه خصوصي را انجام مي دهند.	■		■	■	■	■
تعيين كردن تجهيزات و وسايل با كارايي بالا	■			■		■
استفاده از لامپ‌هاي با عمر زياد براي كاهش تعميرات و نگهداري	■			■		■
توسعه راهكارهاي راه روشنايي ساده بر اساس دسترسي به روشنايي طبيعي	■	■	■	■	■	■
بـه كـار بـردن كنتـرل‌هـا , سنسـورهاي اشـغال سـاختمان،روشـنايي مرحلـه اي يـا حسـاس بـه تاريكي كه بطور اتوماتيـک نـور الكتريكـي را	■			■	■	

در طي زماني كه از روشنايي طبيعي استفاده مي شود را كاهش مي‌دهند.						
ايجاد كنترلر فوتوسل براي روشنايي خارجي به منظور اطمينان از اينكه لامپ‌ها در طي روز كار نمي كنند.	■			■		■
ملاحظه پخش نور ديود LED	■			■		■
كمينه سازي كردن تلفات مسيرهاي الكتريكي به وسيله عايق كردن سيستم توزيع ولتاژ بالا	■			■		■
بهره گيري از تكنسين تعمير و نگهداري تجهيزات و سيستم	■			■		■
انجام برنامه نگهداري منظم براي مطمئن شدن از عملكرد درست و مناسب.	■					
استاندارد ASHRAE9.01-1999 مي تواند براي آگاهي از ظرفيت توان روشنايي براي هر فضا در دانشگاه استفاده شود	■					
پايش مداوم انرژي مصرفي وسيستم انرژي تجديد پذير	■	■		■		
طراحي روشنايي براي نور يكنواخت هر فضا , كاهش گرمازايي ابزار روشنايي	■		■		■	
انتخاب لامپ با حداقل يا بدون مواد خطرزا				■	■	■
طراحي روشنايي مكان به روشي كه آلودگي روشنايي كاهش يابد:						
- بهينه كردن ارتفاع روشنايي مسير راه براي توسعه روشنايي			■		■	■
- محدود كردن روشنايي خارجي فقط براي مكان‌هاي لازم	□			■	■	■

کمينه سازي روشنايي خيره كننده :						
- ايجاد نور غير مستقيم , خصوصا در مكان كامپيوتر			■		■	
- استفاده از لنزها که سپر لامپ براي ديد مستقيم است و نور را پخش مي‌کند.			■		■	
- ارزيابي مکان منابع نوري به نسبت قرار گرفتن و اينکه کدام يک بايد ديده شود.			■		■	
- پرهيز از نور خيره کننده منعکس شده که صفحه کامپيوتر و اسباب روشنايي را نگاه مي کنند. - کم کردن مکان‌هاي تطبيق زودگذر که در آن چشم وقتي از يک فضا به فضاي ديگري با سطح روشنايي مختلف مي‌رود. نمي تواند به درستي تنظيم شود.			□		■	
به کار بردن روشنايي وسيستم الكتريكي كاراي انرژي كه منجر به ذخيره ارزي انرژي در جامعه مي شود	■					■
در نظر گرفتن هزينه دوره عمر مفيد براي اطمينان از اينكه راه حل دراز مدتي را انتخاب كرديم	■					■

چك ليست مسائل كليدي سيستم‌هاي مكانيكي و تهويه مطبوع سيستم‌هاي تهويه مطبوع و مكانيكي	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت زندگي
اجراي بهينه‌ترين استراتژي‌هاي مكانيكي و تهويه‌اي براي صرفه جويي انرژي	■		□	■	■	■
ملاحظه هزينه اوليه تجهيزات، هزينه‌هاي تعمير و نگهداري، هزينه‌هاي عملياتي پيشبيني شده براي ارزيابي منافع چرخه عمر گزينه‌هاي مختلف از سيستم‌ها	■			■		■
بهره‌گيري از برنامه تجزيه و تحليل انرژي كامپيوتري كه مصرف انرژي را به صورت ساعتي، روزانه، ماهانه و سالانه تجزيه و تحليل نموده و بطور موثري منافع بهره‌گيري از روشنايي روز را به نمايش گذارد.	■					
بهينه سازي سيستم مكانيكي به‌عنوان يك كل به‌هم پيوسته جهت بهبود برهمكنش اجزاي مختلف سيستم‌هاي ساختماني	■			□		
بهره گيري از بهينه‌ترين سيستم‌هاي مكانيكي از طريق:						
- اجتناب از طراحي بيش از اندازه تجهيزات	■			■	□	■
- حذف سيستم‌هاي ئيكه ابتدا هوا را سرد و سپس آنرا مجددا" آنرا گرم مي‌كنند، يا سيستم مخلوط هواي گرم وسرد	■	□		■	□	■
- هماهنگي و عرضه هوا با بارو بدون	■			■		■

افزودن پنالتي گرمايش مجدد						
- در نظر گرفتن سيستم‌هاي ذخيره حرارتي	■			□		■
- ناحيه بندي واحدهاي هوا ساز بطوريكه هر واحدي فضاهاي هم‌جهت و با الگوي مصرف همسان را تامين نمايند.	■	□		■		■
اجراي راهبردهائيكه بهينه‌سازي انرژي را با بكارگيري سيكل‌هاي اكونومايزري و سيستم‌هاي بازيافت حرارت هواي بيرون تضمين نمايد.	■	□	■		■	■
فراهم كردن دسترسي بصري ايمن به سيستم‌هاي مكانيكي جهت ارزيابي و تنظيم كاركرد		■	□			
ايستگاه‌هاي پايش مصرف انرژي به عنوان موارد كمك آموزشي		■	□		□	
بهبود بهره‌وري معلم و دانش‌آموزان با تضمين تامين هواي تازه كافي:		□				
- مطابق با استانداردهاي تهويه ASHRAE	■		■		■	
- بهره‌گيري از سنسورهاي آلايندگي	■		■		■	
- كانال‌ها طوري نصب شوند كه سطوح داخلي كاملا" صاف و هموار بوده تا حد ممكن از رشد باكتري‌ها جلوگيري كند.	■	□	■		■	
- سيستم كانال كشي طوري طراحي گردد تا امكان پاك كردن تعمير و نگهداري براي اجتناب از گرد و غبار و كثافت فراهم باشد.	■		■			■
- سمت ورود هواي تازه از بيرون بايد طوري تعبيه گردد تا هوا را از سمت پر			■		■	

ترافيك ، يا ساير آلاينده ها به داخل فضا نفرستد.						
اجراي استراتژي‌هاي مكانيكي و تهويه‌اي بطوريكه رطوبت را كنترل كرده و راه‌حلي براي تمام آلودگي‌ها اعم از فيزيكي، بيولوژيكي و شيميايي ارائه دهد.			■	□	■	
بهره‌گيري از سيستم‌هاي انرژي تجديدپذير براي فراهم كردن سرمايش جذبي، گرمايش فضا، آب داغ و برق	■		□	■		■
توضيح و ارائه تاثيرات منفي زيست محيطي CFCها و HCFCها هنگام انتخاب مبردها براي سيستم‌هاي سرمايشي.				■	□	■
اجراي استراتژي‌هاي كيفيت هواي داخل ساختمان كه منجر به ايجاد محيط دل‌پسند و شاداب آموزشي گردد.	■	□	■		■	
طراحي سيستم‌هاي مكانيكي و تهويه مطبوع براي حداكثرسازي راحتي دانشجويان و معلمين			■		■	
بهره‌گيري از سيستم مكانيكي و تهويه مطبوع بهينه از نظر انرژي براي تضمين بهره مندي از هزينه‌هاي فرصت صرفه جويي انرژي.	■				□	■

چك ليست مسائل طراحي سيستم هاي انرژي تجديد پذير	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت زندگي
در نظر گرفتن گزينه هاي تجديد پذير شامل						
- روشنايي روز	■	□	■	■	■	■
- سرمايش طبيعي	■			■	■	■
آب گرم و گرمايش فضاي خورشيدي	■			■		■
سرمايش جذبي خورشيدي	■			■		■
فتوولتائيك	■	□	■	■		■
در نظر گرفتن روشنايي روز با بالاترين اولويت	■		■	■	■	■
بهره مندي از سيستم هاي خورشيدي براي كاهش بارهاي پيك سرمايشي	■			■		■
بكار گيري سيستم هاي فتوولتائيك و بادي بعنوان ابزارهاي آموزشي كه فرصت‌هاي تبديل نور خورشيد و باد به برق را فراهم مي كنند.		■	□			
بهره مندي از سيستم هاي جذبي و آبگرم خورشيد،آموزش چگونگي تبديل نور خورشيد به انرژي گرمايش و تأمين سرمايش		■				
استفاده از راهبردهاي روشنايي روز و تهويه مطبوع طبيعي جهت آموزش به دانش آموزان		■		■	■	
تهيه بروشورهاي براي نمايش كل مصرف	■		■			■

انرژي در دانشگاه و درصد انرژي منابع انرژي تجديد در كل انرژي						
استفاده از سيستم هاي انرژي تجديد پذير به عنوان ابزارهاي شبيه سازي و آموزشي	■		■			■
بهره گيري از سيستم هاي انرژي تجديد پذير در محل براي كمك به ارتباط پذيري بين صرفه جويي انرژي و ياري رساندن به محيط زيست	■		■	■		■
استفاده از سيستم هاي انرژي تجديدپذير همراه با ذخيره باطري براي تامين تقاضاي اضطراري	■		■	□	■	
استفاده از سيستم هاي فتوولتائيك براي تأمين توان مطمئن روشنايي پاركينگ و پياده رو		■			■	
چراغ‌هاي هشداردهنده درخيابان‌ها و چهارراه‌ها	■				■	■
چراغ‌هاي ايمني	■				■	■
ايستگاه هاي شارژ برق	■			■	■	■
بهره گيري از انرژي تجديد پذير و متراژهاي صرفه جويي انرژي كه منجر به بهره مندي از هزينه مصرف سوخت فسيلي گردد.	■					■

چك ليست مسائل كليدي براي صرفه جويي آب	كاهش هزينه هاي عملياتي	طراحي كلاس‌هاي درس	بهبود كارائي دانشگاه	حفاظت زيست محيطي	طراحي به منظور تامين سلامتي، ايمني و رفاه	افزايش كيفيت اجتماعي
تشويق پيمانكاران عمومي براي صرفه جويي آب هنگام ساخت و ساز	■			■		■
بهره گيري از گياهان محلي براي حداقل سازي نيازمندي آبياري	■			■		■
نصب اسباب صرفه جويي آب	■			■		■
بهره گيري از سيستم هاي آب خاكستري	■			■		■
بهره مندي از سيستم جمع آوري آب باران	■			■		■
فراهم كردن آبگرمكن هاي محلي با ظرفيت متناسب با دانشگاه جهت اجتناب از اتلاف آب وانرژي	■			■		■
استفاده از نشانه هاي اشكال آموزش براي آگاه‌سازي دانش آموزان و معلمين در مورد ضرورت صرفه جويي آب و آموزش آنها كه هر فرد چگونه مي توان وظيفه خود را در قبال صرفه جويي آب رعايت نمايد	□	■	■	□		
نصب تجهيزات پايش ، مناظر شيشه اي تانك ذخيره و سيستم هاي مديريت انرژي كه مي تواند توسط دانش آموزان براي پايش‌كردن مصرف دانشگاه و ديدن منافع بهره مندي از آب خاكستري استفاده شود		■	■	□		
نصب قابل قبول لوله كشي عرضه آب داغ		■			■	
اطمينان از اينكه آب پاك و سرب زدا است	■			■		
نصب يك سيستم تصفيه بيولوژيكي آب در	■	■	□	■		■

محل						
چك كردن و ارزيابي شرايط خطوط لوله كشي و شير آلات براي بررسي پتانسيل محتويات آب				□	■	
تأييد شرايط عرضه آب نوشيدني				□	■	
نصب خطوط لوله كشي جداگانه كه امكان آبياري با استفاده از آب تصفيه نشده را فراهم نمايد تا از هزينه ها مواد شيميايي و انرژي صرف شده براي تصفيه آب در سطوح آب آشاميدني اجتناب گردد.	■			■		■

مـدیــریــت آب در دانــشـگـاه

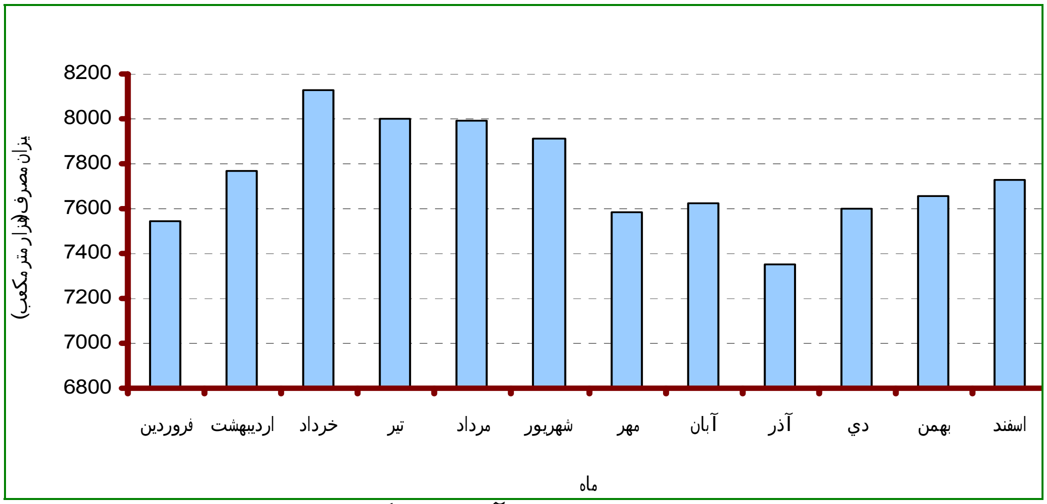
۶-۱ مقدمه

در اين فصل ، راهكارهاي متداول صرفه‌جويي در آب و انرژي مصارف آب در داخل ساختمان‌ها و فضاي خارجي دانشگاه صنعتي شريف، ارائه مي‌شوند. از آنجاييكه سهم قابل توجهي از كل صورت حساب تأسيسات متعلق به آب است، مديريت آب بايد در دانشگاه سبز مورد توجه قرار گيرد. همچنين تجهيزات[1] صرفه‌جويي در آب به همراه راهكارهايي جهت كاهش آب مورد نياز براي آبياري و استفاده مجدد از آب هدر شده، و امكان تصفيه مجدد وغيره بحث مي شوند.

۶-۲ مميزي و گرداوري اطلاعات

در سال هاي اخير، هزينه آب مصرفي به شكل چشمگيري افزايش يافته، و بخش مهمي از كل صورتحساب تأسيسات دانشگاه را به خود اختصاص داده است. آب مصرفي دانشگاه شريف از طريق ۴ كنتور وارد دانشگاه مي شود. در سال۱۳۸۲ در مجموع ميزان ۱۱۹۰۴۸ مترمكعب آب با هزينه ۲۱۸,۳ ميليون ريال در دانشگاه به مصرف رسيده است. شكل۶-۱روند ماهانه مصرف آب دانشگاه شريف را در سال ۱۳۷۹ نشان مي دهد.

[1] *Fixture*



شكل۶-۱ روند مصرف ماهيانه آب در دانشگاه شريف در سال ۱۳۷۹

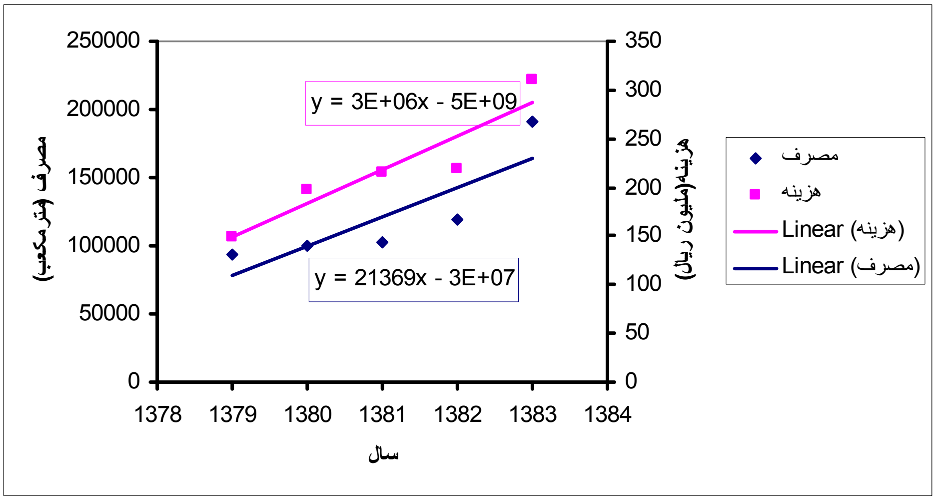
همانطوريكه شكل۶-۱ نشان مي دهد، مصرف در تابستان به خاطر گرمي هوا بالا بوده، و در فصل سرما پايين مي آيد. بخاطر روند مشابه اين موضوع در سال هاي ديگر (در اينجا آورده نشده است)، الگوي مصرف از منحني شبه سينوسي تبعيت مي كند كه مي تواند نشانه اي از همبستگي آن با تغييرات آب و هوايي و دماي بيرون باشد. روند هزينه ها، مصارف، شاخص هاي سرانه و رشد مصرف آب به منظور برآورد اهداف دانشگاه سبز ضرورت دارد. بدين منظور تجزيه و تحليل روند مصارف ساليانه آب در دانشگاه همراه با هزينه هاي آن جهت پيشبيني آينده انجام گرفته است كه نتايج آن در شكل۶-۲ نشان داده شده است. متوسط رشد سالانه آب دانشگاه در سالهاي اخير (۱۳۷۹-۱۳۸۲) حدود ۷/۳ % بوده است. البته اين شاخص نياز به اصلاح دارد، چراكه بدون در نظر گرفتن رشد تعداد دانشجويان بوده است. لذا از شاخص سرانه براي مقايسه استفاده خواهد شد. مصارف اصلي آب ورودي به دانشگاه شامل مصارف بهداشتي، آشاميدني، تامين آب گرم، شستشوي و نظافت فضاي دانشگاه مي باشد. براي آبياري فضاي سبز دانشگاه از آب چاه استفاده مي شودكه اطلاعات مربوط به آن در دسترس نمي باشد.

جدول۶-۱ شاخص هاي سرانه، زيربنا و رشد مصارف ساليانه مصرف آب در دانشگاه را نشان مي دهد. ميانگين رشد سرانه مصرف آب در دانشگاه برحسب تعداد دانشجويان ۳% مي باشد(در واقع بايد تقريبا" ثابت مي ماند)، نشان مي دهد كه عوامل ديگري غير از افزايش تعداد دانشجويان موجب افزايش مصرف آب در دانشگاه شده است. اين موضوع مي تواند بخاطر افزايش شاخص هاي بهداشتي، يا خرابي تجهيزات توزيع آب و مصارف نهايي نظير شيرها بوده باشد. شكل۶-۲ رشد و روند مصارف آب در دانشگاه شريف را نشان مي دهد.

جدول۶-۱ مصارف، هزينه ها و شاخص هاي رشد آب در دانشگاه شريف*

	واحد	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
مصرف آب	مترمكعب	93651	100567	103112	119048
هزينه آب	Million Rials	14.8	19.7	21.5	21.8
سرانه مصرف	M^3/Stu./year	13.6	13.9	13.5	14.8
متوسط رشد مصرف	%	7.3			
متوسط رشد هزينه	%	9.5			
متوسط رشد سرانه	%	3			

* منبع اطلاعات صورت حساب‌هاي مصرف آب دانشگاه مي باشد.



شكل۶-۲ روند مصرف ساليانه آب در دانشگاه شريف

۶-۳ راهكارهاي صرفه جويي مصرف آب دانشگاه

تدابير صرفه‌جويي مختلفي را مي‌توان در ساختمان هاي دانشگاه در نظر گرفت. اين تدابير را مي‌توان به سه دسته اصلي تقسيم كرد.

- مديريت آب داخلي همراه با استفاده از سيستم‌هاي لوله‌كشي پربازده آب (مثل شيرهاي دستشويي كم دبي و يا شيرهاي دستشويي با قطع‌كن اتوماتيك).
- مديريت آب بيروني مربوط به آبياري و منظره سازي[2] (استفاده از سيستم هاي آبياري باراني و قطره‌اي).
- بازيافت آب مصرفي بوسيله نصب سيستم‌هاي چندمرحله‌اي جهت استفاده مجدد آب.

بعضي از تكنيک ها و فناوري‌هاي صرفه‌جويي آب ، با تأكيد ويژه روي مديريت آب داخلي، در بخش‌هاي بعدي بررسي مي‌شوند.

Land Scapping [2]

۶-۳-۱ مديريت آب داخلي[3] در دانشگاه

يكي از روش هاي عمومي صرفه‌جويي در آب، استفاده از اتصالات و تجهيزات صرفه‌جويي آب است. بطور كلي، جايگزيني دستشوييها، سردوشها و شيرهاي آب، با تجهيزات پربازده، بدون تغيير چنداني در مدل زندگي ساكنين ساختمان، قابل انجام است. روش عمومي و مؤثر براي صرفه‌جويي در مصرف آب، تعمير نشتيهاست. تخمينها نشان ميدهند كه تا ۱۰% آب مصرفي، از طريق نشتي به هدر ميرود. هنگاميكه لازم است آب گرم شود - مثل مصارف آب داغ - علاوه بر صرفه‌جويي در مصرف آب ميتوان مصرف انرژي را نيزكاهش داد. راهكارهاي منتخب صرفه‌جويي آب، براي نماياندن پتانسيل صرفه‌جويي در آب و انرژي مربوط به آن، در بخشهاي بعدي مورد بحث قرار ميگيرند.

۶-۳-۱-۱ لوازم لوله‌كشي پربازده آب[٦]

آبي كه از طريق سيستمهاي لوله‌كشي دانشگاه توزيع ميشود، به مصارف مختلفي از جمله شستن دست ها، استحمام و فلاش توالت ميرسد. در سال هاي اخير براي ترويج صرفه‌جويي در مصرف آب، تجهيزات و لوازم لوله‌كشي پربازده آب، توسعه داده شده‌اند. جدول۶-۲، مصرف آب خانگي ايالات متحده را با و بدون تجهيزات صرفه‌جويي، نشان ميدهد. با نصب اسباب و لوازم پربازده آب و با كاهش نشتيها، حدود ۳۲% در مصرف متوسط آب خانگي ايالات متحده، صرفه‌جويي ميشود.

---

3 Indoor Water management

۲water efficient plumbing fixtures

جدول ۶-۲ متوسط مصرف نهايي آب خانگي در با و بدون تجهيزات صرفه جويي[6]

مصرف نهايي	بدون صرفه جويي Gallons/Capita/day	با صرفه جويي Gallons/Capita/day	ميزان صرفه جويي Gallons/Capita/day
توالت ها	۲۰,۱(%۲۷,۷)	۹,۶(%۱۹,۳)	۱۰,۵(%۵۲)
ماشين هاي لباسشويي	۱۵,۱(%۲۰,۹)	۱۰,۶(%۲۱,۴)	۴,۵(%۳۰)
دوش ها	۱۲,۶(%۱۷,۳)	۱۰(%۲۰,۱)	۲,۶(%۲۱)
شيرها	۱۱,۱(%۱۵,۳)	۱۰,۸(%۲۱,۹)	۰,۳(%۲)
نشتي ها	۱۰(%۱۳,۸)	۵(۱۰,۱)	۵(%۵۰)
ديگر وسايل خانگي	۱,۵(%۲,۱)	۱,۵(%۳,۱)	۰(%۰)
حمام ها	۱,۲(%۱,۶)	۱,۲(%۲,۴)	۰(%۰)
ماشين‌هاي ظرفشويي ها	۱(%۱,۳)	۱(%۲)	۰(%۰)
جمع	۷۲,۵(%۱۰۰)	۴۹,۶(%۱۰۰)	۲۲,۹(%۳۲)

در اين بخش، برخي تجهيزات تاييد شده پربازده آب به‌طور خلاصه، مورد بحث قرار مي‌گيرند. به‌عنوان يک قانون کلي، پيشنهاد مي‌شود قبل از هرگونه پروژه بهينه‌سازي يا جايگزيني، براي اطمينان از رضايت مصرف‌کننده، کارآيي تجهيزات پربازده آب، آزمايش شوند.

توالت‌هاي صرفه‌جويي آب

دبي فلاش توالت‌هاي موجود، ۳/۵ گالن بر فلاش است. پس از سال ۱۹۹۶، سازندگان در ايالات متحده ملزم به توليد توالت هايي با حداقل دبي فلاش ۱/۶ گالن بر فلاش، شدند. لذا، با جايگزيني توالت‌هاي موجود، بخصوص وقتي که چکه مي‌کنند، ميزان قابل توجهي در مصرف آب صرفه‌جويي مي‌شود. نشتي دريچه‌هاي مخزن فلاش، مشکلي عمومي اما نامرئي است. براي رديابي نشتي‌هاي آب توالت، مي‌توان از تست قرص‌هاي‌رنگي کمک گرفت.

شيرهاي صرفه‌جوي آب

جهت کاهش مصرف آب دستشوييها، مي‌توان از شيرهاي آب کم دبي و خودکار استفاده کرد. شيرهاي کم دبي داراي دستگاه هوا دهنده‌اي هستند که جهت کاهش دبي آب، هوا را به افشانه آب اضافه مي‌کند. هوادهنده‌هاي پربازده، مي‌توانند دبي آب را از۴ گالن بر دقيقه به کمتر از ۱ گالن بر دقيقه برسانند. شيرهاي آب خودکار، پس از يک زمان مشخص (معمولاً ۱۰ ثانيه) يا وقتي که دست شخص از سيني دستشويي خارج شد (که بوسيله حسگرهاي نصب شده روي شير، رديابي مي‌شود) بطور خودکار قطع مي‌شوند. دبي آب شيرهاي خودکار مي‌تواند به ۰/۲۵ گالن بر سيکل کاهش يابد.

تعمير نشتي‌هاي آب

تعمير نشتي لوازم و اتصالات آب، از اهميت خاصي برخوردار است، حتي اگر تعداد چکه‌هاي کمي در دقيقه داشته باشند. همانطوريکه جدول ۶-۳ نيز نشان مي‌دهد، مقدار آب هدر رفته از اين چکه‌ها، در بلند مدت، قابل توجه است. ميزان آب هدر رفته روزانه، ماهانه و سالانه را مي‌توان به راحتي با شمردن تعداد چکه‌هاي يک نشتي در دقيقه، که در جدول۶-۳ محاسبه شده، بدست آورد. بايد اشاره کرد که ۳۰۰ چکه نشتي بر دقيقه (۵ چکه در ثانيه)، مثل جريان ثابت است.

جدول۶-۳ حجم آب تلف شده از نشتي‌هاي کوچک[7]

تعداد قطرات در هر دقيقه	آب تلف شده در روز (گالن بر روز)	آب تلف شده در ماه (گالن بر ماه)	آب تلف شده در سال (گالن برسال)
1	0.14	4.3	52.6
5	0.72	21.6	262.8
10	1.44	43.2	525.6
20	2.88	86.4	1051.2
50	7.20	216	2628
100	14.4	432	5256
200	28.8	864	10512
300	43.20	1296	15768

۶-۳-۱-۲ مصارف آب داغ[1] دانشگاه

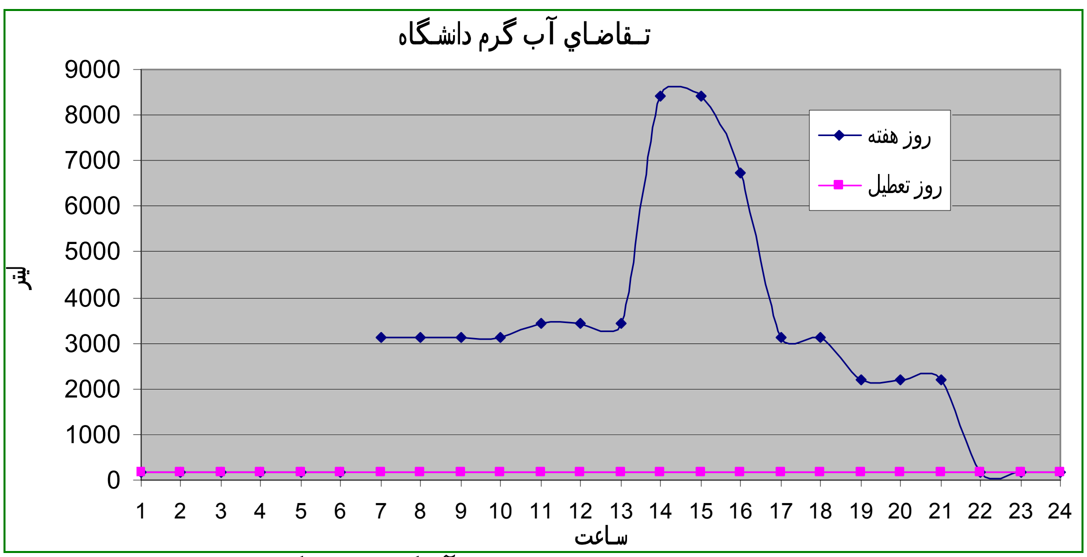
آب داغ در اکثر ساختمان‌ها براي شستن دست ها و استحمام استفاده مي‌شود. معمولاً، براي گرم كردن آب از بويلرها يا هيترهاي برقي يا گازي استفاده مي‌شود. انرژي ورودي مورد نياز براي گـرم كـردن آب را مي‌توان با استفاده از معادله تراز حرارتي، رابطه (۶-۱)، بدست آورد:

$$Q_m = m_w \cdot c_{w,p}(T_{w,i} - T_{w,o}) \qquad (۶\text{-}۱)$$

كه،

- m_w ، جرم آبي است كه بايد گرم شود. نيازمندي آب داغ به نوع ساختمان بستگي دارد. ميزان مصـرف آب داغ براي انواع مختلف ساختمان وجود دارد[8].
- $C_{w,p}$ ، گرماي ويژه آب است.
- T_m ، دماي آب ورودي به هيتر است. معمولاً اين دما به دماي عمق زمين (دماي چاه) نزديک است.
- T_{out} ، دماي آب خروجي از هيتر است و به مصارف نهايي آب داغ بستگي دارد.

شكل مصارف روزانه آب داغ در دانشگاه شريف را نشان مي‌دهد



شكل۶-۳ پروفيل ساعتي تقاضاي مفيد روزانه آب‌گرم در دانشگاه شريف

Hot Water Consumption[1]

براساس رابطه (۶-۱)، براي كاهش انرژي مورد نياز براي گرم كردن آب، سه رهيافت وجود دارد. اين رهيافت‌ها عبارتند از:

۱) كاهش مقدار آبي كه بايد گرم شود (m_w). اين رهيافت از طريق استفاده از اسباب و لوازم صرفه‌جويي آب، همانطوريكه در بخش الف-۱بحث شد، حاصل مي‌شود. با تغيير الگوي مصرف آب در هر ساختمان يا دانشكده ، كاهش بيشتري نيز در مصرف آب دانشگاه بدست مي‌آيد.

جدول۶-۵ دماي آب داغ براي وسايل معمول خانگي

كاربرد	دماي آب داغ (درجه سانتي‌گراد)
ماشين‌هاي ظرف شويي	۷۰-۶۰
دوش ها	۵۰-۴۰
جريان شير ها	۵۰-۲۵
ماشين هاي لباس شويي	۳۵-۲۵

۲) كاهش دماي تحويلي. دماي تحويلي مطلوب، به مصارف نهايي آب داغ بستگي دارد. بايد توجه داشت كه كاهش دماي آب در سيستم‌هاي توزيع (لوله‌هاي آب داغ) اتفاق مي‌افتد. ميزان كاهش دما به عواملي مختلفي همچون طول و سطح عايق‌بندي لوله بستگي دارد. براي شستشوي دست، دماي تحويلي حدود ۵۰درجه‌سانتي‌گراد است. براي شستن ظروف ممكن است تا ۷۰درجه‌سانتي‌گراد باشد. در عين حال، در مكان‌هايي مثل ظرفشويي‌ها، كه دماي تحويلي بالايي نياز باشد، پيشنهاد مي‌شود از هيترهاي تقويت‌كننده، استفاده گردد.

جدول۶-۶ حداقل استانداردهاي بازدهي NAECA[1] براي آبگرمکن‌ها

نوع سوخت هيتر آب	حداقل ضريب انرژي* قابل قبول
برق	۰,۹۳ -(۰,۰۰۱۳۲ *حجم نرخي بر حسب گالن)
گاز	۰,۶۲ -(۰,۰۰۱۹ *حجم ذخيره نرخي بر حسب گالن)
نفت	۰,۵۹ -(۰,۰۰۱۹ *حجم ذخيره نرخي بر حسب گالن)

۶-۳-۲ مديريت آب محوطه دانشگاه[2]

مديريت آب محوطه دانشگاه بيشتر استراتژي هاي ابداعي براي آبياري و منظره‌سازي چمن و درخت‌ها را شامل مي‌شود. به‌ويژه با كاهش آبياري بيش از حد چمن‌ها، استفاده از سيستم‌هاي كنترل آبياري مناسب، يا با جايگزيني همه قسمت‌هاي چشم‌انداز دانشگاه با اجزايي كه به آب كمتري نياز دارند؛ مثل سنگ و گياهان بومي – به اين روش طبيعت سازي بومي گفته مي‌شود- در مصرف آب صرفه‌جويي مي‌شود. ديگر روش هاي صرفه‌جويي آب بيرون ساختمان، در ارتباط با استخرهاي شنا و تجهيزات HVAC ؛ مثل سيستم‌هاي سرمايش تبخيري مي باشد.

۶-۳-۲-۱ آبياري و منظره‌سازي[2]

گياهان طبيعي مثل درخت‌ها، بوته‌ها و چمنزار، علاوه بر زيبايي، داراي اثر مثبتي روي مصرف انرژي سرمايشي ساختمان، بخصوص در مناطق گرم و خشک هستند. اما، با افزايش قيمت آب، كاهش هزينه آبياري مناظر طبيعي ساختمان هم اهميت خاصي پيدا مي‌كند. مقدار آب مورد نياز براي آبياري به عوامل

National Appliance Energy Consumption Act [1]

* تعدا سيكل‌ها بر كيلووات ساعت

University Campus [2]
Irrigation and Landscaping [2]

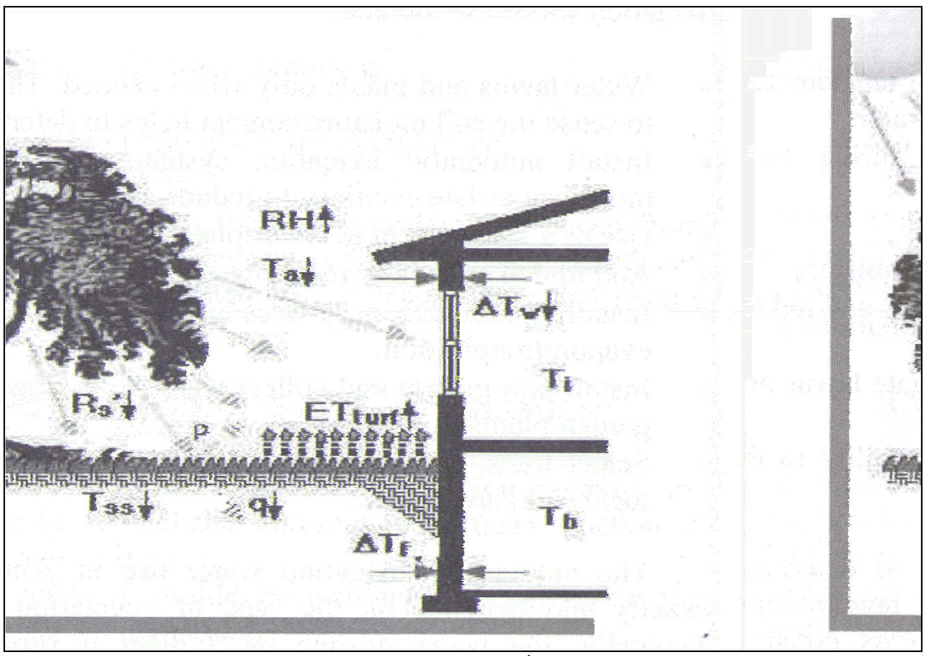
مختلفي بستگي دارد؛ از جمله نوع گل و گياه و شرايط آب و هوايي بعضي از پيشنهادات كارساز جهت كاهش مصرف آب دانشگاه صنعتي شريف عبارتند از:

- آبياري چمن و گياهان، فقط در صورت نياز. نصب كشش سنج[1] براي حس كردن ميزان رطوبت خاک، به تعيين زمان آبياري كمک مي‌كند.
- نصب سيستم‌هاي آبياري خودكار، كه براي جلوگيري از تبخير، آبياري را در اول صبح يا بعدازظهر انجام مي‌دهند.
- استفاده از سيستم قطره‌اي براي آبياري گياهان.
- نصب بادشكن‌ها و حصار در اطراف گياهان، براي محافظت در برابر باد و جلوگيري از تبخير آب بوسيله باد.
- نصب آبروهاي[2] باران و جمع‌آوري آب ناودان‌ها براي آبياري چمن و گياهان باغي.
- انتخاب درختان، بوته‌ها و پوشش‌هاي زميني، براساس سازگاري آنها با آب و خاک و هواي منطقه.

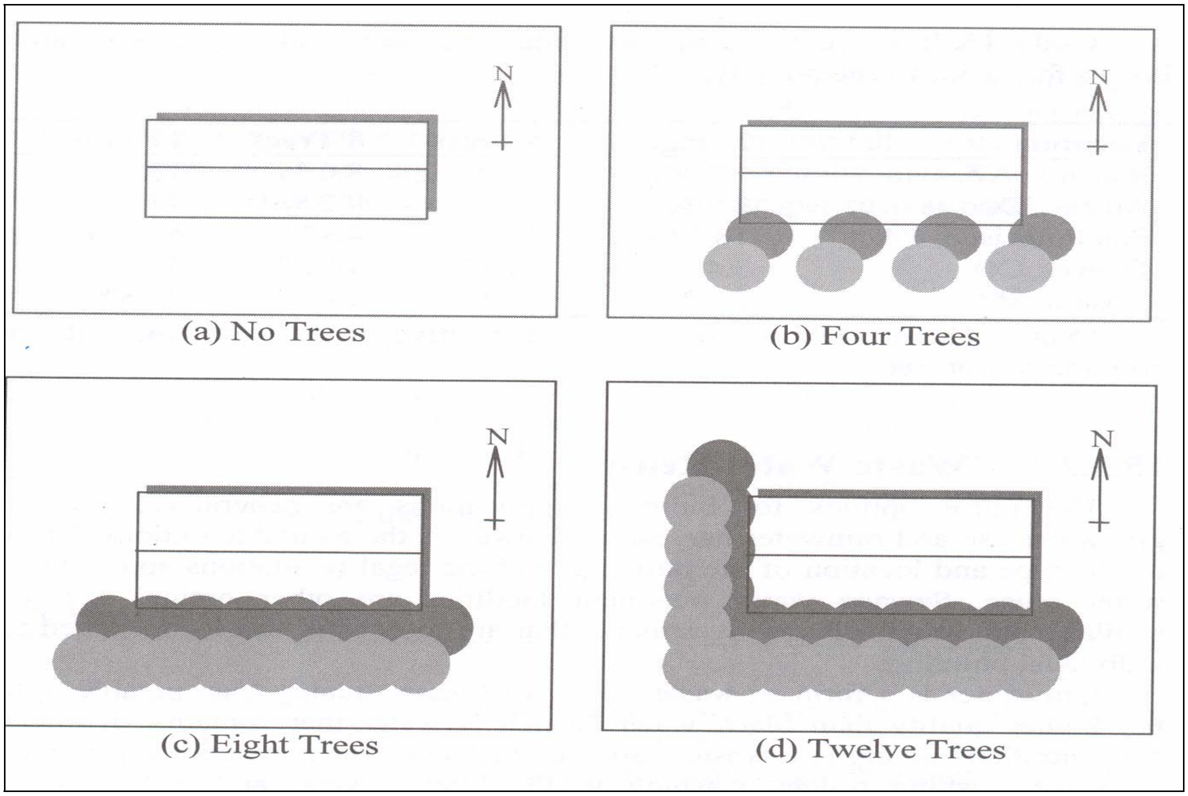
تعيين دقيق آب مصرفي آبياري، مشكل است و به نوع گياهان و ميزان بارندگي بستگي دارد. معمولاً، آب مورد نياز يک گياه، مستقيماً به پتانسيل نرخ فراتراوش تبخيري[3] (ET) آن بستگي دارد. نرخ ET يک گياه، نشاندهنده مقدار آبي است كه طي تبخير و فراتراوش رطوبت از برگها، خارج مي‌شود. عوامل مختلفي كه ET را تحت تأثير قرار مي‌دهند، همچنين شرايط آب و هواي منطقه‌اي اطراف يک ساختمان ، در شكل۶-۴، نشان داده شده ا ست. نرخ بيشينه ET، با استفاده از يكي از روش‌هاي محاسباتي امكان‌پذير است؛ مثل روش Penman (Pereira, 1996) كه براساس محرک هاي آب و هوايي (مثل تشعشعات خورشيدي، سرعت باد و دماي محيط) است. خاک، گياهان و درختان، در عين اينكه مصرف‌كننده آب

Tensiometer 1
Rain Gutter 2
evapotranspiration 3

هستند، درواقع مي‌توانند در صورت طراحي صحيح منظره ساختمان، باعث صرفه‌جويي در انرژي سرمايشي و گرمايشي شوند. شبيه‌سازي‌هاي كامپيوتري نشان داده اند كه اگر درختان به خوبي در اطراف ساختمان قرار داده شوند، مي‌توانند تا ۵۰% در مصرف انرژي سرمايشي، صرفه‌جويي ايجاد كنند. ميزان صرفه‌جويي در بار سرمايشي يک ساختمان كه با انواع مختلف درختان احاطه شده، براساس تحليل شبيه‌سازي، در برخي مناطق ايالات متحده، در جدول۶-۷ ، ارائه شده است. روش جايگذاري درختان در شكل ۵-۴ نشان داده شده است.



شكل۶-۴ تاثير ET و ديگر عوامل روي هواي اطراف خانه



شکل۶-۵ تعداد و محل کاشت درختان در اطراف ساختمان

انرژي سرمايشي صرفه‌جويي شده مربوط بـه گياهـان طبيعـي، متـأثر از سـرمايش موضـعي ناشـي از سـايه و فراتراوش تبخيري (ET) درختان و گياهان است. بررسي مختلف (Akbari et al, 1997, Conchilla 1999, Akbari 1993, Taha 1991, Huang, 1987) نشان داده‌اند که دماي هوا در تابستان در سايه درختان ۲ تا ۶ $^{\circ}F$ خنک‌تر از مناطق بدون درخت است. طي زمستان، درختان به عنوان بادشکن عمـل مـي‌کننـد و در مقابـل اثرات باد مثل نفوذ هوا، از ساختمان محافظت کرده و باعث کاهش مصرف انرژي گرمايشي مي‌شوند.

جدول۶-۷ درصد صرفه‌جويي در بار سرمايشي يک منزل تک خانوار، براي انواع مختلف گياهان*

موقعيت	چمنزار	4 درخت	۸ درخت	۱۲ درخت
فونيکس،AZ	%۱,۲	%۴,۵	%۸	%۱۳,۱
آستين،TX	%۲,۹	%۴,۸	%۹,۲	%۱۴,۷
سان فرانسيسکو،CA	%۱۸,۷	%۲۷,۲	%۴۰,۳	%۵۷
بولدر/ دنور،CO	%۳,۴	%۱۰,۴	%۱۸,۷	%۳۰,۷
بوستن،MA	%۸,۹	%۸,۶	%۱۹,۷	%۳۴,۸

* توجه: اين صرفه‌جويي‌ها درمقايسه با خاک عريان و بدون هرگونه پوشش گياهي هستند.

۶-۳-۳ استفاده مجدد از آب هدر رفته

گزينه‌هاي استفاده مجدد آب در دانشگاه، به استفاده از فاضلاب رقيق و جمع‌آوري آب باران،و تصفيه آب محدود مي‌شود. در عين حال، گزينه‌هاي موجود به نوع و محل ساختمان و ضوابط استفاده مجدد از آب، بستگي دارند. تأسيسات مربوط به فاضلاب نيز گزينه ديگري هستند که نيازمند سرمايه‌گذاري‌هاي سنگين بوده و لذا براي يک دانشگاه در نظر گرفته نمي‌شوند.

فاضلاب رقيق نوعي آب مصرف شده است که کيفيت آن از آب آشاميدني کمتر و از فاضلاب معمولي(که شامل ضايعات شيميايي و مواد آلي است) بيشتر است. منابع فاضلاب معمولي عبارتند از آبي که در فلاش توالت‌ها استفاده مي‌شود، آب مصرفي آشپزخانه‌ها و ظرفشويي ها. آب خاکستري از منابع ديگري مثل لباسشويي ها، حمام‌ها و دوش‌ها بدست مي‌آيد و جهت استفاده مجدد براي فلاش توالت مناسب است. علاوه بر اين، براي آبياري فضاي سبز و گياهان خانگي، مي‌توان از فاضلاب رقيق استفاده کرد. اعتقاد بر اين است که فاضلاب رقيق براي گياهان مفيد است چراکه شامل نيتروژن و فسفر، که مواد مغذي براي گياهان هستند، مي باشد. از طرف ديگر، ممکن است فاضلاب رقيق شامل سديم و کلر باشد

كه براي بعضي گياهان مخرب است. لذا، آناليز شيميايي محتويات فاضلاب رقيق، بيش از استفاده آن بـراي آبياري گياهان اطراف ساختمان، از اهميت خاصي برخوردار است.

روش‌هاي مختلفي بازيافت آب از فاضلاب رقيق پيشنهاد شده‌اند. از سيستم‌هـاي سـاده و ارزان قيمـت گرفته تا سيستم‌هاي پيچيده و گران قيمت. به عنوان نمونه، مي‌توان يـک مخـزن ذخيـره آب کوچـک را بـه ماشين ظرفشويي متصل كرد؛ تا از بازيافت آب مصرفي براي شستشو در يک سيكل، در سيكل شستشـوي بعـدي اسـتفاده شـود. مـؤثرترين سيسـتم‌هـا شـامل مخـازن جاسـازي شـده و فيلترهـاي شـن و ماسـه بـراي بهبودفاضلاب رقيق ، مي‌شوند.

روش ديگر براي صرفه‌جويي در مصرف آب آبياري، بـه‌ويـژه در منـاطق كـم بـاران، جمـع‌آوري آب باران است. جمع‌آوري آب باران براي فضاهاي سبز بزرگ و كوچک مناسـب بـوده و براحتـي در طراحـي فضاي سبز، قابـل برنامـه‌ريـزي اسـت. سيسـتم‌هـاي مختلفـي بـراي جمـع‌آوري آب بـاران، موجـود هسـتند. سيستم‌هاي ساده شامل قسمت‌هاي جمع‌آوري و سيسـتم‌هـاي توزيـع، مـي‌شـوند. قسـمت‌هـاي جمـع‌آوري، جاهايي هستند كه آب به آنها سرازير مي‌شود مثل پشت بام هاي شيبدار. سيستم‌هـاي توزيـع مثـل آبروهـا و ناودان‌ها، به رسيدن آب به فضاي سبزي كه ممكن است شامل لبه‌هايي براي نگهداشـتن آب باشـد، كمـک مي‌كنند. سيستم‌هاي جمع‌آوري آب پيچيده‌تر شـامل مخـازني بـراي ذخيـره آب بـين دوره‌هـاي بارنـدگي، مي‌شوند. اين سيستم‌ها باعث صرفه‌جويي بيشتري در آب مي‌شوند؛ اما نيازمنـد هزينـه‌هـاي سـاختي بيشـتري بوده و عموماً براي فضاهاي بزرگ‌تر مثل پارک‌ها، مدارس و ساختمان‌هاي تجاري مناسب هستند.

۶-۳-۳-۱ برآورد اقتصادي تصفيه آب

هزينه آب مصرفي دانشگاه صنعتي شريف در سال ۱۳۸۳ حدود ۳۰۰ميليون ريال بود، ليكن در صورت استفاده از واحد بازيافت و استفاده مجدد از آب نياز به سرمايه‌گذاري در حد۳۰۰۰ميليون‌ريال مي‌باشد[9]، با توجه به بهاي كم تعرفه‌هاي آب مصرفي تهران، اين سرمايه‌گذاري هيچگونه توجيهه اقتصادي در بر نخواهد داشت از اين‌رو، بهره‌مندي از تجهيزات تصفيه آب در دانشگاه صنعتي شريف تنها از جنبه آموزشي مي‌تواند مفيد باشد. لذا از بررسي جزئيات كار صرفنظر خواهد شده است.

ارائه روش هاي كاهش مصرف مواد* در دانشگاه

۱-۷ مقدمه

در طي فعاليت هاي آموزشي و پژوهشي در محيط دانشگاه ها ضايعات مختلفي توليد مي شود كه بسياري از آنها براي انسان و محيط زيست بسيار خطرناک مي باشند. دانشگاه ها به عنوان محيط هاي پيشرو در یک جامعه بايد تمهيدات لازم را در وهله اول براي كمينه سازي در توليد اين ضايعات ، و در مراحل بعدي در دفع، تصفيه و حتي بازيافت آنها بيانديشند. متاسفانه هنوز فرهنگ جداسازي و بازيافت بسياري از ضايعات در كشورهاي در حال توسعه مثل ايران وجود ندارد. بسياري از ضايعات نبايد به همراه ساير زباله ها دفع شوند. به عنوان نمونه انواع باتري ها به دلايل اثر منفي دفن آنها با ساير ضايعات بايد به صورت مجزا جمع آوري و امحاء گردند. دانشگاه سبز بايد تمهيدات لازم را در اين موارد در نظر بگيرد. اگرچه دانشگاه به تنهايي قادر به انجام عمليات بازيافت نيست و بايد از ساير سازمان ها مانند شهرداري‌ها در اين خصوص ياري بگيرد.

يكي از مسائل مهم در دانشگاه‌ها در خصوص ضايعات ، مواد دور ريز حاصل از رستوران هاي دانشگاه است كه همه روزه مقدار قابل توجهي از ضايعات را كه عموما فسادپذير هستند، توليد مي نمايد. متاسفانه به دليل عدم انجام تفكيك از مبداء اين ضايعات ، زباله‌هاي تر و ساير مواد زائد جامد اعم از كاغذ،

* منظور از مواد شامل مواد غذايي و شيميايي است. در مورد آب و كاغذ گزارش ارائه شده است.

پلاستيک در يك مخزن جمع آوري شده، و تحويل خودرو هاي حمل زباله شهرداري‌ها جهت دفن مي‌شوند.

موضوع تفكيك از مبدا ء (محل اوليه توليد ضايعات) و يا بازيابي مواد قابل تجزيه زيستي (كمپوست كردن آن) از جمله پيشنهاداتي است كه مي‌بايست، متناسب با شرايط دانشگاه (مانند زمين در دسترس) مورد توجه كميته سبز دانشگاه قرار گيرد. موضوع بسيار مهم ديگر مديريت مواد زايد خطرزاست كه در آزمايشگاه ها و مراكز مختلف تحقيقاتي دانشگاه است. اين موضوع بسيار مهم مي باشد چرا كه در يک آزمايشگاه از مواد شيميايي مختلفي استفاده مي‌شود كه اكثر آنها جز مواد زايد خطرناک مي‌باشند. ضروري است كارشناسان آزمايشگاه سبز آموزش‌هاي لازم را براي كاهش توليد آلاينده ، روش‌هاي صحيح جداسازي و بازيافت و روش‌هاي صحيح دفع را بياموزند و مسئول هر آزمايشگاه يک طرح جامع تحت عنوان الگوي آزمايشگاه سبز را تهيه نمايد كه در آن كليه اصول ايمني مواد شيميايي و روش‌هاي جمع آوري و دفع آنها مد نظر قرار گرفته باشد.

۲-۷ برآورد مصرف سالانه مواد شيميايي

در دانشگاه صنعتي شريف به دليل فعاليت‌هاي آموزشي و تحقيقاتي مواد شيميايي گسترده‌اي مصرف مي‌شود. اين مواد به دودسته‌اند:

- مواد شيميايي در قالب شوينده‌ها
- مواد شيميايي خطرناك*

* Hazardous Chemicals

جهت رعايت استانداردهاي بهداشتي در دانشگاه‌ها مصرف مواد شوينده و ضد عفوني كننده ضروري است. بخشي از شوينده هاي شيميايي جزء مواد تجزيه ناپذير محسوب مي شوند. مواد شيميايي همراه فاضلاب دانشگاه به چاه‌هاي داخل سايت جريان مي يابد. در اين بخش جمع آوري اطلاعات به اين صورت بوده، كه تمام اقلام مصرفي شوينده هاي شيميايي از طريق فاكتورهاي فروش جمع آوري گرديد[+] جدول۷-۱ اطلاعات جزئي مربوط به مصرف شوينده هاي شيميايي را نشان مي دهد.

جدول ۷-۱ اطلاعات مواد شوينده مصرفي در دانشگاه صنعتي شريف در سال ۱۳۸۲*

نام	مقدار		هزينه
	واحد	حجم	هزارريال
مايع ظرفشوئي	ليتر	14000	۳٦٥۰٤
مايع سفيد كننده	ليتر	7700	۸۷۵۱
رخشا	عدد	400	۷۴۸۸
شيشه پاك كن	عدد	400	۷۳۴
تايد دستي و ماشيني	بسته ٤۰۰گرمي	137	۲٤۰
مواد پركلرين	كيلو	10	۲۰
سود اپرك	كيلو	115	۵۱۷,۵
مايع صابون	ليتر	1250	۳۵۳
جمع			۵۱۰۴۳

* منبع اطلاعات انبار مركزي دانشگاه صنعتي شريف مي باشد.

توزيع وزني هزينه شوينده هاي مصرفي دانشگاه را نشان مي دهد كه سهم مايع ظرفشوئي(۷۳%)، مايع سفيد كننده(۱۷%) و مايع صابون (۷%) به ترتيب از نظر ميزان مصرف قرار مي گيرند.

[+] اينكار از طريق اطلاعات ثبت شده در انبار مركزي و اداره تغذيه دانشگاه صورت گرفت.

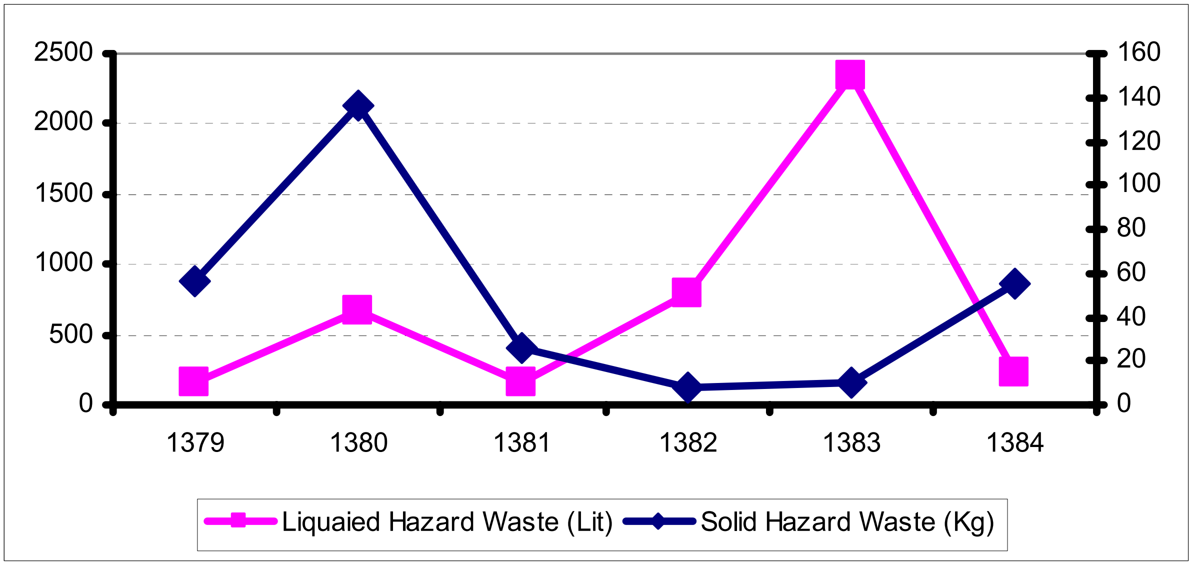
براي انجام فرايندهاي آزمايشگاهي در دانشكده‌هاي مهندسي شيمي، شيمي و متالوژي از مواد شيميايي خطرناك استفاده مي‌شود. اين مواد شيميايي بطور عمده، اسيد كلردريك، اسيد استيك و اسيد سولفوريك مي‌باشند كه جداگانه در سال‌هاي مختلف در دانشگاه آمار اين مواد محاسبه شده و همچنين در دو طبقه‌بندي جامد و مايع در جدول۷-۲ ارائه گرديده است.

جدول۷-۲ آمار خريد مواد شيميايي خطرناك در دانشگاه صنعتي شريف

	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲*	۸۳	۸۴
اسید کلریدریک (لیتر)	-	۱۰۰	-	۵۰	۶۰	-
اسید استیك (لیتر)	-	۶۵	-	-	۹۰	-
اسید سولفوریک (لیتر)	-	۵۰	-	۵۰	-	-
مصرف مواد جامد (کیلوگرم)	۵۶/۶۹۳	۱۳۶/۰۲۵	۲۵/۹۱	۷/۳۵	۱۰/۶۷۴	۵۵/۶۶
مصرف مواد مایع (لیتر)	۱۵۱/۰۴۲	۶۷۰/۹۱۵	۱۵۹/۲۹	۷۹۴/۹۵	۲۳۳۲/۸	۲۲۵/۷۵

آمار ارايه شده در جدول بالا عمدتا خريد مي‌باشند كه در انبار نگهداري شده و بنا بر نياز مصرف مي‌گردد استخراج آمار مصرفي به دليل عدم ثبت جامع مواد خروجي غيرممكن مي‌باشد.

*در مورد مواد جامد , مقدار زیادی از مواد به صورت تعداد خریداری شده و واحد کالا موجود نیست.



شكل۷-۱ روند خريد مواد شيميايي خطرناك در دانشگاه صنعتي شريف

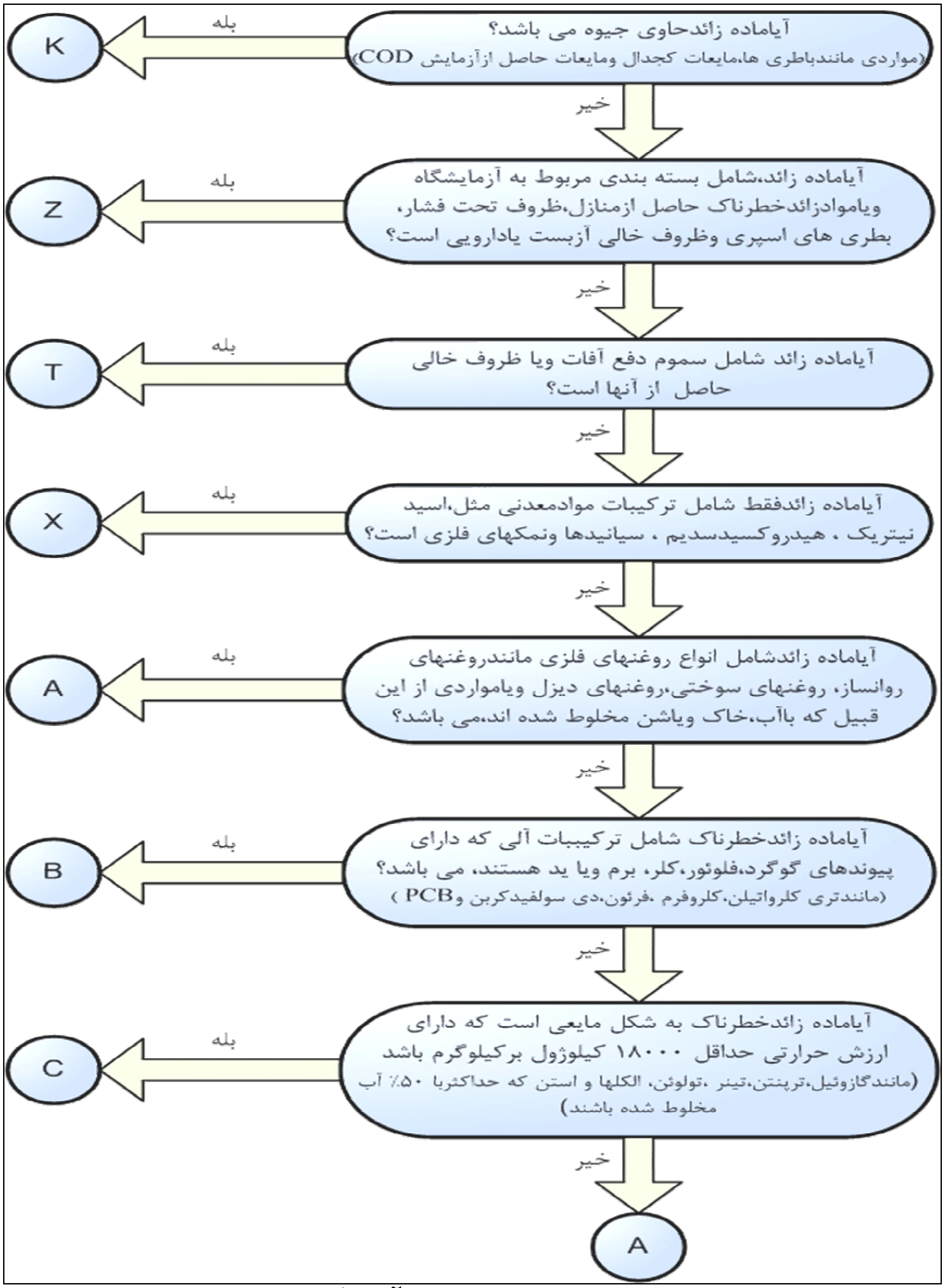
۷-۲-۱ ارائه روشي در كاهش مصرف مواد شيميايي

آزمايشگاه‌ها از جمله مراكز مهمي هستند كه بنا بر نوع فعاليت آنها ، از مواد شيميايي متفاوتي استفاده مي‌نمايند كه عموما بسيار خطرناک بوده و دور ريختن آنها ، بدون رعايت اصول و قوانين مربوط به آن بسيار پرخطر مي‌باشد. در بسياري از كشورهاي پيشرفته ، مديريت مواد زائدخطرناک در دانشگاه‌ها ، (به عنوان نمونه در دانشگاه توكيو) توسط يک تيم بسيار قوي متشكل از استادان و كارشناسان خبره انجام مي‌پذيرد كه در آن كليه مراحل جمع آوري و تصفيه مواد مختلف شيميايي توليد شده در آزمايشگاه‌ها توسط اين مراكز، نظارت و كنترل مي‌گردد.

متاسفانه در كشور ما توجهي به ضايعات توليدي آزمايشگاه‌ها نمي‌شود و اين در حالي است كه يكي از مكان‌هاي توليد مواد زائدخطرناک ، آزمايشگاه‌هاي مختلف آموزشي و تحقيقاتي هستند. براي كاهش توليد و جداسازي ضايعات در آزمايشگاه سبز مي بايست نكات زير مد نظر قرار گيرد

1. انتخاب روش بهينه هر آزمايش با در نظر گرفتن حداقل ضايعات توليدي (در راستاي هدف خريد سبز)
2. امكان بازيافت و بكار گيري مجدد مواد شيميايي مصرف شده در آزمايشگاه‌ها
3. جدا سازي ضايعات مختلف در آزمايشگاه بر اساس نوع مواد توليد شده
4. استفاده از روش‌هاي تصفيه ساده جهت كاهش سميت مواد زائد توليدي
5. تثبيت و جامد سازي مواد زايد خطرناک قبل از دفع نهايي آنها

به عنوان نمونه، الگوريتم برخورد با مواد زايد در يك آزمايشگاه سبز در شكل ۶-۲ ارايه شده است:



شكل ۶-۲جداسازي ضايعات در آزمايشگاه سبز*

* سازمان محيط زيست ايران، حروف انگليسي براي طبقه‌بندي مواد شيميايي خطرزا استفاده مي‌شود.

۷-۳ بهينه سازي مصرف مواد غذايي در دانشگاه شريف

۷-۳-۱ مقدمه

مصرف غذا انرژي لازم براي فعاليتهاي اجتماعي و زيستي انسان را فراهم مي كند. مراحل شش گانه چرخه عمر توليد مواد غذايي در زير آمده است:

- كشاورزي
- فراورش غذا[1]
- بسته بندي
- انتقال/فروش
- مصرف
- دفع ضايعات[2]

۹۹% غذاي جهان از زمين حاصل مي شود. سطح سرانه قابل كشت در جهان ۲۷۰۰ مترمربع بوده، انتظار مي رود تا سال ۲۰۵۰ اين مقدار به ۱۷۰۰مترمربع كاهش يابد. از طرف ديگر وقتي ميزان فرسايش خاك و تخريب زمين‌هاي قابل كشت نيز لحاظ شود. چشم انداز بحراني توليد مواد در سطح جهان و همينطور دركشور ايران مد نظر قرار مي‌گيرد. از آنجا كه روند ترميم خاك بسيار كندتر از سرعت فرسايش آن است(اين مقدار در ايالات متحده ۱۳:۱ مي باشد. كاهش ميزان توليد زباله، بهينه سازي مصرف غذا، همچنين افزايش بهره وري‌كشت محصولات، و نهايتا"روشهاي مختلف جلوگيري از فرسايش خاك مي تواند اين چشم انداز را اندكي روشن نمايد.

رتبه بندي ساده ابعاد سودمندي سيستم توليد مواد غذايي از طريق فاكتورهاي زيادي انجام مي گيرد، كه عبارتند از: مصرف انرژي، مصرف آب، سطح قابل كشت، قيمت و قابليت دسترسي و رجحان مصرف

---

[1] *Food Processing*
[2] *Waste Handling*

كننده[3]. مثلا، مي توان به مواد گوشتي اشاره كرد كه ورودي انرژي (عامل توليد) آنها نسبت به پروتئين خروجي بسيار كمتر مي باشد. روش فراورش غذاها (يعني، رفتار بين توليد و مصرف) بر روي شدت انرژي مواد غذايي تاثير مي گذارد.

از نگاه توسعه اجتماعي پايدار، عدم تعادل در مصرف غذا موجب سوءتغذيه، چاقي و امراض مختلف همانند ديابت مي گردد. برآيند مسائل سلامتي فردي، سلامتي اجتماعي را نشان مي دهد و ممكن است اين عدم تعادل غذايي هزينه هاي بهداشتي و مراقبتي مضاعفي را به جامعه تحميل كند. در نهايت، پسماند غذا تاثيرات زيست محيطي چشمگيري را ايجاد خواهد كرد چرا كه از يك طرف موجب افزايش تقاضا براي مواد غذايي شده و توليد زباله شده و به تبع آن هزينه هاي مرتبط را افزايش خواهد داد. تخمين زده مي شود كه ۲۶% از كل مواد غذايي مصرفي تبديل به زباله مي گردد. اينچنين وضعيتي حتي با شدت بيشتر در دانشگاه نيز وجود دارد. از يك طرف به علت پخت غذا در مقياس وسيع و پايين بودن قيمت فروش آن، كيفيت مواد غذايي به شدت پايين برده، و قيمت نازل باعث مي شود عقلانيت اقتصادي مصرف كننده چندان حساسيت به آن نشان نداده وحتي با پرداخت هزينه اندك آن، تنها در صورت مطلوب بودن غذا آنرا مصرف نمايد و در غيراين صورت، غذا تبديل به زباله مي شود. در دانشگاه شريف پسماند مواد غذايي بيش از ۳۰درصد (۲۲۹ تن*) از كل زباله هاي توليدي دانشگاه را تشكيل مي دهد. محاسبات نشان داد كه حدود ۲۵-۳۰% مواد غذايي مصرفي دانشگاه تبديل به زباله مي گردد و اين به معناي تحميل هزينه سالانه حدود ۸۰۰-۱۰۰۰ميليون ريال (قيمت هاي ثابت ۱۳۸۲) هزينه به دانشگاه مي باشد.

[3] *Customer Preference*

* بخشي از اين زباله مربوط به بوفه مركزي دانشگاه مي باشد كه برآورد دقيقي نشده است.

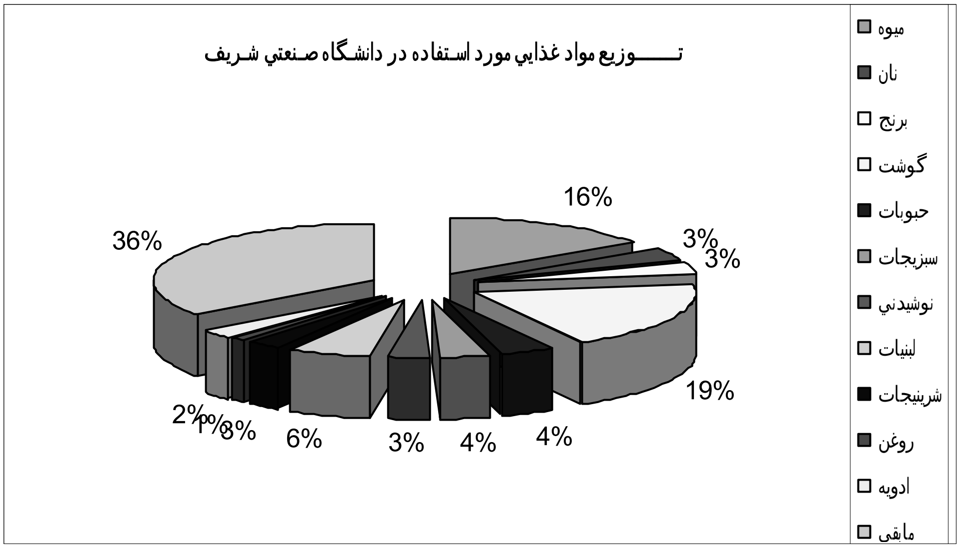
۷-۳-۲ روش شناسي

مواد اوليه از طرف انبار مركزي دانشگاه بر اساس درخواست اداره تغذيه تهيه شده و در اختيار اداره تغذيه قرار مي گيرد. اداره تغذيه از طريق پرسنل خود خدمات تهيه غذاي دانشگاه را انجام مي دهد. روش جمع آوري اطلاعات به اين صورت بوده است كه ابتدا از طريق مصاحبه حضوري با مسئول تغذيه دانشگاه و پرسنل خدماتي اطلاعات روند پخت و ميزان پرس غذايي توزيع شده در طول هفته جمع آوري گرديد. سپس ليست تمام مواد اوليه مصرفي سالانه از طريق صورت حساب ثبت شده دريافت گرديد و اطلاعات ريز از طريق تجزيه و تحليل اين صورت حساب‌ها فراهم گرديد.

۷-۳-۴ بحث و نتيجه گيري

سيستم توزيع مواد غذايي دانشگاه صنعتي شريف در واقع تغذيه يارانه اي مي باشد چراكه تنها ۱۶ تا ۲۰% از هزينه تمام شده پرس غذا از دانشجويان دانشگاه اخذ مي گردد و مابقي از طرف دولت تامين مي شود. روزانه بين ۴۵۰۰ تا ۴۸۰۰ پرس مواد غذايي بين افراد دانشگاه توزيع مي گردد كه هزينه آن با احتساب كليه هزينه ها (هزينه خدماتي انرژي و كار و حمل و نقل) حدود ۲۲ميليون ريال خواهد شد(به ازاي پرسي ۵۰۰۰ريال).

هزينه سالانه(سال ۱۳۸۲) خريد مواد غذايي مورد مصرف در دانشگاه شريف ۲۸۶۰ميليون ريال بوده است. كه شكل۷-۳ توزيع هزينه اي مواد غذايي مصرفي دانشگاه را نشان مي دهد. از نمودار پيداست كه سهم ميوه (۱۶%)، گوشت (۱۹%) و لبنيات(۶%) بيشتر از بقيه مواد مي باشد. انحراف قيمتي عامل اصلي پايين بودن كيفيت و ميزان مطلوبيت مواد غذايي دانشگاه مي باشد.



شكل۷-۳ توزيع وزني هزينه اي مواد غذايي مورد مصرف دانشگاه

به علت مشكلات موجود در سر راه همسان سازي واحدها معادل وزني مواد غذايي در نظر گرفته نشده و صرفا" از معادل هزينه اي استفاده گرديده است. از جمله راهكارهاي پيشنهادي جهت كاهش ميزان زباله هاي مواد غذايي بهره گيري از سيستم نظر سنجي از دانشجويان جهت يافتن محدوده مطلوبيت بهينه افراد دانشگاه است كه مسلما" ميزان زباله ها را شديدا" كاهش خواهدداد. دومين پيشنهاد افزايش قيمت پرس غذاي توزيع شده و سومين پيشنهاد نظر سنجي از دانشجويان هنگام توزيع غذا درسلف سرويس در مورد كم يا زياد بودن مصرف غذا مي باشد كه هيچگونه هزينه اي براي دانشگاه نيز ندارد.

۸

طراحي سايت دانشگاه سبز

۸-۱ مقدمه

در بخشي از اين پروژه، قسمتي تحت عنوان " ارائه آموزش‌هاي لازم به منظور ايجاد و ارتقاي فرهنگ صرفه‌جو.يي در مصرف مواد، انرژي و حفظ محيط‌زيست" وجود دارد. بدون اشاعه فرهنگ توسعه پايدار و محيط زيست در دانشگاه نمي‌توان به اهداف يک دانشگاه سبز دست يافت. در اين راستا ضروري است راهبرد مناسبي در خصوص بالا بردن فرهنگ زيست محيطي در بين استادان، دانشجويان و حتي کارمندان دانشگاه تعيين نمود. برخي فعاليت‌ها مي تواند نقش مهمي را در اين زمينه ايفا نمايد، از جمله:

۱. ايجاد تشکل‌هاي مختلف (خصوصا دانشجويي) که در زمينه هاي توسعه پايدار و حفاظت از محيط زيست فعاليت مي نمايند
۲. انتشار خبر نامه ، پوستر و نصب اعلانات زيست محيطي در سطح دانشگاه جهت تشويق استادان، دانشجويان و کارمندان به رعايت حفظ محيط زيست
۳. ارايه سخنراني هاي منظم در رابطه با مسائل محيط زيست
٤. برگزاري مسابقه در رابطه با مسائل زيست محيطي بين دانشجويان
٥. انتخاب و تشويق دانشکده يا دانشکده هاي سبز در دانشگاه
٦. تشويق دانشجويان و تخصيص بودجه براي انتخاب پايان نامه هاي مرتبط با مسايل زيست محيطي

۷. برگزاري همايش هاي زيست محيطي مستمر و پياپي

۸. همكاري فعال با سازمان‌هاي ذيربط مانند سازمان حفاظت محيط زيست، شهرداري‌ها و فراهم كردن مشاركت دانشگاه در فعاليت هاي زيست محيطي در جامعه

۹. برگزاري دوره هاي آموزشي زيست محيطي براي اقشار مختلف مردم (شامل دانشجويان)

۱۰. ارائه راهكارها و برنامه هاي رسمي آموزشي براي توسعه پايدار در قالب دوره هاي ميان رشته اي در مقاطع كارشناسي، كارشناسي ارشد و دكترا

۱۱. ارائه دروس تک درس مرتبط با محيط زيست و توسعه پايدار براي دانشجويان و فارغ‌التحصيلان و ساير افراد علاقمند

۱۲. طراحي وب سايت مخصوص دانشگاه سبز

با توجه به اينكه هدف ارائه آموزش، عموما براي قشر دانشجويان و كارمندان دانشگاه مي‌باشد و تمامي اين افراد دسترسي آزاد و هميشگي به اينترنت دارند. تصميم بر اين شد كه سايت دانشگاه سبز در دانشگاه صنعتي شريف طراحي و راه‌اندازي گردد. در ادامه اين بخش به جزئيات طراحي سايت دانشگاه اشاره خواهد شد. البته تمامي موارد بالا در اين پروژه به نوعي ديده شده اند كه در ادامه بدان پرداخته خواهد شد و شايد طراحي سايت دانشگاه سبز بتواند نقش موثرتري در بهبود فرهنگ و آموزش مديريت سبز ايفا نمايد در ادامه به بررسي و تشريح سايت دانشگاه سبز صنعتي شريف خواهيم پرداخت.

۸-۲ طراحي و اجراي وبگاه مخصوص دانشگاه سبز

طراحي و راه اندازي وبگاه مخصوص دانشگاه سبز در راستاي ارايه فعاليت‌هاي مرتبط با اهداف توسعه پايدار و محيط زيست ضروري است. ساختار اوليه سايت و حمايت كميته سبز دانشگاه صنعتي شريف امكان توسعه سايت و افزايش قابليت‌هاي آن رافراهم خواهد كرد.

۸-۲-۱ مراحل طراحي وبگاه دانشگاه سبز

پس از تصويب طراحي وبگاه و مشورت‌هايي كه با مجريان پروژه صورت گرفت، قرار بر آن شد كه به عنوان اولين مرحله كار، طي چند روز برنامه زمانبندي پروژه ارايه گردد. به همين منظور مديرت سايت پس از بررسي سرور دانشگاه (كه قرار بود سايت بر روي آن قرار گيرد و از طرف آن پشتيباني شود) و هم چنين صحبت‌هايي كه با مسوولين مربوطه انجام داد متوجه شد كه بايد زبان برنامه نويسي وبگاه پي‌اچ‌پي[1] و پايگاه داده مورد استفاده ماي اس‌كيوال[2] باشد. براي همين منظور مديريت سايت قرارداد خود را با برنامه نويسي كه قابليت و توانايي كار با اين دو مشخصه را داشته باشد، منعقد نمود. به منظور طراحي محيط استاتيكي سايت نيز يكي از دانشجويان رشته علوم كامپيوتر دانشگاه شريف كه علاوه بر آشنايي كامل با برنامه FrontPage تسلط بسيار خوبي بر Photoshop و ساير برنامه‌هاي گرافيكي مورد نياز داشتند، انتخاب شدند. لازم به ذكر است كه اين افراد تسلط خوبي بر زبان‌هاي برنامه نويسي همچون Asp.Net نيز داشتند و تاكنون چندين سايت را نيز طراحي نمودند. پس از انتخاب تيم طراحي و تشكيل جلسه اي با حضور آنان، برنامه زمانبندي پروژه پس از دو روز ارايه گرديد كه در ادامه گزارش آورده مي‌شود.

جدول۸-۱ برنامه زمانبندي طراحي و ايجاد وب سايت دانشگاه سبز دانشگاه صنعتي شريف

[1] PHP
[2] My SQL

رديف	عنوان برنامه	مدت زمان برنامه	زمان اجرا
١	تهيه ٣٠ درصد مطالب سايت مشخص نمودن فرمت كلي سايت	٥ روز	٨٥/٤/٢٦ الي ٨٥/٤/٣٠
٢	تهيه ٧٠ درصد مطالب سايت تكميل ٦٠ درصد طراحي سايت	٧ روز	٨٥/٤/٣١ الي ٨٥/٥/٦
٣	تهيه ١٠٠ درصد مطالب سايت تكميل ١٠٠ درصد طراحي سايت	٧ روز	٨٥/٥/٧ الي ٨٥/٥/١٣
٤	راه اندازي آزمايشي و شناسايي و رفع مشكلات سايت و تحويل نهايي سايت	٧ روز	٨٥/٥/١٤ الي ٨٥/٥/٢٠

پس از ارايه برنامه زمانبندي و تصويب آن از سوي مديريت پروژه، كار دقيقا مطابق با برنامه شروع شد. در حين انجام پروژه از افراد ديگري نيز به عنوان همكار استفاده شد كه به دليل اختصار از شرح وظايف آنان صرف نظر مي‌شود. لازم به ذكر است كه به دليل همكاري خوب تيم برنامه نويسي و كار بي وقفه، تحويل اين پروژه یک هفته زودتر از برنامه زمانبدي صورت گرفت. در ادامه به منظور آشنايي بيشتر با سايت به معرفي قسمت‌هاي مختلف آن پرداخته مي‌شود.

٨-٢-٢ معرفي قسمت‌هاي مختلف سايت

منوي سايت شامل قسمت‌هاي زير است كه هر كدام نيز زيرعنوان‌هايي دارند كه به آنها اشاره مي‌شود.

صفحه اصلي

دانشگاه سبز

- مقدمه
- ضرورت انجام طرح
- اهداف و وظايف
- روش انجام طرح
- روش شناسي مديريت سبز

برنامه‌هاي اجرايي

اخبار و مناسبت‌ها

كتابها و مقالات مفيد

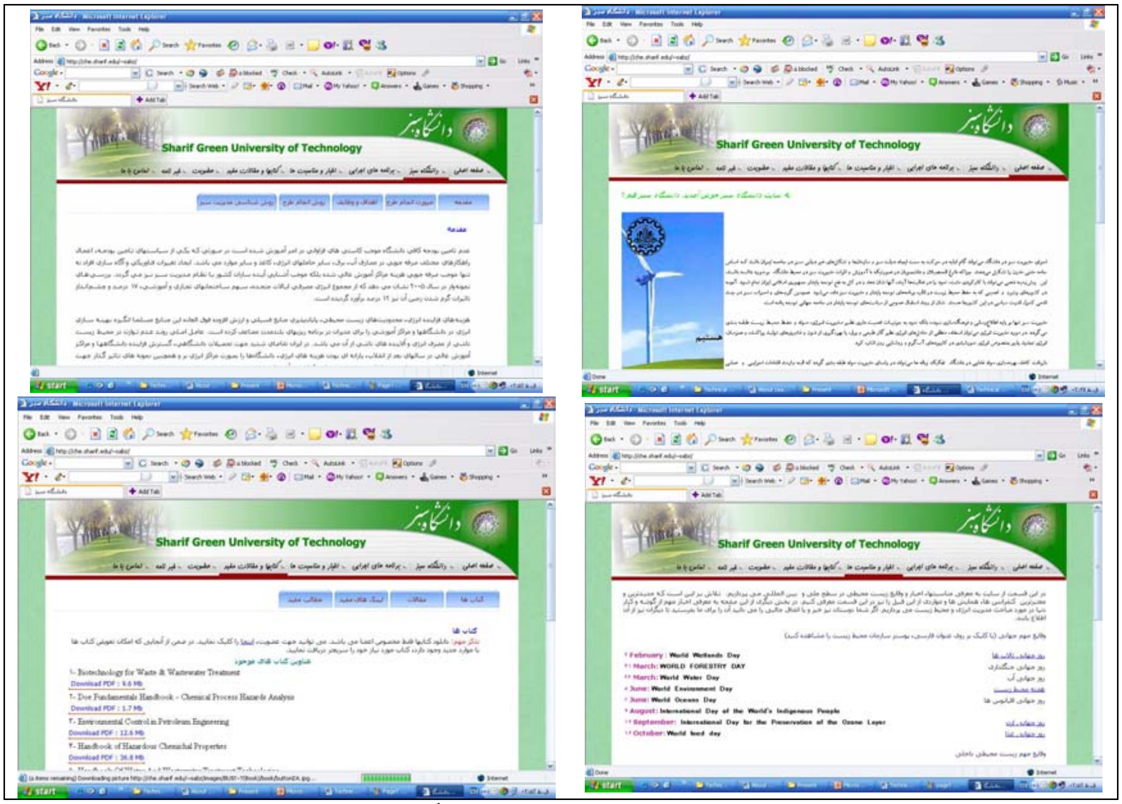
- كتاب‌ها
- مقالات
- لينک هاي مفيد
- مطالب مفيد

عضويت

- مزاياي عضويت
- ثبت نام اوليه
- دريافت كلمه عبور
- تمديد عضويت

خبرنامه

تماس با ما



شکل٨-١ برخي از صفحات مديريت سبز دانشگاه صنعتي شريف

در **صفحه اصلي** سايت مي‌توان مطالب کلي در مورد موضوع قرار داد. هم چنين مي‌توان تازه‌هاي سايت را در اين صفحه به اطلاع بينندگان رساند. مطالب فوري نيز مي‌تواند از جمله قسمت‌هاي اين صفحه باشند. پس به طور کلي بيشترين حجم به روز رساني سايت را اين صفحه به خود اختصاص مي‌دهد. **صفحه دانشگاه سبز** در مقايسه با ديگر صفحات از تغييرات کمتري در طول زمان برخوردار مي‌شود. چرا که مطالب اين صفحه طوري انتخاب شده اند که بتوانند يک ديد کلي به بيننده در مورد دانشگاه سبز (و به خصوص دانشگاه سبز شريف) بدهند. به همين منظور اين صفحه يکي از ارکان ثابت سايت مي‌باشد که مي‌توانند در صورت لزوم تغييرات اندکي نيز داشته باشد. هدف از ايجاد **صفحه برنامه‌هاي اجرايي**، معرفي برنامه‌ها و فعاليت‌هاي دانشگاه سبز مي‌باشد. البته اين صفحه فقط اختصاص به فعاليت‌هاي انجام گرفته نمي‌باشد و برنامه‌هاي در دست اجرا و يا طرح‌هاي آينده را نيز شامل مي‌شود. يکي از اهداف مهم اين صفحه دعوت از کليه علاقمندان (سازمان‌هاي و نهاداهاي دولتي و خصوصي،

كليه دانشگاهيان عزيز، كارمندان) جهت همكاري در اجراي طرح‌هاي مديريت سبز در دانشگاه مي‌باشد.

صفحه اخبار و مناسبت‌ها اختصاص به اعلام مناسبت‌هاي زيست محيطي در ايران و جهان، اعلام زمان و مكان همايش‌هاي ملي و بين المللي مرتبط، اعلام وقايع ويژه زيست محيطي، اعلام اخبار جديد و از اين قبيل موارد مي‌باشد. اين صفحه نيز حجم عمده اي از كار به روز رساني را به خود اختصاص مي‌دهد.

در **قسمت كتاب‌ها و مقالات مفيد**، سعي بر آن شده است تا كتاب‌هاي مفيدي در زمينه مواد، انرژي و محيط زيست را تهيه و در اختيار اعضا قرار داده مي‌شود. اين كتاب‌ها كه به صورت الكترونيكي مي‌باشند پس از تلاش و جست و جوي فراوان تيم طراحي تهيه و بر روي سايت قرار گرفته است. تعداد اين كتاب‌ها در حال حاضر ۱۰ عنوان مي‌باشد كه به دليل محدوديت فضاي سايت، قرار دادن بيشتر از اين تعداد ميسر نبود. اين عناوين هر چهار ماه يكبار با عناوين جديد جايگزين مي‌شوند.

در قسمت مقالات مفيد نيز ۱۰ عنوان قرار دارد و هر ماه بايستي با موارد جديد جايگزين شود. از امكاناتي كه براي آينده در اين قسمت در نظر گرفته شده است، قرار دادن ترجمه چكيده مقالات در سايت مي‌باشد كه تمام بينندگان (و نه فقط اعضا) به آنها دسترسي داشته باشند.

در قسمت لينک‌هاي مفيد نيز به معرفي سايت‌هاي مرتبط با موضوعات سايت پرداخته مي‌شود. در قسمت مطالب مفيدنيز عناويني كه به صورت كتاب و يا مقاله نيستند ولي ارزش آموزشي دارند را قرار مي‌دهيم. به طور مثال، همان طور كه اكنون نيز مشاده مي‌شود در اين قسمت ترازنامه انرژي كشور قرار داده مي‌شود. مي‌توان در آينده جزوات، بولتن‌هاي آموزشي و از اين موارد را در اين قسمت در اختيار اعضا قرار داد.

نكته ديگر اينكه دسترسي به اين قسمت فقط مخصوص اعضاي سايت مي‌باشد. و اعضا مي‌توانند در صورت تمايل عنوان كتاب يا مقاله مورد نظر خود را براي سايت ارسال نمايند تا سايت در صورت توان آن را تهيه نمايد.

در **صفحه عضويت**، افراد اقدام به عضويت در سايت به منظور بهره مندي از امكانات و مزاياي دانشگاه سبز، مي‌نمايند. مزاياي عضويت براي افراد در اين صفحه توضيح داده مي‌شود. فرد پس از مطالعه مزاياي عضويت در صورت تمايل به عضويت مي‌تواند به قسمت ثبت نام اوليه مراجعه كند. در اين قسمت فرد ابتدا قوانين عضويت را به طور خلاصه مطالعه نموده و مشخصات خود را در فرم مربوطه وارد مي‌نمايد. هزينه عضويت در سايت مبلغ ۱۰۰۰۰ ريال در نظر گرفته شد كه فقط به منظور تهيه كارت و ارسال آن به آدرس پستي فرد مي‌باشد. فرد پس از واريز نمودن مبلغ عضويت، شماره فيش واريزي خود را وارد مي‌نمايد كه سرپرست سايت پس از تطبيق شماره فيش با مشخصات فرد، اقدام به تخصيص رمز عبور براي فرد مي‌نمايد.

چنانچه تمامي مراحل به درستي انجام شود، فرد مي‌تواند دو روز پس از ثبت نام اوليه به قسمت دريافت كلمه عور رفته و كلمه عبور خود را دريافت نمايد. پس از دريافت كلمه عبور، عضو مي‌تواند جهت دريافت كتاب‌ها و مقالات موجود در سايت اقدام نمايد.در قسمت تمديد عضوت نيز، فرد پس از يكسال و در صورت تمايل مي‌تواند با واريز مبلغ ثبت نام، عضويت خود را تمديد نموده و با همان كلمه عبور قبلي از خدمات سايت بهره مند گردد.

خبرنامه دانشگاه سبز كه قرار است به صورت ماهانه تهيه شود و نسخه الكترونيكي آن در **صفحه خبرنامه** سايت قرار گيرد. اين خبرنامه داراي قسمت‌هاي مختلفي مانند گزارش، اخبار، معرفي كتاب و مقاله، تازه‌هاي علم مي‌باشد. البته لازم به ذكر است كه كار خبرنامه يک كار تخصصي بوده كه نيروهاي خاص خود را طلبيده و از عهده و توان تيم طراحي وبگاه خارج مي‌باشد.

صفحه تماس با ما نيز علاوه بر معرفي رييس كميته سبز دانشگاه، مسوولين وبگاه را نيز معرفي كرده و راه‌هاي تماس با آنان را بيان مي‌كند. نكته قابل توجهي كه دز ظاهر سايت ديده نمي‌شود و بايد به آن اشاره نمود، طراحي يک سايت مجزا براي سرپرست سايت مي‌باشد. به عبارت ديگر تيم طراحي دو سايت را طراحي نموده است. يكي مخصوص بينندگان و ديگري مخصوص سرپرست سايت. بدين ترتيب سرپرست سايت مي‌تواند در هر مكاني با اتصال به اينترنت و بدون نياز به حضور در Ftp سايت، به مديريت سايت بپردازد. با اين كار علاوه بر ايجاد يک محيط راحت جهت مديريت سايت، ايمني دسترسي به اطلاعات و فايل‌هاي برنامه نويسي نيز بالاتر مي‌رود. همان طور كه مي‌دانيد اين اولين نسخه سايت دانشگاه سبز مي‌باشد و بدون شک مشكلات و ضعف‌هايي را نيز به همراه دارد، از اين رو خواهشمنديم هرگونه نظرات و يا سوالات خود را با مديريت سايت (به صفحه تماس با ما مراجعه شود) در ميان بگذاريد. در پايان نيز ذكر اين نكته ضروري به نظر مي‌رسد كه در اين گزارش به طور مختصر به عملكرد و طراحي سايت اشاره شد، شما عزيزان هرگونه سوال و يا ابهامي را مي‌توانيد با مديريت سايت در ميان بگذاريد. طراحي سايت به گونه‌اي انجام شده كه علاوه بر در بر گرفتن مباني مربوط به دانشگاه سبز، از سادگي و انعطاف لازم جهت استفاده كنندگان برخوردار باشد. هم اكنون اين سايت با توجه به قابليت‌هايي كه براي تبليغات و توسعه فراهم شده است با آدرس زير در دسترس دانشجويان و تمام مراجعين محترم قرار دارد.

Adress: http://che.sharif.edu/~sabz/

شکل۸-۲ بخش مديريت و تماس سايت دانشگاه سبز

از طرف ديگر براي توسعه فعاليت‌هاي مديريت سبز دانشگاه شريف، كميته سبز تشكيل گرديده است. هدف از تشكيل اين كميته، تسريع و اجرايي كردن ايده‌هاي مربوط به دانشگاه سبز در دانشگاه صنعتي شريف مي باشد و در راستاي كاربردي كردن نتايج اين پروژه، و ايجاد ظرفيت ساختاري در دانشگاه صنعتي شريف مي‌باشد. دبير كميته مديريت سبز دانشگاه شريف مجري طرح دانشگاه سبز مي‌باشد.

طبق اساس نامه مقرر شده است كه اعضا هر دو ماه جلساتي داشته باشند و در مورد پيگيري مباحث جلسات قبل و بررسي ايده‌هاي جديد در مورد بهبود وضعيت دانشگاه از نقطه نظر مصرف انرژي، مواد و محيط زيست به گفتمان پردازند.

كميته سبز دانشگاه صنعتي شريف در واقع مديريت اصلي سايت را بر عهده خواهند گرفت. از طرف تلاش خواهد شد تا سازمان محيط زيست به عنوان متـولي مـديريت سـبز در كشـور نقشـي را بـر عهـده بگيرد. از اين سايت همچنين مي توان به منظور تبليغ برنامه‌ها و برشورهاي سازمان بهينه‌سـازي مصـرف سوخت بهره گرفت چراكه براحتي در دسترس دانشجويان بوده، و تفهيم درك اهميت مصرف منطقـي انرژي براي دانشجويان تاثير چشمگيري در آينده كشور خواهد داشت.

۹

تدوين برنامه آموزشي براي دانشجويان و كارمندان دانشگاه

۹-۱ مقدمه

آنچه در باب مزاياي مديريت سبز و نقش آن در توسعه پايدار گفته شد. تنها زماني در كشور تحقق خواهد يافت كه زيرساخت‌هاي آموزشي و فرهنگي آن در دانشگاه‌ها و مدارس كشور ايجاد شود و دانشجويان و دانش‌آموزان بتوانند با فرهنگ و مفاهيم و روش‌شناسي اجراي آن آشنا گردند. به همين منظور مجريان پروژه مصمم شدند كه اين امر مهم را با تعريف ۲واحد درسي در دانشگاه صنعتي شريف، شروع شد. نخست سيلابس و موضوعات مطروحه در اين دو واحد درسي در زير ارائه شده است كه درصورت استقبال دانشجويان و كاركنان در ترم هاي آتي ارائه خواهد شد.

۹-۲ ريز موضوعات در نظر گرفته شده در درس "دانشگاه‌سبز"

بخش اول: اطلاعات پايه

۱- شناخت محيط زيست

- آب و چرخه آن درطبيعت
- هواشناسي
- خاك و آب‌هاي زير زميني
- جمعيت
- گياهان و موجودات

۲-آلاينده‌ها و اثرات آنها بر محيط زيست

- آلودگي آب
- آلودگي هوا

- زباله و ضایعات جامد
- آلودگي صوتي
- سایر آلودگي‌ها (آلودگي حرارتي و گازهاي گلخانه‌اي)

۳-کنترل آلودگي‌ها و توسعه پایدار

- مفهوم توسعه پایدار
- تصفیه آب و فاضلاب و استفاده مجدد
- کنترل آلودگي هوا
- مدیریت ضایعات جامد و بازیافت مواد
- فرهنگ سازي قدم اول در توسعه پایدار

بخش دوم، مدیریت سبز و توسعه آن در دانشگاه

۱-شناخت دانشگاه

- ساختمان‌هاي اداري و آموزشي
- مراکز پژوهشي و آزمایشگاهي
- تاسیسات و تسهیلات سرویسي
- فضاي سبز
- استادان و دانشجویان و کارمندان

۲-وضعیت مصرف آب در دانشگاه و راه‌هاي کاهش مصرف

۳- آلودگي هوا در فضاهاي باز و بسته دانشگاه

٤- وضعیت مصرف انرژي در دانشگاه و راه‌هاي کاهش مصرف

۵ – وضعيت مصرف مواد، كاغذ و راه‌هاي كاهش مصرف

٦- وضعيت بوفه، رستوران . روش‌هاي جلوگيري از ضايعات

۷- ايمني و فضاي سبز در دانشگاه (وضعيت موجود و وضعيت ايده‌آل)

۸-ضرورت برنامه‌هاي پيشگيرانه نگهداري و تعميرات در دانشگاه

۹- نظام مشاركت و نقش مديريت

۱۰-بازرسي و سنجش عملكرد

اميد است كه اين دو واحد درسي پس از تـدريس در دانشـگاه‌صـنعتي شـريف بـه عنـوان الگـويي در ديگر دانشگاه‌هاي كشور نيز تدريس گردد.

طراحي بـرشور

١-١٠ پيشگفتار

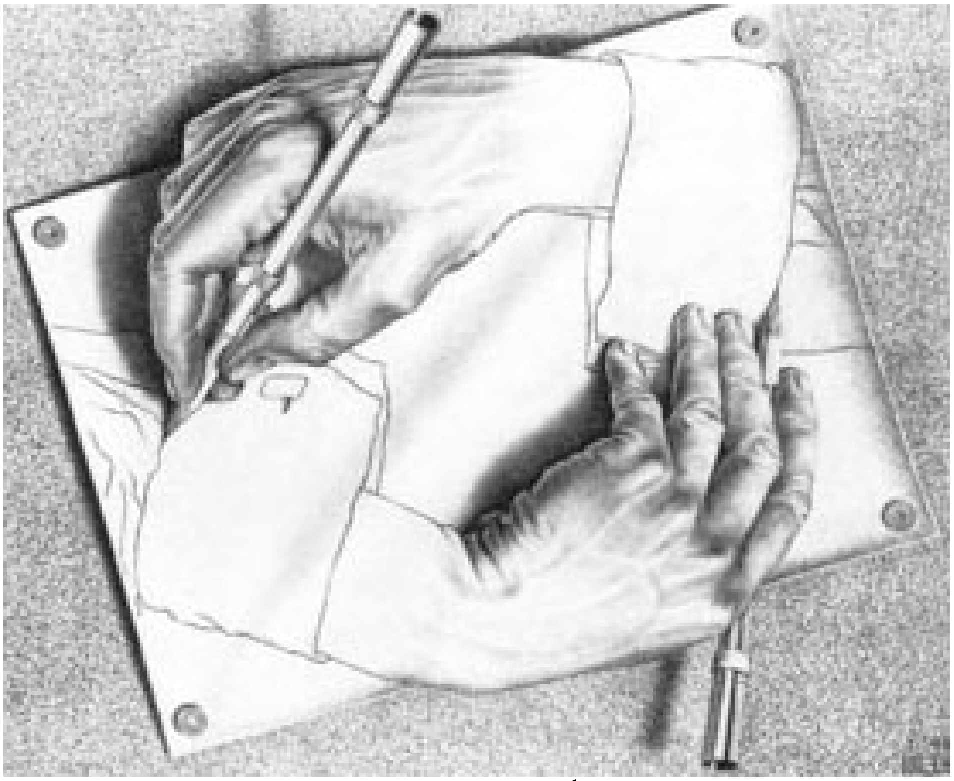
همانطوريكه اشاره شد فرهنگ سازي گام اول در تنوير افكاري عمومي و ايجاد جو مستعد براي پذيرش است براي ايجاد دانشگاه سبز و تداوم آن نيز نياز به فرهنگ سازي است و بخشي از اين فرهنگ‌سازي و تدوين برشوري است كه متن آن در زير آمده است. اين متن با طراحي زيبا به چاپ رسيده است. يك كپي از اين برشور به ضميمه آمده است.

همراه با افزايش روزافزون جمعيت و گسترش جوامع صنعتي , بهره برداري از منابع انرژي كه شريان حياتي صنعت محسوب مي گردد , تشديد شده است . هم اكنون توليد انرژي به طور عمده از طريق سوزاندن سوخت هاي فسيلي مثل نفت و گاز صورت مي گيرد. اينگونه سوخت‌ها طي فرايندهاي متعدد فيزيكي و شيميايي در طي ساليان درازي به وجود آمده و بخشي از طبيعت هستند و به دليل محدود بودن به راحتي جايگزين نمي‌شوند. به همين دليل آندسته از كشورهاي پيشرفته صنعتي كه به منابع انرژي ساير كشورها وابسته اند از مدتها پيش كوشش هاي فراواني در جهت صرفه جويي و منطقي كردن مصرف انرژي , بهينه سازي تجهيزات انرژي بر و جايگزيني انرژي هاي تجديد پذير مانند انرژي خورشيدي , باد و زمين گرمايي بجاي انرژي هاي فسيلي انجام داده اند. خوشبختانه كشور ما از لحاظ ميزان برخورداري از منابع انرژي در رده كشورهاي غني جهان قرار دارد و به همين خاطر عرضه اين سوختها با قيمت پايين تر از نرخ جهاني انجام مي گيرد . متاسفانه همين امر سبب مصرف بي رويه و غير منطقي انرژي در كشور ما شده است . تحقيقات در ايران نشان داده كه وضعيت فعلي حاكم بر بخش انرژي كشور مغاير با اصول ارتقائ بهره وري و بازدهي انرژي مي باشد و از سياست ها و خط

مشي هاي مطلوب جهاني پيروي نمي كند . اين گونه مصرف انرژي با اعتقـادات مـا يعنـي رهنمودهـاي ارزشمند اسلامي نيز مغايرت دارد . اسراف در دين ما ناپسـند و پرهيـز از آن وظيفـه هـر مسـلمان معتقـد است . با توجه به اينكه جواني جمعيت يكي از ويژگيهاي جامعه ايران است به طوريكه از ۷۰ ميليون نفر جمعيـت , ۷۰درصـد آن زيـر ۳۰ سـال قـرار دارنـد . همچنـين حـدود ۲۰ ميليـون نفـر آن در مـدارس و دانشگاهها در حال تحصيل هستند و به همين دليل مراكز آموزشي و پژوهشي در اقتصاد ايران از اهميت زيادي برخوردار است . عدم تامين بودجه كافي دانشگاه موجب كاستي هـاي فراوانـي در امـر آمـوزش شده است در صورتيكه يكي از سياست‌هاي تامين بودجه اعمال راهكارهاي مختلـف صـرفه جـويي در مصارف آب , برق, ساير حاملهاي انرژي , كاغذ و ساير موارد مـي باشـد. ايجـاد تغييـرات فنـاوريكي و آگاه سازي افراد نه تنها موجب صرفه جويي هزينه مراكز آموزش عالي شده بلكه موجب آشنايي آينده سازان كشور با نظام مديريت سبز نيز مـي گـردد. بنـابرين بـا افـزايش ميـزان مصـرف انـرژي و مـواد در دانشگاه‌ها و ارائه سوبسيدهايي كه به دانشـجويان داده مـي شـود (بخصـوص در دانشـگاه‌هـاي دولتـي) دانشگاهها را بر آن داشته تا با بهينه سازي مصرف انرژي و مواد در محيط دانشگاه سهم عمـده اي را در اقتصاد و محيط زيست داشـته باشـند . از طرفـي بـه وجـود آوردن ايـن نـوع طـرز فكـر و عمـل دربـين دانشجويان و اساتيد كه قشر تحصيلكرده و روشنفكر كشور را تشكيل مي دهند مي تواند در كل جامعه اثر به سزايي داشته باشد. در اين فصل از پروژه بخشي از محتوي برشورها ارائـه خواهـد شـد البتـه خـود برشورها به جداگانه طراحي خواهند شد.

۲-۱۰ راهكارهايي براي منطقي كردن مصرف كاغذ

مواد اوليه كاغذ يكي از منابع مهم توليد اكسيژن بر روي كره زمين است . اين منبع مهم " درخت " مي باشد . اگر كليه كاغذهاي مصرفي مستقيما از قطع درختان تهيه شود هرگز امكان جبران اين خسارات زيست محيطي امكانپذير نخواهد بود .



شكل۹-۱ بدليل فقير بودن منابع جنگلي بخش عمده مصرف كاغذ از واردات تامين مي شود.

بايد توجه داشت كه در زمينه بازيافت مواد يكي از رايج‌ترين و پر اهميت‌ترين مقوله هاي بازيافت استفاده مجدد از كاغذهاي ياطله مي باشد . به عبارتي مي‌توان تاكيد كرد كه با استفاده مجدد از كاغذ و بازيافت آن به ازائ هرتن كاغذ باطله مي توان ١٤ اصله درخت تنومند را نجات داد. دستورالعمل هاي زيادي در زمينه صرفه جويي و كاهش مصرف كاغذ مطرح مي باشد كه بخشي از آن در انشگاه پيشنهاد مي شود:

- براي استفاده مجدد از كاغذ دقت شود كه كاغذها در سطل زباله در اثر اختلاط با مـواد ديگـر آلوده نشوند به عبارت ديگر تفکیک از مبدا انجام شود .(استفاده از سطل‌هاي مخصوص جمع آوري كاغذ بسيار مناسب است)
- براي يادداشت‌ها و پيام‌هاي كتبي جزئي و مختصر از كاغذ هاي با ابعاد کوچک استفاده كنيد .
- گزارش ها و تحقيقات خود را بر روي دو طرف كاغذ تنظيم و تكثير كنيد .
- از كاغذ هاي باطله مجددا به هر نحوي كه شده استفاده كنيد. اگر یک طرف آنها سـفيد اسـت آن را جدا كرده و براي يادداشت هاي مختصر نگهداري كنيد. اگر تعداد ايـن صـفحات زيـاد باشد مي توان از آنها دفترچه هاي پيشنويس به ابعاد مختلف تهيه نمود.
- از تكثير بي مـورد گزارشـات اجتنـاب كنيـد و آنهـا را در ديسـكت نگهـداري كنيـد و جهـت مراجعه به انها تنها قسمتي كه مورد نياز است را به تعداد حداقل ممكن تكثير كنيد . ايـن عمـل در یک سازمان باعث صرفه جويي هزاران برگ كاغذ (چندين درخت) در روز مي شود.
- در دفتر كار خود براي مذاكرات ، ارائه مطالب در جلسات ، پيام هاي موقتي، تهيه چارچوب اصلي گزارش ,توضيح مطالب به همكاران و ديگر مواردي كه شخصا در روز با آن برخورد خواهيد كرد. از تخته سياه و گچ يا یک وايت بورد يا هر نوع تابلوي قابل تجديد استفاده كنيد و نتيجه آن يا مطالب آن را در صورت لزوم روي كاغذ بياوريد.
- جهت صرفه جويي كاغذ با پيشرفت هاي امروزي فناوري مي توان بسيار ساده از دورنگار و يا بهتر از آن پست الكترونيكي e mail استفاده كرد و از طرف مقابل خواست در صورت عدم نياز آن را چاپ نكرده و در حافظه رايانه يا در ديسكت نگهداري نمايد.
- در كنار هر یک از دستگاههاي چاپگر بدون شک قطعا یک كارتن جهت جمع آوري كاغذهاي یک رو سفيد و در صورت امكان براي كاغذهاي باطله قرار دهيد.

- در مواردي كه قطعا نياز به چاپ آزمايشي مي باشد حتما از كاغذهايي كه قبلا يک روي آن مصرف شده استفاده كنيد.
- فايلهاي خود را بر روي ديسكت نگهداري كنيد , يک عدد ديسكت مي تواند با ظرفيت كامل جايگزين ۷۵۰ برگ كاغذ شود .

۳-۱۰ راهكارهاي براي كاهش هرزروي مواد غذايي

يكي ديگر از مواردي كه مي تواند تاثير زيادي بر ميزان مصرف مواد و انرژي داشته باشد. مسئله تغذيه و مراكز تغذيه (سلف) است . چرا كه به وجود آوردن سيستم سلف سرويسي كه در آن هر فردي بتواند به اندازه مصرفش غذاي خود را بگيرد مي تواند با عث صرفه جـويي در ميـزان مصـرف انـرژي و مـواد شود از طرفي از دور ريز بي مورد آن جلوگيري مي شود. با تدابير مناسب مـي تـوان ايـن وضـع اسـفبار امروزي را كه باعث هدر رفتن مواد اوليه در كيسه هاي بسته شده زباله مي شود به طور جامع تغيير داده، و موضوع تفكيک از مبدا , بازيابي مواد و كمپوست را در سر لوحه كار قرار داد تا صرفه جـويي بسيار براي مراكز آموزشي و پژوهشي و جامعه حاصل نمود.

مواد زائدي كه عملا "زباله تر" نام گرفته اند (مواد زائد داراي منشا آلي)در صورت تفكيـک از مبـدا و كمپوست به جاي هدر رفتن و كثيـف نمـودن ساير مـواد زائـد جامـد مـي توانـد ايجـاد درآمـد كنـد . كمپوست حاصل از اين مواد دور ريختني بهترين كود گياهي است كه در فضاي سبز دانشگاه مي تواند مورد استفاده قرار گيرد. از طرفي استفاده بيش از حد از ظروف يكبار مصرف كه اثرات مخرب زيسـت محيطي دارند امري نگران كننده براي آينده است كه بايد سعي شود با تـدابير مناسـب مصـرف آنهـا را كاهش داد و يا از مواد قابل بازيافت استفاده كرد.

۱۰-٤راهكارهايي براي منطقي كردن مصرف برق

در كشور ما نزديک به ۲۰درصد برق توليد شده به مصرف روشنايي مي رسد كه از اين مقدار ۷۰ درصد فقط براي روشنايي ساختمان‌ها به كار مي رود. برق مصرف شده براي روشنايي در سال ۱۳۸۰ در حدود ۲۰ميليون بشكه نفت خام يعني در حدود ۳٤۰ ميليارد تومان بوده است. در دانشگاه شريف طبق آمار گرفته شده ۲۷درصد از برق مصرفي براي روشنايي استفاده مي شود در نتيجه مصرف در ست و بهينه در اين قسمت مي تواند بخش عمده اي از هزينه ها را كاهش دهد. خاموش كردن لامپ ها هنگام ترک اتاق ها و استفاده از نور طبيعي در روز و به كار بردن لامپهاي كم مصرف از جمله راه حل هاي آن هستند. كامپيوتر، پرينتر و ساير وسايل جنبي كامپيوتر خود را تنها هنگامي روشن كنيد كه به آن نياز داريد. بعضي كاربران معمولا بر حسب عادت اين وسايل را بدون آنكه ضرورتي داشته باشد روشن مي كنند .

- از خاموش بودن وسايل برقي خود به خصوص كامپيوتر پيش از ترک اتاق اطمينان يابيد.
- چنانچه به مدت طولاني از آنها استفاده نمي كنيد آنها را خاموش كنيد و در صورتي كه در فواصل زماني كوتاهتري استفاده مي كنيد، حالت خواب (sleep/quiet) اين وسايل را فعال كنيد اين كار باعث مي شود تا وسايلي مانند دستگاه كامپيوتر براي مدت كوتاهي در حالت خاموشي قرار گيرند. به ياد داشته باشيد كه حالت screen saver نقشي در صرفه جويي انرژي ندارد.
- در صورت امكان به جاي استفاده از كامپيوتر هاي روميزي از كامپيوترهاي كيفيlaptop استفاده كنيد. كامپيوترهاي كيفي تنها ۱۰درصد كامپيوترهاي روميزي انرژي مصرف مي كنند.
- اگر قصد خريد كامپيوتر داريد مانيتور آن را متناسب با نياز خود انتخاب كنيد هر چه اندازه آن بزرگتر باشد مصرف برق بيشتري دارد .

- ميزان وضوح و دقت صفحه مانيتور را متناسب با نياز كاري خود انتخاب كنيد . افزايش ميزان وضوح نمايش يک كامپيوتر رنگي باعث افزايش توان مصرفي به ميزان ۲۲ درصد در هر اينچ مربع از صفحه نمايش مي شود .
- به جاي استفاده از پرينترهاي ليزري حتي الامكان از پرينترهاي سوزني يا جوهر افشان استفاده كنيد . پرينترهاي سوزني براي بسياري از كارها به اندازه كافي دقيق و سريع هستند و در مقايسه با پرينترهاي ليزري ۸۰تا ۹۰ درصد كمتر انرژي مصرف مي كنند.

۱۱

نــتــايــج پــروژه

۱-۱۱ پيشگفتار

همانطوريكه در گزارش‌هاي پيشرفت كار پروژه گفته شد، هدف از اجراي اين پروژه ارايه الگوي مناسبي براي ايجاد مدلي از دانشگاه سبز بوده است. اگرچه بيشترين تاكيد بر روي صرفه جويي و استفاده منطقي از منابع ارزشمند انرژي است، ليكن تمام ابعاد مديريت سبز دانشگاه در گزارش‌ها مورد بررسي قرار گرفت. دانشگاه به دليل طبيعت فعاليت هاي آن، جزء مراكز انرژي بر محسوب مي شود، رشد بيش از حد مصارف انرژي و مواد(بالاي ۱۰%) لزوم تخصيص بهينه منابع و افزايش بهره وري را مي طلبد. انجام اين پروژه بنا بر ضرورت هاي زير انجام گرفته است:

۱) چارچوبي جهت مطالعات جريان انرژي و مواد در دانشگاه‌هاي كشور وجود ندارد.

۲) فقدان شاخص‌هاي مصرف و هزينه ها و شاخص‌هاي محيط زيستي دانشگاه‌ها

۳) عدم وجود مقررات و استانداردها و مدل پايه‌اي[۱] در ارتباط با مصرف بهينه انرژي و مواد در دانشگاه

انجام پروژه مستلزم تعريف اهدافي بوده است؛ كه عبارتند از:

- ايجاد چارچوب ارزيابي زيست محيطي[۲] و اقتصادي دانشگاه
- ارزيابي مديريت سبز در يك دانشگاه نمونه
- ايجاد بانك اطلاعات[۳] مصارف و هزينه هاي انرژي و مواد دانشگاه شريف
- تدوين راهكارهاي مختلف صرفه جويي مصارف انرژي و مواد در دانشگاه

---

[۱] *Base-Line Model*

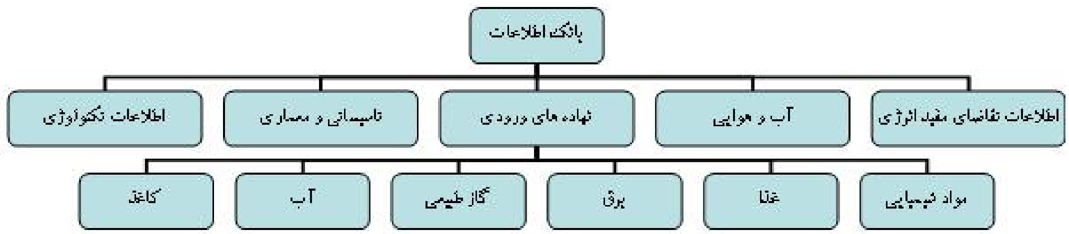
[۲] *Environmental Assessment*

[۳] *Database*

- طراحي و توسعه و كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه
- كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه در دانشگاه شريف
- امكان‌سنجي كاهش مصرف كاغذ و انرژي از طريق تغييرات فناورانه در دانشگاه
- فرهنگ سازي و تنوير افكار دانشجويان و كارمندان

۱۱-۲ روش‌شناسي اجراي پروژه

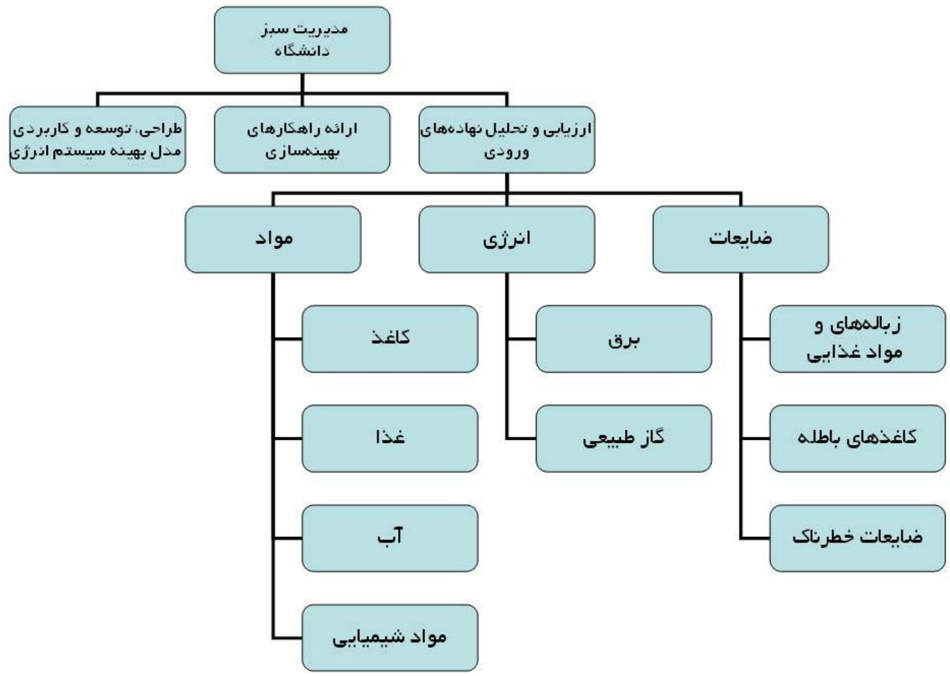
براي اجراي پروژه، دسترسي به مدل‌ها و نرم افزارهاي مخصوص و همچنين كاركرد سيستم انرژي دانشگاه و سياست‌هاي توسعه پايدار دانشگاه‌ها در كشورهاي توسعه يافته در درجه نخست اولويت قرار گرفت. در كشورهاي توسعه يافته، دانشگاه به عنوان يك بنگاه توليد كننده خدمات آموزشي و تحقيقاتي نگريسته مي شود و بعد اقتصادي آن اهميت بالايي دارد كه به تبع تمام بنگاه‌هاي اقتصادي، اداره‌كنندگان آن در صدد هستند كه هزينه ها را با توجه به محدوديت‌ها (مقررات، بودجه، پذيرش وغيره) حداقل نمايند تا بتوانند حداكثر منافع را براي بنگاه و در سطح ملي براي كشور ايجاد كنند. در حاليكه در ايران بدليل دولتي بودن اكثر دانشگاه‌ها، مديران تنها درصدد اداره آن و اكتفا به وضعيت موجود هستند وكمتر بدنبال انجام مطالعات بهبود كيفيت و يا حركت در مسيرهاي غير متعارف، ابتكاري و مديريت به معناي علمي آن مي‌باشند. جمع آوري اطلاعات و آشنايي با روش شناسي هاي مختلف، گردآوري اطلاعات نهاده هاي مصرفي و معماري و تاسيساتي دانشگاه در مرحله بعدي است. بدين منظور، بانك اطلاعاتي با ساختار زير(شكل۱۱-۱) طراحي شده است تا بتواند اطلاعات نهاده‌هاي ورودي و اطلاعات تاسيساتي، معماري، اطلاعات آب و هوايي و اطلاعات فناوري‌هاي تبديل انرژي در دانشگاه را در خود جاي دهد.



شكل ۱۱-۱ بانك اطلاعات دانشگاه صنعتي شريف

مهمترين بخش اين اطلاعات، اطلاعات نهاده ها هستند كه هزينه و ميزان مصرف و ساير مشخصه هاي اين مواد را حداقل براي ٤ سال گذشته ارايه دهد. اطلاعات آب هوايي، پروفيل تغييرات دماي ساعتي تهران در طول سال و اطلاعات مربوط به ميزان رطوبت و غيره در اين بانك جمع‌آوري شدند. بعلاوه اطلاعات تاسيساتي شامل نقشه تاسيسات خدمات آب و انرژي و معماري دانشگاه و همچنين اطلاعات فني شامل اطلاعات فناوري‌هاي تبديل، قيمت‌ها و ساير فناوري‌هاي مرتبط با جريان نهاده ها مورد نياز خواهد بود. اطلاعات كليدي ديگر از قبيل ميزان تقاضاي مفيد اشكال انرژي در دانشگاه مي‌باشد كه از طريق روش‌هاي ويژه تخمين زده خواهد شد. اين اطلاعات در زمينه شكل دهي و كاربرد مدل دانشگاه بسيار حياتي است و در عين حال مشكل‌ترين فرايند تدوين اطلاعات نيز مي‌باشد. منابع اطلاعات عموما" اداره تاسيسات دانشگاه، اداره خدمات عمومي، اداره تغذيه، شركت‌هاي پيمانكاري سرويس موتورخانه ها، مسئولين موتورخانه ها، معاونت دانشجويي و معاونت آموزشي و ساير جاها مي باشند. برخي اندازه گيري‌ها نظير دماي خروجي دودكش بويلرها نيز مي‌بايست انجام گيرد. مراحل مختلف ارزيابي مديريت سبز در دانشگاه و مراكز آموزشي به ترتيب عبارتند از:

۱. تشكيل بانك اطلاعات جريان انرژي و مواد در دانشگاه شامل(برق، گاز، ساير حاملهاي انرژي، كاغذ، مواد غذايي،آب، زباله، مواد شيميايي)
۲. تحليل اطلاعات و محاسبه شاخص هاي مختلف مصارف انرژي و مواد
۳. شناخت روند وضعيت موجود به منظور فهم و درك چشم انداز آينده



شکل۱۱-۲ روش شناسي مديريت سبز در دانشگاه

٤. ارائه راهكارهاي مختلف صرفه جويي مصرف انرژي و مواد

٥. امكان‌سنجي راهكارهاي مختلف كاهش مصارف و هزينه ها

٦. طراحي و توسعه مدل بهينه جريان نهاده ها در دانشگاه و امكان‌سنجي بهره گيري از فناوري‌هاي سبز

٧. پياده كردن يافته هاي پروژه در دانشگاه

۱۱-۲-۱ چارچوب روش‌شناسي طراحي مدل نظام‌مند

براي اجراي پروژه مطالعاتي مديريت انرژي و مواد در درجه اول بايد از ساختار تفصيلي جريان انرژي و مواد در دانشگاه كاملا" آگاه بود. بدين منظور بايد بطور سيستماتيك جريان انرژي و مواد، سيستم‌هاي تبديل انرژي، سيستم‌هاي مديريت شناسايي و برهمكنش بين سيستم‌هاي مختلف بررسي گردد.

روش‌شناسي مطالعات در چارچوب نمودار جريان انرژي و مواد دانشگاه خواهد بود. در اين نمودار سعي وافر شده است تا گزينه‌هاي مختلف فناورانه در بخش عرضه و تقاضا براي رساندن سطح و شدت مصارف در مقياس جهاني لحاظ شوند. بنابراين نخست با استفاده از مميزي محدود اطلاعات مصارفي ساختمان‌هاي دانشگاه جمع‌آوري مي‌شود. سپس اين اطلاعات تجزيه و تحليل شده و شاخص‌ها مصارف دانشگاه شريف با ديگر مكان‌هاي مشابه ديگر مورد سنجش قرار مي‌گيرد. در ادامه راهكارهاي مختلف مديريت مصرف انرژي و مواد ارائه و تحليل قرار مي‌شود.

دانشگاه به عنوان يك بنگاه توليد كننده خدمات آموزشي و تحقيقاتي مي باشد. اين بنگاه در صدد است كه بر اساس مجموعه محدوديت‌ها، به هدف حداقل كردن كردن هزينه توليد بر اساس تئوري توليد دست پيدا كند. ولي تحقق اين امر با حقيقت امكان‌پذيري و ضرورت تطبيق ايده آل‌ها با واقعيت‌هاي زميني مواجهه است. تلاش در جهت دستيابي به حداقل هزينه توليد در چارچوب محدوديت‌ها مفهوم پيدا مي‌كند. لذا با حداقل كردن مصرف منابع، ازجمله انرژي، مي توان گامي در جهت نيل به اين هدف برداشت. يكي از ابعاد مصرف انرژي، تامين آسايش و ايجاد شرايط فعاليت براي ساكنين مي باشد. چنانچه اين امر با حداقل منابع مالي صورت بگيرد در چارچوب تخصيص بهينه منابع خواهد بود و از طرفي در بعد اجتماعي، قضيه آلودگي و تخريب كمتر محيط زيست و مصارف كمتر منابع انرژي، بويژه منابع انرژي پايان پذير، را به همراه خواهد داشت.

۳-۱۱ نتايج

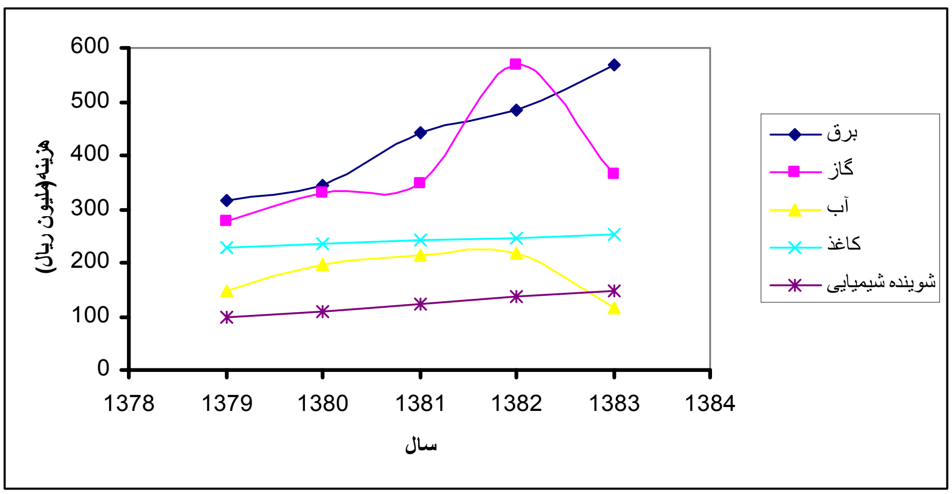
جريان انرژي و مواد مطابق سيستم مرجع جريان انرژي دانشگاه، طي ٤ سال گذشته گرداوري و از نظر كمي و كيفي مورد بررسي قرار گرفت. آنچه در درجه اول از آمار و بررسي وضعيت و مميزي انرژي دانشگاه شريف حاصل شد. اتلاف انرژي حرارتي در بخش‌هاي مختلف مي‌باشد. عدم برنامه

زمانبندي روشن- خاموش كردن موتورخانه‌ها و عدم كنترل هوشمند دبي، مسير را براي اتلاف انرژي و پول در دانشگاه هموار كرده است. ساختار مصرف حامل‌هاي انرژي (برق، گاز طبيعي، آب‌گرم)، مواد (كاغذ، غذا،آب و مواد شوينده)، مواد شيميايي خطرناك و زباله مورد تحليل و بررسي قرار گرفت و گلوگاه‌هاي ضعف و راهكارهاي عملي براي بهبود سيستم به طور جداگانه ارائه شد. در ادامه نتايج اجراي پروژه به طور جداگانه ارائه شده است.

۱۱-۳-۱ بانك اطلاعات مصارف نهاده هاي انرژي، مواد در دانشگاه

با انجام مميزي اجمالي در سطح دانشگاه اطلاعات مربوط به مقدار و هزينه نهاده ها ورودي دانشگاه طي ٤سال گذشته گرداوري شد. اين اطلاعات شامل داده هاي مربوط به حامل‌هاي انرژي (برق، گاز طبيعي و آب)، مواد (مواد غذايي، كاغذ، شوينده هاي شيميايي) ، مواد شيميايي خطرناك و زباله مي‌باشد كه اين اطلاعات در قالب بانك اطلاعاتي در محيط نرم افزار اكسل تدوين و تجزيه و تحليل شده است و به پيوست گزارش ارائه خواهد شد. شاخص‌هاي مصرف انرژي و مواد نظير شدت انرژي حرارتي، برق، سرانه مصارف انرژي و مواد، رشد مصارف نهاده ها و پيش‌بيني مصارف آتي ارائه شده است. همچنين پروفيل‌هاي بار ساعتي، روزانه مربوط به حرارت، آبگرم و ساير مشخصه‌ها مورد تجزيه و تحليل قرار گرفته اند. آنچه مربوط به ساختار هزينه اين نهاده هاست به صورت اجمالي در ادامه آورده شده است. از طرف ديگر راهكارهاي اقتصادي مربوط به صرفه جويي نهاده ها شامل مواد، حامل‌هاي انرژي و غيره به صورت جداگانه در گزارش شماره۲ ارائه گرديده است. در واقع تلاش براين بوده است كه راهكارهاي ارائه شده بر مبناي دسترسي به فناوري‌ها، توجيه اقتصادي و سادگي اجرايي ارائه گردند. البته بخشي از گزارش مربوط به آب و مواد شيميايي خطرناك در فصل۷ آورده شده اند.

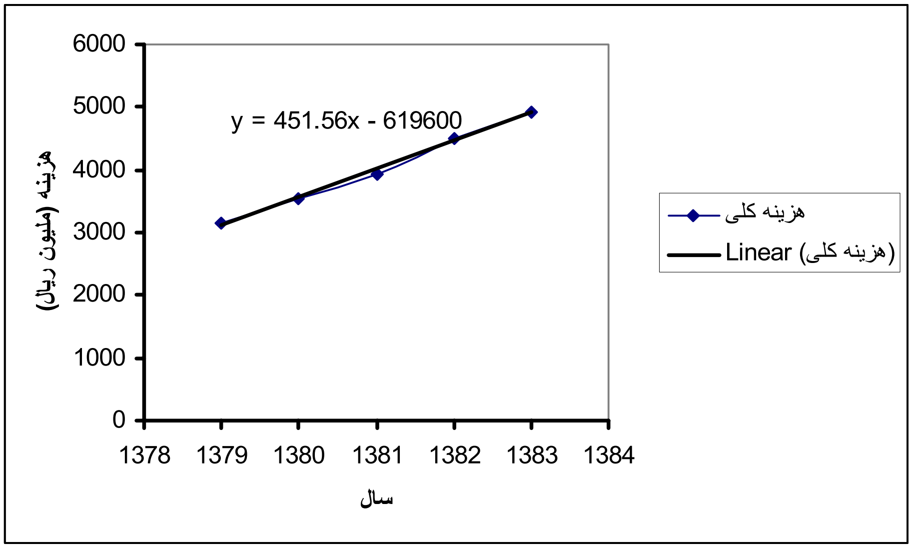
هزينه هاي خدمات دانشگاه صنعتي شريف از ٦ بخش كلي تشكيل شده است كه به ترتيب هزينه هاي انرژي(برق و گاز) و هزينه هاي مواد (آب،كاغذ، غذا، و شوينده هاي شيميايي) مي باشند. مواد غذايي با سهم ٦٣% در رده نخست و هزينه هاي گاز طبيعي(١٣%) و برق (١١%)در رده هاي بعدي قرار مي گيرند. از طرف ديگر شناخت روند هر كدام از هزينه ها در سال هاي اخير جهت فهم روند رشد هزينه ها مفيد مي باشد و اينكه تغييرات كدام يك بيشتر بوده، و بنابراين نياز به دقت بيشتري در مصرف و مديريت آنها دارد. شكل١١-٣ رشد هزينه هاي مختلف(به جز غذا) را نشان مي دهد.



شكل١١-٣ روند رشد هر كدام از هزينه ها(به جز غذا) در دانشگاه صنعتي شريف

هدف اصلي مديريت،كاهش هزينه هاي دانشگاه وحداقل متوقف كردن ميزان رشد با بهره گيري از راهكارهاي مختلف صرفه جويي مي باشد. بنابراين اطلاع از رشد كلي هزينه و ميزان اين هزينه ها ضرورت دارد.كل هزينه هاي شش نوع خدمات اصلي دانشگاه در سال ١٣٨٢ بالغ بر ٤٥١٢,٣٤ ميليون ريال بوده است كه اين هزينه شتابان (متاثر از افزايش تقاضا و تورم اقتصاد ايران) در حال افزايش بوده ، بطوريكه متوسط رشد هزينه ها در سال‌هاي اخير برابر با ١٠,٨% بوده است كه رقم قابل توجهي

مي‌باشد. شکل۱۱-٤ روند رشد هزينه هاي کلي در دانشگاه شريف طي ۱۳۷۹-۱۳۸۳و همچنين پيش‌بيني مقدار آن در آينده را نشان مي دهد.



شکل۱۱-٤ روند رشد هزينه هاي کلي دانشگاه صنعتي شريف در طي ۱۳۷۹-۱۳۸۳

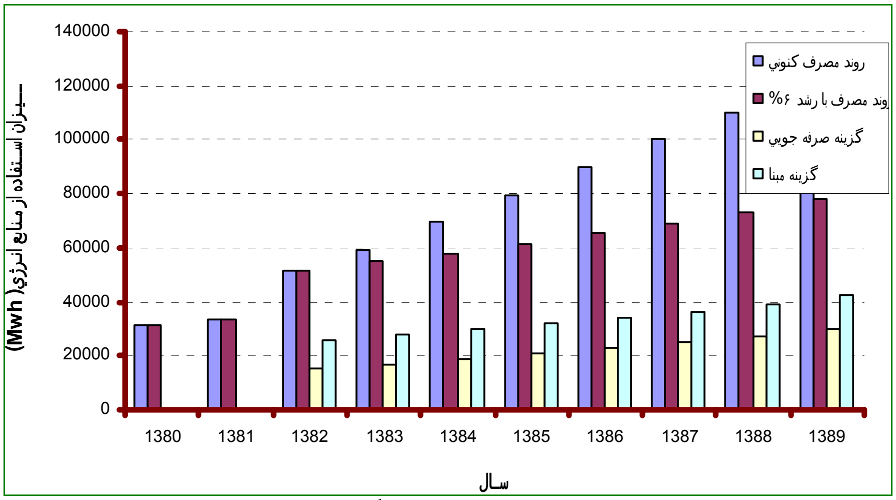
راهکارهاي کاهش مصرف انرژي و مواد در بخش‌هاي قبلي بطور مفصل مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت که با بهره گيري از آنها مثلا درمورد کاغذ، ايجاد سيستم مکاتبات الکترونيکي حدود ٥٠% هزينه ها راکاهش داده و داراي بازگشت سرمايه از ۱,٥ تا ۲ سال است. در فصل سوم بطور مفصل به جريان بهينه انرژي در دانشگاه با توجه به کاهش هزينه ها پرداخته شده‌است. هدف اصلي بهره گيري از راهکارهاي مختلف به منظور متوقف کردن رشد هزينه و بهينه سازي جريان انرژي و مواد در دانشگاه مي‌باشد. مديريت سبز دانشگاه در راستاي اهداف توسعه پايدار بوده و بدليل طبيعت فعاليت‌هاي آموزشي و تحقيقاتي آن، تاثيرگذاري فزاينده اي در نهادينه شدن مفاهيم زيست محيطي و مدل‌هاي توسعه پايدار در سطح کلان جامعه دارد. افزايش غير منطقي مصرف و هزينه هاي(بالاي ۱۰%) خدماتي دانشگاه موجب هرزروي منابع، کسري بودجه دانشگاه ها، عدم تخصيص بهينه منابع و فشار مضاعف بر بودجه ملي گرديده است. در صورتيکه با سرمايه گذاري اوليه مشخصي، مي توان جلوي بخشي از اين

تلفات را گرفت. در اين پروژه به مواردي نظير، ايجاد چارچوبي نظام مند براي مطالعات دانشگاه سبز، شناخت سيستم جريان انرژي و مواد دانشگاه، شفاف سازي مصارف و هزينه هاي مواد و انرژي، ايجاد بانك اطلاعات خدمات انرژي و مواد دانشگاه، شناسايي گلوگاه‌هاي تلفات، امكان‌سنجي راهكارهاي مختلف براي بهبود وضع موجود، طراحي و توسعه مدل اوليه كنترل بهينه جريان انرژي دانشگاه و همچنين كاربرد آن در دانشگاه صنعتي شريف انجام گرفت. روش شناسي پي‌گرفته شده در اين پروژه، مي تواند بعنوان الگو و آغازي در راه تكميل و بهبود پروژه هاي بهينه سازي فعاليت‌هاي دانشگاه و ايجاد فرايند توسعه پايدار در اين محيط باشد.

۱۱-۳-۲ طراحي، توسعه و كاربرد مدل بهينه انرژي دانشگاه شريف

براي تخصيص بهينه منابع و حداقل سازي هزينه هاي توسعه سيستم انرژي دانشگاه در يك افق زماني، نيازمند ايجاد چارچوب شبيه سازي و بهره مندي از ابزار مدل‌سازي مي‌باشد. بدين منظور فرمولاسيون رياضي و ساختار تئوريك مدل بهينه جريان انرژي دانشگاه صنعتي شريف طراحي و تدوين گرديد. اين مدل تا سال۱۳۹۰ را تحت پوشش قرار داده است سادگي و انعطاف‌پذيري مدل، اين امكان را ايجاد خواهد نمود كه با ايجاد تغييراتي جزئي مدل را در كاربردهاي ديگر نظير بهينه سازي انرژي در بيمارستان و دانشگاه به كار برد.

مدل بهينه دانشگاه بر اساس الگوي عرضه و تقاضاي انرژي و با اين هدف كه اصلي‌ترين شاخصه مديريت سبز كاهش آلاينده ها، مي باشد، شكل گرفته و بر اين اساس سيستم مرجع جريان انرژي و مواد دانشگاه با هدف بهره گيري از فناوري‌هاي جديد و بهينه در بخش عرضه و تقاضا توسعه يافته است. تنها سه نوع تقاضاي مفيد در بخش مصرف نهايي مد نظر بوده است.



شكل۱۱-۵ مقدار صرفه جويي در گزينه هاي مختلف

براي ايجاد مدل از روش برنامه ريزي خطي صحيح بهره گرفته شده است. روش شناسي توسعه يافته براي مدل، قابليت بكارگيري در دانشگاه، مجتمع هاي ساختماني، بيمارستان‌ها و شهرها را داشته و اصلي ترين بخش آن تقاضاي انرژي مفيد در بخش نهايي مي باشد. در دانشگاه صنعتي شريف، تقاضاي انرژي مفيد در فضاهاي مختلف محاسبه شده و براي برآورد اين تقاضا، مدل عرضه انرژي از شبكه هاي انرژي رساني شكل گرفته است. پايگاه داده خدمات انرژي و مواد دانشگاه شامل اطلاعات مصارف، برق، گاز، آب، كاغذ، مواد غذايي، شوينده هاي شيميايي، زباله، و اطلاعات بارهاي گرمايشي، سرمايشي، آب گرم و گاز طبيعي ساعتي دانشگاه، و پرو فيل دماي ساعتي تهران و ساير اطلاعات جهت بكار گيري مدل بهينه انرژي دانشگاه و محاسبه شاخص‌ها و پارامترهاي مطلوب تهيه گرديده‌است. با تحليل حساسيت برخي پارامترهاي اقتصادي و فني مقدار صرفه جويي انرژي تخمين زده شده كه در شكل ۱۱-۵ نشان داده شده است.

مدلي كه براي دانشگاه توسعه داده شد، به صورت يك نرم افزار در محيط Ms-Excel درآمده است. كاربرد آن در دانشگاه ها يا سيستم‌هاي مشابه، در صورت دسترسي و محاسبه اطلاعات مورد نظر، بسيار ساده مي باشد. جزئيات مربوط به مدل در فصل ۳ آورده شده است. براي اجتناب از پيچيدگي مدل، ساده سازي‌هاي در آن صورت گرفته است از جمله اينكه مدل فقط بازه‌هاي زماني سالانه را پوشش داده است. ضعف‌هاي مدل در دو بخش قابل ارزيابي هستند:

الف) بدليل اندك بودن اطلاعات، تمام شاخص‌هاي مربوط به چارچوب مديريت سبز(مثلا"، شاخص‌هاي كيفي آموزشي) دانشگاه ارزيابي نشدند. براي نمونه الگوي بكار رفته در دانشگاه ميشيگان در برگيرنده ۵۰ شاخص مختلف مي باشد.

ب) بعضي ضعف‌هاي مربوط به كاربرد مدل در دانشگاه صنعتي شريف عبارتند از:

- عدم تفكيك مصارف نهايي در مدل
- گام هاي زماني سالانه به جاي ماهانه يا ساعتي به دليل مشكلات دسترسي به جواب
- عدم بهره گيري از فناوري‌هاي كاهش ديماند در مدل
- عدم اعمال تغييرات و بارها جهت محاسبه ظرفيت بهينه فناوري‌هاي CHP يا بويلر.

در مطالعه سيستماتيك عرضه و تقاضاي انرژي و مواد دانشگاه، تمام موارد اعمال نشده است. لذا براي كاربردي‌تر شدن مدل، كارهاي آتي مي تواند بر مبناي سيستم مرجع جريان انرژي و مواد دنبال گردد كه البته گام زماني نيز كوتاه تر(مثلا" ۳ ساعتي) گردد. اعمال قيمت هاي متغير برق در مدل نيز مي‌تواند زمينه ايجاد مديريت بار درمطالعه موردي باشد. از طرف ديگر، پياده سازي برخي از پيشنهادات (نظير مديريت الكترونيكي اسناد) نيز مي تواند در زمره كار هاي آتي تلقي گردد. فايل‌هاي مدل و سناريوهاي مختلف در قالب فايل پيوست همراه نتايج ارائه شده‌است.

۱۱-۳-۳ ديگر نتايج پروژه

از ديگر نتايج پروژه مديريت انرژي دانشگاه صنعتي شريف مي‌توان به امكان‌سنجي كاربرد آبگرمكن خورشيدي در دانشگاه، معيار و چك ليست طراحي پرديزه و ساختمان‌هاي دانشگاهي اشاره نمود كه درفصل۵ آورده شده است. همچنين ارايه راهكارهاي مجزا و مشخص همرا ه با آناليز اقتصادي براي صرفه جويي نهاده ها از ديگر نتايج پروژه مديريت سبز دانشگاه مي باشد اين نتايج به صورت برشورها و كاتالوگ‌هايي ارائه شده‌اندكه برخي جزئيات اين برشورها در فصل۱۰ آورده شده است. همچنين سرفصل‌هاي ارائه يك درس دو واحدي در قالب مديريت سبز دانشگاه ارائه شده است. يكي از مهمترين دستاوردهاي اين پروژه سايت دانشگاه سبز دانشگاه صنعتي شريف مي‌باشد با توجه به ظرفيت‌هاي پيشبيني شده اين امكان وجود خواهد داشت كه اين سايت نقش فرهنگ سازي بيشتري در ارائه ايده‌هاي مربوط به مديريت انرژي، مواد و محيط زيست برعهده بگيرد و بتواند يك محيط مجازي براي ارتقا فعاليت‌هاي غير دولتي و دانشجويي در زمينه مديريت سبز باشد. از طرف ديگر اداره اين سايت در دست كميته سبز دانشگاه صنعتي شريف خواهد بود كه اين هم يكي از نتايج پروژه مي‌باشد.

مـنـــا بـــع

فصل ۱

[1] سازمان حفاظت محيط زيست، دستورالعمل‌ها و راهنماي اجراي نظام محيط زيست و مديريت سبز براي مراكز آموزشي و پژوهشي،جلد ۶ ،۱۳۸۲.

[2] Chris Scheuer, Gregory A. Keoleian, Peter Reppe, Life cycle energy and environmental performance of new university building: modeling challenges and design implications, Energy and Buildings 35(2003) 1049-1064.

[3] DOE, DOE Building Technologies Program University (2003), http://www.DOE.org/DOE Building Technologies Program University.htm.

[4] DOE, DOE Building Technologies Program University (2003), http://www.DOE.org/DOE Building Technologies Program University.htm

[5] سازمان حفاظت محيط زيست، دستورالعملها و راهنماي اجراي نظام محيط زيست و مديريت سبز براي مراكز آموزشي و پژوهشي،جلد ۶ ،۱۳۸۲.

[6]

[7]سازمان حفاظت محيط زيست، دستورالعملها و راهنماي اجراي نظام محيط زيست و مديريت سبز براي مراكز آموزشي و پژوهشي،جلد ۶ ،۱۳۸۲.

[8] Sandra I. Rodriguez, Matthew S. Roman, SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND REPORTING FOR THE UNIVERSITY OF MICHIGAN’S ANN ARBOR CAMPUS, School of Natural Resources and Environment, The University of Michigan, April 2002.

[9] Sandra I. Rodriguez, Matthew S. Roman, SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND REPORTING FOR THE UNIVERSITY OF MICHIGAN’S ANN ARBOR CAMPUS, School of Natural Resources and Environment, The University of Michigan, April 2002 p-v.

[10] L. Barelli, G. Bidini, Development of an energetic diagnosis method for the buildings: example of the Perugia University, Energy and Buildings 36 (2004) 81–87

[11] Chris Scheuer, Gregory A. Keoleian, Peter Reppe Life cycle energy and environmental performance of new university building: modeling challenges and design implications, Energy and Buildings 35(2003) 1049-1064.

[12] R.J. Cole, P.C. Kernan, Life-cycle energy use in office buildings, Building and Environment 31 (4) (1996) 307–317.

[13] ISO, ISO 14041, Environmental Management—Life Cycle Assessment—Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, International Organization for Standardization, 1997.

[14] Chris Scheuer, Gregory A. Keoleian, Peter, Rappel Life cycle energy and environmental performance of new university building: modeling challenges and design implications, Energy and Buildings 35(2003) 1049-1064.

[15] C. Alvarez, A.Gabaldon, A. Molina, Assessment and Simulation of the Responsive Demand Potential in End User Facilities: Application to an University Customer, IEEE Trans.on Power systems, vol.14,no.3,1999

[16] Melody Stokes, Mark Rylatt, Kevin Lomas, A simple model of domestic lighting demand, Energy and Buildings 36 (2004) 103-116.

[17] J. Fuents, A. Gabaldon, A. Molina, and E.Gomez,” Development and assessment of a load decomposition method applied to distribution level”, *IEE Proceeding on Gener.Transm. And Distribution,* vol.150, no.2 ,March 2003.

[18] F. Patrick, B. Jean-Francois, D. Christophe, Electricity Demand on a University Campus in the framework of the ECOCAMPUS collaboration: Case-Study from University of Bordeaux 1, University of Bordeaux, 2001.
[19] Brown K., Setting enhanced performance targets for a new university campus: benchmarks vs. energy standards as a reference? California Institute for Energy Efficiency, 2002.
[20] مميزي انرژي در دانشگاه صنعتي مالك اشتر، سازمان بهره وري انرژي ايران، معاونت انرژي، وزارت نيرو، ۱۳۸۲
[21] قانون اساسي جمهوري اسلامي ايران، اصل پنجاهم، ۱۳۸۱.

فصل ۲

[1]سازمان هواشناسي جمهوري اسلامي ايران، مركز داده پردازي، اطلاعات هواشناسي تهران، ۱۳۸۳.
[2] طباطبائي م.، محاسبات تاسيسات ساختمان، روزبهان، چاپ ششم، تهران ۱۳۷۸.
[3] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-112.
[4] Jorge B. Wong, Statistical Modeling of Electric Demand and Peak-Shaving Generator Economic Optimization, Energy Engineering vol.101, No. 3, 2004
[5] Peyongchan Ihm, Moncef Krarti, Gregor P. Henze, Development of a Thermal Storage model for EnergyPlus, Energy and Buildings, xxx (2004) xxx-xxx.
[6] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-126.
[7] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-236.
[8] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-240.
[9] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-386.
[10] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-385.
[11] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-388.
[12] PROFITING FROM WASTE PREVENTION: MEASURING THE BENEFITS, Community Environmental Council, Environmental Planning Consultants, Global Futures, December, 1999.
[13] Sandra I. Rodriguez, Matthew S. Roman, SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND REPORTING FOR THE UNIVERSITY OF MICHIGAN'S ANN ARBOR CAMPUS, School of Natural Resources and Environment, The University of Michigan, April 2002
[14] PROFITING FROM WASTE PREVENTION: MEASURING THE BENEFITS, Community Environmental Council, Environmental Planning Consultants, Global Futures, December, 1999.
[15] Sandra I. Rodriguez, Matthew S. Roman, SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND REPORTING FOR THE UNIVERSITY OF MICHIGAN'S ANN ARBOR CAMPUS, School of Natural Resources and Environment, The University of Michigan, April 2002, p-78.
[16] F. Patrick, B. Jean-Francois, D. Christophe, Electricity Demand on a University Campus in the framework of the ECOCAMPUS collaboration: Case-Study from University of Bordeaux 1, University of Bordeaux, 2001.

فصل ۳

[1] Henning D. Cost minimization for a local utility through CHP, heat storage and load management. Int J Energy Res 1998;22(8):691-713.
[2] Fishbone LG, Abilock H. Markal, a linear programming model for energy systems analysis, Technical Description of the BNL version. Energy Res 1981;5:353-75.
[3] Claeson U, Enevold J. HOVA, Net energy need and energy conservation potential for heat and electricity in existing buildings, Energy Conservation, Chalmers University of Technology,1994.
[4] Wene CO, Anderson O. The mix of supply and conservation of energy in averaged-size cities: methodology and result, New Energy Conservation Technologies. In proceeding of an International Conference, Berlin, IEA, 1981.

[5] Gustafsson SI. Optimization of building retrofits in a combined heat and power network. Energy 1992; 17(2):161-71.
[6] Gustavsson L., District heating systems and energy conservation-part I, Energy 1994; 19(1):81-91.
[7] Tsuji K, Chiba N. Multi-object evaluation of appropriate energy systems for urban areas. Int J Global Energy Issues 1998; 11(1-4).

[8] Gilijamse W, Boonstra ME. Energy efficiency in new houses. Heat Demand versus cogeneration? Energy Buildings 1995; 23; 49-62.
[9] Bailey O., Ouagal B., Bartholomew E., Marnay C. An engineering-economic analysis of combined heat and power technologies in a $\mu Grid$ Application, Ernest Orland Lawrence Berkeley National Laboratory, March 2002.
[10] Saboohi Y., Energy System Model (ESM), Sharif Energy Research Institute, February 2004.
[11] Atikol U., Dagbasi M., Guven H., Identification of residential end-use loads for demand-side planning in northern Cyprus, Energy 24 (1999) 231-238.
[12] Brown K., Setting enhanced performance targets for a new university campus: benchmarks vs. energy standards as a reference? California Institute for Energy Efficiency, 2002.
[13] Saboohi Y., Energy System Model (ESM), Sharif Energy Research Institute, February 2004, p-12.
[15] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-168.
[16] Gustafsson SI. Optimization of insulation measures on existing buildings. Energy Buildings 2000; 33:49-55.
[17] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-166.
[18] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-168
[19] Heller A.J., Heat load modeling for large systems, Applied Energy 72(2002) 371-387.
[20] Krarti M., Energy Audit of Building Systems, New York, CRC Press, 2000, p-170.
[21] Noren J., Typical load shapes for six categories of Swedish commercial buildings, department of heat and power engineering, lunde institute of technology,1997.
[22] Akbari H., Validation of algorithm to disaggregate whole-building hourly electrical load into end user, energy vol. 20 no.12, p 1291-1301 , 1995 .
[23] Feilberg N., Livik Klaus, energy and load structure at virus categories of end user, EEI TR 4074, Sondheim 1993.
[24] Noren J., Typical load shapes for six categories of Swedish commercial buildings, department of heat and power engineering, lunde institute of technology, 1997.
[25] J. Fuents, A. Gabaldon, A. Molina, and E.Gomez," Development and assessment of a load decomposition method applied to distribution level", *IEE Proceeding on Gener.Transm. And Distribution,* vol.150, no.2 ,March 2003.

[26] طباطبائي م.، محاسبات تاسيسات ساختمان، روزبهان، چاپ ششم، تهران ۱۳۷۸.

فصل۴

[1] مرکز اطلاعات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازي. به آدرس وب سايت زير مراجعه کنيد:
http://www.icic.gov.ir/

[2] Energy Design Guidelines for High Performance Schools, US Department Of Energy (DOE), 2002. Available at http://www.doe.gov/bridge.

[3] Energy Design Guidelines for High Performance Schools, US Department Of Energy (DOE), 2002. Available at http://www.doe.gov/bridge.

[4] سید مجتبي طباطبائي، محاسبات تاسیسات ساختمان، روزبهان، تهران ۱۳۷۸.

[5] سید مجتبي طباطبائي، محاسبات تاسیسات ساختمان، روزبهان، تهران ۱۳۷۸، صفحه ۵۳.

[6] New York, CRC Press, 2000, p-240. Krarti M., Energy Audit of Building Systems,

[7] New York, CRC Press, 2000, p-280. Krarti M., Energy Audit of Building Systems,

[8] ASHRAE Application Handbook ,1999

[9] Mario Kerby, The Drarga Wastewater Treatment and Reuse Project: A Model for Small Communities, 2002.