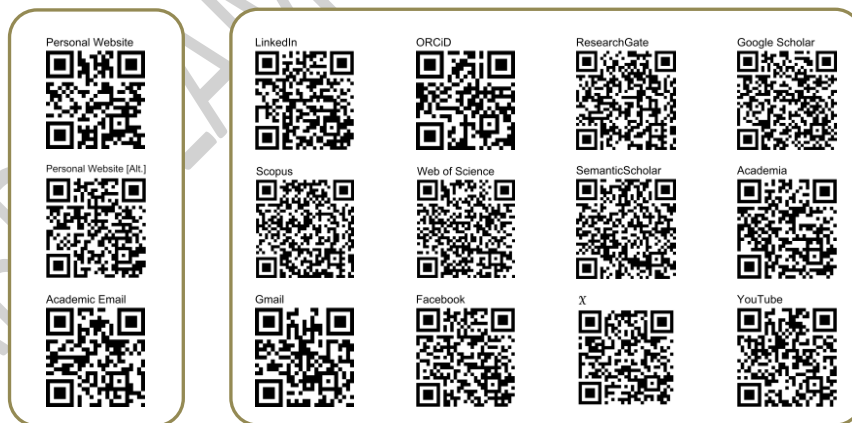
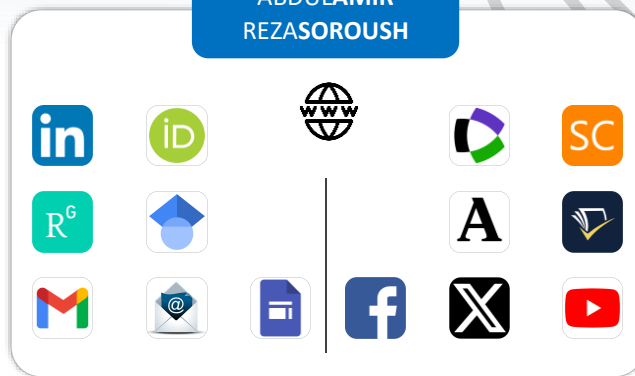


# Building Energy Efficiency Using Building Information Modeling (BIM)



ABDULAMIR  
REZASOROUGH



## How to cite

REZASOROUGH, ABDULAMIR. (2019). Building Energy Efficiency Using Building Information Modeling (BIM). *Master's thesis (In Persian), Islamic Azad University, Chalous Branch, Iran.*  
Available on: <https://www.linkedin.com/in/amirsorouh>,  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14509.50408>



**Islamic Azad University**

**Chalous Branch**

**Faculty of Technical and Engineering**

**Department of Civil Engineering**

**“M.Sc.” Thesis**

**Field of Construction Management**

**Title:**

**Building Energy Efficiency Using Building Information Modeling (BIM)**

**Thesis Advisor:**

**Dr. Nima Amani**

**Author:**

**Abdul Amir Reza Soroush**

**Date:**

**January 2019**



## Abstract

Buildings are the largest energy consumer worldwide, according to the United Nations Environment Programme (UNEP). Most of the building's energy consumption is in the building's life cycle stage. Therefore, achieving sustainable development at the national level requires minimizing the building's effects on the environment via reducing energy consumption by buildings. The building's energy performance will be predicted and evaluated by the energy simulation. Using BIM in EPAs significantly reduces time and costs.

This study aimed to optimize energy consumption in buildings using Building Information Modeling (BIM) Technology, which can assess energy performance in the building.

In this research, the general form of the building was modeled on the Autodesk Revit Software. The main shape of the building was chosen for modeling after reviewing the proposed designs. Then, the building energy consumption was calculated using the relevant tools in this scope, according to the materials, equipment, and project location.

Finally, the best possible mode was selected by examining different modes of energy consumption. The results showed that 61.48% difference between the best mode of energy consumption optimization and the current mode of the building and 79.35% compared to the initial mode. Finally, parametric studies of alternative cost optimization schemes showed that saving 58.23% of the building's current status for a 30-year horizon.

*Keywords: Energy consumption, Energy performance assessment (EPA), Energy simulation, Optimize energy consumption, Building energy efficiency, Building information modeling (BIM).*

**DUE TO PRIVACY PROTECTION, THE FOLLOWING  
ITEMS HAVE BEEN REMOVED FROM THE RESEARCH.**

- Dedicated to ...
- Acknowledgments
- Project Location
- Floor Plan

And...

Artistic effects were added to some figures.

ABDULAMIR REZASOROSH



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد چالوس

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

گرایش: مدیریت ساخت

عنوان:

بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها با استفاده از تکنیک مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

استاد راهنما:

دکتر نیما امانی

پژوهشگر:

عبدالامیر رضاسروش

زمستان ۱۳۹۷

تقديم به ...

**The information has been deleted.**

ABDULAMIR REZASORUSH

تشکر و قدردانی...

**The information has been deleted.**

ABDULAMIR REZASORUSH

## فهرست مطالب

### عنوان

### صفحه

چکیده

۱

### فصل اول (کلیات تحقیق)

۱-۱-	مقدمه	۳
۲-۱-	تشریح و بیان مسئله	۴
۳-۱-	اهداف پژوهش	۵
۱-۳-۱-	هدف اصلی از انجام پژوهش	۵
۲-۳-۱-	اهداف فرعی از انجام پژوهش	۵
۴-۱-	اهمیت و ضرورت انجام پژوهش	۶
۵-۱-	سوال ها/فرضیه های پژوهش	۷
۱-۵-۱-	سوال/فرضیه اصلی پژوهش	۷
۲-۵-۱-	سوال ها/فرضیه های فرعی پژوهش	۷
۶-۱-	چارچوب و فرضیه های پژوهش	۷
۷-۱-	قلمرو پژوهش	۸
۸-۱-	محدودیت ها و مشکلات پژوهش	۸
۹-۱-	نوآوری پژوهش	۹
۱۰-۱-	ساختار پژوهش	۹

### فصل دوم (مطالعات نظری)

۱-۲-	مقدمه	۱۲
۲-۲-	مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)	۱۲
۱-۲-۲-	تاریخچه	۱۲
۲-۲-۲-	تعاریف و اصطلاحات	۱۳
۳-۲-۲-	مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک فرآیند	۱۵
۴-۲-۲-	وجه تمایز BIM با CAD	۱۶
۵-۲-۲-	کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان	۱۷
۶-۲-۲-	مزایای استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان	۱۸
۱-۶-۲-۲-	مطالعه موردی	۲۰
۷-۲-۲-	خطرات مدل سازی اطلاعات ساختمان	۲۰

۲۰	..... ۱-۷-۲-۲ - خطرات قانونی (یا قراردادی)
۲۱	..... ۲-۷-۲-۲ - خطرات فنی
۲۲	..... ۸-۲-۲ - تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه گذاری با مدل سازی اطلاعات ساختمان
۲۵	..... ۹-۲-۲ - برنامه های کاربردی مدل سازی اطلاعات ساختمان
۲۶	..... ۱-۹-۲-۲ - اتودسک رویت
۲۷	..... ۲-۹-۲-۲ - آرشیكد
۲۹	..... ۳-۹-۲-۲ - بتلی آرکیتکچر
۳۰	..... ۴-۹-۲-۲ - تکلا استراکچرز
۳۱	..... ۵-۹-۲-۲ - دیجیتال پروجکت
۳۲	..... ۶-۹-۲-۲ - وکتور ورکز
۳۳	..... ۷-۹-۲-۲ - دی پروفایلر
۳۴	..... ۸-۹-۲-۲ - برنامه های مبتنی بر اتوکد
۳۶	..... ۳-۲ - شبیه سازی انرژی ساختمان
۳۶	..... ۱-۳-۲ - بررسی اجمالی
۳۹	..... ۲-۳-۲ - برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان (مطرح شده برای این مطالعه)
۳۹	..... ۱-۲-۳-۲ - دوع-توو
۴۲	..... ۲-۲-۳-۲ - انرژی پلاس
۴۴	..... ۳-۲-۳-۲ - اتودسک اکوتکت
۴۵	..... ۴-۲-۳-۲ - اکوئست
۴۶	..... ۵-۲-۳-۲ - ترانسیس
۴۷	..... ۶-۲-۳-۲ - دیزاین بیلدر
۴۸	..... ۷-۲-۳-۲ - اتودسک گرین بیلدینگ استودیو
۴۹	..... ۸-۲-۳-۲ - اتودسک این سایت
۵۰	..... ۴-۲ - سابقه پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته داخلی
۵۱	..... ۱-۴-۲ - موانع پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران
۵۱	..... ۱-۱-۴-۲ - محرک های پذیرش مدل سازی اطلاعات ساختمان
۵۴	..... ۲-۴-۲ - پتانسیل ها و ارزش افزوده پذیرش BIM، در صنعت معماری، مهندسی و ساخت
۵۵	..... ۵-۲ - سابقه پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته خارجی
۶۱	..... ۶-۲ - نتیجه گیری

فصل سوم - روش شناسایی پژوهش (متدولوژی)

۶۳	۱-۳- مقدمه
۶۳	۲-۳- انتخاب نرم افزار
۶۴	۳-۳- انتخاب ساختمان
۶۵	۴-۳- روش انجام پژوهش
۶۶	۵-۳- ابزار جمع آوری اطلاعات
۶۶	۶-۳- روش تجزیه و تحلیل داده ها
۶۶	۷-۳- مشخصات پایه مدل انرژی
۶۷	۱-۷-۳- پارامتر پوشش ساختمان
۶۹	۲-۷-۳- پارامتر سیستم تهویه مطبوع و گرمایش
۷۰	۳-۷-۳- پارامتر وسایل و تجهیزات الکتریکی
۷۰	۴-۷-۳- پارامتر روشنایی
۷۲	۵-۷-۳- پارامتر زمان بندی
۷۳	۸-۳- آماده سازی مدل انرژی
۷۳	۱-۸-۳- هندسه ساختمان
۷۴	۲-۸-۳- فضاها و آسایش حرارتی
۷۴	۳-۸-۳- سطوح و انتقال حرارت
۷۵	۴-۸-۳- خصوصیات مصالح
۷۵	۵-۸-۳- سیستم های ساختمان
۷۶	۶-۸-۳- بارهای حرارتی و برودتی به واسطه سطح اشغال و شرایط خارجی
۷۷	۷-۸-۳- مدل سازی انتقال گرما در طول زمان
۷۸	۸-۸-۳- پیش بینی هزینه و مصرف انرژی
۷۹	۹-۳- نتیجه گیری

فصل چهارم (تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های تحقیق)

۸۱	۱-۴- مقدمه
۸۲	۲-۴- مرحله اول: بررسی فرم کلی ساختمان
۸۲	۱-۲-۴- طراحی مفهومی
۸۲	۲-۲-۴- انتخاب فرم کلی ساختمان
۹۰	۳-۲-۴- پالت ۲۰۳۰ چیست؟



۹۰	..... مرحله دوم: ایجاد مدل اطلاعات ساختمان	۳-۴
۹۰	..... بررسی طرح معماری	۱-۳-۴
۹۴	..... ایجاد مدل اطلاعات ساختمان	۲-۳-۴
۱۰۵	..... مرحله سوم: شبیه سازی مدل انرژی و تجزیه و تحلیل داده ها	۴-۴
۱۰۵	..... تعریف مناطق حرارتی	۱-۴-۴
۱۱۰	..... محاسبه بارهای حرارتی و برودتی	۲-۴-۴
۱۱۱	..... ارسال اطلاعات	۳-۴-۴
۱۱۱	..... فرآیند ارسال اطلاعات به نرم افزار اتودسک این سایت	۱-۳-۴-۴
۱۱۳	..... فرآیند ارسال اطلاعات به نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو	۲-۳-۴-۴
۱۱۵	..... تجزیه و تحلیل داده ها	۴-۴-۴
۱۱۵	..... تجزیه و تحلیل آب و هوا	۱-۴-۴-۴
۱۱۹	..... جهت گیری خورشیدی	۲-۴-۴-۴
۱۲۱	..... تجزیه و تحلیل پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی	۳-۴-۴-۴
۱۲۶	..... نتایج تجزیه و تحلیل مصرف انرژی	۵-۴-۴
۱۲۶	..... بلوک A	۱-۵-۴-۴
۱۲۸	..... بلوک B	۲-۵-۴-۴
۱۳۰	..... بلوک C	۳-۵-۴-۴
۱۳۳	..... بلوک D	۴-۵-۴-۴
۱۳۵	..... لابی میانی	۵-۵-۴-۴

#### فصل پنجم (نتیجه گیری و پیشنهادات)

۱۴۷	..... مقدمه	۱-۵
۱۴۸	..... نتیجه گیری	۲-۵
۱۴۹	..... پیشنهادات	۳-۵
۱۴۹	..... پیشنهاد برای دانشجویان و اعضای هیات علمی دانشگاه ها	۱-۳-۵
۱۴۹	..... پیشنهاد برای سیاست گذاران ملی	۲-۳-۵
۱۵۰	..... پیشنهاد در خصوص پژوهش های آینده	۳-۳-۵
۱۵۱	..... فهرست منابع	

۱۵۶	..... پیوست A - حالت کلی (مدل مفهومی - حالت اول)
۱۵۸	..... پیوست B - وضعیت موجود (مدل مفهومی - حالت اول)
۱۶۰	..... پیوست C - حالت بهینه سازی (مدل مفهومی - حالت اول)
۱۶۲	..... پیوست D - حالت کلی (مدل مفهومی - حالت دوم)
۱۶۴	..... پیوست E - وضعیت موجود (مدل مفهومی - حالت دوم)
۱۶۶	..... پیوست F - حالت بهینه سازی (مدل مفهومی - حالت دوم)
۱۶۸	..... پیوست G - حالت کلی (مدل مفهومی - حالت سوم)
۱۷۰	..... پیوست H - وضعیت موجود (مدل مفهومی - حالت سوم)
۱۷۲	..... پیوست I - حالت بهینه سازی (مدل مفهومی - حالت سوم)
۱۷۴	..... پیوست J - حالت کلی (بلوک A - حالت اول)
۱۷۶	..... پیوست K - وضعیت موجود (بلوک A - حالت دوم)
۱۷۸	..... پیوست L - حالت بهینه سازی (بلوک A - حالت سوم)
۱۸۰	..... پیوست M - حالت کلی (بلوک B - حالت اول)
۱۸۲	..... پیوست N - وضعیت موجود (بلوک B - حالت دوم)
۱۸۴	..... پیوست O - حالت بهینه سازی (بلوک B - حالت سوم)
۱۸۶	..... پیوست P - حالت کلی (بلوک C - حالت اول)
۱۸۸	..... پیوست Q - وضعیت موجود (بلوک C - حالت دوم)
۱۹۰	..... پیوست R - حالت بهینه سازی (بلوک C - حالت سوم)
۱۹۲	..... پیوست S - حالت کلی (بلوک D - حالت اول)
۱۹۴	..... پیوست T - وضعیت موجود (بلوک D - حالت دوم)
۱۹۶	..... پیوست U - حالت بهینه سازی (بلوک D - حالت سوم)
۱۹۸	..... پیوست V - حالت کلی (لابی میانی - حالت اول)
۲۰۰	..... پیوست W - وضعیت موجود (لابی میانی - حالت دوم)
۲۰۲	..... پیوست X - حالت بهینه سازی (لابی میانی - حالت سوم)

۲۰۵	..... پیوست A - (مدل مفهومی - حالت اول)
۲۱۳	..... پیوست B - (مدل مفهومی - حالت دوم)

۲۲۱ ..... پیوست C - (مدل مفهومی - حالت سوم)

۲۲۹ ..... پیوست D - بلوک A

۲۳۸ ..... پیوست E - بلوک B

۲۴۵ ..... پیوست F - بلوک C

۲۵۳ ..... پیوست G - بلوک D

۲۶۱ ..... پیوست H - لابی میانی

۲۶۹ ..... چکیده انگلیسی

ABDULAMIR REZASOROUS

## فهرست جدول ها

### عنوان

### صفحه

#### فصل دوم (مطالعات نظری)

جدول ۱-۲- تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه با مدل سازی اطلاعات ساختمان	۲۳
جدول ۲-۲- اهمیت نسبی موانع مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز ایران	۵۲
جدول ۳-۲- پتانسیل ها و ارزش افزوده پذیرش BIM در صنعت معماری، مهندسی و ساخت	۵۴
جدول ۴-۲- پژوهش ها و مطالعات پذیرش BIM، مطابق با مرور ادبیات	۵۸

#### فصل سوم روش شناسایی پژوهش (متدولوژی)

جدول ۱-۳- تفکیک بلوک های ساختمان جهت انجام آنالیز انرژی	۶۵
جدول ۲-۳- پارامترهای پوشش ساختمان برای مدل پایه انرژی	۶۹
جدول ۳-۳- مقادیر پارامترهای تجزیه و تحلیل انرژی بر اساس نوع ساختمان	۷۰
جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای سیستم روشنایی جهت تجزیه و تحلیل انرژی بر اساس نوع ساختمان	۷۱

#### فصل چهارم (تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های تحقیق)

جدول ۱-۴- مقایسه اجمالی فرم کلی ساختمان	۸۳
جدول ۲-۴- بررسی و مقایسه فرم های مختلف ساختمان بر مبنای شبیه سازی مصرف انرژی طرح های مفهومی	۸۶
جدول ۳-۴- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی طرح های مفهومی در حالت کلی	۸۷
جدول ۴-۴- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی طرح های مفهومی	۸۸
جدول ۵-۴- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی طرح های مفهومی	۸۹
جدول ۶-۴- مقایسه حالات مختلف مصرف انرژی در پلان نمونه تیپ A	۱۰۸
جدول ۷-۴- بررسی و مقایسه حالات مختلف مصرف انرژی در بلوک های ساختمانی	۱۳۹
جدول ۸-۴- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی بلوک های A و B و C در حالت کلی	۱۴۰
جدول ۹-۴- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی در حالت کلی	۱۴۱
جدول ۱۰-۴- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی بلوک های A و B و C	۱۴۲
جدول ۱۱-۴- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی	۱۴۳
جدول ۱۲-۴- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی بلوک های A و B و C	۱۴۴
جدول ۱۳-۴- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی	۱۴۵

فصل اول (کلیات تحقیق)

شکل ۱-۱- نمایش بصری مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان ..... ۳

فصل دوم (مطالعات نظری)

شکل ۱-۲- فرآیند و مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان ..... ۱۳

شکل ۲-۲- مقایسه بین فرآیند "سستی" و "BIM" ..... ۱۵

شکل ۳-۲- نمایش گرافیکی یک مدل CAD و یک سیستم مبتنی بر BIM ..... ۱۶

شکل ۴-۲- طرح کلی فرآیند یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان ..... ۱۸

شکل ۵-۲- قابلیت همکاری و یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت معماری، مهندسی و ساخت ..... ۱۹

شکل ۶-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک رویت ..... ۲۶

شکل ۷-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار آرشیو ..... ۲۸

شکل ۸-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار بنتلی آرکیکتچر ..... ۲۹

شکل ۹-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار تکلا استراکچرز ..... ۳۰

شکل ۱۰-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار دیجیتال پروجکت ..... ۳۱

شکل ۱۱-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار وکتور ورکز ..... ۳۲

شکل ۱۲-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار دی پروفایلر ..... ۳۳

شکل ۱۳-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار مبتنی بر پلت فرم اتوکل ..... ۳۴

شکل ۱۴-۲- رویکرد طراحی پایین به بالا بر مبنای مدل ساختمان ..... ۳۸

شکل ۱۵-۲- رویکرد طراحی بالا به پایین بر مبنای مدل ساختمان ..... ۳۹

شکل ۱۶-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار DOE-2 ..... ۴۱

شکل ۱۷-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار انرژی پلاس ..... ۴۳

شکل ۱۸-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک اکوتکت ..... ۴۴

شکل ۱۹-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اکوئست ..... ۴۵

شکل ۲۰-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار ترانسپس ..... ۴۶

شکل ۲۱-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار دیزاین بیلدر ..... ۴۷

شکل ۲۲-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو ..... ۴۸

شکل ۲۳-۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک این سایت ..... ۴۹

شکل ۲۴-۲- توزیع مصرف نهایی انرژی برای خانه های مسکونی در ایالات متحده ..... ۵۹

شکل ۲-۲۵- توزیع مصرف نهایی انرژی برای ساختمان های تجاری در ایالات متحده ..... ۶۰

## فصل سوم روش شناسایی پژوهش (متدولوژی)

- شکل ۳-۱- تصویر سه بعدی رندر شده از نمای بالای ساختمان ..... ۶۴
- شکل ۳-۲- تصویر سه بعدی رندر شده از نمای شمالی ساختمان ..... ۶۴
- شکل ۳-۳- تعیین مکان پروژه به منظور استفاده از داده های اقلیمی جهت انجام آنالیز انرژی ..... ۶۸
- شکل ۳-۴- استخراج داده های اقلیمی توسط نرم افزار رویت از نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی ..... ۶۸
- شکل ۳-۵- تعیین نوع سیستم تاسیسات مصرفی جهت انجام آنالیز انرژی ..... ۶۹
- شکل ۳-۶- تعیین نسبت های برنامه زمانی استفاده از سیستم های روشنایی ..... ۷۱
- شکل ۳-۷- تعیین نسبت های برنامه زمانی سطح اشغال فضای مسکونی ..... ۷۲
- شکل ۳-۸- فرم ساختمان به عنوان یکی از عوامل اصلی تاثیرگذار بر مصرف انرژی ..... ۷۳
- شکل ۳-۹- مناطق آسایش و تبادل گرمایی فضاها در یک مدل انرژی ..... ۷۴
- شکل ۳-۱۰- نمایشی از منابع اصلی و مسیرهای تبادل گرما در داخل و از طریق جداره های ساختمان به محیط بیرون ..... ۷۴
- شکل ۳-۱۱- تعیین خصوصیات حرارتی مصالح به منظور ترکیب خواص حرارتی ..... ۷۵
- شکل ۳-۱۲- سیستم های ساختمان (سیستم های تهویه مطبوع، روشنایی، آب گرم خانگی، انرژی های تجدیدپذیر و ... ..... ۷۶
- شکل ۳-۱۳- بارهای حرارتی به واسطه حضور افراد و شرایط محیطی خارج از ساختمان ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۴- نمایش طیف فرآیندهای انتقال حرارت در طول زمان ..... ۷۷
- شکل ۳-۱۵- روابط بین فرم، مصالح، سیستم ها، استفاده از ساختمان و آب و هوا ..... ۷۸
- شکل ۳-۱۶- تصویر شماتیک از پیش بینی هزینه و مصرف انرژی ..... ۷۸

## فصل چهارم (تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های تحقیق)

- شکل ۴-۱- طرح پلان طبقه همکف (پارکینگ + انباری) به تفکیک بلوک ها ..... ۹۱
- شکل ۴-۲- طرح پلان طبقه اول (پارکینگ + انباری) به تفکیک بلوک ها ..... ۹۱
- شکل ۴-۳- نمونه طرح پلان طبقه دوم بلوک های A و D، به تفکیک تیپ واحدها ..... ۹۲
- شکل ۴-۴- نمونه طرح پلان طبقه دوم بلوک های B و C، به تفکیک تیپ واحدها ..... ۹۲
- شکل ۴-۵- نمونه طرح پلان پنت هاوس بلوک C به تفکیک تیپ واحدها ..... ۹۳
- شکل ۴-۶- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس بلوک C به تفکیک تیپ واحدها ..... ۹۳
- شکل ۴-۷- نمونه طرح پلان تیپ A ..... ۹۵
- شکل ۴-۸- نمونه طرح پلان تیپ B ..... ۹۵
- شکل ۴-۹- نمونه طرح پلان تیپ B1 ..... ۹۶
- شکل ۴-۱۰- نمونه طرح پلان تیپ C ..... ۹۶

۹۷	..... شکل ۴-۱۱- نمونه طرح پلان تیپ C1
۹۷	..... شکل ۴-۱۲- نمونه طرح پلان تیپ D
۹۸	..... شکل ۴-۱۳- نمونه طرح پلان تیپ D1
۹۸	..... شکل ۴-۱۴- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت بلوک های A و D
۹۹	..... شکل ۴-۱۵- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت بلوک های B و C
۹۹	..... شکل ۴-۱۶- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت لابی میانی
۱۰۰	..... شکل ۴-۱۷- نمونه طرح پلان طبقه اول پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C)
۱۰۰	..... شکل ۴-۱۸- نمای جنوبی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C)
۱۰۱	..... شکل ۴-۱۹- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C)
۱۰۱	..... شکل ۴-۲۰- نمای شمالی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C)
۱۰۲	..... شکل ۴-۲۱- نمونه طرح پلان طبقه اول پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C)
۱۰۲	..... شکل ۴-۲۲- نمای جنوبی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C)
۱۰۳	..... شکل ۴-۲۳- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C)
۱۰۳	..... شکل ۴-۲۴- نمای شمالی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C)
۱۰۴	..... شکل ۴-۲۵- نمایی از طرح سه بعدی ساختمان (ضلع جنوب شرقی)
۱۰۴	..... شکل ۴-۲۶- نمایی از طرح سه بعدی ساختمان (ضلع شمال غربی)
۱۰۵	..... شکل ۴-۲۷- تنظیم روش محاسبه اتاق
۱۰۶	..... شکل ۴-۲۸- جانمایی مناطق حرارتی در پلان
۱۰۷	..... شکل ۴-۲۹- ساده سازی مناطق حرارتی در پلان نمونه
۱۰۷	..... شکل ۴-۳۰- تبدیل مناطق حرارتی به یک منطقه حرارتی در پلان نمونه
۱۰۹	..... شکل ۴-۳۱- نمایش مرزهای مناطق حرارتی
۱۱۰	..... شکل ۴-۳۲- نمایش مدل تحلیلی بارهای حرارتی و برودتی در نرم افزار رویت
۱۱۱	..... شکل ۴-۳۳- ایجاد مدل انرژی در نرم افزار رویت با استفاده از عناصر ساختمانی
۱۱۲	..... شکل ۴-۳۴- بخش تنظیمات نرم افزار Insight جهت نمایش مدل انرژی
۱۱۲	..... شکل ۴-۳۵- تعیین نرخ واحد ارز، جهت برآورد مصرف انرژی
۱۱۳	..... شکل ۴-۳۶- ایجاد فایل خروجی با استفاده از بخش تنظیمات انرژی
۱۱۴	..... شکل ۴-۳۷- ایجاد فایل خروجی با استفاده از احجام فضا یا اتاق
۱۱۵	..... شکل ۴-۳۸- بخش تنظیمات نرم افزار Green Building Studio جهت نمایش مدل انرژی
۱۱۵	..... شکل ۴-۳۹- دریافت دمای روزانه از پایگاه داده ایستگاه هواشناسی توسط نرم افزار Green Building Studio

۱۱۶	شکل ۴-۴۰- داده های سالیانه دمای هوای خشک و مرطوب
۱۱۶	شکل ۴-۴۱- حداقل و حداکثر دمای روزانه بر اساس داده های متوسط ماهیانه
۱۱۷	شکل ۴-۴۲- توزیع تجمعی هوای خشک
۱۱۷	شکل ۴-۴۳- توزیع فرکانس هوای خشک
۱۱۷	شکل ۴-۴۴- توزیع فرکانس رطوبت نسبی
۱۱۷	شکل ۴-۴۵- توزیع فرکانس نقطه شبنم
۱۱۸	شکل ۴-۴۶- توزیع فرکانس سرعت باد
۱۱۸	شکل ۴-۴۷- توزیع نسبی شدت باد
۱۱۸	شکل ۴-۴۸- توزیع نسبی شدت باد در فصل تابستان
۱۱۸	شکل ۴-۴۹- توزیع نسبی شدت باد در فصل زمستان
۱۱۹	شکل ۴-۵۰- تنظیم پارامترهای مطالعه جهت گیری خورشید
۱۱۹	شکل ۴-۵۱- نحوه چرخش و تابش خورشید بر روی سطوح ساختمان
۱۲۰	شکل ۴-۵۲- توزیع فرکانس تابش طبیعی مستقیم
۱۲۰	شکل ۴-۵۳- توزیع فرکانس پوشش کلی آسمان
۱۲۰	شکل ۴-۵۴- توزیع فرکانس تابش افقی جهانی
۱۲۰	شکل ۴-۵۵- توزیع فرکانس تابش افقی پراکنده
۱۲۱	شکل ۴-۵۶- شاخص مصرف انرژی بلوک A، بر مبنای هزینه ماهانه
۱۲۱	شکل ۴-۵۷- شاخص مصرف انرژی بلوک A، بر مبنای شدت مصرف ماهانه
۱۲۲	شکل ۴-۵۸- شاخص مصرف انرژی بلوک B، بر مبنای هزینه ماهانه
۱۲۲	شکل ۴-۵۹- شاخص مصرف انرژی بلوک B، بر مبنای شدت مصرف ماهانه
۱۲۳	شکل ۴-۶۰- شاخص مصرف انرژی بلوک C، بر مبنای هزینه ماهانه
۱۲۳	شکل ۴-۶۱- شاخص مصرف انرژی بلوک C، بر مبنای شدت مصرف ماهانه
۱۲۴	شکل ۴-۶۲- شاخص مصرف انرژی بلوک D، بر مبنای هزینه ماهانه
۱۲۴	شکل ۴-۶۳- شاخص مصرف انرژی بلوک D، بر مبنای شدت مصرف ماهانه
۱۲۵	شکل ۴-۶۴- شاخص مصرف انرژی لابی میانی، بر مبنای هزینه ماهانه
۱۲۵	شکل ۴-۶۵- شاخص مصرف انرژی لابی میانی، بر مبنای شدت مصرف ماهانه



فصل دوم (مطالعات نظری)

رابطه (۱-۲)، محاسبه ضریب تغییر	۵۱
رابطه (۲-۲)، محاسبه انحراف استاندارد	۵۱

ABDULAMIR REZASORUSH

## چکیده

با توجه به برنامه زیست محیطی سازمان ملل، ساختمان‌ها بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی در سراسر جهان به شمار می‌روند. بیشترین انرژی استفاده شده توسط هر ساختمان، در طی دوره عمر ساختمان مصرف خواهد شد. دستیابی به توسعه پایدار در سطح ملی نیازمند به حداقل رساندن اثرات ساختمان بر محیط زیست با کاهش مصرف انرژی توسط ساختمان می‌باشد. ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد انرژی یک ساختمان با شبیه‌سازی انرژی قابل انجام خواهد بود. با استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ارزیابی عملکرد انرژی، تا حد زیادی در زمان و هزینه صرفه جویی خواهد شد.

هدف از این پژوهش، بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بود که می‌تواند عملکرد انرژی در ساختمان را مورد ارزیابی قرار دهد.

در این پژوهش، ابتدا فرم کلی ساختمان در نرم‌افزار رویت مدل‌سازی شد. پس از بررسی طرح‌های پیشنهادی، فرم اصلی ساختمان جهت مدل‌سازی انتخاب گردید. سپس با توجه به نوع مصالح مصرفی، تجهیزات و موقعیت مکانی پروژه، محاسبات مربوط به مصرف انرژی ساختمان با استفاده از ابزار مرتبط در این حوزه انجام گردید. در نهایت با بررسی حالت‌های مختلف مصرف انرژی، بهینه‌ترین حالت ممکن انتخاب شد.

نتایج شبیه‌سازی انرژی نشان داد که ۶۱/۴۸ درصد اختلاف بین بهترین حالت بهینه‌سازی مصرف انرژی و وضعیت موجود ساختمان، و همچنین ۷۹/۳۵ درصد نسبت به حالت کلی وجود دارد. در نهایت، مطالعات پارامتری طرح‌های جایگزین بهینه‌سازی هزینه نشان داد، که ۵۸/۲۳ درصد صرفه جویی نسبت به وضعیت موجود ساختمان برای یک افق زمانی ۳۰ ساله وجود دارد.

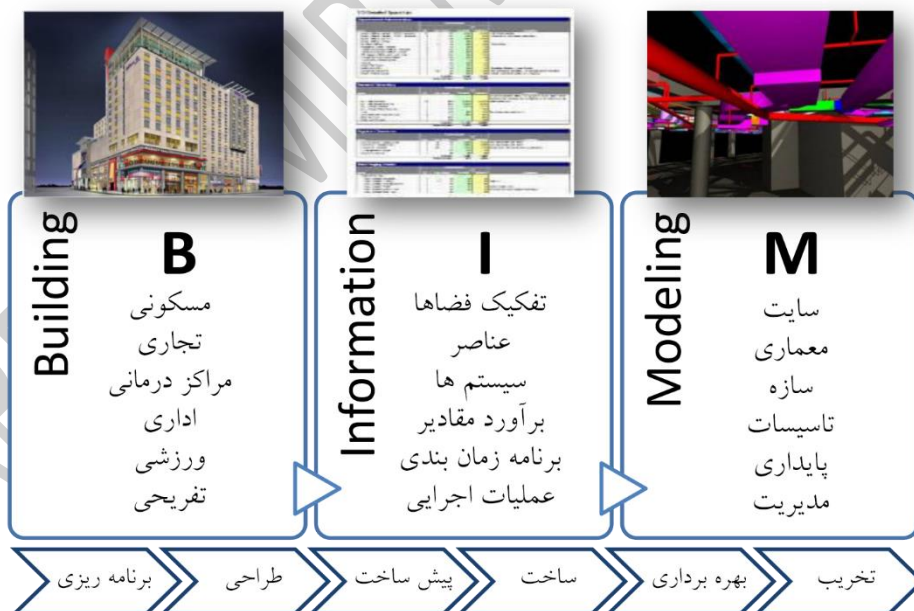
واژگان کلیدی: مصرف انرژی، ارزیابی عملکرد انرژی (EPA)، شبیه‌سازی انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی ساختمان، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM).

# فصل اول

## (کلیات تحقیق)

## ۱-۱- مقدمه

طراحی و تجزیه و تحلیل ساختمان ها نیاز به سطح بالایی از همکاری و هماهنگی بین رشته های معماری، مهندسی و ساخت و ساز دارد. بهره وری را می توان از طریق به اشتراک گذاشتن داده ها در میان رشته ها به دست آورد؛ با این حال، این چشم انداز به طور کامل تحقق نیافته است. به طور سنتی، مدل های انرژی ساختمان به طور جداگانه از مدل های اطلاعات ساختمان (BIMs) ایجاد می شوند و تجزیه و تحلیل های انرژی با استفاده از یک ابزار تحلیلی انجام می گردد. با استفاده از داده های موجود از BIM، مدل های انرژی را می توان سریع تر تولید نمود و استفاده از ابزارهای متعدد تجزیه و تحلیل کاربرد بیشتری پیدا خواهند نمود (Douglass, 2010). مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)<sup>۱</sup> در حال تبدیل شدن به یک فرآیند جامع همکاری در صنعت ساخت و ساز است. با وجود تاریخچه کوتاه آن، BIM در طول دهه گذشته رشد چشمگیری داشته است. این رویداد به طور عمده به دلیل قابلیت های پروژه های ساخت و ساز اتفاق می افتد. BIM می تواند زبان مشترکی بین همه ی بخش ها و قسمت های یک سیستم در پروژه ایجاد کند و آنها را تبدیل به یک تیم یکپارچه نماید (Rokooei, 2015).



شکل ۱-۱- نمایش بصری مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان (Azhar et al., 2012).

1) Building Information Modeling

## ۱-۲- تشریح و بیان مسئله

با توجه به برنامه زیست محیطی سازمان ملل (UNEP)<sup>۱</sup>، ساختمان‌ها بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی در سراسر جهان به شمار می‌روند. تاثیر مصرف انرژی به خصوص در مرحله استفاده از ساختمان که می‌تواند تا چندین دهه طول بکشد، قابل توجه می‌باشد. بیشترین انرژی استفاده شده توسط هر ساختمان، در طی دوره عمر ساختمان مصرف خواهد شد (Guo & Wei, 2016). در طول چرخه حیات یک پروژه اعم از ساخت و ساز، تعمیر و نگهداری و عملیات تخریب یک ساختمان، شاهد تولید بارهای زیست محیطی، آلودگی ناشی از مصرف انرژی و منابع، انتشار آلاینده‌ها و تخلیه مواد زائد می‌باشیم. علاوه بر این، طبق مطالعات انجام شده در سراسر جهان، ۳۳ درصد از کل مصرف انرژی، ۴۰ درصد از همه مصرف منابع، ۵۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای و ۲۰ الی ۳۰ درصد از تخلیه فاضلاب به بخش ساختمان اختصاص دارد (Park et al., 2012). دستیابی به توسعه پایدار در سطح ملی نیازمند به حداقل رساندن اثرات ساختمان بر محیط زیست با کاهش مصرف انرژی توسط ساختمان می‌باشد. ساختمان‌ها تامین‌کننده منافع اجتماعی و اقتصادی هستند، اما به دلیل مصرف بالای انرژی در طول چرخه حیات خود، اثرات زیست محیطی به دنبال دارند. بنابراین تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی ساختمان در مرحله طراحی، زمانی که تصمیم‌های حیاتی گرفته می‌شوند، امری ضروری می‌باشد (Choi et al., 2016).

ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد انرژی یک ساختمان با شبیه‌سازی انرژی قابل انجام خواهد بود. با این حال، روش سنتی ارزیابی عملکرد انرژی (EPA)<sup>۲</sup>، که در آن طراحان به صورت دستی مدل شبیه‌سازی انرژی را ایجاد می‌نمایند، با مشکلات جدی مانند: خطای تکرار بودن داده‌ها، انتشار داده‌ها، پردازش داده‌های تکراری و ذخیره‌سازی اطلاعات مواجه می‌شود. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک فناوری برای بهبود بهره‌وری و کارایی در صنعت ساخت و ساز با استفاده از مزیت اطلاعات تولید شده در سراسر چرخه حیات پروژه و با توجه به سهولت استفاده از یک سیستم سازگار می‌باشد (Choi et al., 2016).

---

1) United Nations Environment Programme

2) Energy Performance Assessment

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، ظرفیت تولید و مدیریت تمام اطلاعات یک ساختمان را در طول چرخه عمر<sup>۱</sup> آن، و همچنین اعمال آن برای رسیدگی به مشکلات ارزیابی عملکرد ساختمان<sup>۲</sup> فراهم می کند. با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در ارزیابی عملکرد انرژی، تا حد زیادی در زمان و هزینه صرفه جویی خواهد شد، زیرا در حال حاضر داده های ورودی در مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، بیش از ۷۰ درصد از اطلاعات مورد نیاز را برای تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان شامل می شوند (Choi et al., 2016).

### ۱-۳- اهداف پژوهش

#### ۱-۳-۱- هدف اصلی از انجام پژوهش

هدف از این پژوهش، بهینه سازی مصرف انرژی<sup>۳</sup> در یک برج مسکونی با چهار بلوک ۲۲ طبقه، با استفاده از نرم افزار مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) بود که می تواند عملکرد انرژی در ساختمان را مورد ارزیابی قرار دهد.

#### ۱-۳-۲- اهداف فرعی از انجام پژوهش

- مدل سازی اطلاعات ساختمان
- انجام تجزیه و تحلیل های لازم با نرم افزارهای مرتبط
- تعیین میزان مصرف انرژی
- ارائه راه کارهایی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی

---

1) Life Cycle  
2) Building Performance Assessment  
3) Energy consumption efficiency

## ۴-۱- اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

در ایران سالانه مقادیر زیادی از انرژی در بخش ساختمان و مسکن مصرف می شود. بر مبنای اطلاعات ارایه شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۴ معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، سهم مصرف سوخت در ساختمان ها حدود ۴۰/۶ درصد از کل مصرف نهایی انرژی در کشور بوده است که بزرگترین بخش مصرف کننده انرژی محسوب می شود و این موضوع کاهش مصرف انرژی در این بخش را ضروری می سازد (دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق-انرژی، ۱۳۹۴).

رویکردها و راهبردهای کاهش تراز مصرف انرژی در ساختمان، در دو بخش اصلی طراحی ساختمان های انرژی کارا<sup>۱</sup> و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های موجود<sup>۲</sup>، قابل بررسی می باشد. با ظهور فناوری های مختلف، پیچیدگی و هزینه های اجرایی نیز افزایش یافته و تصمیم گیری در رابطه با انتخاب بهینه ترین استراتژی ها و راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها اهمیت بیشتری پیدا نمود. از سوی دیگر، تعامل بین عناصر طراحی، اقلیم، کاربران، سیستم های سرمایش، گرمایش، تهویه و روشنایی بسیار پیچیده بوده و تنها با استفاده از شبیه سازی تمامی عوامل مداخله گر در کارایی انرژی ساختمان قابل بررسی هستند (Holst, 2003). با توجه به بالا بودن سهم قابل توجه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی در ایران، از جمله راه های موثر کاهش مصرف انرژی، تجزیه و تحلیل دقیق بارهای حرارتی و برودتی و تلاش در جهت کاهش اتلاف انرژی در ساختمان ها می باشد. یکی از ابزارهای ضروری برای مطالعه مصرف انرژی در ساختمان ها، نرم افزارهای شبیه سازی انرژی می باشد. استفاده از نرم افزارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان موجب می شود تا طراحان و ذینفعان<sup>۳</sup> پروژه، بدون نیاز به انجام محاسبات پیچیده، قادر به انتخاب بهترین تجهیزات<sup>۴</sup>، اعمال روش های بهینه سازی مصرف انرژی و برآورد صرفه جویی اقتصادی ناشی از آنها گردند.

- 
- 1) Buildings Design Based Efficient Energy
  - 2) Existing Buildings
  - 3) Stakeholders
  - 4) Equipment

## ۱-۵- سوال ها/فرضیه های پژوهش

### ۱-۵-۱- سوال / فرضیه اصلی پژوهش

آیا استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان باعث بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ها می شود؟

### ۱-۵-۲- سوال ها/ فرضیه های فرعی پژوهش

- رعایت شرایط اقلیمی در طراحی ساختمان ها، به چه صورت باعث کاهش مصرف انرژی خواهد شد؟
- آیا رعایت تناسب بین تاسیسات مصرف کننده انرژی در ساختمان ها موجب بهینه سازی مصرف انرژی می شود؟

## ۱-۶- چارچوب و فرضیه های پژوهش

- با استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان می توان مصرف انرژی در ساختمان ها را بهینه سازی نمود.
- در طراحی ساختمان ها، شرایط اقلیمی از نظر مبادلات حرارت و برودت و نور با محیط خارج به اندازه کافی مورد مطالعه قرار نگرفته و اغلب، نقشه ها و طرح های ساختمانی با تقلید از ساختمان ها و الگوهای کشورهای دیگر که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی هستند، اجرا گردیده است.
- در ساختمان ها، بین تاسیسات مصرف کننده انرژی، تناسب لازم وجود ندارد و این امر خود موجب اتلاف بیشتر انرژی می گردد.



## ۷-۱- قلمرو پژوهش

قلمرو این پژوهش معطوف به ساختمان های مسکونی می باشد. ساختمان مورد مطالعه یک برج مسکونی ۲۲ طبقه واقع در اقلیم معتدل خزری و شبه مدیترانه ای است، که دارای تابستان های گرم و شرجی و زمستان های سرد و مرطوب می باشد.

## ۸-۱- محدودیت ها و مشکلات پژوهش

محدودیت ها و مشکلاتی در روند انجام این پژوهش وجود داشت که در ذیل به نمونه هایی از آن اشاره گردید.

- عدم دسترسی مستقیم نرم افزار رویت (Revit) به عنوان نرم افزار مرجع در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و همچنین نرم افزار مورد استفاده در این مطالعه به سایت شرکت جهت انجام آنالیز انرژی، ناشی از تحریم بودن کشور ایران
- عدم امکان ارسال فایل خروجی تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان مورد مطالعه به سایت شرکت، جهت انجام سایر محاسبات مربوطه به دلیل حجم بالای آن
- محدودیت در ارسال سطوح سایه<sup>۱</sup> به دلیل وسعت زیاد ساختمان مورد مطالعه
- محدودیت در ارسال تعداد درب<sup>۲</sup> ها به دلیل حجم بالای پروژه مورد مطالعه
- محدودیت در مدت زمان اتصال نرم افزار به سایت شرکت جهت حفظ و برقراری امنیت و عدم ارسال فایل خروجی تجزیه و تحلیل انرژی در این مدت زمان، ناشی از ضعف در زیرساخت های شبکه مخابراتی کشور

---

1) Shade Surfaces

2) Door

## ۹-۱- نوآوری پژوهش

این مطالعه به بررسی ارزیابی عملکرد انرژی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM-EPAs) پرداخت و نشان داد که استفاده از این فناوری منجر به شناسایی طرح، مقایسه و کاهش مصرف انرژی در مراحل اولیه طراحی، کاهش خطاهای موجود در مراحل طراحی و اجرا، کاهش زمان مورد نیاز برای انجام فعالیت ها و در مجموع کاهش هزینه تمام شده پروژه خواهد شد.

## ۱۰-۱- ساختار پژوهش

همانگونه که ملاحظه شد، فصل اول این پژوهش، کلیات تحقیق را پوشش داد. بدین ترتیب که پس از بیان مقدمه در بند (۱-۱)، به تشریح و بیان مسئله در بند (۲-۱) پرداخته شد. سپس در بند (۳-۱)، اهداف اصلی و فرعی این پژوهش بیان گردید. در بند (۴-۱) نیز، به اهمیت و ضرورت انجام این پژوهش اشاره شد. در بند (۵-۱)، سوال ها و فرضیه های اصلی و فرعی پژوهش بیان شده است. در ادامه، در بند (۶-۱) به چارچوب و فرضیه های این پژوهش پرداخته شد. بند (۷-۱) نیز، قلمرو پژوهش را بیان داشت، و در بند (۸-۱) به برخی از محدودیت ها و مشکلات این پژوهش اشاره گردید. در نهایت، در بند (۹-۱) نوآوری این پژوهش و در بند (۱۰-۱) نیز، ساختار پژوهش عنوان گردید.

فصل دوم این پژوهش دربرگیرنده مطالعات نظری می باشد. بدین ترتیب که پس از بیان مقدمه در بند (۱-۲)، به معرفی فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در بند (۲-۲) پرداخته شد. در این بند، پس از بیان تاریخچه این فناوری، به تعاریف و اصطلاحات، وجه تمایز آن با سیستم مرسوم نقشه کشی، کاربردها، مزایا و خطرات احتمالی این فناوری اشاره شده است. در نهایت تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه گذاری با استفاده از این فناوری و همچنین برخی از برنامه های کاربردی مدل سازی اطلاعات ساختمان بیان شده است. در ادامه در بند (۳-۲)، به شبیه سازی انرژی ساختمان و برخی از برنامه های کاربردی آن اشاره شد. بند (۴-۲) نیز، دربرگیرنده پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته داخلی به همراه موانع، محرک ها و پتانسیل های پذیرش این فناوری می باشد. در نهایت در بند (۵-۲)، به پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته خارجی در زمینه انرژی پرداخته شده است.

فصل سوم به روش های شناسایی پژوهش می پردازد. بدین ترتیب که پس از بیان مقدمه در بند (۳-۱)، به انتخاب نرم افزار مورد استفاده در این پژوهش در بند (۳-۲) و ساختمان مورد پژوهش در بند (۳-۳) اشاره شده است. در بند (۳-۴)، روش انجام پژوهش بیان گردید و در بند (۳-۵) نیز، ابزارهای جمع آوری اطلاعات این پژوهش بیان شد. سپس در بند (۳-۶)، روش تجزیه و تحلیل داده ها تشریح شده است. در ادامه، در بند (۳-۷) مشخصات پایه مدل انرژی بر اساس پارامترهایی نظیر: پوشش ساختمان، سیستم تهویه مطبوع و گرمایش، وسایل و تجهیزات الکتریکی، سیستم روشنایی و زمان بندی ساعات استفاده از امکانات ساختمان پوشش داده شد. در نهایت، در بند (۳-۸) نحوه آماده سازی مدل انرژی ساختمان بر مبنای پارامترهایی نظیر: هندسه ساختمان، فضاها و سطوح آسایش، سطوح انتقال حرارت، خصوصیات مصالح مورد استفاده در ساختمان، سیستم های ساختمانی، بارهای حرارتی و برودتی به واسطه سطوح اشغال و شرایط خارجی، مدل سازی انتقال گرما در طول زمان و همچنین پیش بینی هزینه و مصرف انرژی عنوان شد.

فصل چهارم این پژوهش به تجزیه و تحلیل داده ها و یافته های تحقیق پرداخته است. پس از بیان مقدمه در بند (۴-۱)، مراحل دستیابی به ارزیابی مدل انرژی بیان شد. بدین ترتیب که بند (۴-۲)، به بررسی و انتخاب فرم کلی ساختمان بر مبنای مصرف انرژی پرداخته است، که مرحله اول این بخش را پوشش می دهد. بند (۴-۳)، مرحله دوم این بخش می باشد که نحوه ایجاد مدل اطلاعات ساختمان را بیان داشت. بند (۴-۴) نیز، مرحله سوم این فصل را پوشش خواهد داد که به شبیه سازی مدل انرژی و تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته است. بدین نحو که در برگیرنده مواردی از قبیل: تعریف مناطق حرارتی، محاسبه بارهای حرارتی و برودتی، فرآیند ارسال اطلاعات مدل انرژی به نرم افزارهای مورد مطالعه در این پژوهش و تجزیه و تحلیل داده ها می باشد. فصل پنجم این پژوهش به نتیجه گیری و پیشنهادات مرتبط با این مطالعه می پردازد. بدین ترتیب که پس از بیان مقدمه در بند (۵-۱)، به بحث و مقایسه مطالعات پیشین در بند (۵-۲) پرداخته است. در ادامه این فصل، در بند (۵-۳) نتیجه گیری مطالعات انجام شده بیان شد. در نهایت در بند (۵-۴)، پیشنهاداتی در خصوص پذیرش این فناوری و همچنین پژوهش های آینده عنوان شده است.

# فصل دوم

## (مطالعات نظری)

## ۲-۱- مقدمه

تقاضای جهانی به منظور گسترش توسعه پایدار، منجر به افزایش تعداد فناوری های جدید و طراحی استراتژی های نوین با هدف ارتقاء کیفیت ساختمان ها با توجه به انواع ملاحظات عملکردی مانند: انرژی، آسایش، هزینه، زیبایی شناسی، تاثیرات زیست محیطی و غیره شده است (Holst, 2003). تکنیک مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) نسبتاً جدید بوده، که در سال های اخیر به طور گسترده ای توسعه یافته است و در حال حاضر عموماً در زمینه مهندسی کاربرد دارد. بهترین توصیف انجام شده برای BIM، یک مدل اطلاعاتی ساخته شده توسط ادغام تکنیک های دیجیتالی سه بعدی با شیوه های مختلف اطلاعات مربوط به یک پروژه مهندسی می باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، عمدتاً در مرحله طراحی، مرحله ساخت و اخیراً در مراحل عملیاتی و مدیریتی نیز استفاده می شود. این امر به طور قابل توجهی منجر به بهبود بهره وری و کاهش خطرات در سراسر فرآیند مهندسی ساخت و ساز می شود (Guo & Wei, 2016).

## ۲-۲- مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)

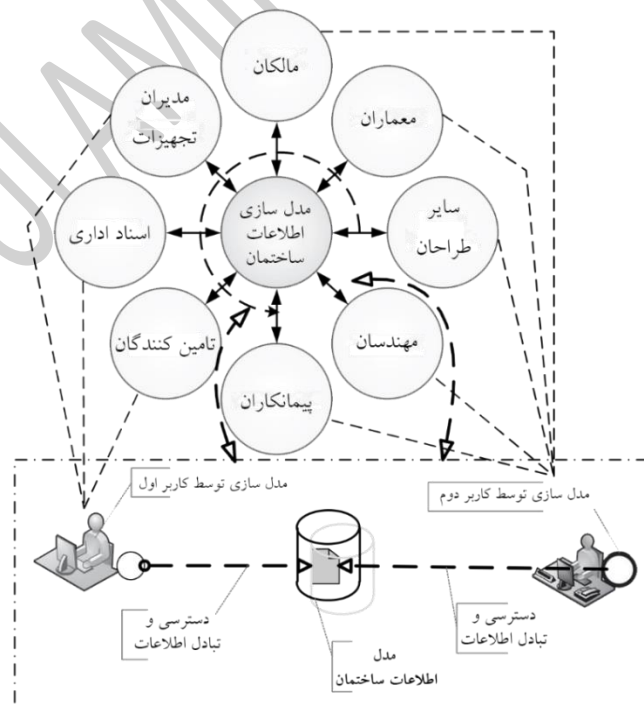
### ۲-۲-۱- تاریخچه

مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) که در سال های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، در واقع مفهوم جدیدی نیست. تاریخچه مواد و روش هایی شبیه آنچه در حال حاضر به نام مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) نامیده می شود، به سال ۱۹۷۰ میلادی برمی گردد. اگرچه "مدل اطلاعات ساختمان" در آن زمان وجود نداشت. می توان گفت این روش در سال ۱۹۸۰ میلادی به عنوان "مدل تولید ساختمان" در ایالات متحده آمریکا و به عنوان "مدل اطلاعات محصولات" در اروپا استفاده می شد. این دو در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی با نام مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) تلفیق شدند (Eastman et al., 2011). اصطلاح "مدل سازی اطلاعات ساختمان" برای اولین بار در سال ۲۰۰۲ میلادی برای توصیف طراحی مجازی، ساخت و ساز و مدیریت امکانات استفاده شد (Harris, 2010).

- 
- 1) Building Information Model
  - 2) Building Production Model
  - 3) Product Information Model

## ۲-۲-۲- تعاریف و اصطلاحات

صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز، سالهاست که به دنبال روش هایی برای کاهش هزینه های پروژه، افزایش کیفیت و بهره وری و کاهش زمان تحویل پروژه می باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، پتانسیل دستیابی به این اهداف را ارائه می دهد (Azhar et al., 2008). با بررسی مطالعات انجام شده مشاهده می گردد که هر محقق با توجه به موضوع تحقیقاتی خود، از یکی از استانداردهای ملی موجود در کشورهای مختلف جهت تعریف آنچه مدل سازی اطلاعات ساختمان نامیده می شود، استفاده کرده است. این مسئله علاوه بر پیچیده کردن موضوع مدل سازی اطلاعات ساختمان، باعث سردرگمی در تعریف آن نیز شده است (Eastman et al., 2011). با این حال، استاندارد ملی مدل سازی اطلاعات ساختمان ایالات متحده چنین تعریف می کند: "یک مدل BIM، نمایشی دیجیتال از کلیه خصوصیات فیزیکی و عملکردی یک ساختمان به همراه اطلاعات مرتبط با چرخه حیات آن می باشد، که یک منبع اطلاعاتی قابل اطمینان برای کلیه ذینفعان پروژه در تمام چرخه حیات ساختمان در اختیار قرار می دهد. BIM تمامی اسناد مرتبط با پروژه را به صورت یکپارچه در یک پایگاه داده در اختیار می گذارد که تمامی آن ها به صورت پارامتری هستند. بدین معنی که با یکدیگر در ارتباط می باشند و هر گونه تغییر در هر یک از المان های درون مدل، بر کل پروژه و از همه جوانب اعمال می شود" (National Institute of Building Sciences, 2007).



شکل ۱-۲- فرآیند و مفهوم مدل سازی اطلاعات ساختمان (Nawari & Kuenstle, 2015).

تعریفی دیگر چنین عنوان می کند: "مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، یکی از تحولات امیدوار کننده در زمینه معماری، مهندسی و ساخت و ساز<sup>۱</sup> است. BIM، شبیه سازی سه بعدی یک پروژه ساخت و ساز در محیط مجازی، پس از اتمام مدل سازی کامپیوتری، شامل: هندسه، ابعاد دقیق و داده های مرتبط به هر قسمت برای تامین منابع و فعالیت های موردنظر برای تکمیل ساخت و ساز می باشد. این اطلاعات دربرگیرنده مواردی از قبیل: مشخصات مصالح، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی قطعات، تعمیر و نگهداری، قیمت و مراحل ساخت و نصب قطعات می باشد" (Eastman et al., 2011).

در جایی دیگر چنین بیان می شود: "BIM، یک مدل اطلاعاتی در مورد یک ساختمان (یا پروژه ساختمانی) که شامل اطلاعات کامل و کافی برای پشتیبانی از تمامی فرآیندهای چرخه حیات پروژه می باشد و می تواند به طور مستقیم توسط برنامه های کامپیوتری تفسیر شود. این اطلاعات شامل اطلاعات مربوط به خود ساختمان و اجزای آن و همچنین حاوی اطلاعاتی درباره خصوصیات مانند عملکرد، شکل، مواد و فرآیندهای چرخه عمر ساختمان می باشد" (McAdam, 2010).

انجمن پیمانکاران عمومی آمریکا (AGC)، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) را چنین تعریف می کند: "مدل سازی اطلاعات ساختمان، توسعه و استفاده از مدل نرم افزار های کامپیوتری برای شبیه سازی ساخت و ساز و بهره برداری از یک پروژه می باشد. مدل نهایی، یک مدل اطلاعاتی ساختمان، غنی از داده ها، هوشمند و پارامتریک بوده که می توان از آن، دیدگاه ها و اطلاعات مورد نظر را متناسب با نیاز کاربران مختلف استخراج نمود. در نهایت، از تولید این اطلاعات می توان برای تجزیه و تحلیل در تصمیم گیری ها و بهبود روند ارایه تسهیلات استفاده نمود" (Azhar et al., 2012).

با ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی مشترک (مدل ساختمان غنی از اطلاعات)، می توان تجزیه و تحلیل های حرارتی، سازه ای یا هزینه را انجام داد. مدل سازی اطلاعات ساختمان، به عنوان یک ابزار چند بعدی برای مدیریت چرخه عمر پروژه، می تواند به ابعاد زیر طبقه بندی شود:

- بعد سوم، شامل مدل پارامتری ساختمان و به عنوان یک پلان دو بعدی ارتقاء یافته اتوکد
- بعد چهارم، زمان بندی پروژه و شامل مرحله برنامه ریزی و شبیه سازی ساخت و ساز
- بعد پنجم، هزینه اجرای پروژه و شامل مرحله برآورد و برنامه ریزی

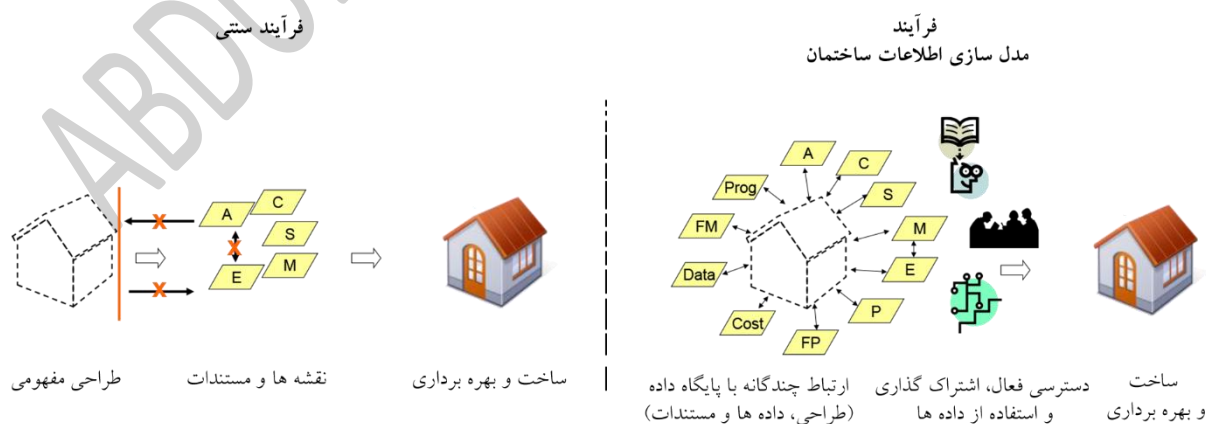
1) Architecture, Engineering & Construction (AEC)

2) Associated General Contractors of America (AGC)

- بعد ششم، پایداری و شامل تجزیه و تحلیل حرارتی و ارزیابی محیط زیست، در نهایت حتی صدور خودکار گواهینامه ساختمانی
- بعد هفتم، مدیریت تسهیلات و به عنوان یک مدل کاملاً جامع، امکان مدیریت تسهیلات، تعمیر و نگهداری و بهره برداری را فراهم می کند (Redmond et al., 2012).

## ۲-۳-۲- مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک فرآیند

پایه های مدل سازی اطلاعات ساختمان بر روی دو ستون، ارتباط و همکاری قرار می گیرند. پیاده سازی موفقیت آمیز این فناوری (BIM)، مستلزم درگیر شدن تمامی ذینفعان پروژه از مراحل ابتدایی طرح می باشد. این بدان معنی است که سیستم های سنتی تحویل پروژه (به عنوان مثال؛ طراحی، پیشنهاد و ساخت)، نقش بسیار محدودی در پروژه های مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان دارند. اخیراً، مفهوم تحویل یکپارچه پروژه (IPD)<sup>۱</sup>، به عنوان یک همراه ذاتی در کنار مدل سازی اطلاعات ساختمان ظاهر شده است. تحویل یکپارچه پروژه، مواردی نظیر: مدیریت بهینه ساخت، معاملات، عملیات ساخت و ساز، تامین و تولید تخصصی محصول را به ارمغان آورد. همچنین همکاری میان مالک و متخصصین طراحی در فرآیند تولید یک طرح، منجر به بهینه سازی کیفیت، زیبایی شناسی، سازگاری، قیمت گذاری مناسب، جریان کاری یکپارچه و بدون تاخیر در مدیریت چرخه حیات پروژه شده است. تحویل یکپارچه پروژه در ایالات متحده، تبدیل به یک سیستم ارجح تحویل پروژه برای تمامی پروژه های بزرگ شده است (Azhar et al., 2012). شکل (۲-۲) تفاوت میان فرآیند سنتی را با فرآیند مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان نشان داده است.



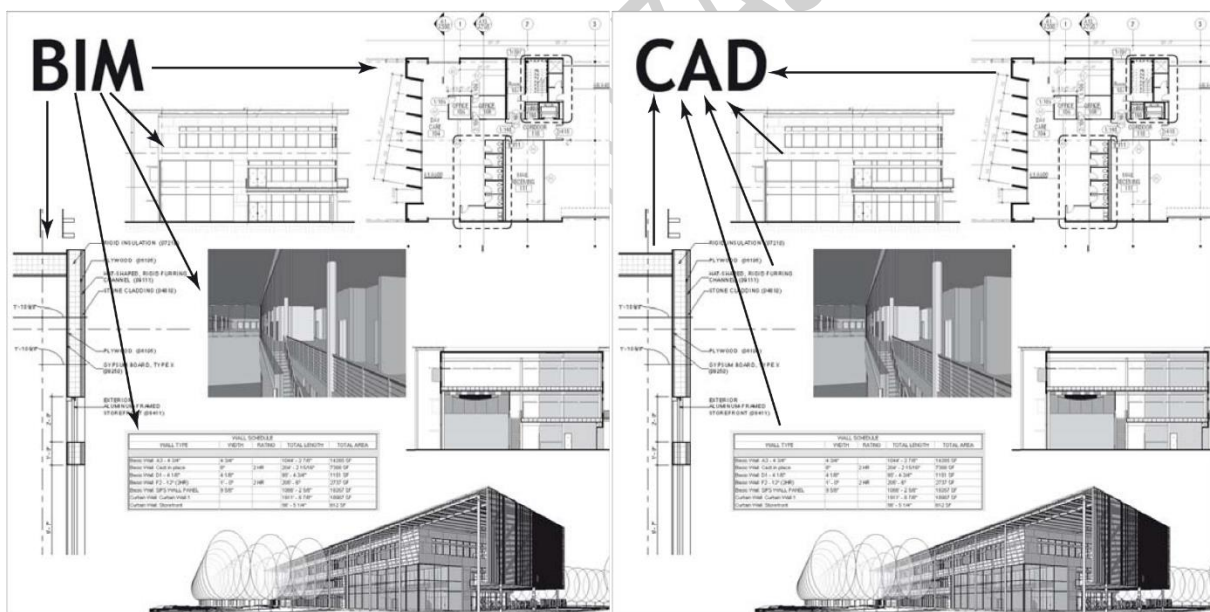
شکل ۲-۲- مقایسه بین فرآیند "سنتی" و "BIM" (Azhar et al., 2012).

1) Integrated Project Delivery (IPD)



## ۲-۲-۴- وجه تمایز BIM با CAD

تفاوت عمده مدل BIM با یک مدل سه بعدی CAD، در ذخیره سازی تمامی اطلاعات پروژه طی فرآیند ساخت و ساز می باشد. این اطلاعات شامل مواردی از قبیل: خصوصیات فیزیکی و حرارتی مصالح (نوع رفتار، وزن، رنگ، ابعاد، ضریب انتقال حرارت و ...)، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی محصولات، الزامات تعمیر و نگهداری و قیمت مصالح می باشد. به عبارت فنی، BIM<sup>۱</sup> یک مدل سه بعدی CAD<sup>۲</sup> است که به یک پایگاه داده متصل می باشد. به نحوی که هرگونه اطلاعات مربوط به پروژه را می توان در آن ذخیره نمود. بنابراین به عنوان یک مرجع مشترک اطلاعات بین کارفرما، طراح و سازنده عمل می کند. نتیجه این تکنیک، افزایش هماهنگی میان تیم پروژه، کاهش خطاها و ضایعات، کاهش زمان اجرای پروژه، کاهش هزینه تمام شده پروژه و افزایش کیفیت و بهره وری می باشد (Krygiel & Nies, 2008).



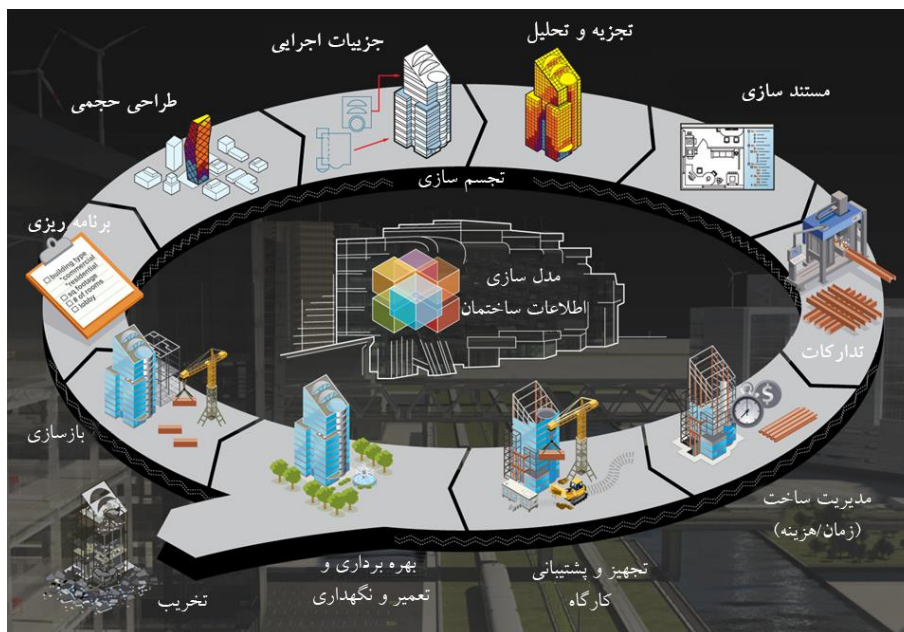
شکل ۲-۳- نمایش گرافیکی یک مدل CAD و یک سیستم مبتنی بر BIM (Krygiel & Nies, 2008).

- 1) Building Information Modeling
- 2) Computer-aided Design

## ۲-۲-۵- کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان

کاربرد و فرآیند یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان طی چرخه حیات پروژه، در شکل (۲-۴) نمایش داده شده است. یک مدل اطلاعات ساختمان می تواند برای اهداف زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- **تجسم سازی:** به سهولت و با صرف اندکی تلاش، می توان از مدل BIM، تصاویر سه بعدی دریافت نمود.
- **نقشه های کارگاهی جهت ساخت و ساز:** تولید نقشه های اجرایی برای سیستم های مختلف ساختمان آسان می باشد. به عنوان مثال: شیت های نقشه ساخت کانال های فلزی ساختمان، که می توان به سرعت و درست پس از تکمیل شدن مدل BIM تولید کردند.
- **بازبینی استانداردها:** این امکان وجود دارد که سازمان آتش نشانی و سایر ادارات بتوانند برای بازبینی و بررسی مقررات آیین نامه، از این مدل استفاده کنند.
- **برآورد هزینه:** نرم افزار های سازگار با BIM، به صورت پیش فرض، ویژگی برآورد هزینه ها را دارند. با اندکی تغییر در نقشه های پروژه، مقادیر مصالح به صورت خودکار، قابل استخراج و بروز رسانی می باشند.
- **توالی ساخت و ساز:** یک مدل اطلاعات ساختمان می تواند به طور موثر برای هماهنگ سازی سفارشات مصالح، ساخت و زمان بندی تحویل تمام اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد.
- **تشخیص تعارض، تداخل و برخورد:** به دلیل آنکه مدل اطلاعاتی ساختمان با مقیاس و به صورت سه بعدی ساخته شده است، تمام سیستم های ساختمانی به صورت بصری قابل مشاهده هستند. در نتیجه، تداخلات سیستم های ساختمانی به سهولت قابل مشاهده می باشند. به عنوان مثال، این فرآیند می تواند بررسی نماید که لوله کشی ها با سازه ساختمان، دیوار ها و داکت ها تداخل نداشته باشند.
- **تجزیه و تحلیل های معتبر:** یک مدل اطلاعات ساختمان می تواند به راحتی طرح های تخلیه، شکست های احتمالی، درز ها و غیره را به صورت گرافیکی نشان دهد.
- **مدیریت امکانات:** گروه های مدیریت امکانات می توانند از BIM برای نوسازی، برنامه ریزی فضایی، پشتیبانی و عملیات تعمیر و نگهداری ساختمان استفاده کنند (Azhar, 2011).



شکل ۲-۴- طرح کلی فرآیند یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (Venkataraman & Kannan, 2013).

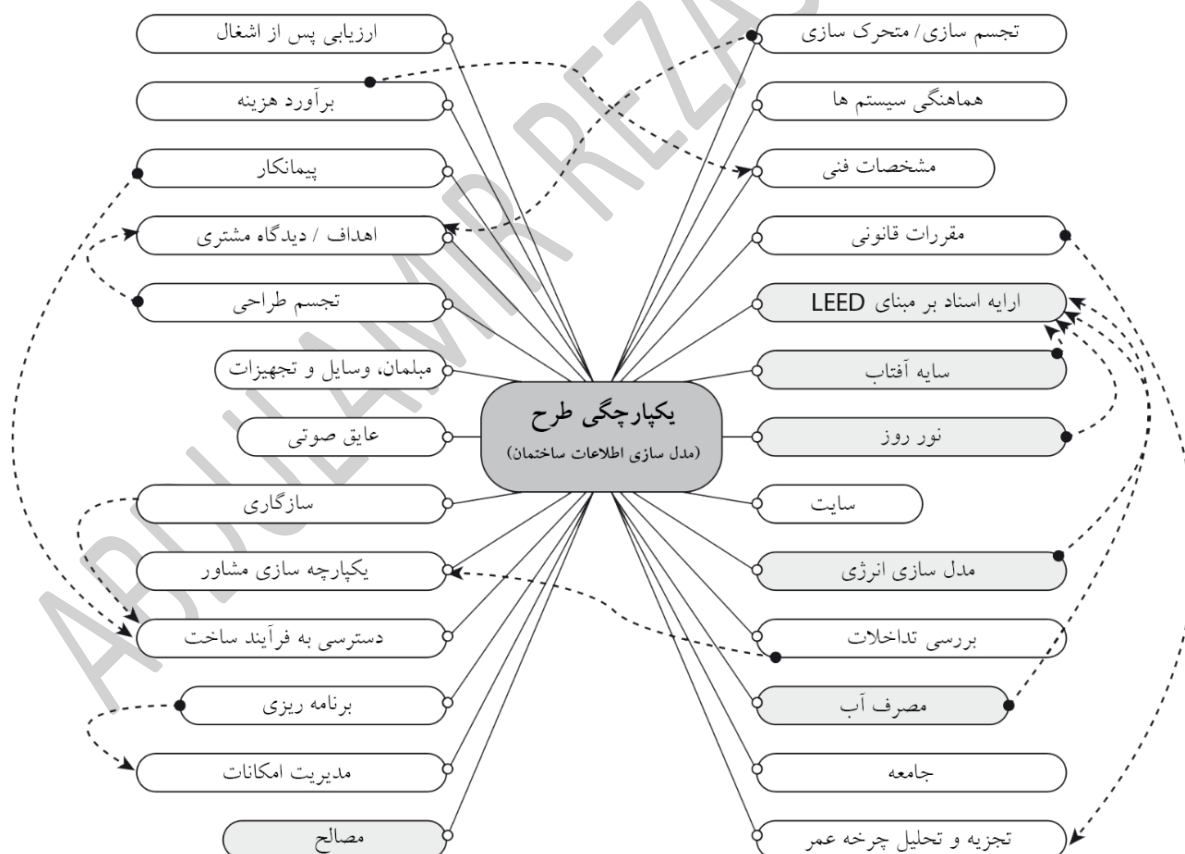
## ۲-۲-۶- مزایای استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان

مزیت کلیدی مدل اطلاعات ساختمان (BIM)، نمایش دقیق هندسی بخش های مختلف ساختمان در یک محیط یکپارچه از اطلاعات پروژه می باشد. سایر مزایای مرتبط با BIM به شرح ذیل می باشد:

- **فرآیندهای سریعتر و موثرتر:** اطلاعات به آسانی به اشتراک گذاشته می شوند و می توانند ارزش افزوده ایجاد نمایند. همچنین این اطلاعات قابلیت استفاده مجدد را نیز دارا می باشند.
- **طراحی بهتر:** طرح های پیشنهادی را می توان به سرعت شبیه سازی و با دقت مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. در نهایت می توان عملکرد آن ها را ارزیابی نمود. تمامی این موارد ما را قادر به ارایه راه حل های بهبود یافته و نوآورانه می سازند.
- **کنترل هزینه های چرخه عمر ساختمان و اطلاعات زیست محیطی:** عملکردهای زیست محیطی بیش از پیش قابل پیش بینی خواهند بود. همچنین هزینه های چرخه عمر ساختمان بهتر قابل درک می باشند.
- **مونتاز خودکار:** اطلاعات دیجیتالی محصول می تواند در فرآیندهای زیرساخت بکار رفته و برای ساخت و مونتاز سیستم های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد.
- **کیفیت بهتر تولیدات:** خروجی مستندات انعطاف پذیر بوده و از اتوماسیون بهره برداری می کند.

- خدمات بهتر به مشتری: با توجه به سه بعدی و بصری بودن طرح های پیشنهادی، کارفرما و ذینفعان درک بهتری از پروژه به دست می آورند.
- اطلاعات چرخه عمر ساختمان: مقررات، طراحی، ساخت و ساز و اطلاعات عملیاتی می توانند در مدیریت امکانات مورد استفاده قرار گیرند.
- ادغام فرآیندهای برنامه ریزی و پیاده سازی: دولت، صنعت و تولید کنندگان یک پروتکل مشترک از اطلاعات در اختیار دارند.
- در نهایت، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) یک صنعت موثر و رقابتی است (Ballesty et al., 2007).

شکل (۲-۵) مزایای یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان و قابلیت های همکاری آن را در صنعت معماری، مهندسی و ساخت نشان می دهد.



شکل ۲-۵- قابلیت همکاری و یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت معماری، مهندسی و ساخت (Krygiel & Nies, 2008)

## ۲-۲-۱- مطالعه موردی

پس از جمع آوری اطلاعات از ۳۲ پروژه بزرگ، که توسط مرکز مهندسی امکانات یکپارچه دانشگاه استنفورد<sup>۱</sup> انجام گردید، مزایای استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان به صورت زیر بیان شد:

- تا ۴۰ درصد حذف تغییرات غیرقابل پیش بینی.
- دقت برآورد هزینه در حدود ۳ درصد، در مقایسه با برآورد به روش های سنتی.
- تا ۸۰ درصد کاهش زمان مورد نیاز برای تولید یک برآورد هزینه.
- صرفه جویی در هزینه تمام شده پروژه، تا ۱۰ درصد ارزش قرارداد از طریق تشخیص برخوردها.
- تا ۷ درصد کاهش در زمان اجرای پروژه (Azhar, 2011).

## ۲-۲-۷- خطرات مدل سازی اطلاعات ساختمان

خطرات مدل سازی اطلاعات ساختمان را می توان به دو دسته گسترده تقسیم بندی کرد:

۱) قانونی (یا قراردادی)

۲) فنی

## ۲-۲-۷-۱- خطرات قانونی (یا قراردادی)

اولین خطر، عدم تعیین مالکیت داده های BIM می باشد، که نیازمند حفاظت از طریق قوانین کپی رایت و دیگر کانال های حقوقی خواهد بود. به عنوان مثال، اگر مالک هزینه طراحی را پرداخت نماید، ممکن است احساس نماید که کلیه حقوق متعلق به وی می باشد. از طرفی اگر اعضای تیم طراحی، آرایه دهنده اطلاعات خصوصی پروژه باشند، اطلاعات اختصاصی آنها نیز می بایست مورد حفاظت قرار گیرد. بنابراین، پاسخی ساده به سوال مالکیت داده ها وجود ندارد. این امر نیازمند پاسخی منحصر به فرد برای هر پروژه، به تناسب نیاز مشارکت کنندگان می باشد (Azhar, 2011).

---

1) Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE)

هدف، اجتناب کردن از مانع یا موانعی است که باعث عدم پذیرش پتانسیل های بالقوه مدل سازی اطلاعات ساختمان توسط شرکاء می شود. بهترین راه حل برای جلوگیری از اختلاف نظر در مورد مسائل مربوط به قوانین کپی رایت، تنظیم اسناد قرارداد در خصوص حقوق مالکیت و مسئولیت ها می باشد. یکی دیگر از مسائل قراردادی که باید در نظر گرفته شود، مسئولیت هرگونه اشتباه در خصوص وارد نمودن اطلاعات به مدل ساخته شده و کنترل آن می باشد. مسئولیت به روز رسانی داده های مدل اطلاعات ساختمان و اطمینان از صحت آن، مستلزم ریسک بزرگی خواهد بود (Azhar, 2011).

## ۲-۲-۷-۲- خطر فنی

مفهوم یکپارچه سازی مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، سطح مسئولیت پذیری را تا حد زیادی مسدود می کند، که احتمال ضرر و زیان و پاسخ گویی آن افزایش می یابد. یک سناریو را در نظر بگیرید که در آن، مالک پروژه متوجه یک اشتباه در طراحی می شود. معمار، مهندس و دیگر متصدیان فرآیند BIM به دنبال تلاش برای تعیین اینکه چه کسی مسئولیت این موضوع را بپذیرد، به یکدیگر نگاه می کنند. در صورت عدم توافق، سرپرست حرفه ای تیم، نه تنها مسئولیت قانونی را به متقاضی می دهد، بلکه ممکن است در اثبات این خطا میان اعضای تیم پروژه نظیر مهندسان، دچار اشتباه شود (Azhar, 2011).

به عنوان مثال، ابعاد هزینه و برنامه زمان بندی، درون مدل اطلاعات ساختمان لایه بندی می شوند، مسئولیت فنی این رابط کاربری میان برنامه های مختلف، موضوع مورد بحث خواهد شد. بسیاری از گروه های پیمانکاری بزرگ و پیچیده به پیمانکاران فرعی نیاز خواهند داشت، تا برنامه های روش مسیر بحرانی و جزئیات شکست هزینه ها را که توسط آیتم های کاری، قبل از آغاز پروژه مشخص شده اند، ارائه دهند. سپس پیمانکار عمومی داده ها را جمع آوری کرده و یک برنامه زمانی به همراه ساختار شکست هزینه ها، برای کل پروژه ایجاد می نماید. تا زمانی که پیمانکار اصلی و پیمانکاران فرعی از یک نرم افزار مشترک استفاده نمایند، این یکپارچگی، باعث تسهیل در روند انجام کار خواهد شد. در مواردی که داده ها ناقص هستند و یا در برنامه های مختلف برنامه ریزی و هزینه گذاری می شوند، یکی از اعضای تیم پروژه (معمولاً پیمانکار عمومی یا مدیر ساخت و ساز)، می بایست برنامه زمان بندی و هزینه ها را دوباره وارد و بروز رسانی نماید. این برنامه ممکن است یک

ماژول BIM یا یک برنامه دیگر باشد که با مدل اطلاعات ساختمان هماهنگ شده است. در حال حاضر، بسیاری از این ابزارهای مدیریت پروژه به صورت انفرادی توسعه یافته اند. مسئولیت دقت و هماهنگی هزینه ها و داده های برنامه ریزی شده، باید به طور قراردادی مورد توجه قرار گیرد. یکی از موثرترین راه های مقابله با این خطرات، ایجاد قرارداد های همکاری و تحویل یکپارچه پروژه می باشد که در آن خطرات استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان و همچنین پاداش های مرتبط با آن، در میان مشارکت کنندگان پروژه به اشتراک گذاشته شود (Azhar, 2011).

## ۲-۲-۸- تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه گذاری با مدل سازی اطلاعات ساختمان

تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه گذاری (ROI)<sup>۱</sup> یکی از راه های ارزیابی سرمایه گذاری پیشنهادی می باشد. بدین ترتیب که به مقایسه سود پیش بینی شده (یا به دست آمده) از سرمایه گذاری، در برابر هزینه سرمایه گذاری می پردازد (به عنوان مثال، بازگشت سرمایه گذاری = درآمد / هزینه). این تجزیه و تحلیل معمولاً برای ارزیابی انواع سرمایه گذاری های شرکتی، اعم از پروژه های تحقیقاتی و طرح توسعه تا برنامه های آموزشی و درآمد دارایی های ثابت استفاده می شود (Azhar, 2011).

نتایج یک نظرسنجی انجام شده (Jones et al., 2008) از فعالان صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز نشان داد که ۴۸ درصد از پاسخ دهندگان، بازدهی مدل سازی اطلاعات ساختمان را در سطح متوسط به بالا ارزیابی کردند. همچنین می توان دریافت که اختصاص دادن هزینه اولیه، جهت استفاده از این فناوری، به نظر مشکلی ایجاد نمی کند. این افزایش هزینه به تنهایی می تواند تا ۲۰ درصد زمان بازگشت سرمایه را کاهش دهد (Azhar, 2011).

به عنوان نمونه، جزییات داده های مربوط به هزینه های انجام شده در ۱۰ پروژه از یک شرکت ساختمانی (به عنوان منبع داده ها)، برای انجام تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه به دست آمد. این نتایج در جدول (۲-۱) نشان داده شد.

---

1) Return On Investment

جدول ۱-۲- تجزیه و تحلیل بازگشت سرمایه با مدل سازی اطلاعات ساختمان (Azhar, 2011).

سال	هزینه اجرای پروژه	نام پروژه	حوزه فعالیت	هزینه اجرای	صرفه جویی مستقیم	صرفه جویی خالص	بازگشت سرمایه
مدل سازی اطلاعات ساختمان				(دلار)	(دلار)	(دلار)	(درصد)
۲۰۰۵	۳۰	Ashley Overlook	P/PC/CD	۵.۰۰۰	(۱۳۵.۰۰۰)	(۱۳۰.۰۰۰)	۲.۶۰۰
۲۰۰۶	۵۴	Progressive Data Center	F/CD/FM	۱۲۰.۰۰۰	(۳۹۵.۰۰۰)	(۲۳۲.۰۰۰)	۱۴۰
۲۰۰۶	۴۷	Raleigh Marriott	P/PC/VA	۴.۲۸۸	(۵۰۰.۰۰۰)	(۴۹۵.۷۱۲)	۱۱.۵۶۰
۲۰۰۶	۱۶	GSU Library	P/PC/CD	۱۰.۰۰۰	(۷۴.۱۲۰)	(۶۴.۱۲۰)	۶۴۰
۲۰۰۶	۸۸	Mansion on Peachtree	P/CD	۱.۴۴۰	(۱۵.۰۰۰)	(۶.۸۵۰)	۹۴۰
۲۰۰۷	۴۷	Aquarium Hilton	F/D/PC/CD	۹۰.۰۰۰	(۸۰۰.۰۰۰)	(۷۱۰.۰۰۰)	۷۸۰
۲۰۰۷	۵۸	1515 Wynkoop	P/D/VA	۳.۸۰۰	(۲۰۰.۰۰۰)	(۱۹۶.۲۰۰)	۵.۱۶۰
۲۰۰۷	۸۲	HP Data Center	F/D/CD	۲۰.۰۰۰	(۶۷.۵۰۰)	(۴۷.۵۰۰)	۲۴۰
۲۰۰۷	۱۴	Savannah State	F/D/PC/VA/CD	۵.۰۰۰	(۲.۰۰۰.۰۰۰)	(۱.۹۹۵.۰۰۰)	۳۹.۹۰۰
۲۰۰۷	۳۲	NAU Sciences Lab	P/CD	۱.۰۰۰	(۳۳۰.۰۰۰)	(۳۲۹.۰۰۰)	۳۲.۹۰۰
جمع کل				۲۶۰.۵۲۸	۴.۵۱۶.۶۲۰	۴.۲۵۶.۰۹۲	۱.۶۳۳
جمع کل بدون فاز برنامه ریزی و تجزیه و تحلیل ارزش				۲۴۷.۴۴۰	۱.۸۱۶.۶۲۰	۱.۵۶۹.۱۸۰	۶۳۴

منبع داده ها = Holder Construction Company, Atlanta, GA.

CD = اسناد ساخت و ساز , D = طراحی , F= تجزیه و تحلیل احتمالات , FM= مدیریت امکانات , GSU= Georgia State University , NAU= Northern Arizona University , P= برنامه ریزی , PC= خدمات پیش ساخت , ROI= بازگشت سرمایه گذاری , VA= تجزیه و تحلیل ارزش



همانطور که در جدول (۱-۲) نشان داده شد، بازه بازگشت سرمایه به واسطه مدل سازی اطلاعات ساختمان برای پروژه های مختلف از ۱۴۰ تا ۳۹۹.۹۰۰ درصد متغیر است. این عدد برای تمام پروژه ها، به طور متوسط ۱.۶۳۳ درصد و برای پروژه های فاقد مرحله برنامه ریزی و ارزش گذاری به میزان ۶۳۴ درصد بود.

به دلیل دامنه وسیع داده ها، نتیجه گیری نسبت به محدوده ای خاصی برای محاسبه بازگشت سرمایه، کار دشواری می باشد. دلیل احتمالی این گستردگی دامنه، تنوع حوزه BIM در پروژه های مختلف است. در بعضی از پروژه ها، صرفه جویی BIM با اجتناب از هزینه تشخیص برخورد "به صورت مستقیم" در فاز ساخت و به صورت "واقعی" اندازه گیری شد، و در سایر پروژه ها، صرفه جویی در هزینه ها با اجتناب از فاز "برنامه ریزی" یا "تجزیه و تحلیل ارزش" محاسبه گردید. همچنین هیچ کدام از این اشکال محاسبه هزینه، شامل صرفه جویی در هزینه های غیرمستقیم، طراحی، ساخت، مالکیت یا سایر موارد که در نتیجه اجرای BIM انجام شده، نمی شود. از این رو، مقدار واقعی بازگشت سرمایه مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند بسیار بیشتر از ارقام گزارش شده در این بررسی باشد (Azhar, 2011).

## ۲-۲-۹- برنامه های کاربردی مدل سازی اطلاعات ساختمان

پلتفرم های مدل سازی اطلاعات ساختمان ممکن است به شیوه های متنوعی در ساخت و ساز ساختمان ها استفاده شوند: توسط معمار برای مدل سازی طرح و ترسیم نقشه ها، توسط مهندس برای طراحی سازه یا مدیریت داده های انرژی، توسط پیمانکار برای ایجاد هماهنگی در فرآیند ساخت و ساز، برای جزئیات ساخت و یا برای مدیریت امکانات. برای مثال، تمام این موارد شامل انواع مختلفی از ابزارهای کاربردی می باشند (Eastman et al., 2011). ابزارهای موجود در زمینه مدل سازی اطلاعات ساختمان به سه بخش مجزا تقسیم می شوند:

- مدل سازی سه بعدی
- مدل سازی سطحی / نمایشگر
- تحلیلگرها

**مدل سازی سه بعدی<sup>۱</sup>:** یک ابزار واقعی برای مدل سازی اطلاعات ساختمان است که با اجسام جامد و اشیاء پارامتریک با جزئیات مناسب برای اجرای پروژه و به صورت مجازی مورد استفاده قرار می گیرد.

**مدل سازی سطحی / نمایشگر<sup>۲</sup>:** یک پروژه نباید از تمامی زوایا، به یک اندازه شامل جزئیات باشد. اگر چه ممکن است سرمایه گذار تمایل به دیدن فرم کلی ساختمان داشته باشد. برای این امر تنها به یک مدل سازی سطحی نیاز خواهیم داشت که در آن تمامی اشیاء تو خالی هستند. تنها چیزی که در آن تعریف شده، در سطح کار بوده و برای نمایش ایده ها مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع از مدل سازی در مراحل اولیه کار، تضاد ها را نمایش می دهد و دارای ارزش زیادی است.

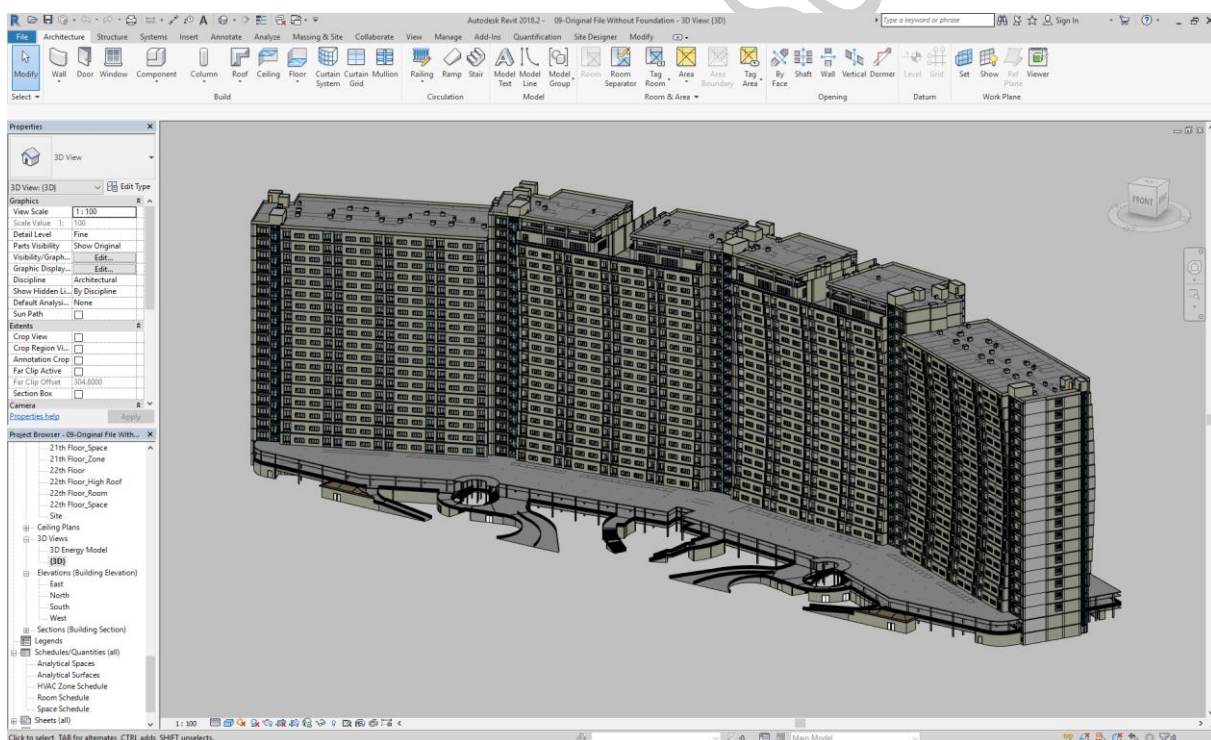
**تحلیلگرها<sup>۳</sup>:** معمولاً یک نرم افزار تکمیلی هستند که به عنوان اصلی ترین ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان ایفای نقش می کنند. به این معنا که می توانند اطلاعات را از مدل سه بعدی دریافت کرده و نحوه نورگیری ساختمان و میزان بهره وری انرژی در فصول مختلف سال را به همراه بسیاری از موارد دیگر آنالیز نمایند (Wright, 2009).

---

1) 3-D modelers  
2) Viewers / Surface modelers  
3) Analyzers

## ۲-۹-۱- اتودسک رویت<sup>۱</sup>

نرم افزار رویت برای مدل سازی اطلاعات ساختمان، به عنوان یک سیستم طراحی و مستند سازی شناخته شده است که از طراحی، نقشه کشی و برنامه های مورد نیاز برای اجرای یک پروژه ساختمانی پشتیبانی می کند. این فناوری (BIM)، اطلاعات مورد نیاز در مورد طراحی پروژه، دامنه فعالیت ها، مقادیر و مراحل مختلف اجرای پروژه را ارائه می دهد. این یک پلت فرم نرم افزاری با قابلیت های چند بعدی (nD)<sup>۲</sup> با ابزارهایی برای طراحی و پیگیری مراحل مختلف در چرخه عمر ساختمان، از فاز مفهومی تا ساخت و ساز و سپس فاز تخریب می باشد. بنابراین، نرم افزار رویت یک محیط همکاری عملی بین رشته های مختلف در صنعت ساختمان را فراهم می کند (Nawari & Kuenstle, 2015).



شکل ۲-۶- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک رویت.

- 1) Autodesk Revit
- 2) N-dimensional

در حال حاضر، نرم افزار رویت یکی از مشهورترین و پیشگامان بازار در طراحی معماری بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان می باشد. این نرم افزار یک پلت فرم کاملاً جداگانه از اتوکد<sup>۱</sup>، با ساختار فایل متفاوت و مبتنی بر برنامه نویسی است. نرم افزار رویت به عنوان یک خانواده از محصولات یکپارچه به شمار می رود که در حال حاضر شامل محصولاتی از قبیل رویت آرکیتهکچر<sup>۲</sup>، رویت استراکچر<sup>۳</sup> و رویت مپ<sup>۴</sup> می باشد (Eastman et al., 2011).

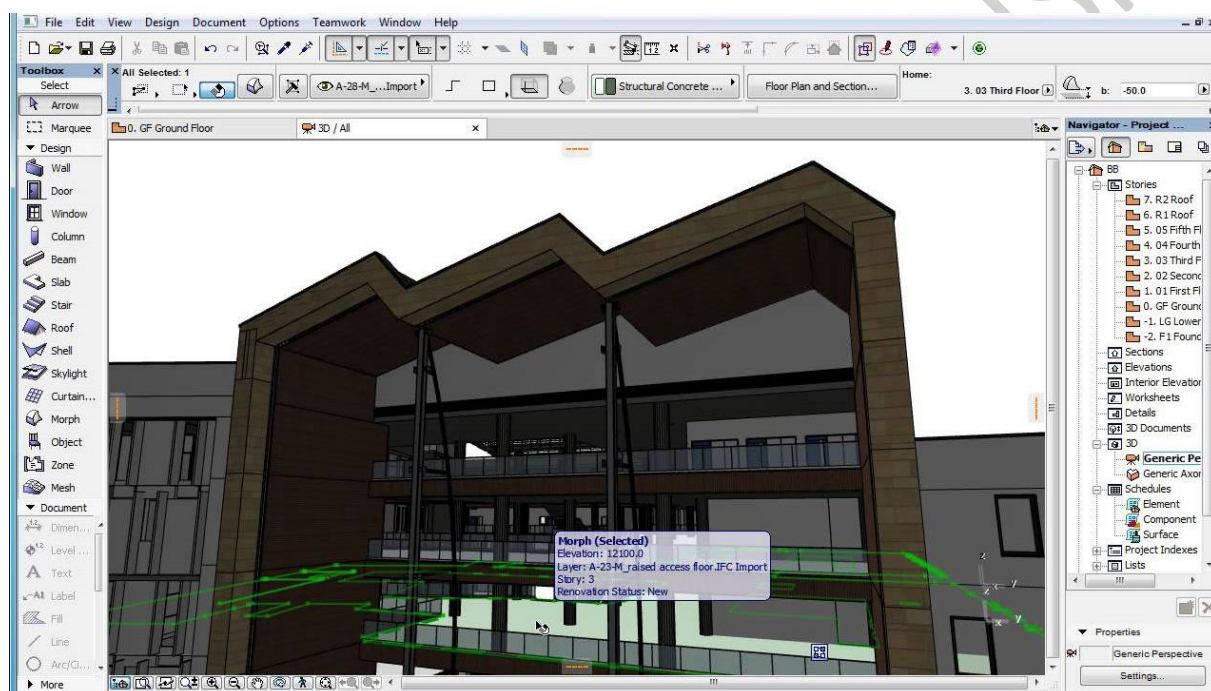
همچنین این پلت فرم، یکپارچه سازی بر مبنای فضای ابری<sup>۵</sup> را ارائه می دهد که به کاربران کمک می کند تا اشیاء سفارشی و اجزای مورد نیاز برای ساخت مدل های BIM خود را ایجاد و پیدا کنند. به همراه این موارد، رویت از مدیریت تبادل یکپارچه مدل با استفاده از فرم های اطلاعات خنثی<sup>۶</sup> مانند: IFC<sup>۷</sup>، gbXML<sup>۸</sup> و DXF/DWG<sup>۹</sup> به عنوان راه حل های فرآیند تبادل داده ها بین برنامه های مختلف پشتیبانی می کند. این موتورهای پیشرفته از تجزیه و تحلیل های سازه ای تا انرژی را پشتیبانی می کنند (Nawari & Kuenstle, 2015).

## ۲-۲-۹-۲- آرشیکد<sup>۱۰</sup>

آرشیکد یک سیستم نرم افزاری مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان می باشد که توسط کمپانی گرافی سافت<sup>۱۱</sup> ارائه شده است. آرشیکد تمام اسناد و تجسم سازی های لازم را به همراه یک مدل سه بعدی از اطلاعات ساختمان ایجاد می کند. بر اساس دانش عمیق فرآیند معماری، مدل سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار آرشیکد به صورت ساختار واقعی ساختمان شبیه سازی می شود. ابزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان در نرم افزار آرشیکد، همه چیز را، از برنامه ریزی شهری با جزییات کامل و مطالعات عملکردی تا طرح های پیچیده پوشش می دهند (Nawari & Kuenstle, 2015).

- 
- 1) AutoCAD (Automatic Computer-aided Design)
  - 2) Revit Architecture
  - 3) Revit Structure
  - 4) Revit MEP (Mechanical, Electrical, and Plumbing)
  - 5) Cloud-Based
  - 6) Neutral Data Forms
  - 7) Industry Foundation Classes (IFC)
  - 8) Green Building Extensible Markup Language (gbXML)
  - 9) Drawing Exchange Format (DXF) / Device Working Group (DWG)
  - 10) ArchiCAD
  - 11) GraphiSoft Incorporated

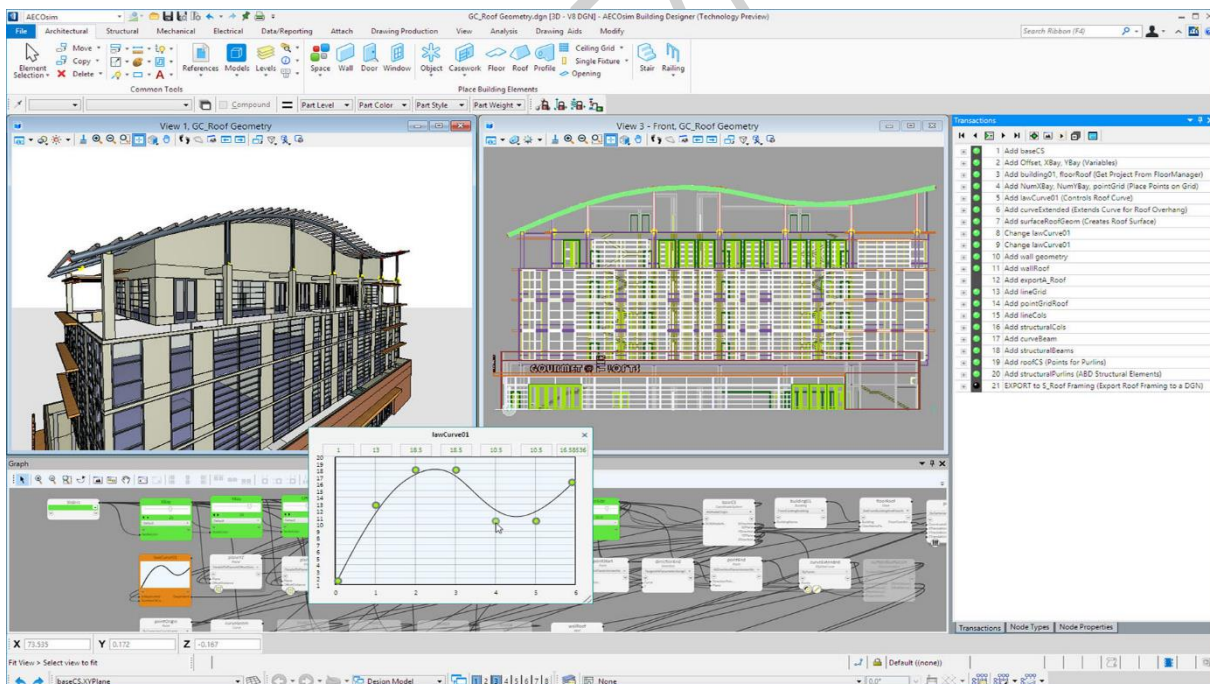
همچنین این پلت فرم، یکپارچه سازی بر مبنای فضای ابری را ارائه می دهد که به کاربران کمک می کند تا اشیاء سفارشی و اجزای مورد نیاز برای ساخت مدل های BIM خود را ایجاد و پیدا کنند. آرشیو از مدیریت تبادل یکپارچه مدل با استفاده از فرم های اطلاعات خشی مانند: IFC و DXF/DWG به عنوان راه حل های فرآیند تبادل داده ها بین برنامه های مختلف پشتیبانی می کند. این پلت فرم دارای یک موتور ارزیابی انرژی می باشد که از چندین بلوک حرارتی پشتیبانی می کند (Nawari & Kuenstle, 2015).



شکل ۲-۷- تصویر شماتیک از نرم افزار آرشیو.

## ۲-۹-۳- بتلی آرکیتکچر<sup>۱</sup>

بتلی آرکیتکچر یک برنامه مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان می باشد که توسط کمپانی بتلی<sup>۲</sup> ارائه شده است. این نرم افزار به کمک ابزارهای کاربردی خود، معماران و طراحان را مجهز می کند تا به کشف گزینه های طراحی، تصمیم گیری های بهتر در طراحی و پیش بینی عملکرد و هزینه ها بپردازند. به کمک این نرم افزار اسناد طراحی و ساخت به طور خودکار هماهنگ می شوند و خطاها و اشکالات از بین خواهند رفت. نرم افزار بتلی آرکیتکچر از تمام مراحل گردش کار معماری، از طراحی مفهومی تا اسناد ساخت و ساز، طراحی یکپارچه، تجسم سازی، تولید نقشه ها و همچنین تهیه گزارش از مقادیر و هزینه ها پشتیبانی می کند. این نرم افزار دارای طیف گسترده ای از ابزارهای پیشرفته مدل سازی جامدات می باشد که عملاً اجازه ایجاد هر نوع فرمی را امکان پذیر می کند. پلت فرم مدل سازی اطلاعات ساختمان بتلی به خوبی با دیگر برنامه های این کمپانی نظیر: مهندسی ساختمان بتلی، تجزیه و تحلیل و مدیریت امکانات، سازگار است (Nawari & Kuenstle, 2015).



شکل ۲-۸- تصویر شماتیک از نرم افزار بتلی آرکیتکچر.

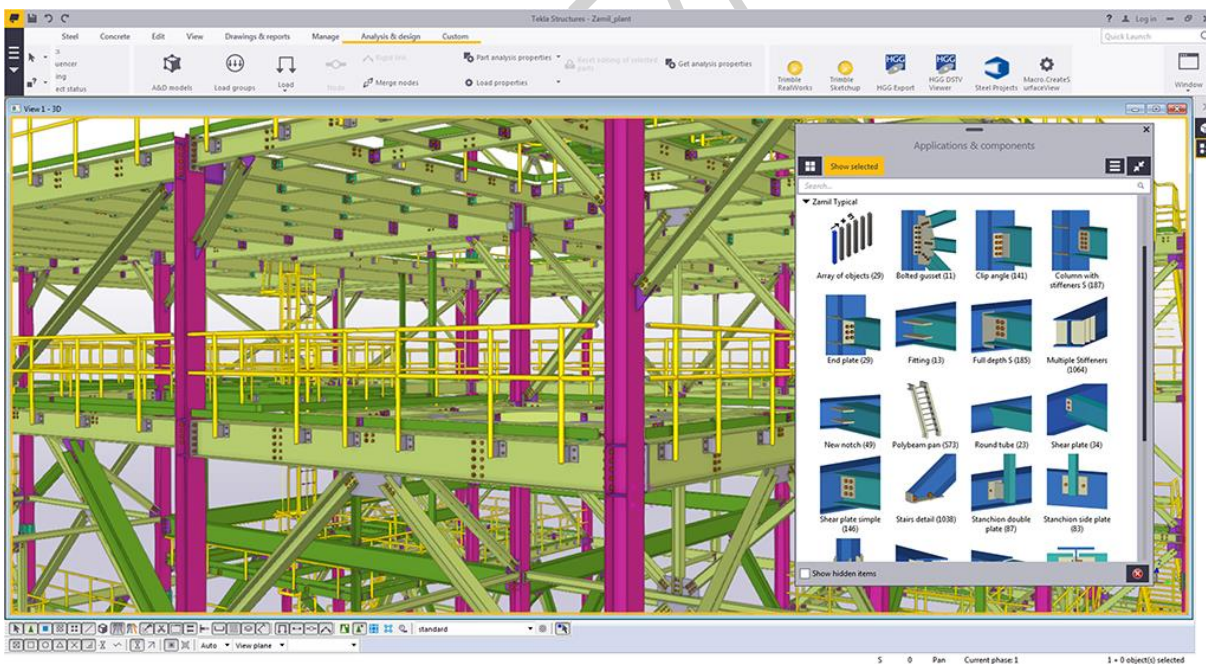
- 1) Bentley Architecture
- 2) Bentley Systems Incorporated



## ۲-۹-۴- تکلا استراکچرز<sup>۱</sup>

تکلا استراکچرز یک پلت فرم نرم افزاری برای مدل سازی اطلاعات ساختمان است. این نرم افزار کاربران را قادر می سازد تا مدل های ساختمانی سه بعدی خود را به صورت سازه های بتنی، چوبی یا فولادی، از مرحله مفهومی تا مرحله ساخت، ایجاد و مدیریت کنند. این پلت فرم از فرآیند اتوماتیک تولید نقشه های کارگاهی و ایجاد فایل های کنترل عددی کامپیوتری (CNC)<sup>۲</sup>، برای کنترل ماشین آلات تولید پشتیبانی می کند. تکلا استراکچرز در پیکربندی های مختلف و محیط های محلی، متناسب با نیاز بخش های مختلف (و فرهنگ) مورد استفاده قرار می گیرد.

نرم افزار تکلا یک ابزار رایگان به نام تکلا بیم سایت<sup>۳</sup> ارائه داده است که یک نرم افزار کاربردی برای همکاری میان پروژه های ساخت و ساز بر اساس مدل BIM می باشد. این ابزار می تواند با استفاده از فرمت داده IFC و دیگر فرمت های رایج، مانند DWG و DGN<sup>۴</sup>، مدل ها را از سایر برنامه های نرم افزاری مرتبط با مدل سازی اطلاعات ساختمان، وارد نماید (Nawari & Kuenstle, 2015).



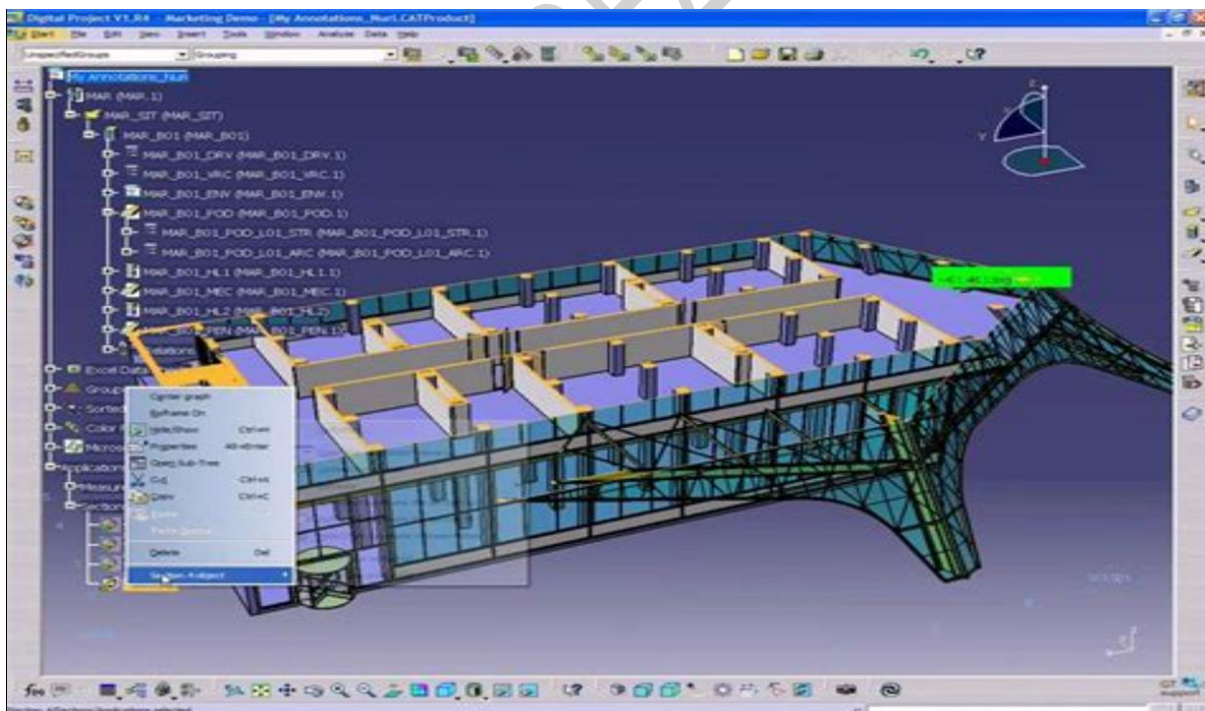
شکل ۲-۹- تصویر شماتیک از نرم افزار تکلا استراکچرز.

- 1) Tekla Structures
- 2) Computer Numerical Control (CNC)
- 3) Tekla BIMsight
- 4) DGN is the abbreviation of Design. It is found in the CAD file format supported by Bentley MicroStation system.

با استفاده از این ابزار رایگان، می توان هماهنگی فضایی مانند: تشخیص برخورد یا سایر درگیری ها را بررسی نمود تا از مشکلات مرتبط با طراحی، سازگاری و ارتباطات در یک پروژه ساختمانی، با به اشتراک گذاشتن مدل ها و بررسی یادداشت ها جلوگیری به عمل آورد. این کار اعضای پروژه را قادر به شناسایی و حل مسائل در مرحله طراحی و قبل از ساخت و ساز می سازد (Nawari & Kuenstle, 2015).

## ۲-۹-۵- دیجیتال پروجکت<sup>۱</sup>

دیجیتال پروجکت توسط شرکت فناوری گری<sup>۲</sup> طراحی شده است. این نرم افزار به واسطه نرم افزار کتیا از شرکت فرانسوی داسولت سیستمز<sup>۳</sup>، پلت فرم برتر مدل سازی پارامتریک جهان برای سیستم های بزرگ در صنایع هوافضا و خودرو، برای بخش معماری و ساختمان، سفارشی سازی شده است. دیجیتال پروجکت نیازمند یک سیستم کامپیوتری قدرتمند برای اجرای خوب و روان می باشد، اما قادر به اداره حتی بزرگترین پروژه ها خواهد بود. این نرم افزار مانند بسیاری از ابزارهای مدل سازی اطلاعات ساختمان، به شدت متکی به یک گرافیک قدرتمند می باشد (Eastman et al., 2011).



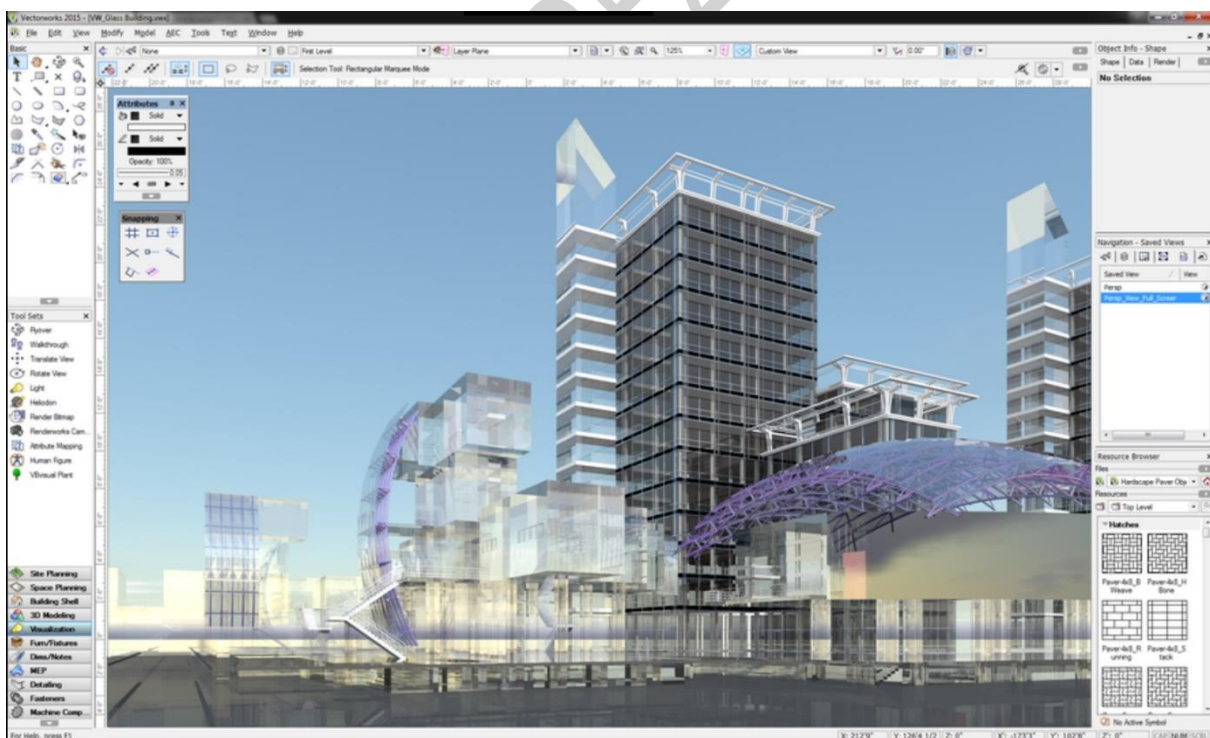
شکل ۲-۱۰- تصویر شماتیک از نرم افزار دیجیتال پروجکت.

- 1) Digital Project
- 2) Gehry Technologies
- 3) Dassault Systèmes CATIA



## ۲-۹-۶- وکتور ورکز<sup>۱</sup>

وکتور ورکز به عنوان مینی کد<sup>۲</sup> آغاز به کار نمود، که توسط کمپانی دیهل گراف سافت<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۵ تأسیس شد. مینی کد کاربران را در مجموعه متنوعی از طراحی مراکز تجاری، طراحی و نورپردازی صحنه تئاتر و همچنین طراحی نمایشگاه پشتیبانی می کند. وکتور ورکز دارای یک بخش دریایی نیز می باشد که در قالب ماشینکاری CNC برای صنعت کشتی سازی ایفای نقش می کند. دیهل گراف سافت توسط کمپانی گرافی سافت<sup>۴</sup> در سال ۲۰۰۰ خریداری شد و طولی نکشید که نام محصول خود را (برای از بین بردن نامگذاری مشابه) به وکتور ورکز تغییر یافت. این کمپانی همواره بر پشتیبانی قوی مشتریان و ایجاد یک پایگاه داده قوی در سراسر جهان تأکید دارد و شرکت های کوچکتر را مورد هدف خود قرار داده است. در سال ۲۰۰۹، موتور هندسی پاراسلید<sup>۵</sup> را برای هسته پلت فرم مدل سازی هندسی خود تصویب کرد. وکتور ورکز قبلاً دارای قابلیت های پارامتری شبیه به آرکیتهکچرال دسکتاپ<sup>۶</sup> بود. در حال حاضر مدل سازی پارامتری آن مشابه دیگران است، اما سهولت استفاده، ارایه جزییات بالا و کاربر پسند بودن آن، مدتهاست که شناخته شده است (Eastman et al., 2011).

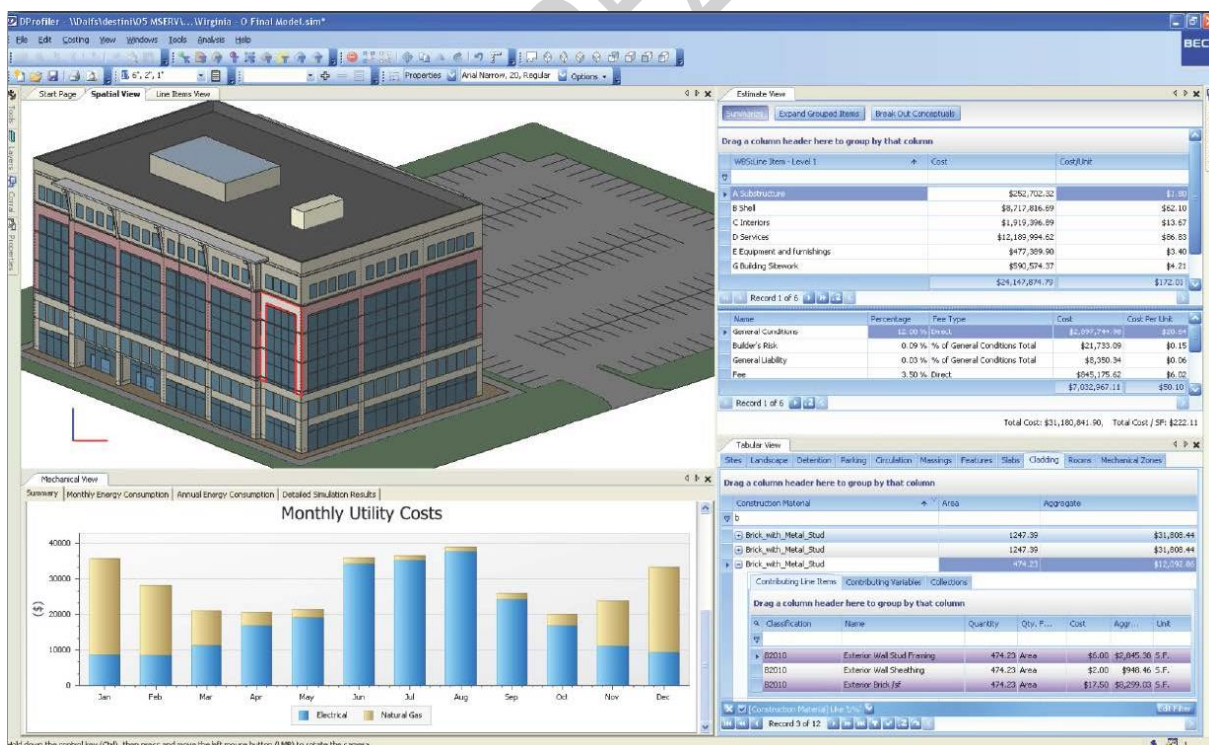


شکل ۲-۱۱- تصویر شماتیک از نرم افزار وکتور ورکز.

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| 1) Vectorworks               | 2) MiniCad               |
| 3) Diehl Graphisoft          | 4) Graphisoft            |
| 5) Parasolid Geometry Engine | 6) Architectural Desktop |

## ۲-۹-۷- دی پروفایلر<sup>۱</sup>

دی پروفایلر محصولی از شرکت فناوری بک<sup>۲</sup> می باشد. این نرم افزار بر مبنای پلت فرم مدل سازی پارامتریک است که در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی از شرکت فناوری پارامتریک (PTC)<sup>۳</sup>، پس از آن که این شرکت تصمیم گرفت تا وارد بازار صنعت معماری، مهندسی و ساخت نگردد، خریداری شد. دی پروفایلر، پلت فرم و نرم افزاری است که از نرم افزار به دست آمده از شرکت فناوری پارامتریک (PTC)، تکامل یافته است. قابلیت های این نرم افزار منحصر به فرد است؛ طراحی مفهومی با توجه به هزینه ساخت، به صورت مرحله ای، و بر اساس هزینه عملیات اجرایی. همچنین از سرعت بالا در طراحی مفهومی ساختمان ها بر اساس پارامترهای سایت، نوع سازه ساختمان و انواع اتاق ها پشتیبانی می کند. دی پروفایلر از طیف وسیعی از ورودی های گرافیکی برای تعریف یک پروژه نیز پشتیبانی می کند، به عنوان مثال: DXF، PDF<sup>۴</sup> و DWF<sup>۵</sup>. این نرم افزار همچنین از خروجی به نرم افزار اکسل<sup>۶</sup> (XLS) و فرمت های مختلف تصویری، پشتیبانی می کند (Eastman et al., 2011).

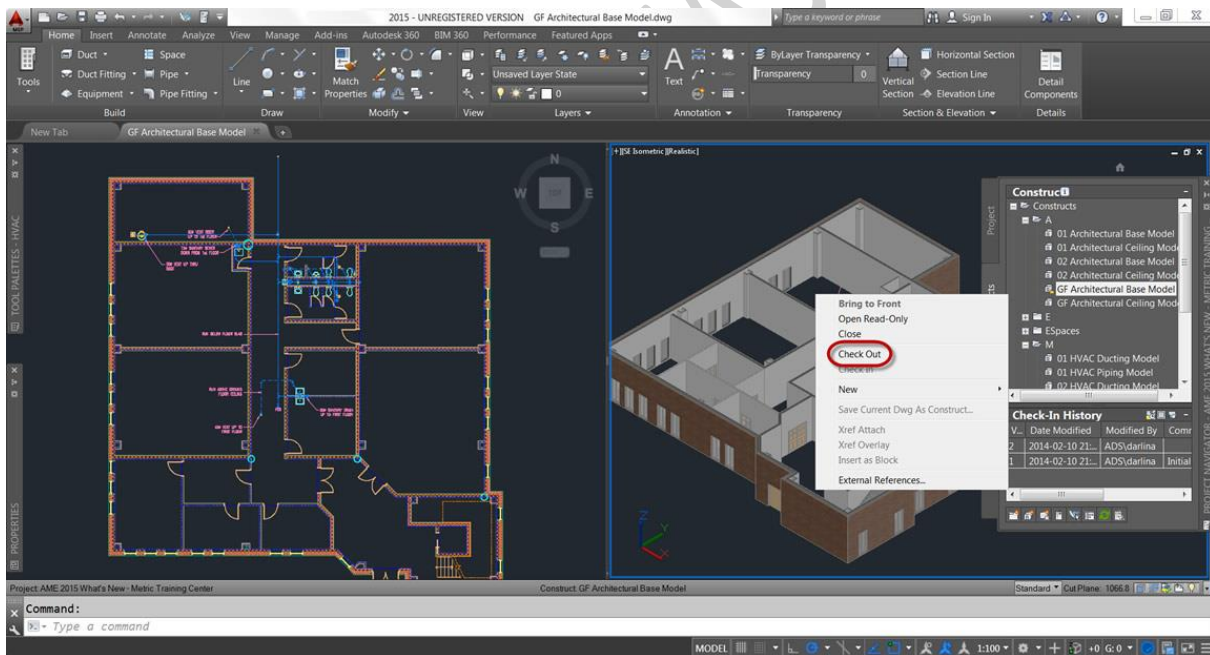


شکل ۲-۱۲- تصویر شماتیک از نرم افزار دی پروفایلر.

- |  |   |
|--|---|
| 1) DProfiler                                 | 2) Beck Technology Company                      |
| 3) Parametric Technologies Corporation (PTC) | 4) Portable Document Format                     |
| 5) Drawing Web Format                        | 6) eQuest (Building Energy Simulation Software) |
| 7) Excel Spreadsheet File                    |   |

## ۲-۹-۸- برنامه های مبتنی بر اتوکد<sup>۱</sup>

نخستین نرم افزار ساختمانی کمپانی اتودسک در پلت فرم اتوکد، نرم افزار اتودسک آرکیتهکچر<sup>۲</sup> می باشد. این نرم افزار پیش از این، آرکیتهکچرال دسکتاپ (ADT)<sup>۳</sup> نامیده شده بود، که قبل از نرم افزار اتودسک رویت<sup>۴</sup>، ابزار اصلی مدل سازی سه بعدی ساختمان کمپانی اتودسک به شمار می رفت. هر دو نرم افزار آرکیتهکچرال دسکتاپ و اتوکد یکپارچه شدند. این ادغام بر مبنای گسترش مدل سازی سطوح و جامدات برنامه اتوکد و به منظور انتقال از طراحی دو بعدی به مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) انجام شد. این یک مجموعه از پیش تعریف شده از اشیاء و مجموعه ای از قوانین محدود برای آن اشیاء می باشد. این اشیاء و مونتاژ آنها (مانند یک پله یا سقف) به صورت پارامتریک تعریف شده هستند. از قابلیت های ارایه شده توسط ابزارهای پارامتریک، می توان به توانایی ایجاد اشیاء سفارشی با رفتارهای تطبیقی اشاره کرد. استفاده از فرمت فایل های مرجع خارجی (XREF)<sup>۵</sup> برای مدیریت پروژه های بزرگ مفید خواهد بود (Eastman et al., 2011).



شکل ۲-۱۳- تصویر شماتیک از نرم افزار مبتنی بر پلت فرم اتوکد.

- 1) AutoCAD-Based Applications
- 2) Autodesk Architecture
- 3) Architectural Desktop (ADT)
- 4) Autodesk Revit
- 5) External Reference Files (XREF)

قابل ذکر است که پلت فرم اتوکد دارای نسخه های متفاوتی برای کاربران مختلف خود می باشد. در ذیل به برخی از این نرم افزار ها اشاره شد.

- نسخه معماری<sup>۱</sup>
- نسخه تاسیسات (مکانیکی، الکتریکی و لوله کشی)<sup>۲</sup>
- نسخه راه سازی<sup>۳</sup>
- نسخه لوله کشی و ابزار دقیق<sup>۴</sup>
- نسخه طراحی و مدل سازی واحد های صنعتی نفت، گاز و پتروشیمی<sup>۵</sup>

هر کدام از این نرم افزارها اشیاء مختلفی در اختیار کاربران قرار می دهند. برخی از اشیاء نسخه معماری اتوکد عبارتند از: دیوارها، شبکه های ستون، ستون ها، تیرها، دیوارهای شیشه ای، فضاها، سقف ها، پله ها، بلوک های چندگانه و عناصر توده ای. برخی از اشیاء نسخه تاسیسات نرم افزار اتوکد عبارتند از: سینی کابل ها، اتصالات سینی کابل ها، کانال ها، اتصالات کانال ها، داکت ها، اتصالات داکت ها، اتصالات سفارشی داکت ها، داکت های زاویه دار، آویزها، قطعات چندگانه، تابلوها، لوله ها، اتصالات لوله ها، اتصالات سفارشی لوله ها، و لوله دارای خم. فرمت های پشتیبانی شده توسط نرم افزار اتوکد عبارتند از: DWF، DWG، DGN، DXF و IFC (Eastman et al., 2011).

---

1) AutoCAD Architecture  
2) AutoCAD MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing)  
3) AutoCAD Civil 3D  
4) AutoCAD P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)  
5) AutoCAD Plant 3D

## ۲-۳- شبیه سازی انرژی ساختمان

### ۲-۳-۱- بررسی اجمالی

معماران و مهندسان تجزیه و تحلیل های انرژی را قبل از زمان پیدایش رایانه های شخصی نیز انجام می دادند. در آن دوران، هنگامی که مفاهیم طراحی غیر متعارف بودند، تجزیه و تحلیل های انرژی، متکی بر روش های تخمینی و برون یابی بودند. این رویکرد اغلب منجر به ساخت نادرست تجهیزات ساختمان و در نتیجه عملکرد ضعیف انرژی می گردید. شبیه سازی انرژی ساختمان مبتنی بر کامپیوتر در دهه ۱۹۶۰ میلادی آغاز و تا سال ۱۹۷۰ میلادی به طور فزاینده ای در جامعه تحقیقاتی محبوب شد. در اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ میلادی، پیشرفت در محاسبات کامپیوترهای شخصی، سبب گردید تا برنامه های شبیه سازی ساختمان، همان گونه که امروزه شناخته شده هستند، گسترش یابند. این برنامه ها با تقلید از شرایط فیزیکی و با در نظر گرفتن زمان به عنوان متغیر مستقل و حل مجموعه ای از مجموعه معادلات در گام های گسسته، به محاسبات انرژی می پرداختند. با توجه به سطح دشواری و هزینه بالای برنامه های اولیه، اکثر پروژه های شبیه سازی محدود به آزمایشگاه های تحقیقاتی بودند. تا سال ۱۹۹۰ میلادی، شبیه سازی انرژی ساختمان به شیوه های حرفه ای پذیرفته نشد (Hong et al., 2000).

از زمان اولین برنامه های کاربردی تاکنون، صدها برنامه شبیه سازی انرژی ساختمان<sup>۱</sup> توسعه یافته اند. توانایی ها و کاربردهای مورد نظر از برنامه ها به طور گسترده ای متفاوت است. با این واقعیت که زبان مشترکی برای توصیف آنچه که ابزارها می توانند انجام دهند، وجود ندارد، انتخاب مناسب یک ابزار کار پیچیده ای می باشد (Crawley et al., 2008).

علاوه بر این، به نظر می رسد توافق چندانی در مورد چگونگی طبقه بندی و سازماندهی برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان وجود ندارد. به طور کلی برنامه های شبیه سازی به دو دسته زیر تقسیم بندی می شوند:

(۱) ابزارهای طراحی<sup>۲</sup>

(۲) برنامه های شبیه سازی دقیق<sup>۳</sup>

---

1) Building Energy Simulation Programs (BESPs)

2) Design Tools (DTs)

3) Detailed Simulation Programs (DSPs)

ابزارهای طراحی برای اهداف خاصی طراحی شده اند که نیاز به ورود اطلاعات ساده و نسبتاً کمی دارند. برنامه های شبیه سازی دقیق به عنوان ابزارهایی برای محاسبه بارهای ساختمان و استفاده از انرژی به کار گرفته می شوند که نیازمند تکنیک های محاسباتی پیچیده تری (مانند: تعیین تفاوت محدود، تعیین عناصر محدود، تعیین فضاها و عملکرد انتقال) می باشند (Hong et al., 2000).

یکی از مزایای عمده مدل سازی اطلاعات ساختمان، شبیه سازی انرژی ساختمان در مراحل اولیه طراحی و همچنین در مراحل بعدی تجزیه و تحلیل می باشد. قالب مشترک زبان نشانه گذاری توسعه پذیر ساختمان سبز<sup>۱</sup>، اجازه صادرات داده های مدل اطلاعات ساختمان را به برنامه شبیه سازی انرژی ساختمان می دهد. برنامه شبیه سازی انرژی ساختمان، بینشی مفید در راستای تغییراتی که می تواند منجر به بهبود عملکرد انرژی ساختمان شود، فراهم می کند. ماهیت پارامتری اکثر برنامه های مدل سازی اطلاعات ساختمان اجازه می دهد که مدل ساختمان به سرعت با تغییرات پیشنهادی طرح، توسط شبیه سازی انرژی به روزرسانی گردد (Douglass, 2010).

امروزه برنامه هایی جهت شبیه سازی انرژی ساختمان وجود دارند که تقریباً می توانند هر جنبه ای از عملکرد انرژی ساختمان را به نمایش بگذارند. برخی از جنبه هایی که می توانند توسط برنامه های فعلی بدست آیند، عبارتند از:

- تابش خورشیدی، خارج از ساختمان و مناطق داخلی فضاها
- بارهای منطقه حرارتی و سطوح راحتی انسان
- جریان هوا ناشی از نفوذ و تهویه طبیعی / مکانیکی
- روشنایی، تجهیزات و بارهای انسانی
- تولید انرژی های تجدیدپذیر
- رفتار سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)<sup>۲</sup>
- کنترل نورپردازی و سیستم های یکپارچه تولید سایه
- انتشارات زیست محیطی (Crawley et al., 2008).

---

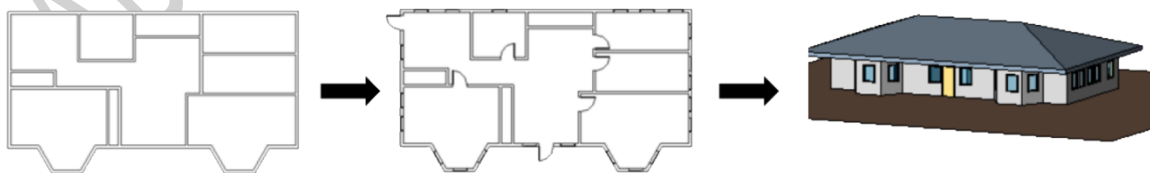
1) Green Building Extensible Markup Language (gbXML)

2) Heating, Ventilating and Air Conditioning

علاوه بر این، برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان می توانند به طور موثر در مرحله طراحی اولیه برای ارزیابی سناریوهای "چه می شود اگر"، در جستجوی راه حل های بهینه سازی استفاده شوند. چنین سناریوهایی می توانند تاثیرات انرژی را در موارد زیر بررسی و ارزیابی کنند:

- فرم و شکل ساختمان
- جهت یابی خورشیدی
- مصالح پوشش ساختمان
- چیدمان و پوشش پنجره ها
- نوع و کارایی سیستم تهویه مطبوع (Crawley et al., 2008).

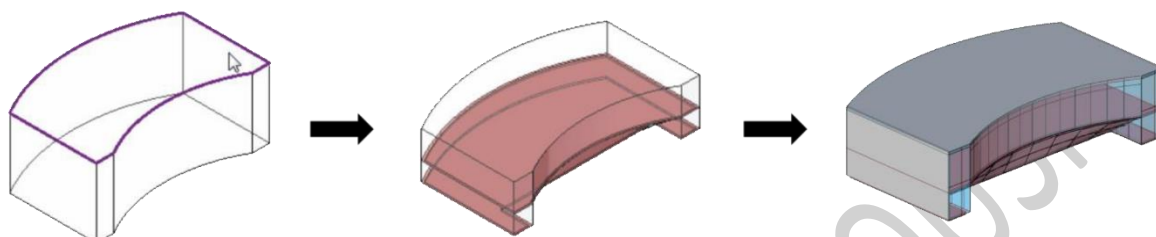
در حال حاضر، مدل اطلاعات ساختمان می تواند برای دستیابی به بسیاری از اهداف در کل چرخه عمر ساختمان استفاده شود. در مرحله طراحی اولیه، برنامه های مرتبط با مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) می توانند برای ایجاد فرم کلی ساختمان مورد استفاده قرار گیرند. برخی از این برنامه های کاربردی، به کاربر اجازه می دهد تا یک ساختمان را با استفاده از رویکرد طراحی پایین به بالا یا بالا به پایین ایجاد کند. برای رویکرد پایین به بالا (شکل ۲-۱۴)، کاربر بر اساس عنصر به عنصر، یک ساختمان را ایجاد می کند. به طور معمول در یک پلان دو بعدی، ابتدا دیوارها، سپس طبقات، سقف کاذب و غیره قرار می گیرند تا زمانی که شکل کلی ساختمان مشخص شود (Douglass, 2010).



شکل ۲-۱۴- رویکرد طراحی پایین به بالا، دیوارهای داخلی و خارجی ساختمان در یک نمای دوبعدی (تصویر سمت چپ)، سپس پنجره ها و درها (وسط)، و در نهایت، کف، سقف و سقف کاذب (راست) (Douglass, 2010).



مدل سازی از بالا به پایین (شکل ۲-۱۵)، رویکرد متفاوتی را در بر می گیرد. در این حالت، ابتدا شکل کلی ساختمان تعریف خواهد شد، و سپس عناصر ساختمانی مانند: دیوارها، کف ها و سقف ها به سطوح داخلی یا خارجی اعمال می شوند (Douglass, 2010).



شکل ۲-۱۵- رویکرد طراحی بالا به پایین، شکل کلی ساختمان در یک نمای سه بعدی (تصویر سمت چپ)، ترسیم طبقه (وسط) و در نهایت دیوارها، پنجره ها و سقف (راست) تعریف می شوند (Douglass, 2010).

استفاده از مدل سازی با رویکرد بالا به پایین در مرحله طراحی اولیه، می تواند برای شبیه سازی انرژی ساختمان سودمند باشد. شکل کلی ساختمان می تواند بر عملکرد آن تاثیر بگذارد، در نتیجه یک مدل حجمی ساده، کاربر را قادر می سازد تا به سرعت عملکرد نسبی انرژی فرم های مختلف ساختمان را بدون مشخص کردن جزئیات مورد نیاز توسط رویکرد طراحی پایین به بالا، مقایسه کند (Douglass, 2010).

## ۲-۳-۲- برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان

مطرح شده برای این مطالعه؛

### ۲-۳-۱- دو-تو<sup>۱</sup>

این نرم افزار یک برنامه شبیه سازی انرژی ساختمان می باشد که در اصل توسط وزارت انرژی ایالات متحده حمایت شده است و توسط جیمز جی. هیرش و همکارانش، و با همکاری آزمایشگاه ملی لارنس برکلی<sup>۲</sup> توسعه داده شده است (Hirsch & Associates, n.d.).

1) DOE-2 (Design Of Experiments)

2) Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)



این نرم افزار از زمان انتشار نخستین نسخه آن در سال ۱۹۷۹ میلادی تاکنون، تحت پیشرفت و تغییرات عمده ای قرار گرفته است. در حال حاضر در بیش از ۴۰ کشور برای طراحی و بهینه سازی انرژی ساختمان ها، توسعه استانداردهای حفاظت از انرژی و تجزیه و تحلیل تاثیر فن آوری های جدید در ساختمان استفاده می شود. صحت این اطلاعات با داده های اندازه گیری شده از ساختمان های موجود، تأیید شده است و برای طراحی و تکمیل ساختمان هایی نظیر: کاخ سفید<sup>۱</sup>، مرکز تجارت جهانی<sup>۲</sup> و برج سیرس<sup>۳</sup> مورد استفاده قرار گرفته است. بیش از ۲۰ رابط کاربری توسط شرکت های خصوصی ایجاد شده اند تا برنامه را کاربر پسندتر کنند (Hirsch & Associates, n.d.).

این نرم افزار انرژی مصرفی ساختمان را در بازه های یک ساعته شبیه سازی می کند. این بازه نشان دهنده طول گام های زمان می باشد که برنامه محاسبات را بر اساس آن انجام می دهد. این نرم افزار دارای چهار ماژول بود:

- پردازشگر زبان توصیف ساختمان<sup>۴</sup>
- پردازشگر بارها (حرارتی و برودتی)<sup>۵</sup>
- پردازشگر گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع<sup>۶</sup>
- پردازشگر ایکان<sup>۷</sup>

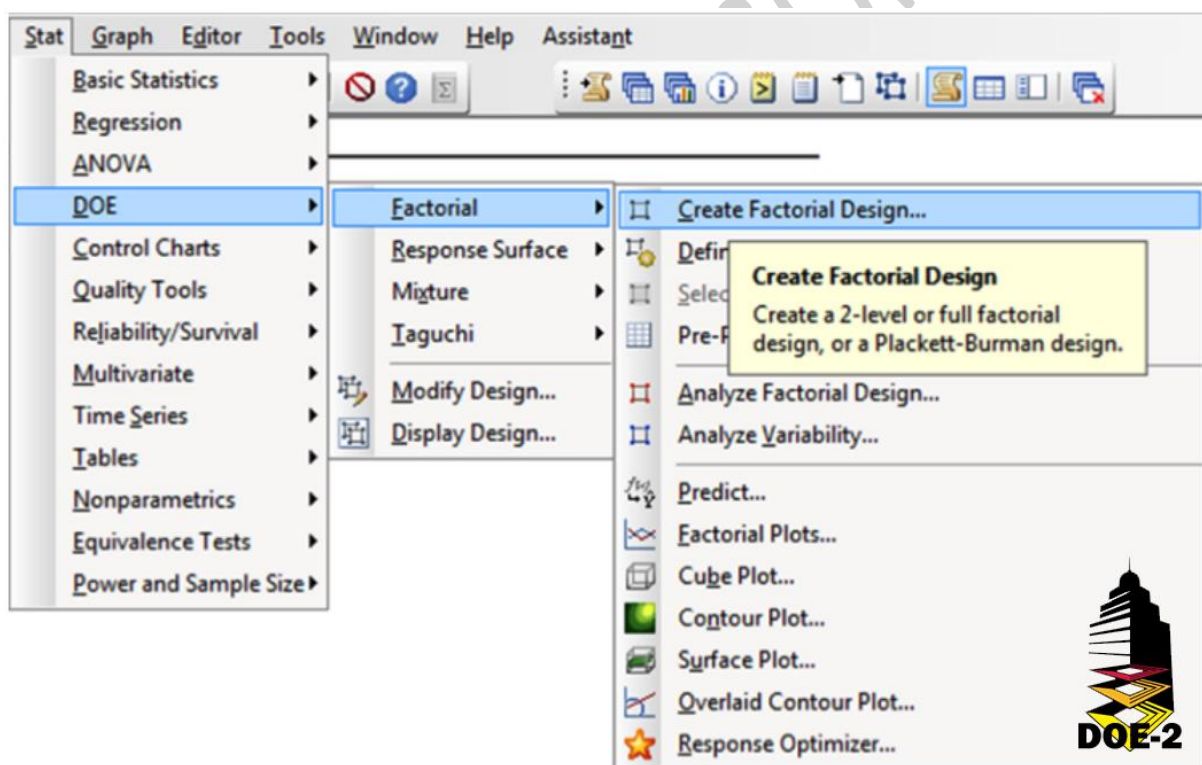
پردازشگر زبان توصیف ساختمان، هندسه وارد شده از ساختمان را توسط کاربر دریافت کرده و آن را به یک فرم قابل تشخیص توسط برنامه تبدیل می کند. پردازشگر بارها (حرارتی و برودتی)، بارهای گرمایش و سرمایش ساعتی را برای فضاهای ساختمان محاسبه می کند. بارهای گرمایش و سرمایش تحت تاثیر عوامل متعددی از قبیل: شرایط آب و هوایی، موقعیت خورشید، نفوذ، انتقال حرارت از طریق پوشش ساختمان و همچنین برنامه ریزی در خصوص ساعات حضور افراد در فضاها، روشنایی و سایر تجهیزات می باشد.

---

1) White House  
2) World Trade Center  
3) Sears Tower  
4) Building Description Language (BDL)  
5) LOADS  
6) HVAC  
7) ECON

پردازشگر گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع، شبیه سازی و اندازه تجهیزات اولیه و ثانویه این سیستم ها را بر اساس داده های محاسبه شده در مرحله قبل (پردازش بارها) انجام می دهد. پردازشگر ایکان، برای محاسبه عملکرد هزینه یک ساختمان به لحاظ صرفه جویی در انرژی، صرفه جویی در طراحی یا صرفه جویی کلی استفاده می شود (Lawrence Berkeley National Laboratory, n.d.).

مزیت عمده این نرم افزار، توانایی در تجزیه و تحلیل دقیق ساختمان هایی با چندین منطقه حرارتی به همراه سرعت و قابلیت اطمینان آن می باشد. اجرای شبیه سازی در این نرم افزار، در کسری از زمان نسبت به سایر برنامه های شبیه سازی انجام می شود. یکی از معایب برنامه این است که اگر محیط سوم شخص (نرم افزار توسعه یافته) مورد استفاده قرار نگیرد، نیازمند سطح بالایی از تخصص می باشد (IBPSA-USA, n.d.-c). شکل (۲-۱۶) تصویری شماتیک را از نرم افزار فوق نشان می دهد.



شکل ۲-۱۶- تصویری شماتیک از نرم افزار DOE-2.

## ۲-۳-۲- انرژی پلاس<sup>۱</sup>

نرم افزار انرژی پلاس نسل جدیدتری از برنامه شبیه سازی انرژی ساختمان است که ترکیبی از ویژگی های برنامه های پیشین از جمله DOE-2 و برنامه تجزیه و تحلیل بارهای حرارتی- برودتی ساختمان و سیستم های ترمودینامیکی<sup>۲</sup> می باشد که توسط دانشگاه ایلینوی<sup>۳</sup> توسعه یافته است. نرم افزار انرژی پلاس همانند نرم افزار DOE-2، یک برنامه شبیه سازی انرژی کل ساختمان است. بر خلاف نرم افزار DOE-2، نرم افزار انرژی پلاس توانایی استفاده از گام های زمانی زیر یک ساعت را دارد. این قابلیت به برنامه اجازه می دهد تا با دقت بالاتری به پیش بینی دمای فضاها، که برای تعیین اندازه دستگاه ها و سیستم ها و همچنین محاسبات مربوط به سطح آسایش افراد اهمیت دارد، پردازد. موتور شبیه سازی انرژی پلاس می تواند برخی از سیستم ها و رفتارهایی را که نرم افزار DOE-2 و سایر برنامه های مشابه قادر به محاسبه آن نمی باشند، شبیه سازی کند. این قابلیت ها شامل کنترل واقع گرایانه سیستم ها، جذب رطوبت و عدم جذب عناصر ساختمانی، سیستم های گرمایش و سیستم های خنک کننده و همچنین جریان هوای بین مناطق می باشد (Crawley et al., 2001). نرم افزار انرژی پلاس برای محاسبه دمای فضا، از روش تعادل حرارتی استفاده می کند. روش تعادل حرارتی، فرآیند تابش و انتقال گرما را در هر گام زمانی محاسبه می کند. اگر چه این روش پیچیده تر از سایر روش های استفاده شده توسط نرم افزارهای شبیه سازی مشابه است، اما هنوز اساس کار آن، ساده سازی می باشد. این روش فرض می کند که هوا به خوبی همزاد شده و در نتیجه دمای یکنواخت در تمام فضا در جریان می باشد. یک جایگزین بهتر، می تواند روش مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی<sup>۴</sup> باشد. با این وجود، این روش افزایش محاسبات و پیچیدگی قابل توجهی را به همراه دارد (Crawley et al., 2001). نرم افزار انرژی پلاس علاوه بر اینکه قادر به شبیه سازی انرژی کل ساختمان در گام های زمانی زیر یک ساعت است، دارای چندین مزیت عمده نیز می باشد. این نرم افزار نسبت به سایر برنامه های مشابه، به طور گسترده ای با داده های واقعی مورد آزمایش و تایید قرار گرفته است. ساختار مدولار آن اجازه می دهد تا ابزارهای توسعه جدید برای قابلیت های بیشتر شبیه سازی، ایجاد و به نرم افزار اضافه شوند.

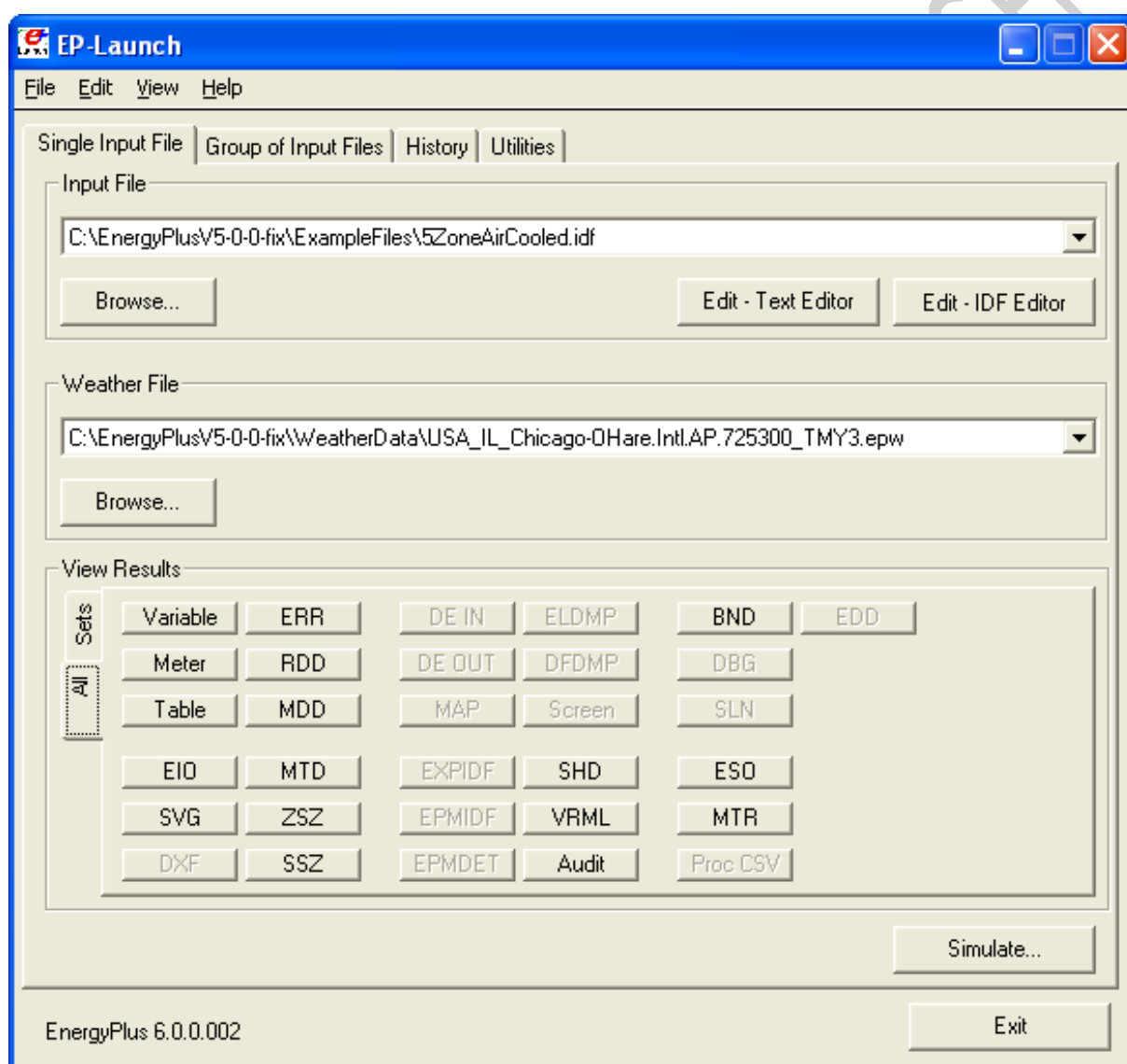
1) EnergyPlus

2) Building Loads Analysis and System Thermodynamics (BLAST)

3) University of Illinois at Urbana-Champaign

4) Computational Fluid Dynamics (CFD)

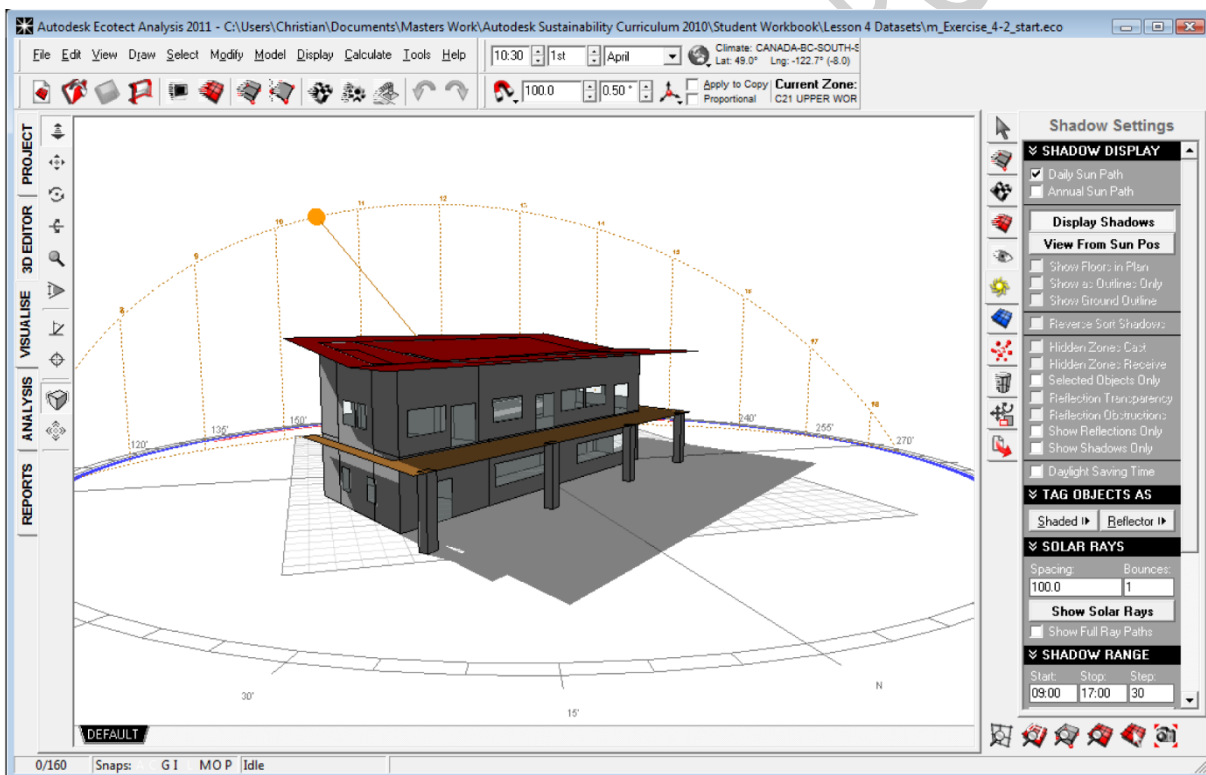
در نهایت، این نرم افزار دارای یکی از گسترده ترین کتابخانه های آب و هوا با اطلاعات موجود در سراسر جهان می باشد. همانند DOE-2، نرم افزار انرژی پلاس بدون استفاده از یک رابط کاربری شخص ثالث (نرم افزار توسعه یافته)، نیازمند مهارت بالایی است و همچنین زمان شبیه سازی در این نرم افزار نسبتا طولانی خواهد بود (IBPSA-USA, n.d.-d). شکل (۲-۱۷) تصویری شماتیک را از نرم افزار فوق نشان می دهد.



شکل ۲-۱۷- تصویری شماتیک از نرم افزار انرژی پلاس.

## ۲-۳-۲- اتودسک اکوتکت<sup>۱</sup>

نرم افزار اتودسک اکوتکت یک ابزار شبیه سازی انعطاف پذیر است که به عنوان یک برنامه مستقل<sup>۲</sup> و همچنین یک منبع ورودی برای سایر برنامه های شبیه سازی انرژی عمل می کند. هئندسه ساختمان را می توان با مدل ساز سه بعدی خود نرم افزار ایجاد نمود، یا اینکه آن را با استفاده از فرمت های gbXML<sup>۳</sup> یا DXF<sup>۴</sup> وارد کرد. قابلیت های این نرم افزار شامل: تجزیه و تحلیل های خورشیدی، حرارتی، روشنایی، صوتی و هزینه می باشد، که برای پاسخ گویی به نیازها در مرحله طراحی اولیه طرح مناسب هستند. برای مطالعات دقیق تر، اطلاعات و هئندسه ساختمان را می توان به برنامه هایی نظیر اکوئست<sup>۵</sup> یا انرژی پلاس که محاسبات انرژی را در گام های زمانی ساعتی انجام می دهند، صادر کرد (Autodesk Inc., 2010).



شکل ۲-۱۸- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک اکوتکت.

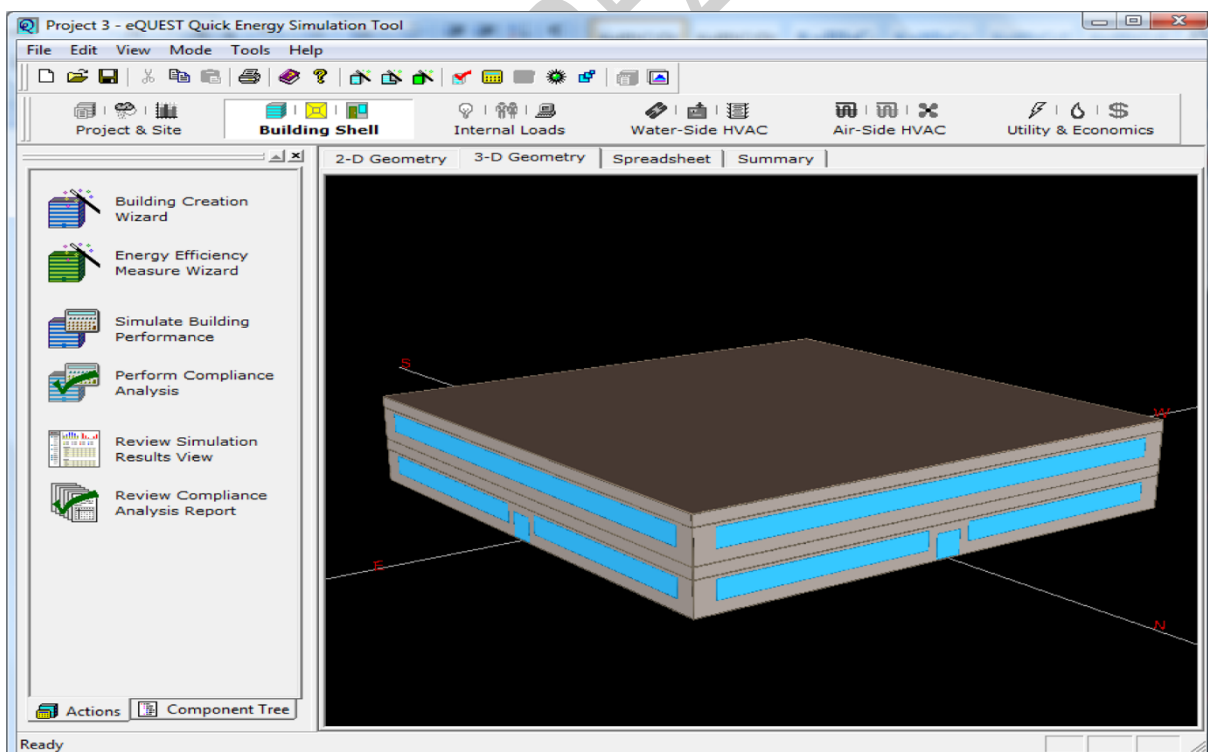
تجزیه و تحلیل مسیر خورشید که به کاربر اجازه می دهد تا چگونگی حرکت سایه ساختمان را در تمام طول سال بررسی کند.

- 1) Autodesk Ecotect
- 2) Stand-alone Application
- 3) Green Building Extensible Markup Language (gbXML)
- 4) Drawing Exchange Format (DXF)
- 5) eQuest (Building Energy Simulation Software)

## ۲-۳-۴- اکوئست<sup>۱</sup>

این نرم افزار یک برنامه شبیه سازی انرژی می باشد که به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است و به صورت آزاد در دسترس عموم قرار دارد. اساس کاربران آن شامل طراحان ساختمان ها، اپراتورها، مالکان، مشاوران انرژی و LEED، متخصصین تنظیم آیین نامه ها، دانشگاه ها و محققان می باشند.

این نرم افزار یک رابط کاربری است که از DOE-2.2 به عنوان موتور شبیه سازی استفاده می کند. مزیت عمده این برنامه، توانایی تطبیق تجربه کاربری در سه سطح مختلف می باشد. برای مبتدیان، استفاده از پیش فرض طراحی شماتیک اجازه می دهد که ساختمان با استفاده از داده های ورودی ساده ایجاد شود. ابزار توسعه طراحی به کاربران متوسط و پیشرفته اجازه می دهد تا با وارد نمودن سطح بالاتری از اطلاعات، قادر به بررسی و کنترل تمامی پارامترهای ساختمان باشند. این نرم افزار قابلیت انطباق با انجام شبیه سازی به صورت تک مرحله ای، اجرای چندگانه و مطالعات پارامتری را دارد. از معایب این برنامه می توان مدل های ساده اتصال زمین، نفوذ و تهویه طبیعی را نام برد. علاوه بر این، نور روز را فقط می توان به سطوح محدب اعمال نمود و قابلیت انتقال نور را از طریق سطوح با پوشش لعاب ندارد (IBPSA-USA, n.d.-e).



شکل ۲-۱۹- تصویر شماتیک از نرم افزار اکوئست.

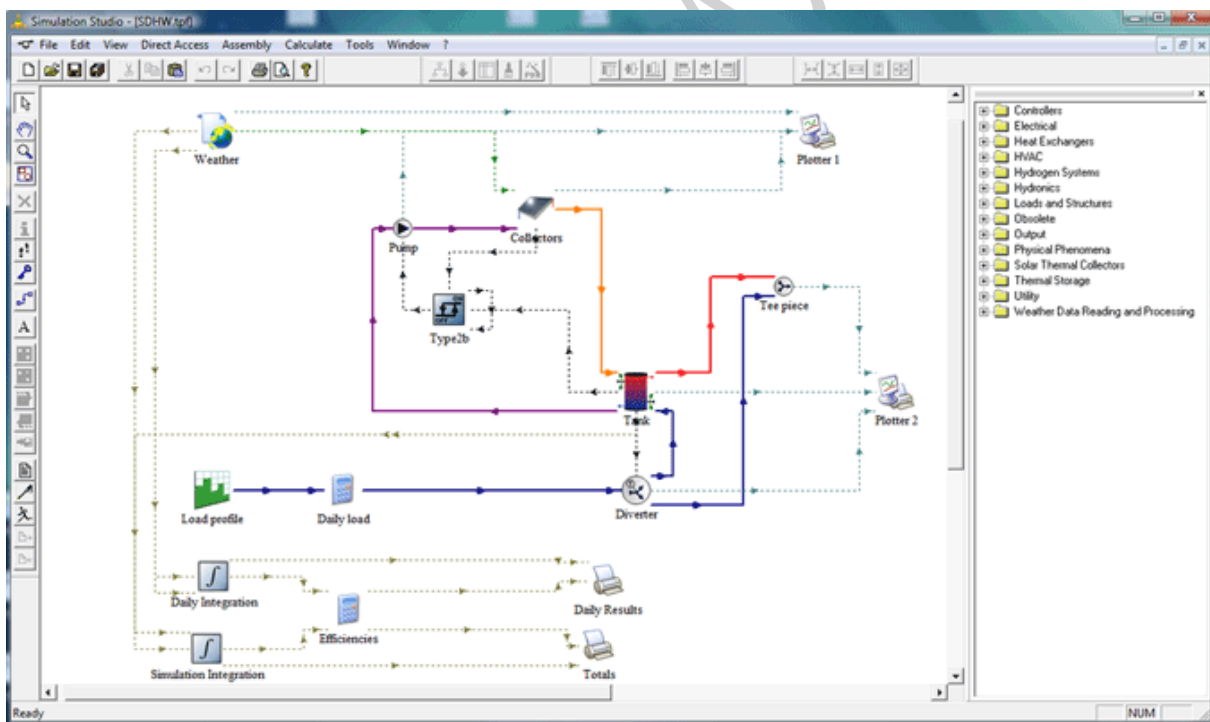
یک نمونه از مدل سازی ساختمان اداری دو طبقه در نرم افزار.

1) eQuest

## ۲-۳-۵- ترانسیس<sup>۱</sup>

این برنامه دارای یک محیط نرم افزاری گرافیکی بسیار انعطاف پذیر است که برای شبیه سازی رفتار سیستم های گذرا<sup>۲</sup> استفاده می شود. در حالی که اکثریت قریب به اتفاق کاربران از قابلیت شبیه سازی آن به منظور ارزیابی عملکرد سیستم های انرژی حرارتی و الکتریکی بهره می برند، این نرم افزار به همان اندازه می تواند برای مدل سازی سایر سیستم های پویا مانند جریان ترافیک یا فرآیندهای بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد (TRNSYS, n.d.).

این نرم افزار دارای یک رابط گرافیکی، یک موتور شبیه سازی و یک کتابخانه از اجزایی است که از مدل های ساختمان های مختلف تا تجهیزات استاندارد سیستم های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)، انرژی های تجدید پذیر و فناوری های نوین پشتیبانی می کند (IBPSA-USA, n.d.-f). شکل (۲-۲۰) تصویری شماتیک را از نرم افزار فوق نشان می دهد.



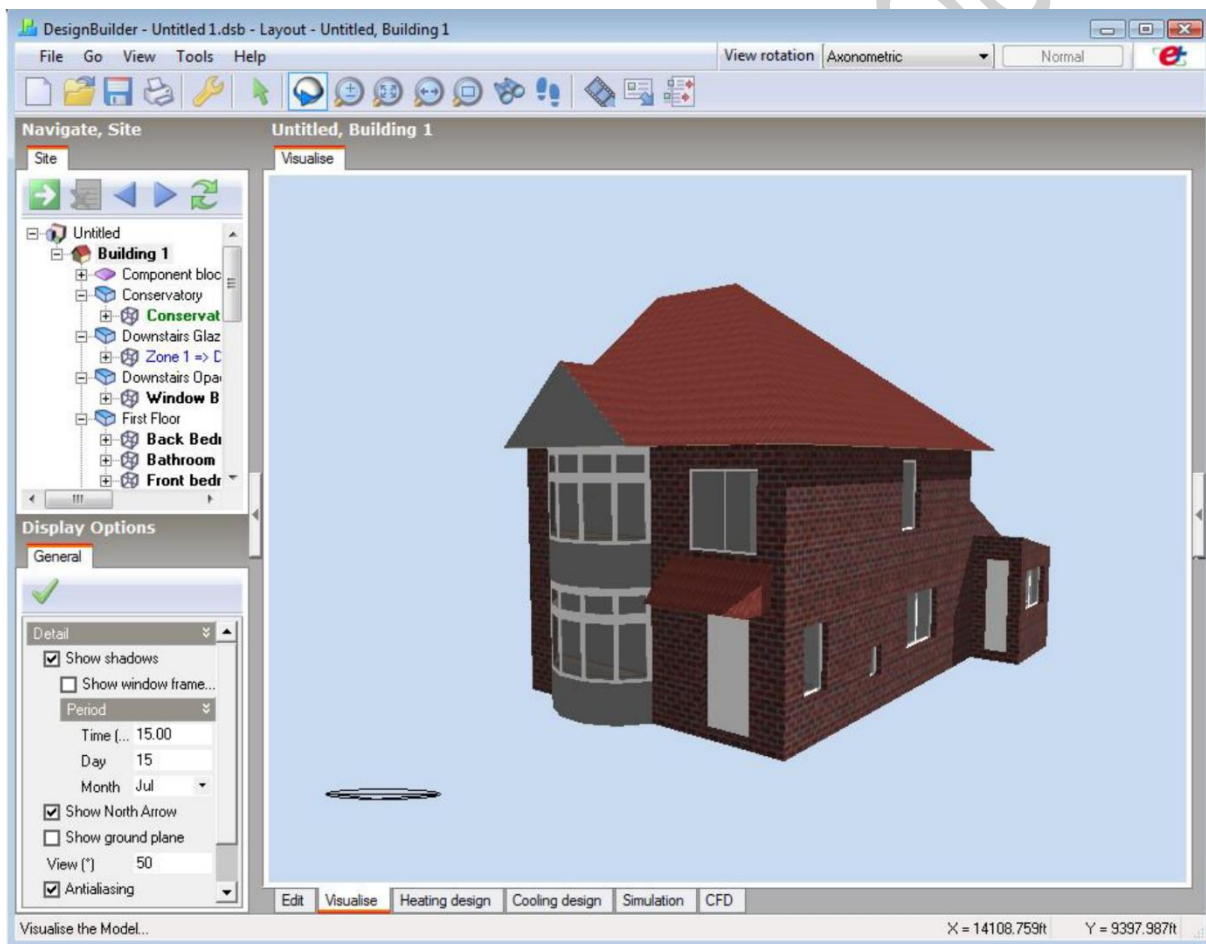
شکل ۲-۲۰- تصویری شماتیک از نرم افزار ترانسیس.

1) TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation Program)

2) Transient Systems

## ۲-۳-۶- دیزاین بیلدر<sup>۱</sup>

نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه به نرم افزار اکوئست، ترکیبی از یک رابط کاربری با یک موتور قدرتمند شبیه سازی است، با این حال به جای DOE-2، از نسخه پیشرفته انرژی پلاس استفاده می کند. هندسه ساختمان را می توان در مدل ساز گرافیکی نرم افزار ایجاد کرد، یا از طریق فایل با فرمت gbXML، از یک برنامه مدل سازی معماری وارد نمود. داده های این فایل می توانند تغییرات را در کل ساختمان، به یک بلوک از ساختمان یا یک منطقه حرارتی اعمال نمایند (DesignBuilder, n.d.).



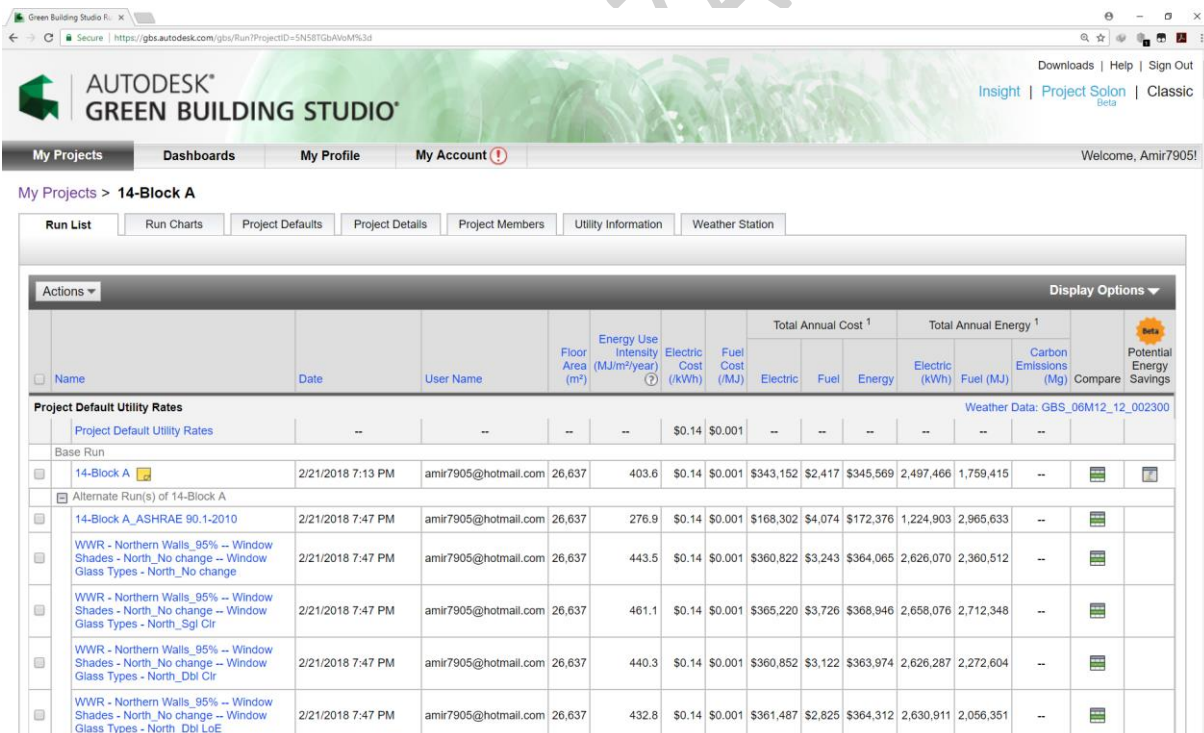
شکل ۲-۲۱- تصویر شماتیک از نرم افزار دیزاین بیلدر.  
یک نمونه از ساختمان مسکونی که در محیط رندر شده نرم افزار نشان داده شده است.

1) DesignBuilder



## ۲-۳-۷- اتودسک گرین بیلدینگ استودیو<sup>۱</sup>

استودیوی ساختمان سبز (GBS) یک برنامه مبتنی بر وب است که از موتور DOE-2.2 برای شبیه سازی انرژی استفاده می کند. این سرویس ابری، توانایی تجزیه و تحلیل انرژی را برای نرم افزارهای اتودسک رویت<sup>۲</sup>، اتودسک این سایت<sup>۳</sup> و اتودسک فرم ایت<sup>۴</sup> فراهم می کند (IBPSA-USA, n.d.-a). این تجزیه و تحلیل، اطلاعاتی را در مورد استفاده از انرژی ساختمان، اثرات کربن، مصرف آب، هزینه های مصالح و سایر موارد فراهم می کند. با این اطلاعات می توان طرح های جایگزین را به منظور تصمیم گیری سریع مقایسه کرد. همچنین می توان پارامترهای ساختمان را در یک رابط کاربری مبتنی بر وب تغییر داد که ساده تر از سایر برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان می باشد. با وجود این رابط کاربری ساده، قادر به وارد کردن سطح جزئیات ارایه شده توسط سایر برنامه های شبیه سازی انرژی ساختمان خواهیم بود؛ هر چند می توان نتایج تجزیه و تحلیل را در قالب فایل های خروجی به سایر برنامه های شبیه سازی که قادر به محاسبه مصرف انرژی در گام های زمانی ساعتی می باشند، صادر کرد (Autodesk Inc., n.d.-a).



The screenshot displays the Autodesk Green Building Studio web application. The main content area shows a table of project results for '14-Block A'. The table includes columns for Name, Date, User Name, Floor Area, Energy Use Intensity, Electric Cost, Fuel Cost, Total Annual Cost, Total Annual Energy, Carbon Emissions, and Potential Energy Savings. The table lists several simulation runs, including a base run and several alternate runs with different window glass types and shading coefficients.

Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year)	Electric Cost (\$/kWh)	Fuel Cost (\$/MJ)	Total Annual Cost <sup>1</sup>	Total Annual Energy <sup>1</sup>	Carbon Emissions (Mg)	Potential Energy Savings
Project Default Utility Rates										
Project Default Utility Rates	--	--	--	--	\$0.14	\$0.001	--	--	--	--
Base Run										
14-Block A	2/21/2018 7:13 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	403.6	\$0.14	\$0.001	\$343,152	\$2,417	\$345,569	2,497,466
Alternate Run(s) of 14-Block A										
14-Block A_ASHRAE 90.1-2010	2/21/2018 7:47 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	276.9	\$0.14	\$0.001	\$168,302	\$4,074	\$172,376	1,224,903
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_No change	2/21/2018 7:47 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	443.5	\$0.14	\$0.001	\$360,822	\$3,243	\$364,065	2,626,070
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	461.1	\$0.14	\$0.001	\$365,220	\$3,726	\$368,946	2,658,076
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	440.3	\$0.14	\$0.001	\$360,852	\$3,122	\$363,974	2,626,287
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Dbl LoE	2/21/2018 7:47 PM	amir7905@hotmail.com	26,637	432.8	\$0.14	\$0.001	\$361,487	\$2,825	\$364,312	2,630,911

شکل ۲-۲۲- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو.

یک نمونه از تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان مسکونی که در محیط نرم افزار نشان داده شده است.

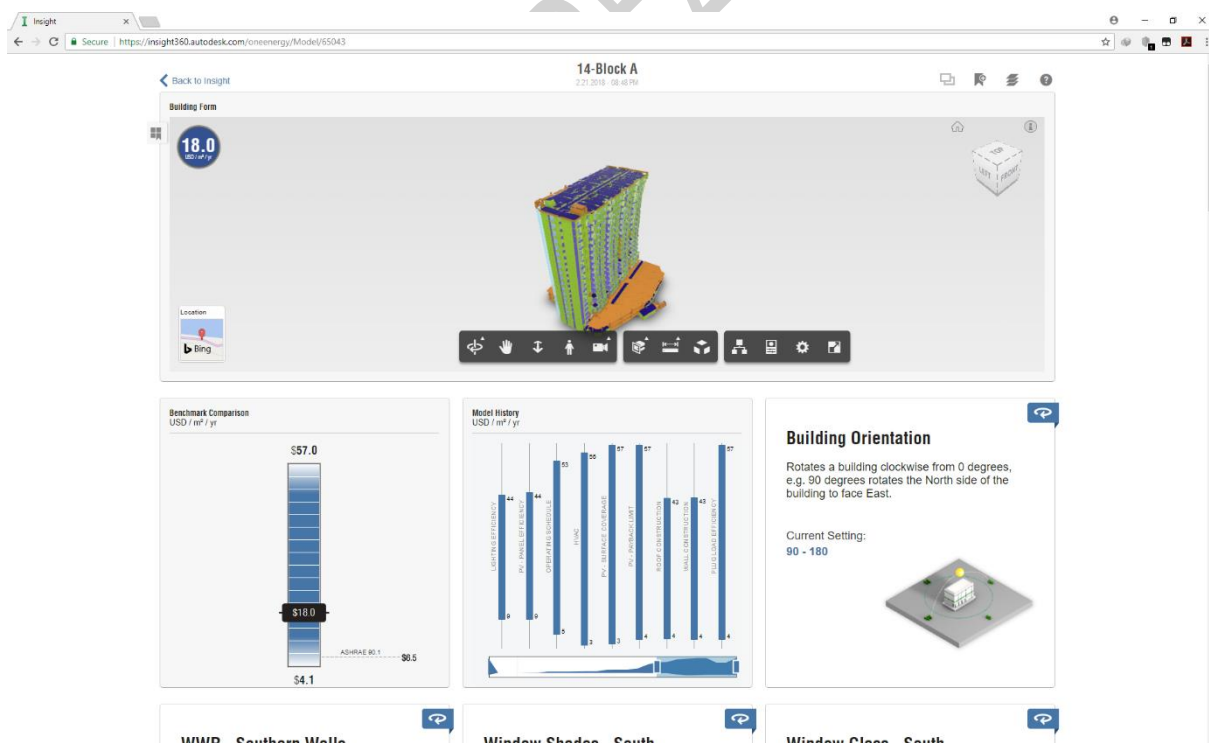
1) Autodesk Green Building Studio (GBS)  
2) Autodesk Revit

3) Autodesk Insight 360  
4) Autodesk FormIt 360

## ۲-۳-۸- اتودسک این سایت<sup>۱</sup>

این سرویس مبتنی بر وب، با کمک موتورهای پیشرفته تجزیه و تحلیل خود، به معماران و تیم های درگیر پروژه این توانایی را می دهد تا به داده های ناشی از عملکرد پروژه دسترسی داشته باشند. از طریق ادغام با نرم افزار رویت و فرم ایت و همچنین دسترسی مستقیم به راهنمایی ها و توصیه های انجام شده به واسطه معیارهای صنعت و موتورهای شبیه سازی قابل اعتماد، معماران می توانند با درک عناصری که به نتایج بهتر عملکرد ساختمان در سراسر چرخه عمر آن کمک می کند، به روند طراحی بپردازند. برخی از قابلیت های این سرویس بدین شرح می باشند:

- محدوده هزینه انرژی و فاکتور های اجرایی
- مقایسه سریع سناریوهای طرح
- محاسبه بارهای گرمایش و سرمایش با موتور پیشرفته انرژی پلاس<sup>۲</sup>
- تابش خورشیدی و تولید انرژی فتوولتائیک
- نتایج نورپردازی قابل برنامه ریزی و مستندات خودکار (IBPSA-USA, n.d.-b).



شکل ۲-۲۳- تصویر شماتیک از نرم افزار اتودسک این سایت.

یک نمونه از تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان مسکونی که در محیط نرم افزار نشان داده شده است.

1) Autodesk Insight 360

2) EnergyPlus

## ۲-۴- سابقه پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته داخلی

بهره وری پایین، سطح بالای ضایعات ساختمانی، افزایش هزینه های دوباره کاری و تاخیرهای طولانی مدت در تکمیل پروژه های ساختمانی، هنوز هم از مشکلات عمده صنعت ساخت و ساز در ایران است. این امر عمدتاً ناشی از تسلط روش های سنتی و عدم توجه به مزایای استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات<sup>۱</sup>، در تحویل پروژه های ساختمانی می باشد (Hosseini et al., 2016).

همچنین، عدم حمایت توسط سیاست گذاران یک مانع عمده برای پذیرش BIM در ایران است. یافته های مطالعات مشابه بر روی موانع مدل سازی اطلاعات ساختمان در مالزی (Zahrizan et al., 2013) و نیجریه (Abubakar et al., 2014) نیز نشان دهنده برجسته بودن نقش دولت در افزایش ترویج سطوح پذیرش BIM در صنعت ساخت و ساز بوده است. به این معنی که شرکت های ساختمانی در ایران، همانند سایر کشورهای در حال توسعه، معمولاً باید با الزامات سیاست گذاران مطابقت داشته باشند، زیرا کسب و کارشان به شدت به بودجه اختصاص یافته به کارهای ساختمانی بخش دولتی وابسته است (Hosseini et al., 2016). از سوی دیگر، استفاده از قابلیت های متنوع فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به منظور افزایش عملکرد و بهره وری در سایت های ساخت و ساز در مطالعات بومی کشورهای مختلف مشاهده شده است (Azhar, 2011).

با ایجاد رکود در صنعت ساخت و هدف گذاری در راستای افزایش بهره وری، حصارهای فکری که باعث شده بود این صنعت، یک صنعت سنتی و بدون پیشرفت فناورانه تلقی گردد، شکسته شد. یکی از ابزارهای جدید مورد استفاده در این صنعت، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) است که می توان گفت استفاده از آن با سرعتی چندین برابر نسبت به ابزارهای قدیمی این صنعت مانند CAD در حال گسترش بوده و توسعه خواهد یافت. با این حال، استفاده از آن در صنعت ساخت ایران نمود پیدا نکرده است تا حدی که در تحقیقات انجام شده نیز، نمونه اجرایی در زمینه مصرف انرژی و روش های بهینه سازی آن در ساختمان با استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مشاهده نگردید و بیشترین مطالعات تحقیقاتی در خصوص این فناوری، مربوط به فرضیات یا نقشه های اجرا شده بوده است.

---

1) Information Communication Technology (ICT)

## ۲-۴-۱- موانع پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران

### ۲-۴-۱-۱- محرک های پذیرش مدل سازی اطلاعات ساختمان

طبق یک مطالعه انجام شده، سنجش پایایی تجزیه و تحلیل آیتم های مورد بررسی برای موانع به کارگیری فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (شامل ۱۳ مورد)، منجر به مقدار ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۲ شد، که بر اساس نظریه روان سنجی<sup>۱</sup> (Nunnally & Bernstein, 1994)، حداقل مقدار پذیرفته شده ۰/۷ می باشد. این امر نشان دهنده قابلیت اطمینان اندازه گیری هایی است که در این مطالعه انجام شده است. (Hosseini et al., 2016). موارد نشان دهنده موانع استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان در جدول (۲-۲)، بر اساس ضریب تغییر<sup>۲</sup> رتبه بندی شده اند. این روش استفاده از ضریب تغییر، حاصل تقسیم انحراف استاندارد با نمره میانگین می باشد که استفاده از آن توصیه شده (Sheskin, 2003)، و در تحقیقات ساختمانی نیز پذیرفته شده است (Hosseini et al., 2016).

$$CV = \frac{\text{Std. Deviation}}{\text{Mean}} \quad \text{رابطه (۱-۲)}$$

ضریب تغییر = CV

Std. Deviation = انحراف استاندارد

Mean = میانگین

انحراف استاندارد بر اساس رابطه زیر تعریف می شود.

$$\text{Std. Deviation} = \sqrt{\frac{\sum (x - \text{Mean})^2}{N}} \quad \text{رابطه (۲-۲)}$$

Std. Deviation = انحراف استاندارد

x = مقدار نمونه برای متغیرها

Mean = میانگین

N = تعداد شرکت کننده (اندازه نمونه)

1) Psychometric Theory

2) Coefficient of Variation (CV)

جدول ۲-۲- اهمیت نسبی موانع مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت ساخت و ساز ایران (Hosseini et al., 2016).

رتبه بندی	تعداد شرکت کنندگان	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییر	موانع
۱	۳۸	۴/۷۸	۱/۴۳	۰/۲۹۹	عدم حمایت و انگیزه از سوی سیاست گذاران ساختمانی
۲	۴۰	۴/۵۰	۱/۴۱	۰/۳۱۴	عدم آگاهی از مبنای شروع به کار
۳	۳۹	۴/۲۸	۱/۴۶	۰/۳۴۲	عدم دسترسی به آموزش های مورد نیاز
۴	۳۹	۴/۵۹	۱/۶۶	۰/۳۶۲	عدم دسترسی به استانداردها و کدهای صنعت BIM
۵	۳۸	۳/۸۴	۱/۴۰	۰/۳۶۵	هزینه های مرتبط با خرید نرم افزار و بسته های لازم
۶	۳۹	۴/۱۲	۱/۵۴	۰/۳۷۳	تغییرات ریشه ای مورد نیاز در شیوه ها، روش ها و گردش کار
۷	۴۰	۳/۵۵	۱/۳۵	۰/۳۸۲	نگرش به BIM، به عنوان یک سرمایه گذاری کم بازده
۸	۳۹	۴/۲۳	۱/۶۴	۰/۳۸۸	عدم وجود ساختار اینترنتی و امکانات ICT کشور در پروژه ها
۹	۴۰	۳/۸۷	۱/۵۵	۰/۴۰۱	هزینه ارتقاء سخت افزاری
۱۰	۴۰	۴/۱۰	۱/۶۶	۰/۴۰۵	عدم خرید از سایر معاملات در بازار
۱۱	۳۹	۳/۷۴	۱/۵۵	۰/۴۱۴	عدم دسترسی به نیروی متخصص
۱۲	۴۰	۳/۶۰	۱/۴۹	۰/۴۱۶	عدم اثبات مزایای BIM
۱۳	۳۸	۳/۰۵	۱/۴۶	۰/۴۸۱	رضایت مندی از روش های فعلی اجرای پروژه ها و سرمایه گذاری غیر ضروری BIM
۱۴	۳۳	-	-	-	نامعتبر

Mean= میانگین , Std. Deviation= انحراف استاندارد , Coefficient of Variation (CV)= ضریب تغییر , Rank = رتبه بندی , Barriers= موانع , N= تعداد شرکت کنندگان

جدول (۲-۲) نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل موانع پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران را بر اساس نمونه کلی پاسخ دهندگان به طور مختصر بیان کرد. همانطور که از جدول (۲-۲) استنباط می شود، مهم ترین مانع پذیرش BIM برای متخصصان ساخت و ساز ایران، عدم حمایت و عدم وجود انگیزه برای ترویج BIM توسط سیاست گذاران صنعت ساخت و ساز بود.

مهم ترین موانع رتبه های دوم، سوم و چهارم، اشاره به عدم شناخت، آگاهی و تجربه در پذیرش BIM در ایران دارند، که باعث شده شرکت ها با احتیاط بیشتری در اتخاذ BIM گام بردارند.

موانع رتبه های پنجم تا نهم، اشاره به مقاومت شرکت های ساختمانی در برابر تغییرات و هزینه های مرتبط با ایجاد BIM در پروژه های اجرایی دارند. از سوی دیگر، زیرساخت های مورد نیاز و سرعت اینترنت برای پذیرش و همکاری BIM، هنوز هم یک مشکل عمده در صنعت ساخت و ساز ایران به ویژه برای پروژه های ارائه شده در مناطق دور افتاده، به دلیل عدم بلوغ ایران در پیاده سازی راه حل های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، می باشد. بنابراین، موانع هشتم و نهم ریشه در مشکلات مربوط به زیرساخت ها و هزینه های قابل توجه جهت تهیه سخت افزارهای مورد نیاز برای پذیرش BIM در پروژه ها دارد که در جدول (۲-۲) بیان شده است. پس، درک تدریجی و عدم توجه کلی به بازار، تصمیم گیرندگان را از تلاش برای پذیرش BIM باز می دارد.

موانع رتبه های دهم تا سیزدهم، منعکس کننده مشکلات عمومی و عدم درک صحیح بوده که مانع از افزایش سطح پذیرش BIM در طیف وسیعی از کشورها می شود و ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. بدین معنی که مزایای مدل سازی اطلاعات ساختمان تنها توسط کاربران با تجربه آن شناخته شده و قابل درک است و این کمبود تجربه با این فناوری در ایران، کمبود آگاهی از مزایای بالقوه آن را تقویت می کند که به نوبه خود شرکت ها را از تلاش برای پذیرش BIM بر روی پروژه های خود، منع می کند. چنین مشکلی به تمامی طرفین در زنجیره تامین ساخت و ساز مربوط می شود و منجر به عدم سرمایه گذاری در صنعت ساخت و ساز می گردد (Hosseini et al., 2016).

## ۲-۴-۲- پتانسیل ها و ارزش افزوده پذیرش BIM در صنعت معماری، مهندسی و ساخت

استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز، امکان انتقال از فاز طراحی به مرحله ساخت و ساز را به نحو مطلوبی فراهم آورد. بدین ترتیب که به کمک این فناوری، فرآیندهای کاری و گردش اطلاعات از رشته های متعدد، شرکت های ساختمانی متفاوت و مراحل مختلف پروژه جمع آوری شد (Khodeir & Nessim, 2018). جدول (۲-۳) خلاصه پتانسیل های اصلی و ارزش افزوده پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان را بر اساس مرور ادبیات گذشته نشان داده است.

جدول ۲-۳- پتانسیل ها و ارزش افزوده پذیرش BIM در صنعت معماری، مهندسی و ساخت (Khodeir & Nessim, 2018).

نویسنده	مرحله چرخه عمر ساختمان	پتانسیل های مدل سازی اطلاعات ساختمان	ارزش افزوده
استمن و همکاران <sup>۱</sup>	پیش از ساخت	برآورد زمان و هزینه اجرای پروژه	- اطمینان از امکان سنجی مفهوم طراحی - ارزیابی گزینه های طراحی
لوترا <sup>۲</sup>	مرحله طراحی	طراحی یکپارچه و تجزیه و تحلیل محیط زیست	بهبود کیفیت در فرآیند طراحی و ترسیم
استمن و همکاران <sup>۱</sup>	توسعه طراحی	به روز رسانی همزمان تمام تغییرات مدل سازی ساختمان در پایگاه داده مرکزی	بهره وری طراحی
موریسون <sup>۳</sup>	توسعه طراحی	تصمیم گیری های آگاهانه در مورد هزینه ها	بهره وری هزینه
ازهر و براون <sup>۴</sup>	شبیه سازی انرژی	کمک به اجرای تجزیه و تحلیل عملکرد پیچیده ساختمان ها	بهینه سازی بهره وری انرژی در طراحی ساختمان های پایدار
ازهر و براون <sup>۴</sup> استمن و همکاران <sup>۱</sup>	ساخت و ساز	شبیه سازی فرآیند ساخت و ساز	شناسایی خطرات و فرصت های بالقوه برای بهبود های احتمالی
موریسون <sup>۳</sup>	ساخت و ساز	کنترل پروژه در طول زمان اجرا	بهره وری مدیریت زمان
یان و دمیان <sup>۵</sup>	بهره برداری	تولید همزمان اطلاعات در طی عملیات اجرایی	صرفه جویی در چرخه عمر ساختمان

1) Eastman et al. , 2) Luthra , 3) Morrison , 4) Azhar and Brown , 5) Yan and Damian

## ۲-۵- سابقه پژوهش ها و مطالعات انجام گرفته خارجی

تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی یک ساختمان در طول مراحل اولیه طراحی، نیازمند دسترسی به اطلاعات ویژگی مصالح (خواص مصالح مورد استفاده<sup>۱</sup>، ضریب انتقال حرارتی<sup>۲</sup> و سیستم های فنی<sup>۳</sup>)، که از عوامل تعیین کننده عملکرد انرژی ساختمان هستند، می باشد (Schlueter & Thesseling, 2009). یکی از اهداف مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، کمک به هماهنگی میان ذینفعان<sup>۴</sup> پروژه می باشد. این امر با استفاده از اطلاعات ذخیره شده در هر مرحله از فرآیند طراحی ساختمان به دست می آید. مدل سازی اطلاعات ساختمان اجازه می دهد تا اطلاعات طراحی در یک مرکز داده مجزا ذخیره شوند و توسط ذینفعان پروژه قابل دسترس باشند (Glick & Guggemos, 2009).

از یک دیدگاه کلی، بزرگترین مزیت استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در فرآیند ساخت و ساز این است که به طور مداوم امکان اندازه گیری عملکرد انرژی برای چرخه حیات کامل ساختمان وجود دارد (Laine et al., 2007). طبق مطالعه انجام شده در ایالات متحده آمریکا، ساختمان های تجاری و مسکونی نزدیک به ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی، ۷۰ درصد از مصرف برق، ۴۰ درصد از مواد خام، و ۱۲ درصد از منابع آب شرب، ۳۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای و ۱۳۶ تن تولید ضایعات ساختمانی را در بر می گیرند (EEREN, 2011).

با توجه به افزایش آگاهی در خصوص مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای، روش های مختلفی برای ارزیابی ساختمان توسعه یافت. در اروپا عمدتاً از روش ارزیابی انتشارات زیست محیطی تحقیقات ساختمان (BREEAM)<sup>۵</sup>، استفاده می شود. برییم (BREEAM)، مجموعه ای از استانداردها برای دستیابی به بهترین نتیجه در طراحی پایدار و تبدیل آن به عوامل اندازه گیری قابل استفاده برای توصیف عملکرد زیست محیطی ساختمان می باشد (BREEAM, 2011).

یکی دیگر از روش های پایداری ساختمان در هنگ کنگ، روش ارزیابی زیست محیطی می باشد که بدین منظور، به هر ساختمان یک کد انرژی تعلق می گیرد (Lee & Burnett, 2008). در ایالات متحده آمریکا محبوب ترین روش، راهنمای انرژی و طراحی زیست محیطی می باشد (LEED)<sup>۶</sup> (LEED, 2011).

1) Materialization

2) U-value

3) Technical Systems such as HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning)

4) Stakeholders

5) Building Research Establishment Environmental Assessment Method

6) Leadership in Energy and Environmental Design



طبق مطالعه ای که در سال ۲۰۱۷ میلادی توسط گورلیس و همکارش در خصوص تجزیه و تحلیل بهره وری انرژی ساختمان های صنعتی با استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان انجام شد، مشخص گردید که با وجود افزایش اهمیت مدل سازی اطلاعات ساختمان در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز، هنوز تا حد زیادی پتانسیل های این فناوری در ساخت و ساز صنعتی، به دلیل پنهان کاری و امنیت داده ها در صنایع، ناشناخته باقی مانده اند. با این حال، مدل سازی اطلاعات ساختمان پتانسیل های فراوانی برای مدیریت چرخه عمر تاسیسات صنعتی با امکان ادغام مدل های ساختمانی و محصولات، سیستم های تهویه مطبوع، ماشین آلات و تجهیزات فراهم می کند.

با استفاده از مدل سازی سه بعدی BIM در طراحی تاسیسات صنعتی و به دنبال آن مدل سازی و تجزیه و تحلیل انرژی، می توان عملکرد انرژی ساختمان را ارزیابی و بهینه سازی نمود. اتصال اطلاعات غنی سه بعدی ساختمان و مدل های تهویه مطبوع با سایر مدل ها، مانند ماشین آلات و سیستم های تولید، اجازه می دهد تا شبیه سازی و تجزیه و تحلیل انرژی به صورت جامع تر انجام شود، که این امر می تواند تا ۵۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی تاسیسات صنعتی را به همراه داشته باشد (Gourlis & Kovacic, 2017).

در سال ۲۰۱۶ میلادی، مطالعه ای توسط گوا و همکارش بر روی سنجش عوامل موثر در صرفه جویی هزینه های انرژی بر مبنای فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان انجام شد. این مطالعه به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد مصرف انرژی، با استفاده از تکنولوژی مدل سازی اطلاعات ساختمان، به شبیه سازی کامپیوتری ساختمان جدید تحقیقات مهندسی عمران دانشگاه ملی تایوان پرداخته است.

نتایج این مطالعه نشان داد که فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان می تواند اشتباهات را در مرحله طراحی کاهش دهد و کارایی کلی طرح را بهبود بخشد. انتخاب روش های مناسب بر اساس تجزیه و تحلیل BIM می تواند با ارایه طرح های مختلف و در نهایت شناسایی راه حل های ارزان قیمت و مقرون به صرفه، طرحی موفقیت آمیز را به همراه داشته باشد. مزایای صرفه جویی در مصرف انرژی باید با تجزیه و تحلیل اقتصادی همراه باشد تا طراحی مطلوب را به شیوه ای جامع شناسایی کند. مدل سازی اطلاعات ساختمان یک ابزار کمکی می باشد و در نهایت هزینه یک عامل کلیدی در هر فرآیند تصمیم گیری در طول مراحل طراحی و ساخت و ساز خواهد بود (Guo & Wei, 2016).

در زمینه مصرف انرژی از طریق پوشش ساختمان، مطالعاتی توسط نیکوفرد و همکارانش در سال ۲۰۱۴ میلادی انجام شد. در این تحقیق، امکان سنجی اقتصادی تغییرات پنجره با استفاده از شبیه سازی انرژی، بر اساس مدل انرژی مصرفی در یک مجتمع مسکونی در کانادا، به همراه اطلاعات مربوط به انتشار گازهای گلخانه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که پنجره های حرارتی بهبود یافته می توانند به طور قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در بخش مسکونی کمک نمایند (Nikoofard et al., 2014).

لیو و همکارش در سال ۲۰۱۳ میلادی در مطالعه ای دریافتند که دیوارهای خارجی و به دنبال آن پنجره های سطوح خارجی ساختمان، همواره بیشترین سهم را در صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه ای (ECER)<sup>۱</sup>، در ساختمان های با مصرف انرژی بالا، در مقایسه با سایر پارامترها دارند (Liu & Guo, 2013).

در یک مطالعه که توسط پارک و همکارانش در سال ۲۰۱۲ میلادی بر روی مدل سازی اطلاعات ساختمان بر مبنای سیستم ارزیابی عملکرد انرژی<sup>۲</sup> انجام شد، مشخص گردید که این سیستم، توانایی محاسبه خودکار در یک ناحیه را با حصول اطمینان در دقت ارزیابی دارا می باشد. همچنین از نظر زمان صرف شده برای ارزیابی نیز، با استفاده از روش موجود در پروژه مورد مطالعه، که طی سه هفته به انجام رسید، با استفاده از روش BIM-EPAs، این محاسبات تنها دو دقیقه طول کشید. چنین اختلاف زیادی در زمان ارزیابی مابین روش ها، ارزش استفاده از روش های مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساختمان را هنگام ارزیابی عملکرد انرژی یک ساختمان نشان می دهد (Park et al., 2012).

در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۱۲ میلادی انجام شد، کیم و همکارانش تاثیر دستگاه های مختلف سایه انداز خارجی را روی بارهای تهویه مطبوع در ساختمان های مسکونی مورد مطالعه قرار دادند، و نشان دادند که دستگاه های سایه انداز بیرونی می توانند به طور قابل توجهی مصرف انرژی تهویه مطبوع را کاهش دهند (Kim et al., 2012).

در یک مطالعه که در سال ۲۰۱۱ میلادی انجام شد، نیکوفرد و همکارانش اندازه اثر سایه سایت را روی انرژی مورد نیاز ساختمان های مسکونی در کانادا اندازه گیری کردند و دریافتند که سایه های خارجی باید در شبیه سازی انرژی مورد توجه قرار گیرند (Nikoofard et al., 2011).

---

1) Energy Conservation and Emissions Reduction (ECER)

2) Building Information Modeling-Energy Performance Assessment System (BIM-EPAS)

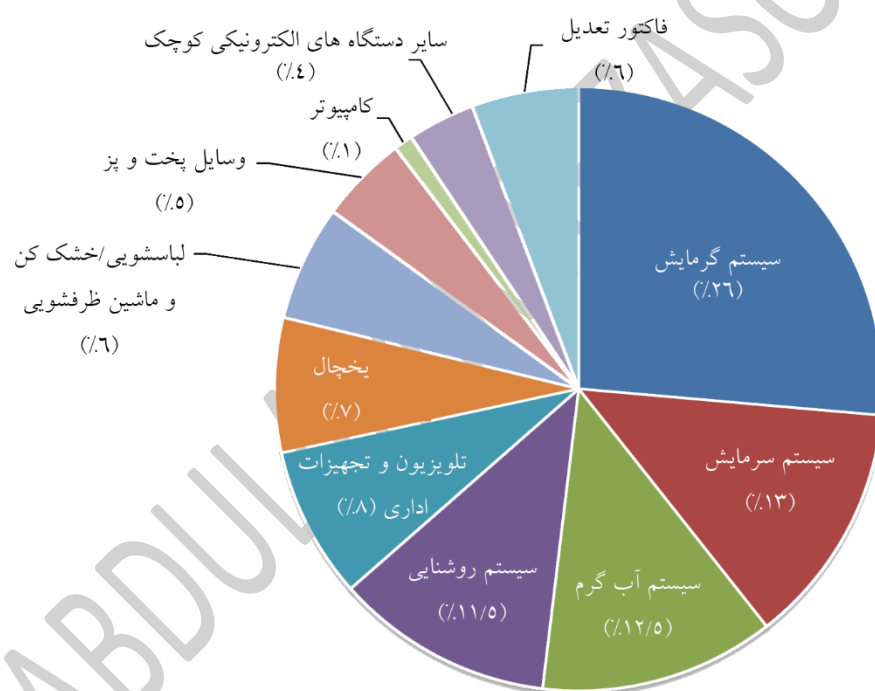
جدول (۲-۴) خلاصه پژوهش ها و مطالعات انجام شده در راستای پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان را در صنعت معماری، مهندسی و ساخت بر اساس مرور ادبیات گذشته نشان داده است.

جدول ۲-۴- پژوهش ها و مطالعات پذیرش BIM، مطابق با مرور ادبیات.

نام نویسنده	عنوان	پتانسیل های مدل سازی اطلاعات ساختمان	ارزش افزوده	سال انتشار
گورلیس و کواچیک <sup>۱</sup>	تجزیه و تحلیل انرژی موثر ساختمان های صنعتی	کمک به اجرای تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان های صنعتی	بهره وری انرژی ساختمان های صنعتی	۲۰۱۷
گوا و وای <sup>۲</sup>	سنجش اقتصادی صرفه جویی انرژی	طراحی یکپارچه و تجزیه و تحلیل اقتصادی	بهبود کیفیت طراحی و بهره وری هزینه	۲۰۱۶
نیکوفرد و همکارانش <sup>۳</sup>	ارزیابی فنی - اقتصادی اثرات بهبود پنجره و انتشار گازهای گلخانه ای	برآورد هزینه و تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان	کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای با پنجره های حرارتی بهبود یافته	۲۰۱۴
لیو و گوا <sup>۴</sup>	اثرات حفاظت از انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای	سهم اجزای ساختمان در کاهش مصرف انرژی	بهینه سازی بهره وری انرژی برای طراحی ساختمان پایدار	۲۰۱۳
پارک و همکارانش <sup>۵</sup>	سیستم ارزیابی عملکرد انرژی بر مبنای مدل سازی اطلاعات ساختمان	برآورد زمان و دقت ارزیابی	حصول اطمینان در دقت ارزیابی و کاهش زمان	۲۰۱۲
کیم و همکارانش <sup>۶</sup>	مزیت نسبی سایبان در عملکرد حرارتی ساختمان	اثر سایبان روی تجزیه و تحلیل بارهای تهویه مطبوع	بهره وری انرژی	۲۰۱۲
نیکوفرد و همکارانش <sup>۳</sup>	اثر سایه خارجی در مصرف انرژی	طراحی یکپارچه و تجزیه و تحلیل محیط پیرامون	بهره وری طراحی، انرژی و هزینه	۲۰۱۱

1) Gourlis and Kovacic , 2) Guo and Wei , 3) Nikoofard et al. , 4) Liu and Guo , 5) Park et al. , 6) Kim et al.

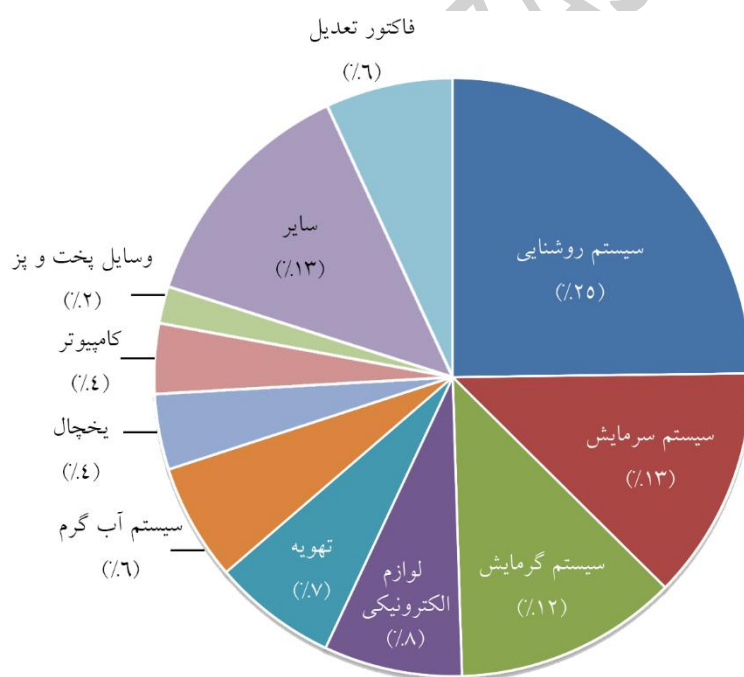
نتایج یک مطالعه نشان داد که در سال ۲۰۰۵ میلادی، تعداد ۱۰۸ میلیون خانه مسکونی در ایالات متحده آمریکا وجود داشت. اکثریت خانه ها (۷۱ درصد)، به صورت خانه های تک نفره با مساحت متوسط ۲۲۸ مترمربع بود. خانه های باقی مانده را واحدهای چند خانوار یا خانه های سیار تشکیل داده بودند. شکل (۲-۲۴)، توزیع معمول از مصرف نهایی انرژی را برای یک ساختمان مسکونی نشان داده است. همانطور که در شکل مشخص بود، انرژی مورد نیاز یک سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)<sup>۱</sup> خانگی، دارای بزرگترین سهم (۳۹ درصد) از کل مصرف انرژی خانه و به دنبال آن سیستم گرمایشی آب گرم (۱۲/۵ درصد) و سیستم روشنایی (۱۱/۵ درصد) می باشد. انرژی باقیمانده نیز توسط لوازم اصلی (یخچال، لباسشویی و خشک کن، ماشین ظرفشویی، وسایل پخت و پز) و بارهای الکتریکی مختلف مصرف شد (Douglass, 2010).



شکل ۲-۲۴- توزیع مصرف نهایی انرژی برای خانه های مسکونی در ایالات متحده. فاکتور تعدیل برای اختلاف بین منابع داده ای لحاظ شده است (Douglass, 2010).

1) Heating, Ventilating and Air Conditioning

همچنین، تعداد ۴/۷ میلیون ساختمان با مجموع زیربنای ۶/۴ میلیارد مترمربع، فضای طبقات ساختمان های تجاری را در ایالات متحده تشکیل داده اند. ساختمان های اداری، بیشترین درصد فضای تجاری (۱۷ درصد)، ساختمان ها و مراکز خرده فروشی (۱۶ درصد)، امکانات آموزشی (۱۴ درصد)، امکانات ذخیره سازی و انبارها (۱۴ درصد) و سایرین را شامل شدند. استفاده از انرژی های پایدار برای ساختمان های تجاری به طور قابل ملاحظه ای متفاوت از خانه های مسکونی است. همانطور که در شکل (۲-۲۵) نشان داده شد، بیشترین سهم مصرف انرژی برای ساختمان های تجاری مربوط به سیستم روشنایی (۲۵ درصد) بود. سایر موارد مهم دیگر عبارتند از: سیستم سرمایش و گرمایش فضاها (۲۵ درصد)، تجهیزات اداری مانند: کامپیوترها و لوازم الکترونیکی (۱۲ درصد) و سیستم تهویه مطبوع (۷ درصد) (Douglass, 2010).



شکل ۲-۲۵- توزیع مصرف نهایی انرژی برای ساختمان های تجاری در ایالات متحده. فاکتور تعدیل برای اختلاف بین منابع داده ای لحاظ شده است (Douglass, 2010).

درک تفاوت بین شاخص های مصرف نهایی انرژی در ساختمان های مسکونی و تجارتي برای تعیین یک استراتژی مناسب به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی ضروري می باشد. به طور معمول، افزایش گرمای داخلی (ناشی از سیستم های روشنایی، تجهیزات و ساکنین) در ساختمانهای تجاری تمایل به غلبه بر شدت نفوذ گرما از طریق پوشش یا پوسته ساختمان دارد (Givoni, 1998).

بنابراین، صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان های تجاری عمدتاً از کاهش منابع گرمایی داخلی حاصل می شود. برای ساختمان های مسکونی، معمولاً نقطه مقابل این قضیه صحیح می باشد. ساختمان های مسکونی تمایل به نفوذ از طریق پوسته خارجی ساختمان را دارند، به این معنی که شدت نفوذ گرما از طریق پوسته خارجی ساختمان بیشتر از شدت گرمای داخلی از طریق سیستم های روشنایی، تجهیزات و ساکنین می باشد. به همین دلیل، صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان های مسکونی عمدتاً از طریق بهسازی پوشش خارجی ساختمان انجام می گیرد. اگر چه این روند به طور کلی صحیح می باشد، اما عواملی مانند آب و هوا نیز می توانند به طور قابل ملاحظه ای بر روی شاخص مصرف انرژی ساختمان تاثیرگذار باشند (Givoni, 1998).

## ۲-۶- نتیجه گیری

با توجه به سیاست گذاری صنعت ساخت و ساز در راستای افزایش بهره وری، پیشرفت های فراوانی در این زمینه به وجود آمد. یکی از فناوری های مورد استفاده در این صنعت، مدل سازی اطلاعات ساختمان است. از مزایای عمده این فناوری، شبیه سازی انرژی ساختمان در تمامی مراحل طراحی و حتی در طی فرآیند چرخه عمر ساختمان می باشد. با این حال، تاکنون از این فناوری در صنعت ساخت ایران استفاده نشده است. تا حدی که در تحقیقات انجام شده نیز، نمونه مطالعاتی یا اجرایی در زمینه مصرف انرژی و روش های بهینه سازی آن در ساختمان مشاهده نگردید. در بخش مطالعات خارجی نیز، نمونه تحقیقاتی در خصوص بررسی جامع پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی با استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان مشاهده نشد.

# فصل سوم

روش شناسایی پژوهش

(مtdولوژی)

### ۱-۳- مقدمه

فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، عملیات طراحی، ساخت و بهره برداری از یک پروژه ساخت و ساز را به صورت مجازی شبیه سازی می نماید که به تصمیم گیری درست ذینفعان در هر یک از این مراحل اجرای پروژه کمک کرده و باعث افزایش بهره وری و عملکرد آنها می شود. در کنار این ویژگی ها، مطالعات انجام شده در سراسر جهان نشان می دهد که مدل سازی اطلاعات ساختمان در هر یک از فازهای پروژه می تواند کمک بسزایی در جهت افزایش بهره وری و کاهش دوباره کاری ها به شرکت ها و فعالان صنعت ساخت نماید.

### ۲-۳- انتخاب نرم افزار

برای ایجاد مدل اطلاعات ساختمان، نرم افزار اتودسک رویت (نسخه ۲۰۱۸)<sup>۱</sup> به عنوان بسته نرم افزاری انتخاب گردید. از دلایل انتخاب این نرم افزار به عنوان نرم افزار مرجع، می توان وجود ابزارهایی برای استراتژی های مختلف طراحی با رویکرد مدل سازی از پایین به بالا و بالا به پایین نام برد. همچنین امکان انجام تجزیه و تحلیل انرژی با استفاده از افزونه داخلی اتودسک این سایت<sup>۲</sup> در این نرم افزار فراهم می باشد. از دیگر قابلیت های این نرم افزار، پشتیبانی از خروجی داده های ساختمان در فرمت های استاندارد (مانند: IFC و gbXML) می باشد که امکان تجزیه و تحلیل انرژی را با نرم افزارهای خارجی تحلیلگر انرژی مهیا می سازد. برای انجام تجزیه و تحلیل انرژی در این پژوهش از ابزار مرتبط در حوزه انرژی استفاده شد. این ابزار به دلیل توانایی سریع در ایجاد مدل انرژی و تجسم سازی آن در مطالعات طراحی اولیه انتخاب گردید. همچنین برای انجام مقایسه بین حالات مختلف نتایج آنالیز انرژی از برنامه استودیوی ساختمان سبز<sup>۳</sup> کمپانی اتودسک استفاده شد. قابل ذکر است که این نرم افزارهای آنالیز انرژی، یک سرویس مبتنی بر وب انعطاف پذیر می باشند که امکان اجرای شبیه سازی عملکرد ساختمان را به منظور بهینه سازی بهره وری انرژی فراهم می سازند. از دلایل انتخاب این نرم افزارها علاوه بر موارد ذکر شده، می توان به حداقل استفاده از منابع سخت افزاری سیستم و سرعت بسیار بالا در انجام تجزیه و تحلیل انرژی در فضای ابری را نام برد.

1) Autodesk Revit 2018

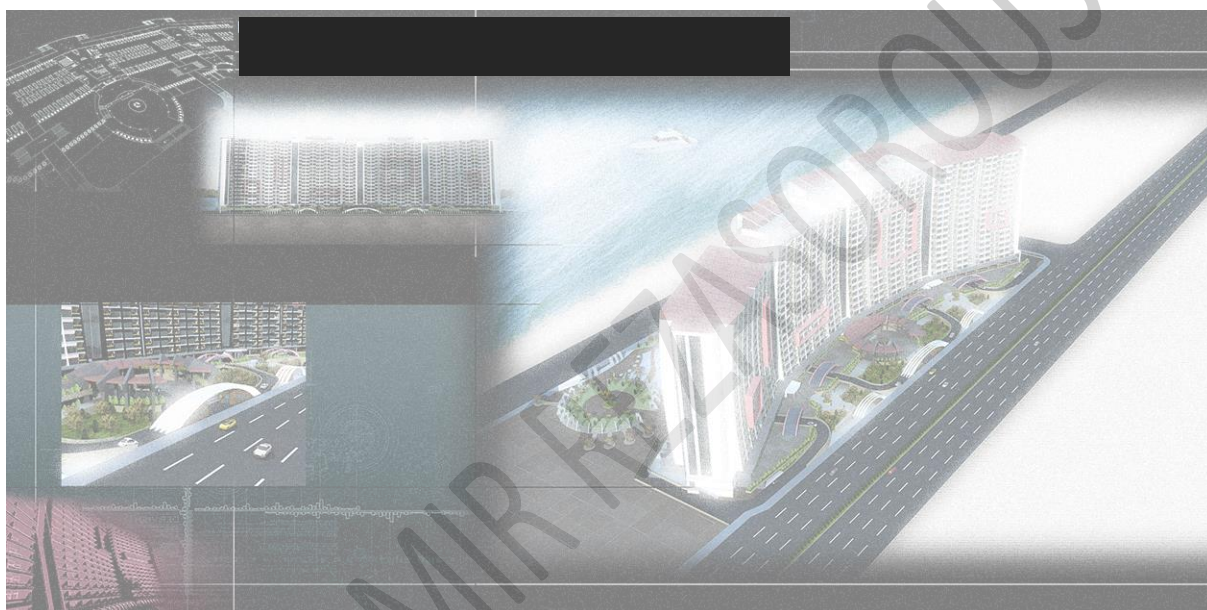
2) Autodesk Insight 360

3) Autodesk Green Building Studio (GBS)



### ۳-۳- انتخاب ساختمان

ساختمان مورد مطالعه، یک مجتمع مسکونی مشتمل بر چهار بلوک به همراه یک راهروی میانی جهت دسترسی می باشد. زیربنای پروژه بالغ بر ۱۸۰۰۰ مترمربع و مجموع بنا، مساحتی در حدود ۱۹۱۰۰۰ مترمربع را دربر می گیرد. معماری ساختمان به گونه ای است که فرم کلی بنا، تشکیل دو قوس، یکی در جهت طولی و یکی در ارتفاع ساختمان داده است. این طراحی باعث به وجود آمدن فرورفتگی و پیش آمدگی بنا در هر طبقه از ساختمان گردید. موقعیت مکانی این پروژه، [REDACTED] می باشد.



شکل ۳-۱- تصویر سه بعدی رندر شده از نمای بالای ساختمان.



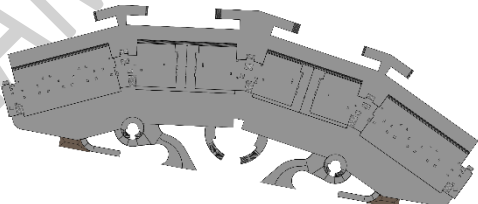
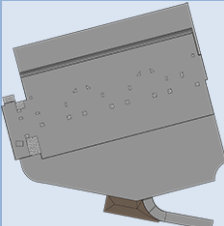
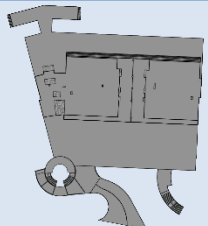
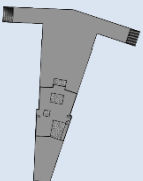
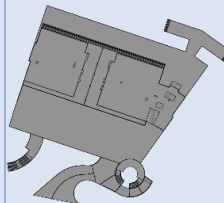
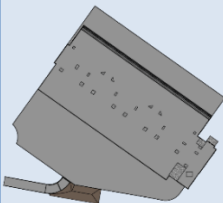
شکل ۳-۲- تصویر سه بعدی رندر شده از نمای شمالی ساختمان.

از دلایل اصلی انتخاب این ساختمان، بررسی تغییرات هزینه ناشی از بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان نسبت به ابعاد و موقعیت جغرافیایی پروژه (مجاورت ساختمان با دریا) می باشد. همچنین بررسی فرم و وضعیت جهت گیری ساختمان نسبت به کل سایت با استفاده از فناوری BIM، یکی دیگر از اهداف انتخاب آن بوده است.

### ۳-۴- روش انجام پژوهش

در این پژوهش، ابتدا ساختمان مورد نظر در نرم افزار رویت مدل سازی شد، سپس با توجه به نوع مصالح مصرفی، تجهیزات و موقعیت مکانی پروژه، محاسبات مربوط به مصرف انرژی ساختمان با استفاده از ابزار مرتبط در حوزه انرژی انجام گردید. در نهایت، با بررسی حالت های مختلف مصرف انرژی، بهینه ترین حالت ممکن انتخاب شد. شایان ذکر است، به دلیل محدودیت نرم افزار در ارسال سطوح سایه<sup>۱</sup> (حداکثر ۱۰.۰۰۰ سطح) و همچنین تعداد درب<sup>۲</sup> ها (حداکثر ۴.۰۹۶ درب)، امکان انجام محاسبات مربوط به مصرف انرژی در حالت کلی ناشی از پیچیدگی بسیار زیاد و ابعاد ساختمان میسر نبود. به همین دلیل، هر یک از بلوک های این برج مسکونی به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در نهایت، المان سقف کاذب نیز به دلیل افزایش سطوح سایه از مدل ساختمان حذف گردید.

جدول ۳-۱- تفکیک بلوک های ساختمان جهت انجام آنالیز انرژی.

				
بلوک A	بلوک B	لابی میانی	بلوک C	بلوک D
۲۰ طبقه	۲۲ طبقه	۲۲ طبقه	۲۲ طبقه	۲۰ طبقه
				

- 1) Shade Surfaces
- 2) Door

### ۳-۵- ابزار جمع آوری اطلاعات

استفاده از مقالات علمی، کتب علمی، ژورنال های معتبر، سایت های علمی، نقشه های معماری، سازه، تاسیسات (الکتریکی، مکانیکی، لوله کشی)، داده های آب و هوایی، جهت تابش خورشید و زوایای تابش.

### ۳-۶- روش تجزیه و تحلیل داده ها

ساختمان مورد پژوهش با استفاده از نقشه های معماری، در نرم افزار رویت مدل سازی شد، سپس با توجه به نوع مصالح بکار رفته به همراه خصوصیات فیزیکی و حرارتی، تجهیزات مصرفی و موقعیت مکانی پروژه (جهت استفاده از داده های اقلیمی)، محاسبات مربوط به انرژی مصرفی ساختمان انجام گردید. با تغییر پارامترهای مختلف تاثیرگذار در مصرف انرژی ساختمان و تجزیه و تحلیل های مجدد، خروجی های به دست آمده از تحلیل مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند و در نهایت بهینه ترین حالت مصرف انرژی انتخاب شد.

### ۳-۷- مشخصات پایه مدل انرژی

بسته به ابزار تجزیه و تحلیل و مطالعات خاص، مدل انرژی ساختمان نیازمند گروهی از پارامترها می باشد. عمده این پارامترها دربرگیرنده موارد ذیل می باشند:

- ساختار مواد عناصر ساختمانی و خواص حرارتی مرتبط
- انواع سیستم های تهویه مطبوع و آب گرم، به همراه راندمان دستگاه ها
- راندمان و شدت روشنایی
- سطح اشغال ساختمان
- بارهای الکتریکی، مانند: لوازم خانگی و سایر دستگاه های الکترونیکی
- شدت حرارت داخلی، ناشی از بارهای الکتریکی و ساکنین
- نرخ نفوذ طبیعی ساختمان (نشت هوا)
- تهویه طبیعی (به عنوان مثال باز و بسته شدن درب ها و پنجره ها)
- دستگاه کنترل کننده دما
- زمان بندی عملیاتی

اکثر برنامه های تجزیه و تحلیل انرژی، نیاز به پارامترهای مشابه یا جزئیات دقیق تر ندارند. این امر می تواند این واقعیت را انعکاس دهد که برخی از این برنامه ها به عنوان ابزار طراحی اولیه در نظر گرفته می شوند، بنابراین نیاز به اطلاعات کمتری دارند. معیار سنجش پژوهشگاه انرژی ساختمان آمریکا<sup>۱</sup> به عنوان راهنمای استاندارد، برای کنترل برخی از پارامترهای مدل پایه انرژی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این پژوهشگاه، کاهش ۴۰ درصدی (یا بیشتر) مصرف انرژی خانه های جدید، با کمترین هزینه و بدون تاثیر بر هزینه مالکیت ساختمان می باشد. معیار سنجش تحقیقات ساختمان آمریکا، مصرف انرژی پایه را برای ساختمان های مسکونی تعیین می کند. با استفاده از عواملی مانند نوع ساختمان (به عنوان مثال خانه های تک نفره و خانه های چند نفره)، اندازه ساختمان و موقعیت مکانی بنا، معیار ارزش برای پارامترهای ورودی مدل انرژی فراهم می شود (Douglass, 2010; Hendron & Engebrecht, 2010).

خلاصه ای از پارامترهای اصلی مدل پایه انرژی در ادامه بیان می گردد.

### ۳-۷-۱- پارامتر پوشش ساختمان

پارامتر پوشش ساختمان، بستگی به موقعیت مکانی پروژه و محدوده درجه حرارت روزانه دارد. این محدوده، به عنوان یک شاخص برای نشان دادن تقاضای انرژی مورد نیاز ساختمان شناخته می شود، و برابر با مجموع تفاوت بین میانگین دمای روزانه و دمای پایه (به طور معمول ۱۸ درجه سانتیگراد) می باشد (Climate Prediction Center, n.d.). مکان واقعی پروژه (شکل ۳-۳) به منظور استفاده از داده های اقلیمی (شکل ۳-۴) جهت انجام آنالیز انرژی، به نرم افزار معرفی شد. معیار ارزیابی ضریب انتقال حرارتی<sup>۲</sup> مصالح، به همراه مقاومت حرارتی<sup>۳</sup> آنها در جدول (۳-۲) نشان داده شده است. همچنین از نرخ نفوذ هوا به داخل یا خارج ساختمان برای تمام شبیه سازی ها صرف نظر گردیده است.

---

1) The U.S. Department of Energy's Building America Research Benchmark Definition

2) Heat Transfer Coefficient (U-value)

3) Thermal Resistance (R-value)



شکل ۳-۳- تعیین مکان پروژه به منظور استفاده از داده های اقلیمی جهت انجام آنالیز انرژی.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dry Bulb	15 °C	20 °C	16 °C	24 °C	25 °C	30 °C	30 °C	31 °C	28 °C	25 °C	21 °C	19 °C
Wet Bulb	11 °C	11 °C	13 °C	18 °C	22 °C	25 °C	27 °C	27 °C	25 °C	22 °C	18 °C	13 °C
Mean Daily Range	4 °C	4 °C	3 °C	4 °C	3 °C	4 °C	4 °C	4 °C	4 °C	5 °C	4 °C	4 °C

Heating Design Temperature: 2 °C

Clearness Number: 1.0

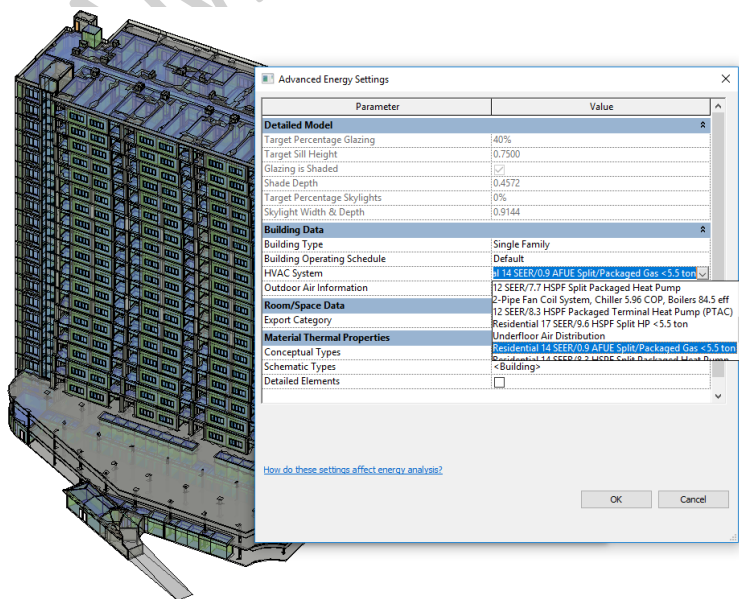
شکل ۳-۴- استخراج داده های اقلیمی توسط نرم افزار رویت از نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی.

جدول ۳-۲- پارامترهای پوشش ساختمان برای مدل پایه انرژی.

مقاومت حرارتی (R) (m <sup>2</sup> .K)/W	ضریب انتقال حرارت (U) W/(m <sup>2</sup> .K)	نوع مصالح	مؤلفه
۰/۱۵۳۸	۶/۵	بلوک بتنی (۲۰ سانتیمتر)	دیوار های خارجی
۰/۰۷۶۹	۱۳	بلوک بتنی (۱۰ سانتیمتر)	دیوارهای داخلی
۰/۴۳۰۲	۲/۳۲۴۴	بتن آرمه (۴۵ سانتیمتر)	دیوار های برشی بتنی
۰/۲۱۵۱	۴/۶۴۸۹	بتنی (بتن درجا)	سقف ها
۰/۴۵۵۷	۲/۱۹۴۴	چوبی (با یک درجه فشردگی)	درب خارجی واحد ها
۰/۱۷۷۹	۵/۶۲۱۲	شیشه تک جداره با قاب چوبی	درب تراس ها
۰/۱۵۲۵	۶/۵۵۸۰	شیشه تک جداره با قاب فلزی	درب ورودی لابی ها
۰/۲۷۰۱	۳/۷۰۲۱	فلزی	درب آسانسور ها
۰/۲۷۱۱	۳/۶۸۸۶	شیشه تک جداره	پنجره ها

### ۳-۷-۲- پارامتر سیستم تهویه مطبوع و گرمایش

کارایی سیستم تهویه مطبوع ساختمان بستگی به نوع سیستم مورد استفاده دارد. فرض بر این است که ساختمان دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. همچنین فرض بر این است که بازدهی مصرف سوخت سالیانه<sup>۱</sup> پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی<sup>۲</sup> سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود.



شکل ۳-۵- تعیین نوع سیستم تاسیسات مصرفی جهت انجام آنالیز انرژی.

1) Annual Fuel Utilization Efficiency (AFUE)

2) Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)



### ۳-۷-۳ پارامتر وسایل و تجهیزات الکتریکی

ساختمان های مسکونی دارای بارهای الکتریکی زیادی (اعم از کوچک و بزرگ) هستند. پژوهشگاه انرژی ساختمان آمریکا، مصرف انرژی سالیانه برای عموم بارهای الکتریکی را تهیه کرده است. مصرف انرژی برای بارهای بزرگ مانند وسایل آشپزخانه و ماشین لباسشویی به طور جداگانه معرفی شده اند. همچنین بارهای کوچک تر مانند تلویزیون، شارژر باتری و توسترها در یک رده از بارهای متفرقه دیگر طبقه بندی گردیده است (Hendron & Engebrecht, 2010). گرمای قابل قبول (گرمای محسوس) و گرمای پنهان مرتبط با افراد و بارهای الکتریکی می بایست به عنوان عامل تاثیرگذار در عملکرد سیستم های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع در مدل های انرژی لحاظ گردند. شدت گرمای قابل قبول بر دمای هوا و گرمای پنهان بر رطوبت هوا تاثیرگذار خواهند بود (Sleeth, n.d.).

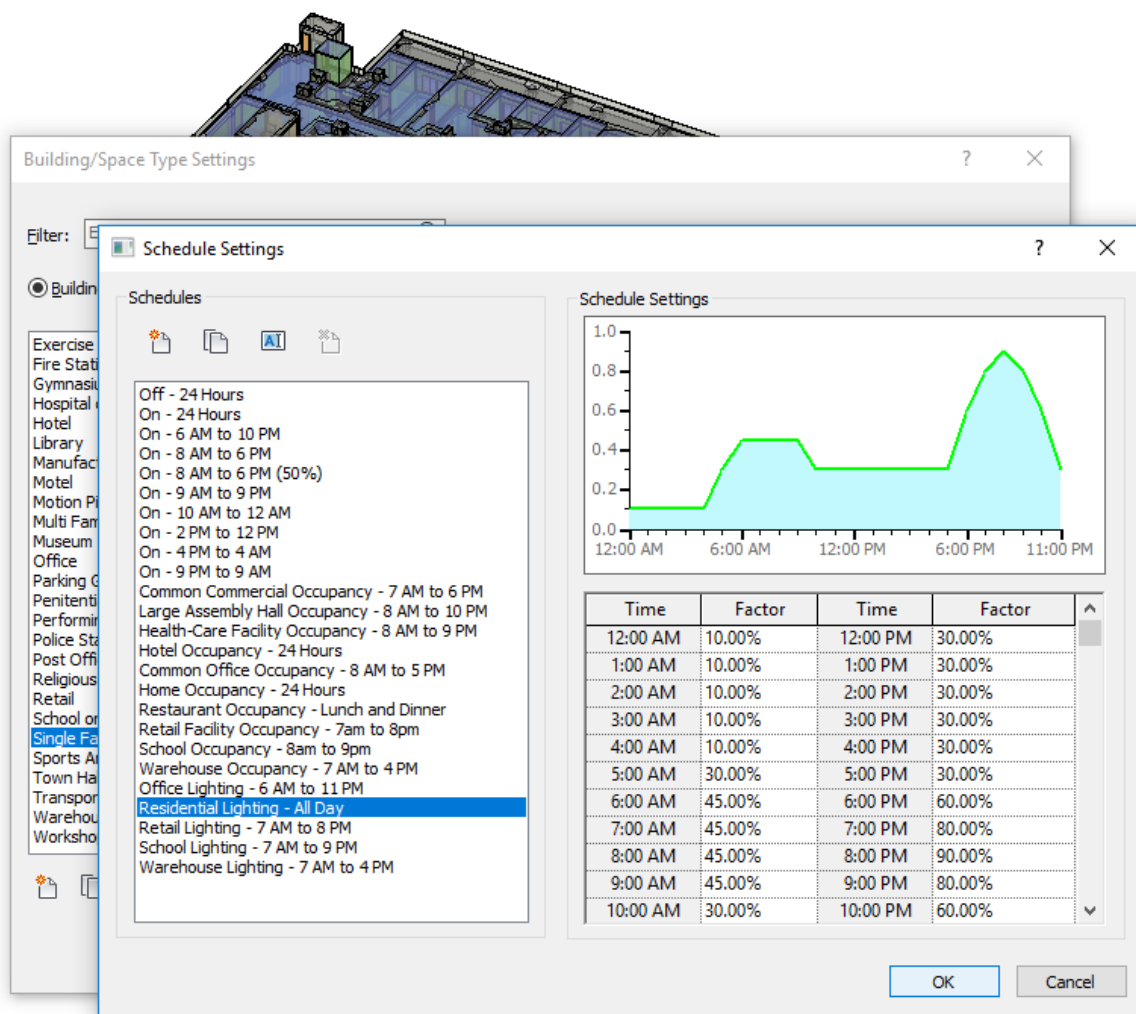
در این پژوهش، فرض بر تک خانوار<sup>۱</sup> بودن نوع ساختمان<sup>۲</sup> بود. بدین ترتیب طبق جدول (۳-۳)، مقادیر پیش فرض نرم افزار رویت به عنوان استاندارد طراحی جهت انجام آنالیز انرژی برداشت شد. جدول ۳-۳- مقادیر پارامترهای تجزیه و تحلیل انرژی بر اساس نوع ساختمان.

مقدار	پارامتر تجزیه و تحلیل انرژی
۱۰۵/۸۲	مساحت مورد نیاز برای هر نفر (مترمربع)
۷۳/۲۷	شدت گرمای محسوس برای هر نفر (وات)
۵۸/۶۱	شدت گرمای پنهان برای هر نفر (وات)
۱۰/۷۶	چگالی بار الکتریکی (وات بر مترمربع)

### ۳-۷-۴ پارامتر روشنایی

پژوهشگاه انرژی ساختمان آمریکا، جهت تعیین بارهای روشنایی دو روش ساده و پیچیده را معرفی کرده است. روش پیچیده، جهت تعیین بارهای روشنایی برای ساختمان های چندخانوار (خانه های چندنفره) استفاده می گردد (Hendron & Engebrecht, 2010). در این پژوهش با توجه به تک خانوار بودن نوع ساختمان، روش ساده مدنظر قرار گرفت. شایان ذکر است که بارهای روشنایی بر اساس یک برنامه زمان بندی مطابق با شکل (۳-۶) عمل می کنند.

1) Single Family  
2) Building Type



شکل ۳-۶- تعیین نسبت های برنامه زمانی استفاده از سیستم های روشنایی.

جدول (۳-۴)، مقادیر پیش فرض نرم افزار رویت را به عنوان استاندارد استفاده از سیستم های روشنایی جهت انجام آنالیز انرژی نشان می دهد.

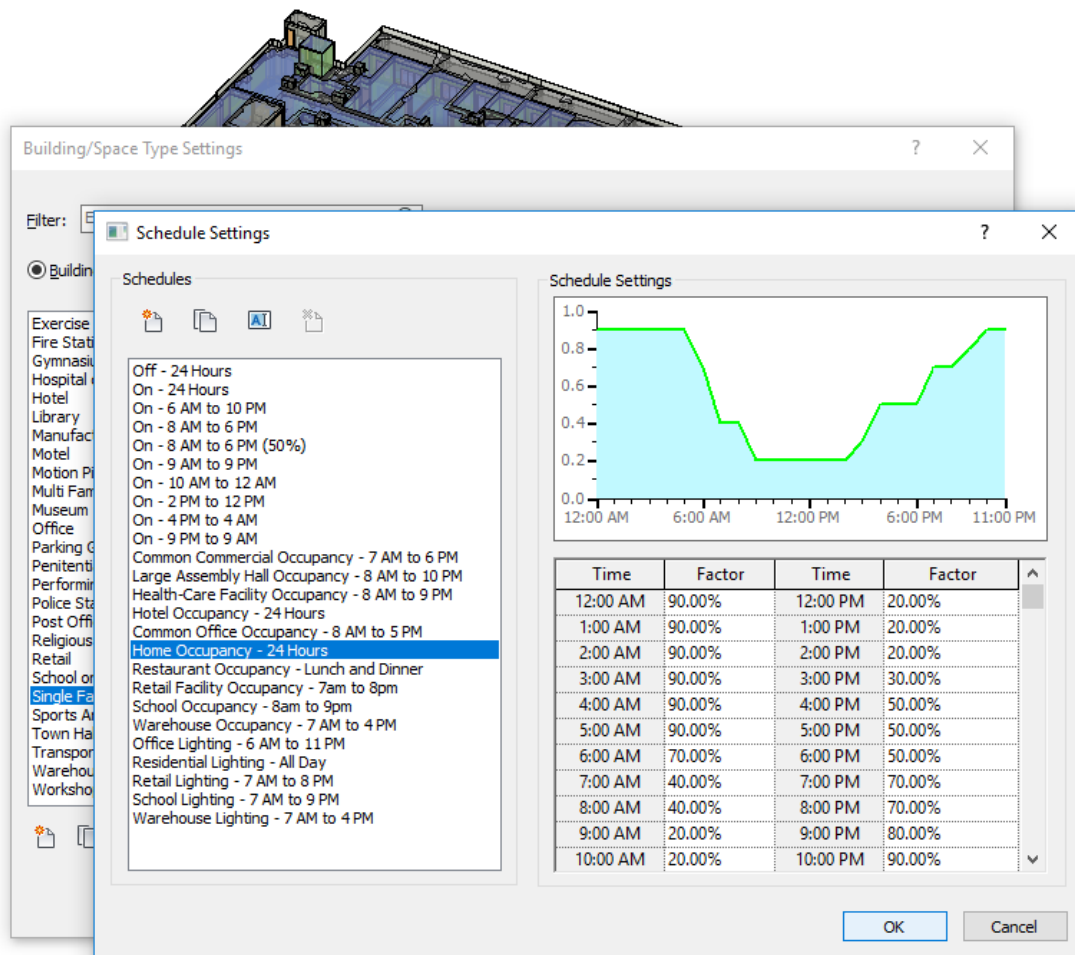
جدول ۳-۴- مقادیر پارامترهای سیستم روشنایی جهت تجزیه و تحلیل انرژی بر اساس نوع ساختمان.

مقدار	پارامتر تجزیه و تحلیل انرژی
۱۰/۷۶	چگالی بار روشنایی (وات بر مترمربع)
۲۰	مشارکت نورپردازی (درصد)



### ۳-۷-۵- پارامتر زمان بندی

بسیاری از اجزای مدل انرژی براساس یک برنامه زمانی عمل می کنند. این برنامه های زمانی معمولاً برای یک دوره ۲۴ ساعته تعیین می گردند. هر ساعت نیز، درصدی (یا کسری) از مولفه مورد استفاده را به خود اختصاص می دهد. به عنوان مثال: برنامه زمانی سطح اشغال فضا، که مطابق شکل (۳-۷) نشان داده شد.



شکل ۳-۷- تعیین نسبت های برنامه زمانی سطح اشغال فضای مسکونی.

سایر پارامترهای تجزیه و تحلیل انرژی به شرح ذیل می باشند.

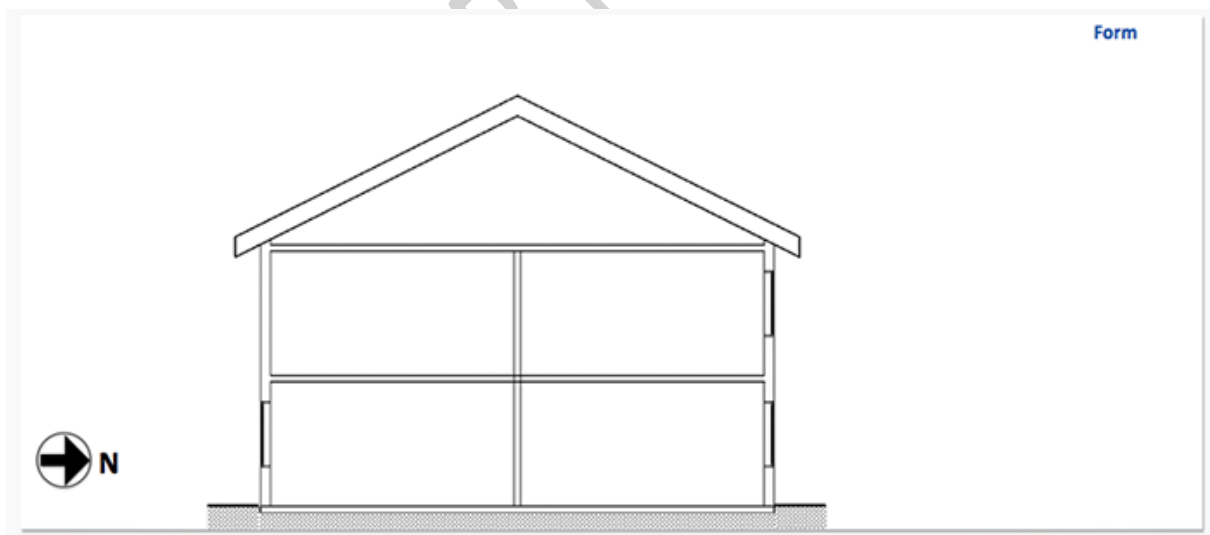
مقدار	پارامتر تجزیه و تحلیل انرژی
۲/۳۶	گردش هوای بیرون به ازای هر نفر (لیتر بر ثانیه)
۰/۳۰	گردش هوای بیرون بر مبنای مساحت (لیتر بر ثانیه در مترمربع)
۲۷/۷۸	نقطه تنظیم سرمایش فضای خالی (درجه سانتیگراد)

### ۳-۸- آماده سازی مدل انرژی

ساختمان ها سیستم های پیچیده ای هستند و انجام صحیح تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان، نیازمند درک درست کاربر (و ابزارهایی که استفاده می کند) برای محاسبه روابط داخلی پویا (دینامیکی) بین عوامل مختلف در طول زمان می باشد. برخی از این عوامل عبارتند از: فرم ساختمان، نوع مصالح مصرفی، سیستم های ساختمانی، استفاده از ساختمان، و آب و هوا. خلاصه ای از مواردی که در ذیل به آن ها اشاره شد، آناتومی شبیه سازی دینامیکی انرژی را با مجموعه ای از نمودارهای اساسی که با یکدیگر در ارتباط هستند معرفی می کند (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).

### ۳-۸-۱- هندسه ساختمان

شکل ساختمان یکی از عوامل اصلی تأثیر مصرف انرژی می باشد و شامل مواردی از قبیل: منطقه، حجم، طرح، جهت، سطوح شیشه ای و سایه خواهد بود. تمامی این موارد در شبیه سازی انرژی با استفاده از یک مدل تحلیل انرژی<sup>۱</sup> در نظر گرفته می شوند (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).

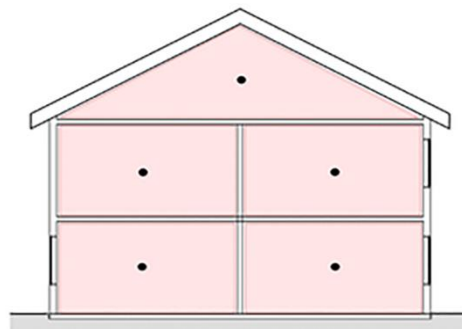


شکل ۳-۸- فرم ساختمان (شکل، اندازه، جهت گیری، سایه و غیره) به عنوان یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر مصرف انرژی.

1) Energy Analysis Model (EAM)

### ۳-۸-۲- فضاها و آسایش حرارتی

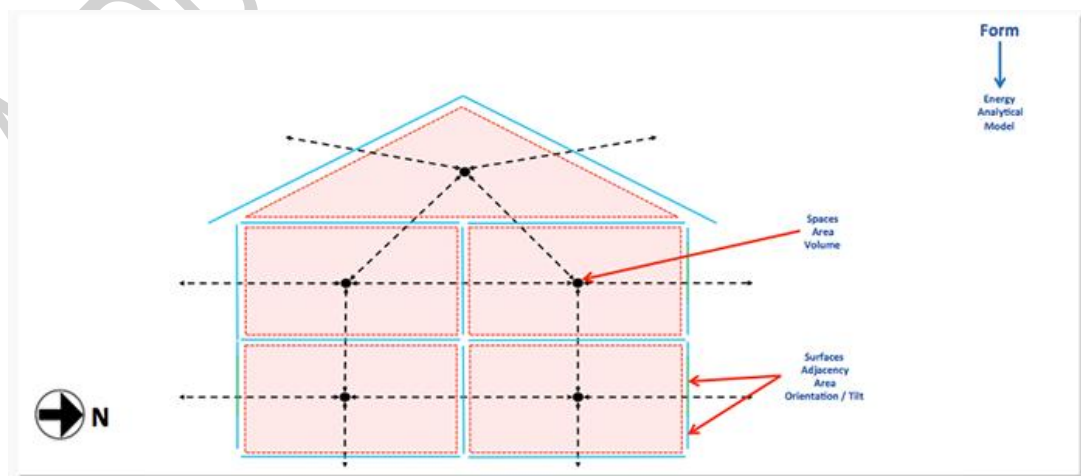
- فضاهاى مشخص شده (با نقطه) در شکل، با محیط بیرون و همچنین با یکدیگر تبادل گرمایی دارند.
- یک مدل تحلیل انرژی (فضاهای صورتی) که دارای فضاهای جداگانه ای است و هوای داخل یک ساختمان را نشان می دهد.
- مجموعه ای از نقاط آسایش حرارتی در این فضاها (نقاط) قرار می گیرند (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b)



شکل ۳-۹- مناطق آسایش و تبادل گرمایی فضاها در یک مدل انرژی.

### ۳-۸-۳- سطوح و انتقال حرارت

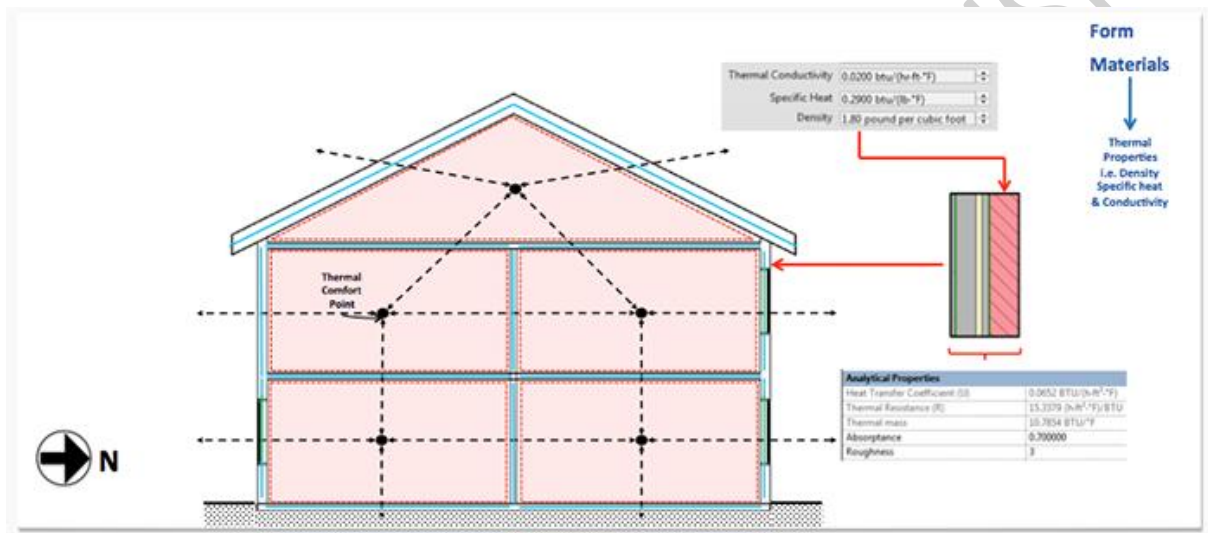
- فضاهاى مشخص شده (با نقطه) در شکل، با محیط بیرون و همچنین با یکدیگر تبادل گرمایی دارند.
- این انتقال حرارت در سطوح مدل اتفاق می افتد. شکل (۳-۱۰) خلاصه ای از هندسه و نمایانگر دیوارها، سقف، کف ها و پنجره های ساختمان (خطوط آبی و سبز) می باشد (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b)



شکل ۳-۱۰- نمایشی از منابع اصلی و مسیرهای تبادل گرما در داخل ساختمان و از طریق جداره های ساختمان به محیط بیرون.

### ۳-۸-۴- خصوصیات مصالح

- رفتار انتقال حرارت در سراسر سطوح، توسط مواد (بتن، شیشه، عایق و غیره) استناد می شود. این امر بر روی انرژی گرمایی و خنک سازی مورد نیاز برای حفظ آسایش افراد تاثیر می گذارد.
- خصوصیات حرارتی مطرح شده، شامل: چگالی، ظرفیت گرمایی ویژه و انتقال حرارت می باشند. خواص هر یک از سطوح محاسباتی به منظور ترکیب ویژگی های حرارتی طبقات ساختمان مشخص می گردند (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).



شکل ۳-۱۱- تعیین خصوصیات حرارتی مصالح به منظور ترکیب خواص حرارتی.

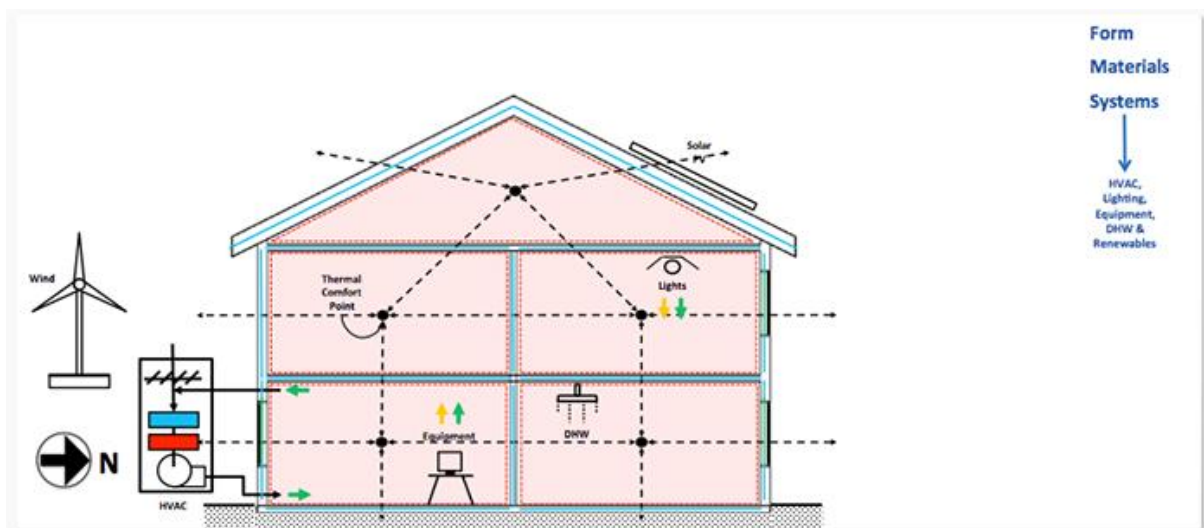
### ۳-۸-۵- سیستم های ساختمان

کاربرد سیستم های ساختمانی، مصرف و تولید انرژی به منظور برآورده کردن نیازهای ساختمان و ساکنان آن می باشد (شکل ۳-۱۲). این سیستم ها موارد ذیل را در بر می گیرند:

- گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع<sup>۱</sup>
- روشنایی (چگالی قدرت نورپردازی)<sup>۲</sup>
- تجهیزات (چگالی قدرت تجهیزات)<sup>۳</sup>
- سیستم گرمایش آب (آب گرم خانگی)<sup>۴</sup>
- منابع تجدید پذیر که انرژی را در محل تولید می کنند (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).

1) Heating, Ventilation, Air Conditioning (HVAC)  
2) Lighting Power Density (LPD)

3) Equipment Power Density (EPD)  
4) Domestic Hot Water (DHW)

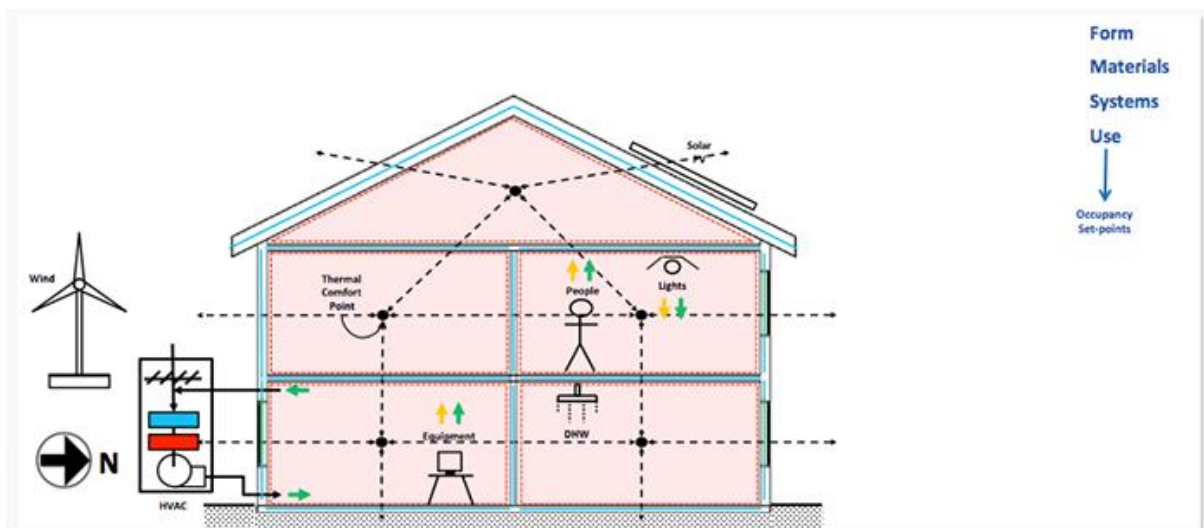


شکل ۳-۱۲- سیستم های ساختمان (سیستم های تهویه مطبوع، روشنایی، تجهیزات، آب گرم خانگی، انرژی های تجدیدپذیر و غیره).

### ۳-۸-۶- بارهای حرارتی و برودتی به واسطه سطح اشغال و شرایط خارجی

تا بدین جای کار، ما یک مدل ساخته ایم که نشان دهنده فضاها، سطوح و سیستم ها می باشد. نیمه دیگر مدل سازی مورد نیاز برای شبیه سازی انرژی، بارهای پویا (دینامیکی) به واسطه افراد داخل ساختمان (بر مبنای فرضیات برنامه) و شرایط محیطی خارج از ساختمان (بر مبنای داده های هواشناسی) خواهند بود. این عوامل عبارتند از:

- گرما و رطوبت ناشی از فعالیت افراد (تعیین تعداد افراد در فضا در زمان های مختلف و آنچه آنها انجام می دهند)
- تنظیم یا کنترل درجه حرارت مورد نظر فضاها
- دمای هوای خارج از ساختمان
- رطوبت نسبی
- سرعت و جهت وزش باد
- تابش مستقیم و پراکنده خورشید
- فرضیه نفوذ (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).

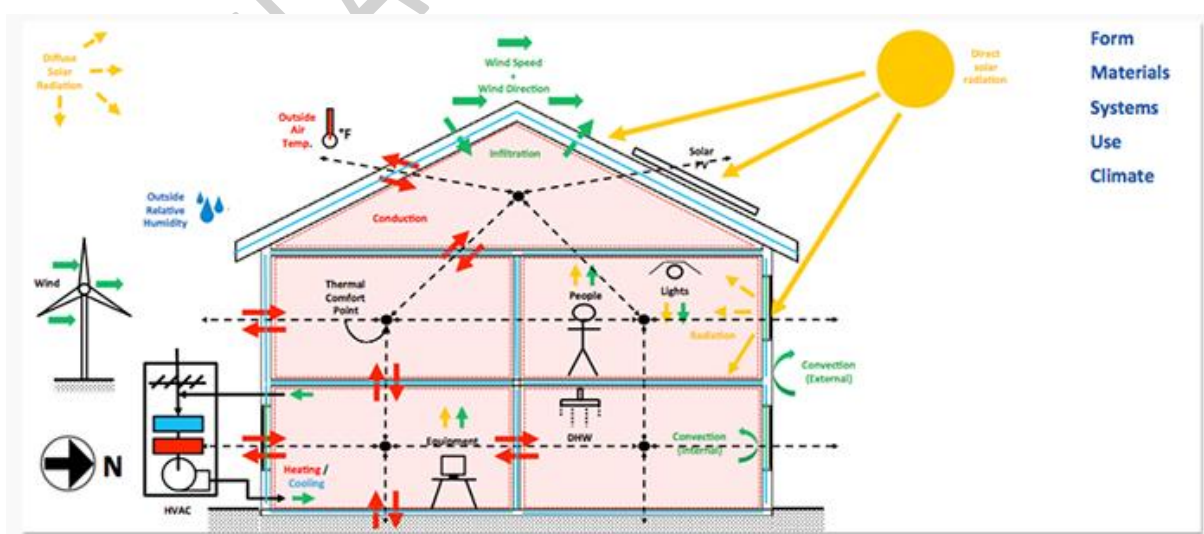


شکل ۳-۱۳- بارهای حرارتی به واسطه حضور افراد و شرایط محیطی خارج از ساختمان.

### ۳-۸-۷- مدل سازی انتقال گرما در طول زمان

اکنون ما می دانیم که ویژگی های ساختمان و بارهای آن در طول زمان تحت تأثیر قرار می گیرند، بدین ترتیب ما می توانیم انتقال حرارت را در طول زمان (معمولاً یک سال تمام، یا حتی به صورت ساعات روزانه) شبیه سازی کنیم. این موارد عبارتند از:

- انتقال حرارت (فلش های قرمز)
- جابجایی (فلش های سبز)
- تابش (فلش های زرد) (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).

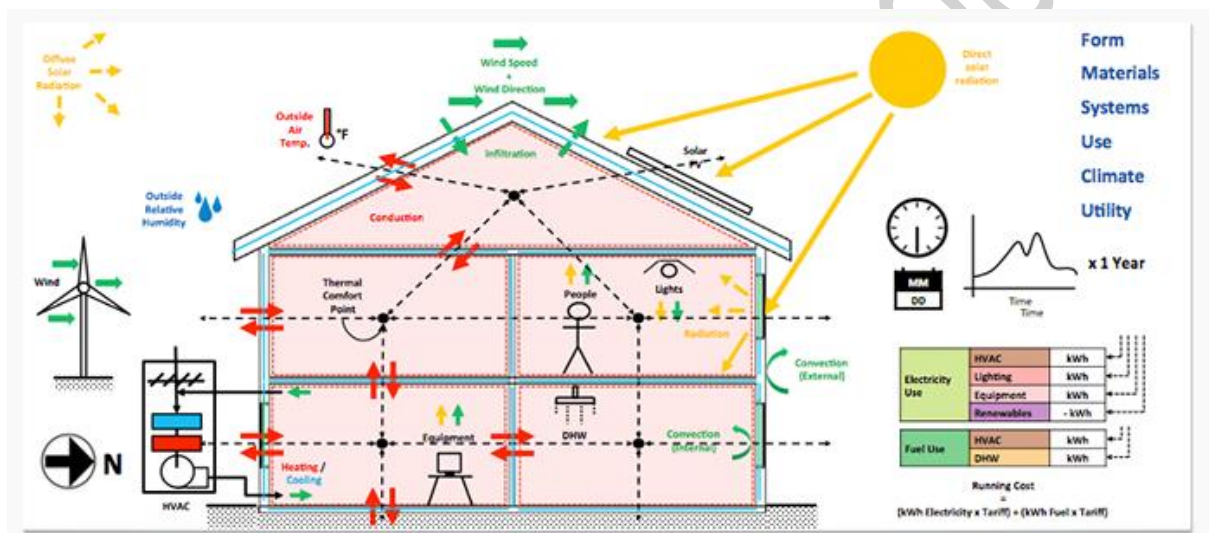


شکل ۳-۱۴- نمایش طیف فرآیندهای انتقال حرارت در طول زمان.

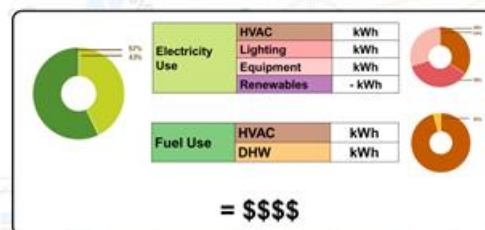


### ۳-۸-۸- پیش بینی هزینه و مصرف انرژی

تجزیه و تحلیل انرژی کل ساختمان وابسته به رابطه بین فرم، مصالح، سیستم ها، استفاده از ساختمان و آب و هوا می باشد. در نهایت، بر اساس آنچه که ما مدل سازی و شبیه سازی کرده ایم، می توانیم میزان استفاده از انرژی و هزینه ها را پیش بینی کنیم. این مقادیر مصرف انرژی، توسط منبع انرژی (برق، سوخت) و همچنین استفاده نهایی (نورپردازی، سیستم های تهویه مطبوع و غیره) شکسته می شوند. این امر می تواند بدین معنا می باشد که مقدار هزینه با ضریب افزایش مصرف به همراه نرخ بهره برای هر منبع انرژی پیش بینی شده است (Autodesk Inc., n.d.-a, n.d.-b).



شکل ۳-۱۵- روابط بین فرم، مصالح، سیستم ها، استفاده از ساختمان و آب و هوا.



شکل ۳-۱۶- تصویر شماتیک از پیش بینی هزینه و مصرف انرژی.

### ۳-۹- نتیجه گیری

ساختمان مورد مطالعه در این پژوهش، یک مجتمع مسکونی واقع در منطقه ای با آب و هوای معتدل بود. بررسی فرم، وضعیت جهت گیری ساختمان و تغییرات هزینه ناشی از تغییر پارامترهای تاثیرگذار با هدف بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان از دلایل اصلی انتخاب این ساختمان بود. به منظور انجام تجزیه و تحلیل انرژی، مدل ساختمان نیازمند پارامترهایی نظیر: فرم ساختمان (شکل، اندازه، جهت گیری، سایه و غیره)، مصالح مصرفی (خواص حرارتی)، سیستم های تهویه مطبوع و گرمایش، بارهای الکتریکی، سطح اشغال فضاها توسط افراد، روشنایی و زمان بندی خواهد بود. با استفاده از این پارامترها می توان مصرف انرژی را در طول زمان (معمولا یک سال تمام، یا حتی به صورت ساعات روزانه) شبیه سازی کرد. برای ایجاد مدل اطلاعات ساختمان در این پژوهش، نرم افزار اتودسک رویت انتخاب شد. این نرم افزار امکان انجام تجزیه و تحلیل انرژی را با استفاده از یک افزونه داخلی و به صورت محاسبات ابری فراهم آورد. این قابلیت در نتیجه منجر به کاهش چشمگیری در زمان انجام محاسبات شد.



# فصل چهارم

(تجزیه و تحلیل داده ها و  
یافته‌های تحقیق)

## ۴-۱- مقدمه

تجزیه و تحلیل انرژی در تمامی مراحل طراحی ساختمان، از فاز مفهومی گرفته تا طراحی نهایی، با استفاده از ابزارهای شبیه سازی انجام می پذیرد. این ابزارها در طی فرآیند طراحی، به ما این اطمینان را می دهند که به طور مداوم به سمت بالاترین بهره وری انرژی ساختمان در حال حرکت باشیم. شبیه سازی انرژی، می تواند به ما در تجزیه و تحلیل حرکت انرژی در داخل و خارج ساختمان، از طریق اتاق ها و حجم ها در یک مدل ساختمان یاری رساند. این اطلاعات می تواند به ما در تصمیم گیری های آگاهانه و مقرون به صرفه ای که باعث بهبود عملکرد و کاهش اثرات زیست محیطی ساختمان ها می شود، کمک شایانی نماید. در ادامه، مراحل مختلف طراحی و تجزیه و تحلیل داده های پژوهش بیان گردیده است.

در مرحله اول طراحی، ابتدا به بررسی فرم کلی ساختمان پرداخته شد. بدین ترتیب که با استفاده از نرم افزار رویت، چندین فرم از حالت کلی ساختمان به لحاظ مساحت و تعداد واحد ایجاد گردید، پس از تجزیه و تحلیل اولیه انرژی، بهترین حالت ممکن جهت مدل سازی و بررسی دقیق انتخاب شد.

در مرحله دوم، فرآیند ایجاد مدل اطلاعات ساختمان پوشش داده شد. در این فرآیند با استفاده از نقشه های دوبعدی اتوکد، به تولید مدل سه بعدی اطلاعات ساختمان پرداخته شد. تمامی مراحل مدل سازی از طریق یک نمای سه بعدی قابل رویت و کنترل می باشد.

در مرحله سوم، داده های مربوط به مدل اطلاعات ساختمان برای انجام شبیه سازی انرژی آماده شدند. در این مرحله مناطق حرارتی در فضاهای ساختمان تعریف خواهند شد. ضمناً می بایست تمامی مرزهای این مناطق در نمای سه بعدی بررسی و کنترل گردند تا از عملکرد صحیح این فضاها اطمینان حاصل شود. پس از معرفی داده ها و تعیین مناطق حرارتی، امکان تولید مدل انرژی میسر خواهد شد. در این مرحله امکان دریافت فایل خروجی (با فرمت استاندارد gbXML)، جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی در سایر نرم افزارهای تحلیل انرژی، مانند: نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو<sup>۱</sup> و نرم افزار دیزاین بیلدر<sup>۲</sup> که دارای قابلیت انجام شبیه سازی انرژی به صورت بازه های زمانی کمتر از یک ساعت می باشد، وجود دارد. در نهایت، پس از دریافت نتایج، به تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته شد.

---

1) Autodesk Green Building Studio (GBS)

2) DesignBuilder

## ۴-۲- مرحله اول: بررسی فرم کلی ساختمان

### ۴-۲-۱- طراحی مفهومی

در مراحل اولیه فرآیند طراحی، می توان از توده های مفهومی<sup>۱</sup> نرم افزار رویت برای انجام تجزیه و تحلیل انرژی استفاده کرد. با انجام تجزیه و تحلیل انرژی در طرح های پیشنهادی در فاز مفهومی، می توان تصمیماتی آگاهانه در اوایل فرآیند طراحی گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل می تواند یک بینش صحیح نسبت به نقش فرم ساختمان، نوع مصالح و تجهیزات مصرفی، در خصوص استفاده بالقوه از انرژی ساختمان ارایه دهد.

### ۴-۲-۲- انتخاب فرم کلی ساختمان

برای استفاده از تجزیه و تحلیل انرژی در نرم افزار رویت، ابتدا با استفاده از ابزارهای موجود به ایجاد چند توده مفهومی برای تجسم ایده های مختلف طراحی پرداخته شد (رویکرد طراحی از بالا به پایین). سپس کف طبقات، نوع مصالح مصرفی و تنظیمات انرژی برای هر توده تعریف شد، و در نهایت پس از تولید مدل انرژی، فایل مربوط به صورت خودکار به سرویس ابری اتودسک ارسال گردید. جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی، فرض بر این گرفته شد که ۴۰ درصد سطوح دیوارها با شیشه پوشیده شده اند. تمامی این سطوح شیشه ای نیز دارای سایبان به عمق ۴۵/۷۲ سانتی متر می باشند. جدول (۴-۱)، به مقایسه اجمالی فرم کلی ساختمان پرداخته است.

شایان ذکر است در این مرحله، امکان دریافت فایل خروجی (با فرمت استاندارد gbXML)، جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی در سایر نرم افزارهای تحلیل انرژی، مانند: نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو و نرم افزار دیزاین بیلدر که دارای قابلیت انجام شبیه سازی انرژی به صورت بازه های زمانی کمتر از یک ساعت می باشد، وجود دارد. همچنین، فرآیند ارسال فایل و پایان شبیه سازی انرژی از طریق یک آدرس ایمیل معتبر اطلاع رسانی خواهد شد.

پس از انجام شبیه سازی انرژی برای طرح های پیشنهادی، می توان نتایج آن ها را با هم مقایسه نمود. ایده هایی را که حداقل استانداردهای پایداری را برآورده نمی کنند، حذف کرد و طرح های موفق تر را با تغییر موقعیت، شکل، مصالح یا متغیرهای دیگر، به منظور بهبود نتایج تجزیه و تحلیل انرژی تغییر داد.

---

1) Conceptual Mass

جدول ۴-۱- مقایسه اجمالی فرم کلی ساختمان.

حالت اول ✓	حالت دوم ○	حالت سوم ○	
			فرم کلی ساختمان
۲۲	۴۳	۸۴	تعداد طبقات
۱۰۷۰	۱۰۷۳	۱۰۸۴	تعداد واحد ها
۸۱/۷۰	۱۵۹/۴۰	۳۱۱/۱۰	ارتفاع ساختمان (متر)
			میانگین مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه <sup>۱</sup> )
			میانگین مصرف انرژی (بر مبنای شدت مصرف انرژی <sup>۲</sup> )
			مقایسه مصرف سالانه انرژی (حداقل-حداکثر)

نکته: کشور ایران اکنون در لیست کشورهای تحریم کمپانی اتودسک قرار دارد، به همین دلیل مبنای محاسبه نرخ ارز جهت انجام آنالیز انرژی، داده های متعلق به سال ۲۰۱۱ میلادی (ماه دسامبر) می باشد. همچنین محاسبات مربوط به پیش بینی معماری سال ۲۰۳۰ میلادی<sup>۳</sup>، انجام نخواهد شد (مثلاً خطر نارنجی رنگ روی تصاویر، نشان دهنده این موضوع است). بر این اساس، محاسبه نرخ مصرف انرژی به شرح ذیل می باشد:

- نرخ مصرف برق = ۰/۱۳۷۴ دلار به ازای هر کیلووات ساعت

- نرخ مصرف گاز = ۰/۳۹۸۱ دلار به ازای هر مترمکعب

1) Annual Cost

2) Energy Use Intensity (EUI)

3) Architecture 2030

بررسی نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که حالت اول از فرم کلی ساختمان، دارای کمترین میزان مصرف انرژی در میان سایر فرم ها می باشد. همانطور که در جدول (۴-۲) مشاهده می گردد، میانگین هزینه مصرف انرژی در حالت کلی (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۳) و همچنین پیوست A، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، ۱۷/۵ دلار به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۵۱ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال می باشد.

پس از تنظیم پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی و بر مبنای وضعیت موجود ساختمان (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۴) و همچنین پیوست B، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۱۳/۴ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۱۰ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان بر مبنای شمال جغرافیایی می باشد. بدین صورت که زاویه قرارگیری ساختمان، توسط نرم افزار و به صورت خودکار، بر مبنای فرم ساختمان و مختصات جغرافیایی که به نرم افزار معرفی شده است، برداشت می گردد.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به صورت پیش فرض و برابر با ۴۰ درصد می باشد. تمامی این پنجره ها نیز دارای سایبان با عمق ۴۵/۷۲ سانتی متر می باشند. همچنین نوع این پنجره ها در مدل مفهومی، به صورت شیشه های دوجداره شفاف و فاقد پوشش خارجی بود.

ساختار دیوارهای مورد استفاده در این مدل مفهومی به صورت دیوارهای سبک به همراه پوشش عایق بندی در شرایط آب و هوای معتدل و ساختار سقف نیز به صورت سبک و بدون عایق بندی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۵) و همچنین پیوست C، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۶/۵۶ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۸۱/۶ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، به صورت پیش فرض و برابر با ۴۰ درصد می باشد. تمامی این پنجره ها نیز دارای سایبان به اندازه ۰/۶۷ ارتفاع پنجره می باشند. همچنین نوع این پنجره ها در مدل مفهومی، به صورت شیشه های سه جداره با انتشار پایین بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل مفهومی حذف شده بودند.

ساختار دیوارهای مورد استفاده در این مدل مفهومی به صورت دیوار پیش ساخته با چارچوب فلزی (مطابق جدول (۴-۵)، و ساختار سقف نیز به صورت سبک و بدون عایق بندی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول (۴-۵) انتخاب گردید. مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی، ۳/۲۳ وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم حجم هوای متغیر با بهره وری بالا (مطابق جدول (۴-۵) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری ۱۸/۶ درصدی و با سطح پوشش ۹۰ درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت ۳۰ سال انتخاب شده بود.

بررسی نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تنظیم پارامترهای تاثیرگذار مصرف انرژی در طرح های مفهومی، می تواند تا ۵۱/۰۴ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و تا ۶۲/۵۱ درصد نسبت به حالت کلی، در هزینه نهایی مصرف انرژی صرفه جویی به همراه داشته باشد. بر اساس همین نتایج، این اعداد بر مبنای شدت مصرف انرژی به میزان ۲۵/۸۲ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و ۴۵/۹۷ درصد نسبت به حالت کلی خواهد بود.

جدول ۴-۲- بررسی و مقایسه فرم های مختلف ساختمان بر مبنای شبیه سازی مصرف انرژی طرح های مفهومی.

پوست (Autodesk Insight)	فرم کلی ساختمان		هزینه	میزان صرفه جویی		شدت	میزان صرفه جویی		
				بر مبنای			مصرف انرژی	بر مبنای	
				وضعیت	حالت			وضعیت	حالت
			(دلار / مترمربع / سال)	درصد	(کیلووات ساعت / مترمربع / سال)	درصد	وضعیت	حالت	
							پیشین	کلی	
A	حالت اول	در حالت کلی	۱۷/۵	۰	۱۵۱	۰			
B		بر اساس وضعیت موجود	۱۳/۴	۲۳/۴۳	۱۱۰	۲۷/۱۵			
C		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۶/۵۶	۵۱/۰۴	۸۱/۶	۴۵/۹۷	۲۵/۸۲		
D	حالت دوم	در حالت کلی	۱۷/۸	۰	۱۵۶	۰			
E		بر اساس وضعیت موجود	۱۳/۵	۲۴/۱۶	۱۰۸	۳۰/۷۷			
F		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۷/۲۶	۴۶/۲۲	۵۹/۲۱	۸۸	۴۳/۵۹	۱۸/۵۲	
G	حالت سوم	در حالت کلی	۱۸/۱	۰	۱۶۱	۰			
H		بر اساس وضعیت موجود	۱۴	۲۲/۶۵	۱۱۱	۳۱/۰۵			
I		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۷/۹۷	۴۳/۰۷	۵۵/۹۷	۹۶	۴۰/۳۷	۱۳/۵۱	

همچنین، پوست A از زیر مجموعه پوست های نرم افزار Autodesk Green Building Studio، نتایج تجزیه و تحلیل ۲۴۸ استراتژی متفاوت از شبیه سازی انرژی حالت اول مدل مفهومی ساختمان را جهت کنترل و مقایسه، به طور جداگانه ارائه داده است. نتایج شبیه سازی این مدل مفهومی در حالت کلی (سطر مشخص شده با رنگ سبز)، به عنوان مبنای تصمیم گیری اتخاذ گردید. بدین ترتیب، تمامی طرح های جایگزین بالای این سطر که در ستون هزینه سالیانه مصرف انرژی با علامت منفی نمایان شده اند، در جهت کاهش مصرف انرژی و تمامی طرح های جایگزین پایین این سطر در جهت افزایش مصرف انرژی گام برداشته اند. بدیهی است، هر چه از خط مبنا به طرفین فاصله گرفته شود، به معنی کاهش یا افزایش مصرف انرژی خواهد بود. در ادامه، جدول (۴-۳) به بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی طرح های مفهومی در حالت کلی پرداخته است. سپس جدول (۴-۴)، مصرف انرژی طرح های مفهومی را با توجه به وضعیت موجود مورد بررسی قرار داد. در نهایت، جدول (۴-۵) بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی طرح های مفهومی را بیان داشته است.

جدول ۴-۳- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی طرح های مفهومی در حالت کلی.

فرم کلی ساختمان	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم
میانگین مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)	<div>49.2   4.7 17.5 USD / m<sup>2</sup> / yr</div> 	<div>49.6   5.1 17.8 USD / m<sup>2</sup> / yr</div> 	<div>50.4   5.3 18.1 USD / m<sup>2</sup> / yr</div> 
عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی			
جهت گیری ساختمان (درجه)	BIM _ 0 _ 45 _ 90 _ 135 _ 180 _ 225 _ 270 _ 315		
نسبت پنجره به دیوار (WWR) (دیوارهای شمالی - جنوبی - شرقی - غربی)	BIM _ 0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%		
سایه پنجره (پنجره های شمالی - جنوبی - شرقی - غربی)	BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height		
نوع پنجره (پنجره های شمالی - جنوبی - شرقی - غربی)	BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE		
ساختار دیوار	BIM _ Uninsulated _ R13 Wood _ R38 Wood _ R13 Metal _ R2 CMU _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF _ R13+R10 Metal		
ساختار سقف	BIM _ Uninsulated _ R10 _ R15 _ R19 _ R38 _ R60 _ 10.25 Inch SIP		
درجه نفوذ ساختمان	BIM _ (2.0 - 1.6 - 1.2 - 0.8 - 0.4 - 0.17) ACH		
بهره وری سیستم روشنایی	BIM _ (20.45 - 16.15 - 11.84 - 7.53 - 3.23) W/m <sup>2</sup>		
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین	None _ BIM _ (Daylighting or/and Occupancy) Controls		
بهره وری بارهای الکتریکی	BIM _ (27.99 - 21.53 - 17.22 - 13.99 - 10.76 - 6.46) W/m <sup>2</sup>		
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع	BIM _ ASHRAE (Heat Pump - Package System - VAV - Package Terminal Heat Pump) _ High Eff. (Package System - Heat Pump - Package Terminal AC - VAV)		
زمان بندی فعالیت	BIM _ 24/7 _ 12/7 _ 12/6 _ 12/5		
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)	16% _ 18.6% _ 20.4%		
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)	10 _ 20 _ 30		
سطح پوشش پانل	0% _ 60% _ 75% _ 90%		

Note: WWR = Window-Wall-Ratio ; Sgl Clr = Single Clear ; Dbl LoE = Double Low-Emissivity ; Dbl Clr = Double Clear ; Trp LoE = Triple Low-Emissivity ; R = Resistance ; CMU = Concrete Masonry Unit ; SIP = Structural Insulated Panel ; ICF = Insulated Concrete Form ; ACH = Air Changes per Hour ; Eff. = Efficiency ; VAV = Variable Air Volume



جدول ۴-۴- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی طرح های مفهومی.

فرم کلی ساختمان	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم
میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)	 13.4   13.4 13.4 USD / m² / yr	 13.5   13.5 13.5 USD / m² / yr	 14   14 14 USD / m² / yr
عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی	وضعیت موجود		
جهت گیری ساختمان (درجه)	BIM		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (جنوبی)	BIM (0.4572 m)		
نوع پنجره (جنوبی)	BIM (Double Pane Clear – No Coating)		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (شمالی)	BIM (0.4572 m)		
نوع پنجره (شمالی)	BIM (Double Pane Clear – No Coating)		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (غربی)	BIM (0.4572 m)		
نوع پنجره (غربی)	BIM (Double Pane Clear – No Coating)		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (شرقی)	BIM (0.4572 m)		
نوع پنجره (شرقی)	BIM (Double Pane Clear – No Coating)		
ساختر دیوار	BIM (Lightweight Construction – Typical Mild Climate Insulation)		
ساختر سقف	BIM (Lightweight Construction – No Insulation)		
درجه نفوذ ساختمان	BIM (None)		
بهره وری سیستم روشنایی	BIM		
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین	None		
بهره وری بارهای الکتریکی	BIM		
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع	BIM (Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas <5.5 ton)		
زمان بندی فعالیت	BIM		
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)	None		
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)	None		
سطح پوشش پانل	0%		

جدول ۴-۵- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی طرح های مفهومی.

فرم کلی ساختمان	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم
میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)	<div>7.97   7.96</div> <div>7.97</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Conceptual Mass - Alt. ABCD - Ver... ⚠</div>	<div>7.27   7.26</div> <div>7.26</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Conceptual Mass - Alt. BC-Hor_A... ⚠</div>	<div>6.56   6.56</div> <div>6.56</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Conceptual Mass - Present ⚠</div>
اقدامات صرفه جویی در مصرف انرژی	عامل تاثیر گذار		
جهت گیری ساختمان (درجه)	BIM		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (جنوبی)	2/3 Win Height		
نوع پنجره (جنوبی)	Trp LoE		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)	BIM (40%)		
سایه پنجره (شمالی)	2/3 Win Height		
نوع پنجره (شمالی)	Trp LoE		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)	(0%)		
سایه پنجره (غربی)	BIM (No Shade)		
نوع پنجره (غربی)	BIM (No Window)		
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)	(0%)		
سایه پنجره (شرقی)	BIM (No Shade)		
نوع پنجره (شرقی)	BIM (No Window)		
ساختار دیوار	R13+R10 Metal	R38 Wood _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF _ R13+R10 Metal	R13+R10 Metal
ساختار سقف	R15 _ R38 _ 10.25 Inch SIP _ R60 _ *BIM	R38 _ 10.25 Inch SIP _ R60 _ *BIM	*BIM (Lightweight Construction – No Insulation)
درجه نفوذ ساختمان	0.17 ACH		
بهره وری سیستم روشنایی	3.23 W/m <sup>2</sup>		
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین	Daylighting & Occupancy Controls		
بهره وری بارهای الکتریکی	BIM		
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع	High Eff. VAV		
زمان بندی فعالیت	BIM		
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)	20.4%	18.6%	
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)	20	30	
سطح پوشش پانل	90%		

#### ۴-۲-۳- پالت ۲۰۳۰ چیست؟

این یک پروژه با دورنمای معماری برای سال ۲۰۳۰ میلادی می باشد و به عنوان یک پایگاه داده از منابع و ابزارهای طراحی پایدار در دستان ما عمل می کند. این پروژه، یک منبع برای طراحی ساختمان های بدون کربن (صفر خالص)<sup>۲</sup>، سازگار و انعطاف پذیر در برابر محیط پیرامون در سراسر جهان می باشد. پالت ۲۰۳۰، یک استراتژی برای هر نوع مقیاس خواهد بود. نمونه ها یا استراتژی های طراحی پایدار، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای را در هر مقیاس، از برنامه ریزی منطقه ای تا جزئیات ساختمانی در بر می گیرد (Architecture 2030, n.d.).

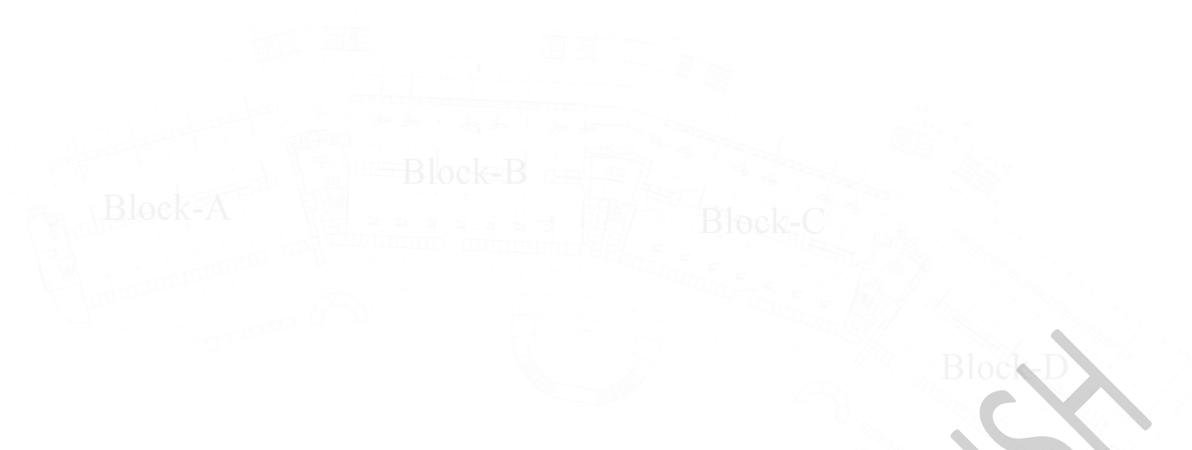
#### ۴-۳- مرحله دوم: ایجاد مدل اطلاعات ساختمان

##### ۴-۳-۱- بررسی طرح معماری


پس از بررسی فرم های پیشنهادی ساختمان به لحاظ هزینه مصرف انرژی و همچنین در نظر گرفتن مواردی از قبیل: موقعیت مکانی، ابعاد سایت، ارتفاع ساختمان، امکانات و هزینه اجرایی پروژه، حالت اول فرم ساختمان جهت مدل سازی و تحلیل انرژی انتخاب گردید. بدین ترتیب، در ادامه به بررسی نقشه های معماری و تیپ بندی ساختمان (بلوک ها و واحدها) جهت مدل سازی در نرم افزار رویت پرداخته شد. شکل (۴-۱)، پلان طبقه همکف ساختمان را به تفکیک بلوک ها نشان می دهد. هر کدام از بلوک ها دارای یک لابی مجزا به همراه آسانسور حمل مسافر و آسانسور حمل بار می باشند. یک راه پله دسترسی نیز وظیفه ارتباط بین طبقات در مواقع اضطراری را برعهده دارد. همچنین یک لابی میانی نیز، ارتباط بین بلوک ها را تسهیل می کند. این طبقه نیمی از پارکینگ ها و انباری ها را پوشش می دهد. شکل (۴-۲)، پلان طبقه اول ساختمان را به تفکیک بلوک ها نمایش می دهد. بخش مدیریت و یک سالن کنفرانس به همراه مابقی پارکینگ ها و انباری ها در این طبقه جای گرفته اند.

---

1) 2030 Palette  
2) Zero Net Carbon

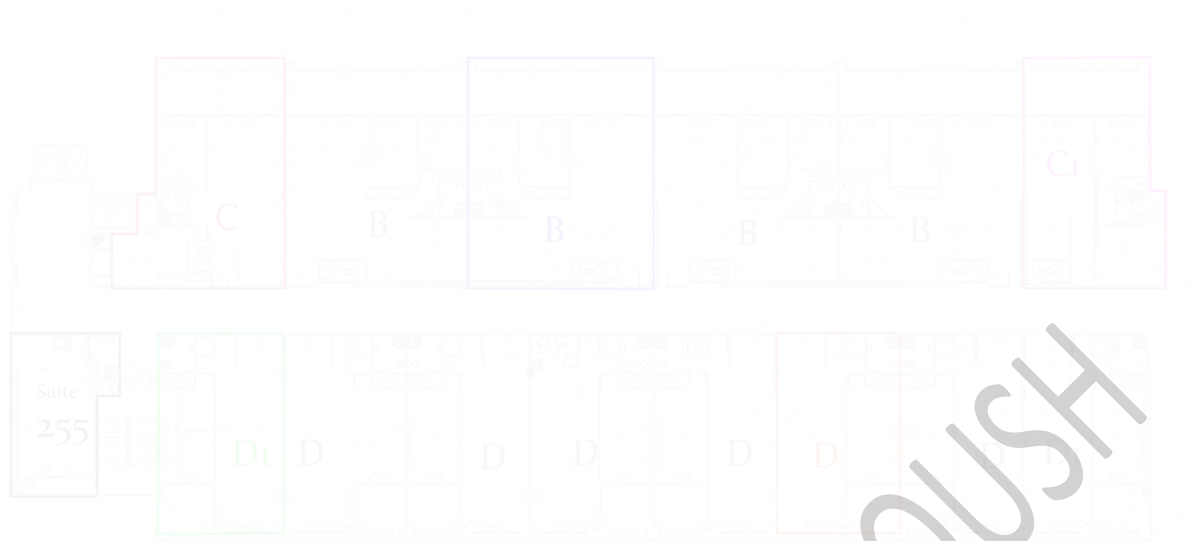


شکل ۴-۱- طرح پلان طبقه همکف (پارکینگ+ انباری) به تفکیک بلوک ها.



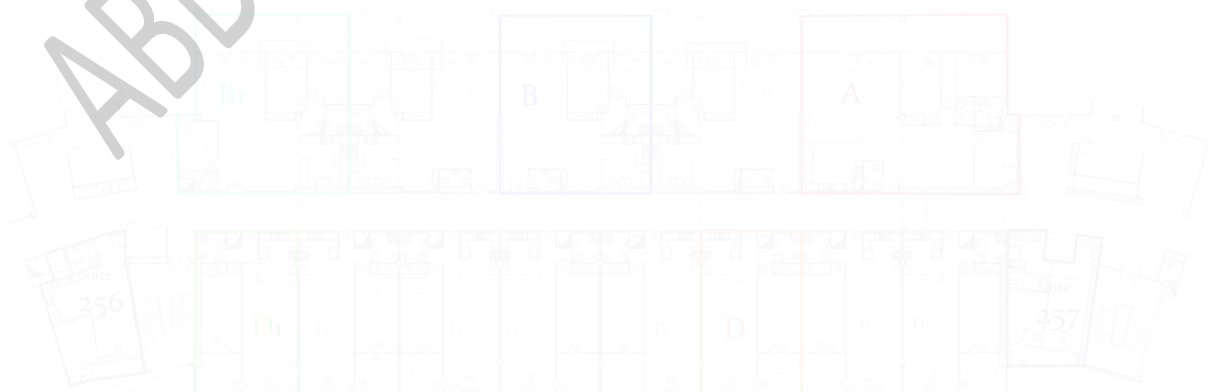
شکل ۴-۲- طرح پلان طبقه اول (پارکینگ+ انباری) به تفکیک بلوک ها.

شکل (۴-۳)، یک نمونه از طرح پلان طبقه دوم بلوک های A و D را به تفکیک تیپ واحدها نشان می دهد. شایان ذکر است که بلوک های A و D، دارای پنج تیپ مختلف پلان به همراه یک واحد سوئیت می باشند. یک راهروی میانی نیز، وظیفه دسترسی به واحدها را برعهده دارد.



شکل ۴-۳- نمونه طرح پلان طبقه دوم بلوک های A و D، به تفکیک تیپ واحدها.

شکل (۴-۴)، یک نمونه از طرح پلان طبقه دوم بلوک های B و C را به تفکیک تیپ واحدها نمایش می دهد. شایان ذکر است که بلوک های B و C نیز، دارای پنج تیپ مختلف پلان به همراه یک واحد سوئیت می باشند. از این پنج تیپ پلان، دو تیپ به صورت مجزا و سه تیپ آن مشابه تیپ پلان بلوک های A و D می باشد. در این شکل، لابی میانی نیز به همراه یک واحد سوئیت نمایش داده شده است. همچنین یک راهروی میانی، وظیفه دسترسی به واحدها را برعهده دارد. قابل ذکر است که هجده طبقه از این ساختمان، دارای پیش آمدگی و فرو رفتگی نسبت به هم می باشند. این امر باعث ایجاد اختلاف مساحت مفید در هر واحد از این تیپ پلان ها گردیده است. این مسئله بر روی مصرف انرژی هر واحد به صورت مجزا تاثیرگذار خواهد بود.



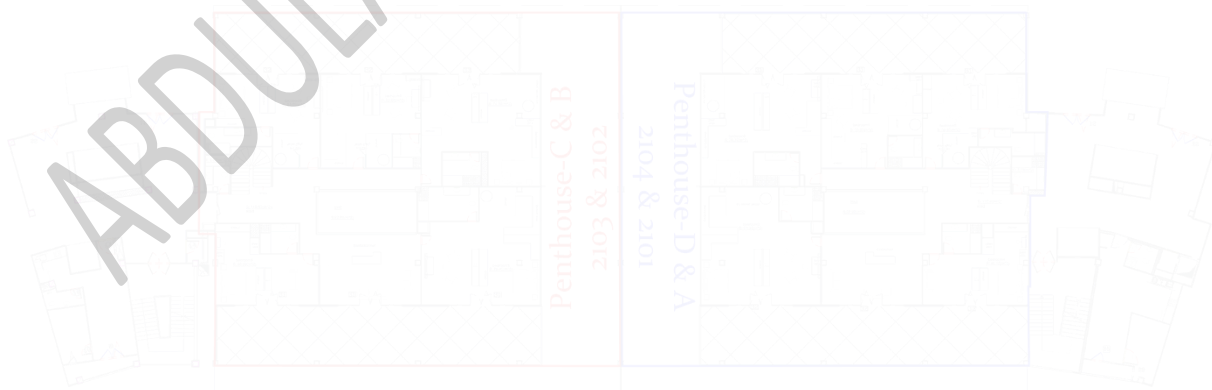
شکل ۴-۴- نمونه طرح پلان طبقه دوم بلوک های B و C، به تفکیک تیپ واحدها.

شکل (۴-۵)، طرح پلان پنت هاوس بلوک های B و C را به تفکیک تیپ واحدها نشان می دهد. در بالای هر کدام از این بلوک ها، دو واحد مسکونی مجزا (پنت هاوس)، در دو طبقه طراحی شده است. این واحدها به کمک یک دیوار میانی (به ارتفاع دو طبقه) از یکدیگر جدا شده اند. طبقه اول این واحدها دارای یک سالن پذیرایی بزرگ، آشپزخانه، آشپزخانه مخفی، حمام و سرویس بهداشتی مجزا، اتاق تلویزیون و اتاق مخصوص مهمان می باشد.



شکل ۴-۵- نمونه طرح پلان پنت هاوس بلوک C به تفکیک تیپ واحدها.

شکل (۴-۶)، طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس بلوک های B و C را به تفکیک تیپ واحدها نمایش می دهد. در هر کدام از این واحدها، پنج اتاق خواب به همراه سرویس بهداشتی مجزا و جکوزی جای گرفته اند.



شکل ۴-۶- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس بلوک C به تفکیک تیپ واحدها.

#### ۴-۳-۲- ایجاد مدل اطلاعات ساختمان

پس از بررسی و تیپ بندی پلان های معماری، به ایجاد مدل اطلاعات ساختمان در نرم افزار پرداخته شد. بدین ترتیب، با استفاده از یک الگوی<sup>۱</sup> معماری اقدام به طراحی نقشه ها در محیط معماری نرم افزار رویت می گردد. شایان ذکر است که بخش های معماری، سازه و تاسیسات (مکانیکی، الکتریکی و لوله کشی) به صورت یکپارچه در محیط نرم افزار رویت قابل پیاده سازی می باشند.

یکی از بزرگترین مزایای ادغام این بخش ها، قابلیت تشخیص برخورد عناصر، پیش از مرحله اجرا می باشد. به کمک این قابلیت می توان به رفع مشکلات ناشی از تداخل و تصادم، پیش از مرحله اجرا پرداخت. به طور کلی می توان چنین بیان کرد که این امر به افزایش بهره وری، کاهش زمان ساخت و در نهایت، کاهش هزینه های اجرایی پروژه منجر خواهد شد.

پس از شبکه بندی و جانمایی ستون های سازه های، ابتدا دیوارهای خارجی و به دنبال آن، دیوارهای جداکننده داخلی ترسیم خواهند شد. سپس با توجه به محل بازشوی پنجره ها و درب ها، و همچنین به کمک مدل های آماده ی این عناصر ساختمانی، به جایگذاری آن ها در محل های مورد نظر پرداخته می شود. شایان ذکر است که تمامی این عناصر ساختمانی، دارای مشخصات فیزیکی و حرارتی از پیش تعریف شده می باشند، که در تجزیه و تحلیل انرژی مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در ضمن قابلیت تعریف مصالح جدید به همراه کلیه خصوصیات فیزیکی و حرارتی مواد، در نرم افزار رویت وجود دارد.

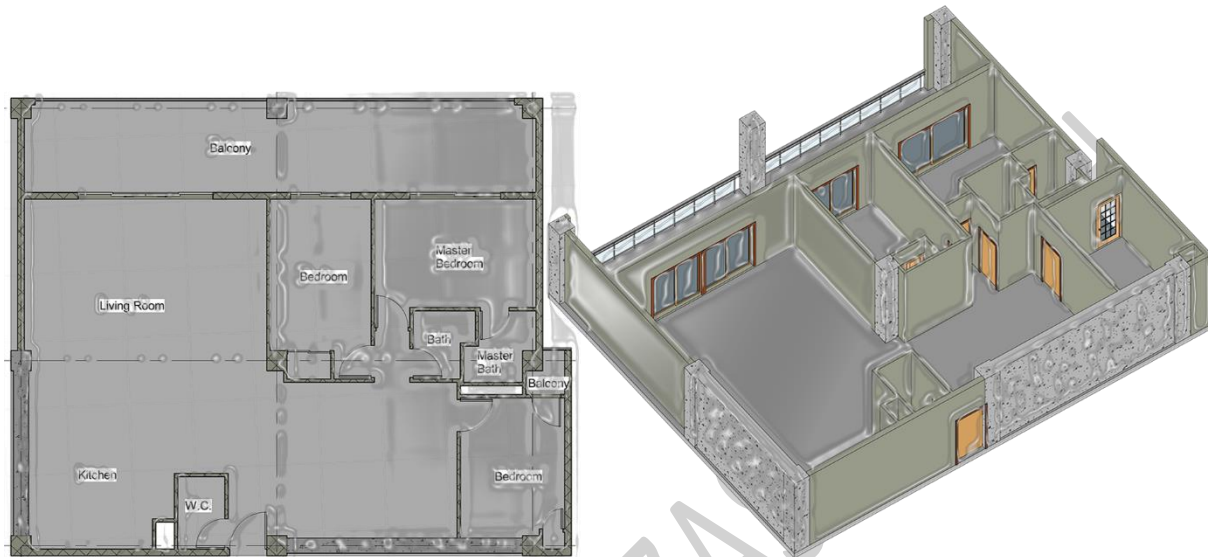
با مشاهده تیپ بندی پلان های معماری، می توان دریافت که هفت تیپ پلان معماری و سه تیپ سوئیت در هر طبقه وجود دارد. با چنین چیدمانی، هر طبقه این برج دربرگیرنده ۵۹ واحد مسکونی (سوئیت، تک خواب، دو خواب و سه خواب) خواهد بود. در بالاترین طبقه این برج مسکونی نیز (بلوک های B و C)، دو تیپ واحد پنت هاوس<sup>۲</sup> (در مجموع ۴ واحد) در دو طبقه جای گرفته اند.

---

1) Template

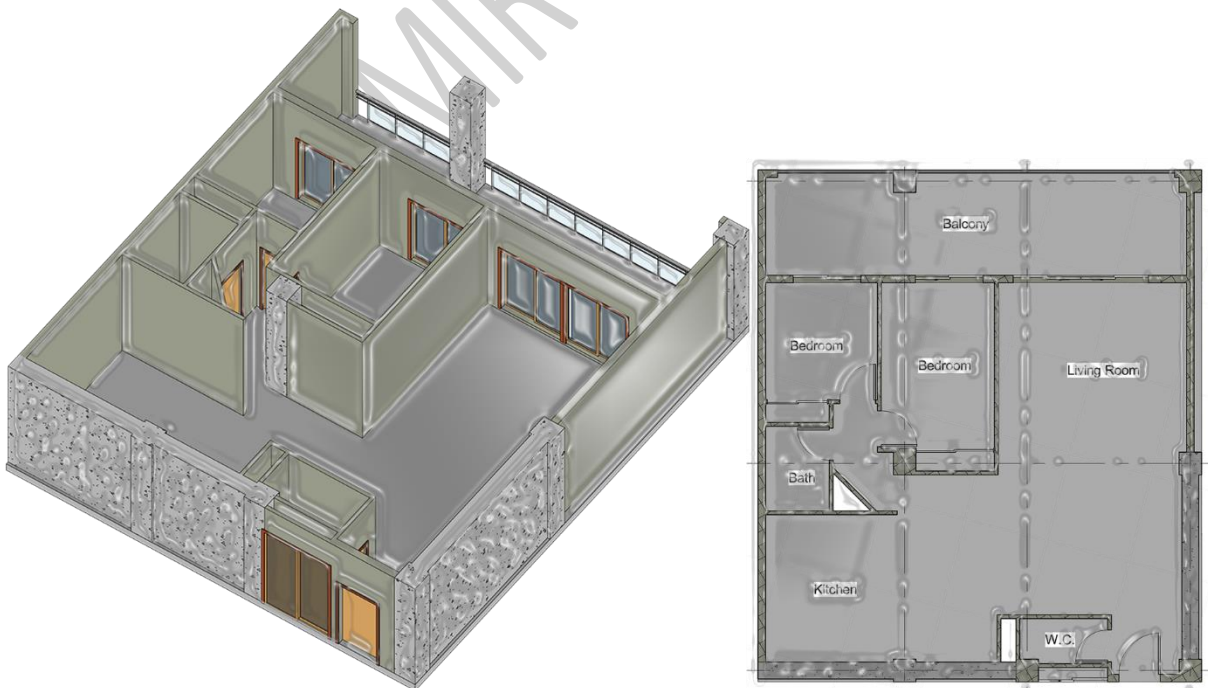
2) Penthouse

شکل (۷-۴)، یک نمونه از پلان تیپ A را نمایش می دهد. همان طور که در تصویر مشخص است، این تیپ پلان شامل: سه اتاق خواب، آشپزخانه، پذیرایی، اتاق نشیمن، حمام، سرویس بهداشتی و تراس می باشد. همچنین یکی از اتاق خواب ها نیز یک حمام اختصاصی در خود جای داده است.



شکل ۷-۴- نمونه طرح پلان تیپ A.

شکل (۸-۴)، یک نمونه از پلان تیپ B را نمایش می دهد. این طرح دارای دو اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام، سرویس بهداشتی و تراس می باشد.



شکل ۸-۴- نمونه طرح پلان تیپ B.

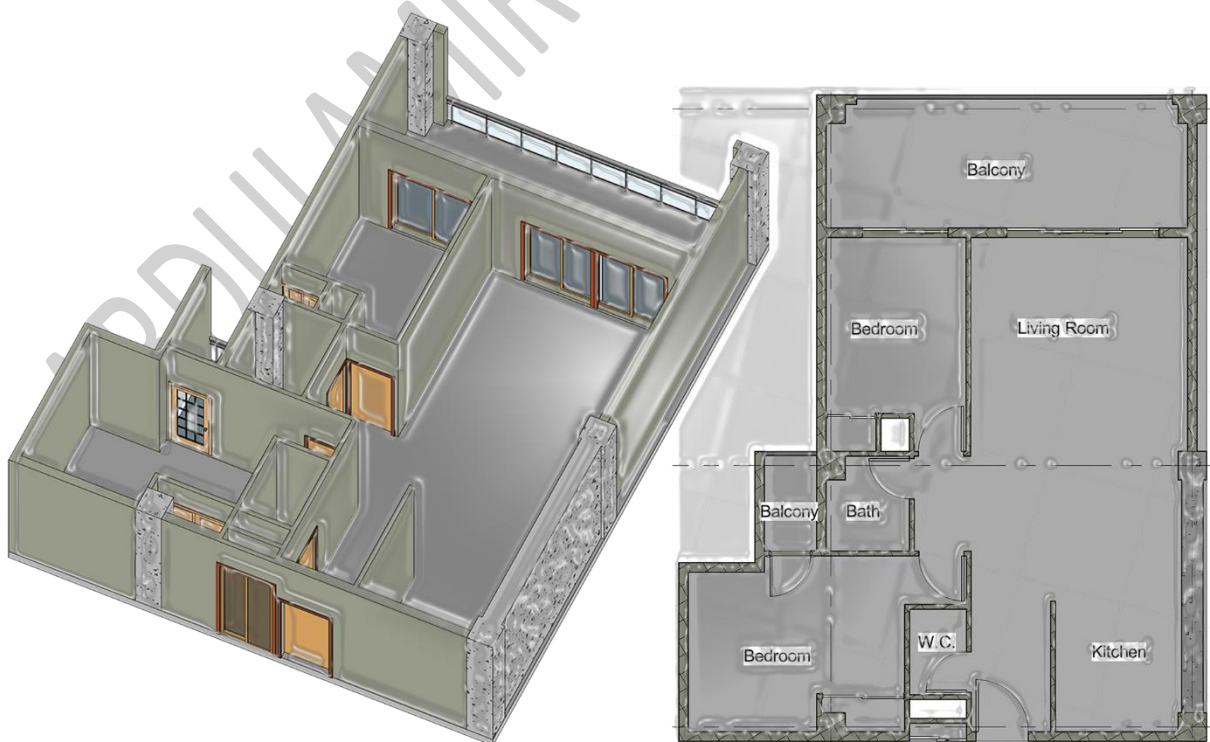


شکل (۴-۹)، یک نمونه از پلان تیپ B1 را نمایش می دهد. این تیپ پلان شامل: سه اتاق خواب، آشپزخانه، پذیرایی، اتاق نشیمن، حمام، سرویس بهداشتی و تراس می باشد.



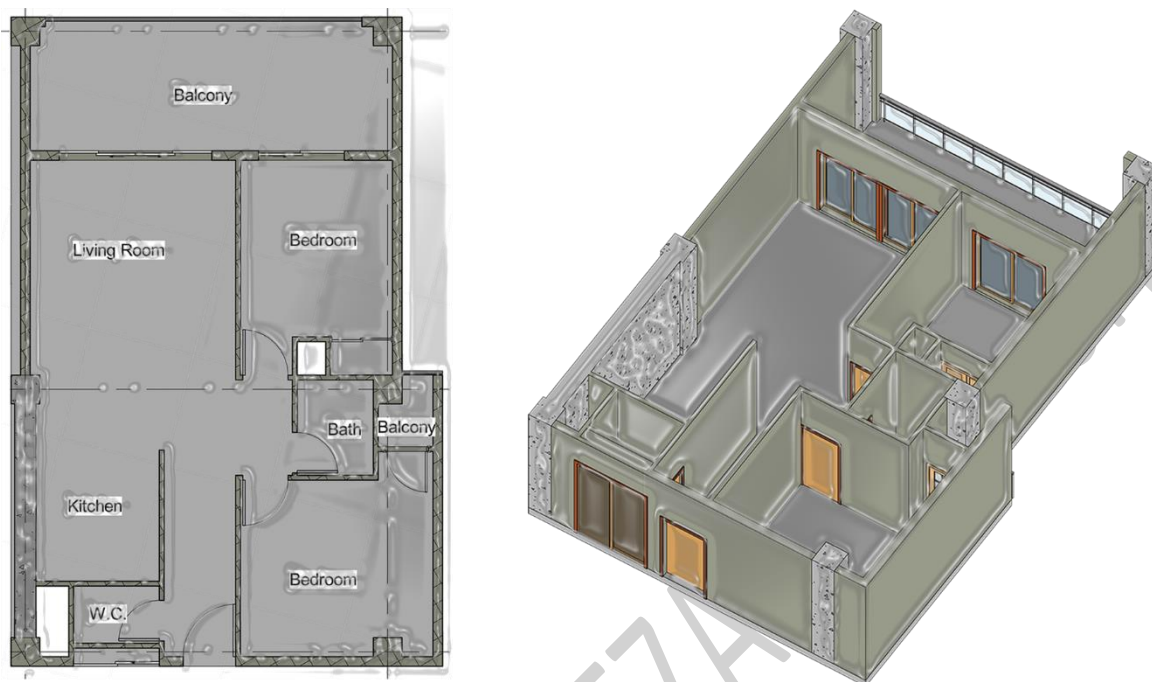
شکل ۴-۹- نمونه طرح پلان تیپ B1.

شکل (۴-۱۰)، یک نمونه از پلان تیپ C را نمایش می دهد. این طرح دارای دو اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام، سرویس بهداشتی و تراس می باشد.



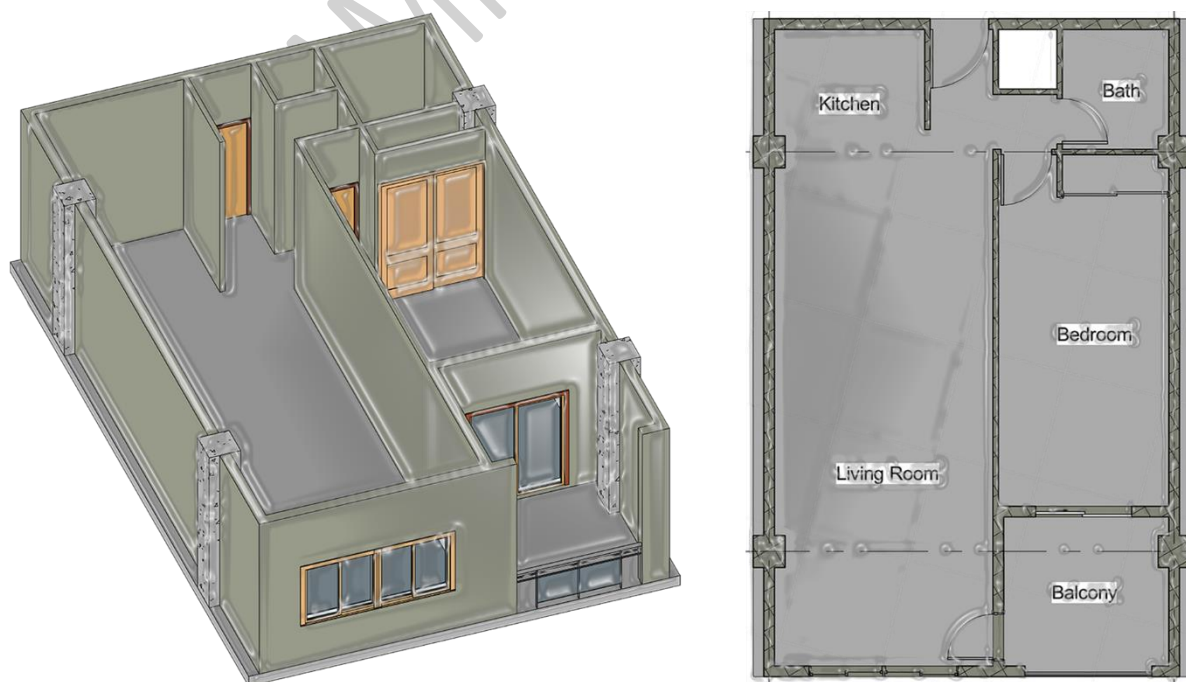
شکل ۴-۱۰- نمونه طرح پلان تیپ C.

شکل (۴-۱۱)، یک نمونه از پلان تیپ C1 را نمایش می دهد. این تیپ پلان شامل: دو اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام، سرویس بهداشتی و تراس می باشد.



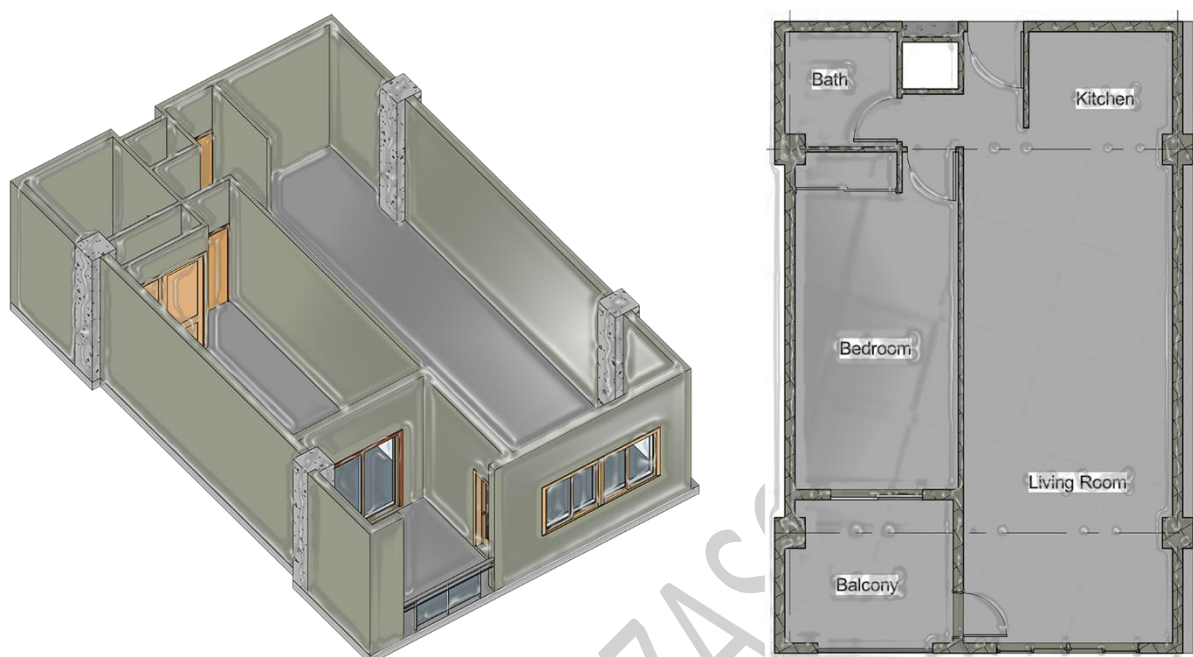
شکل ۴-۱۱- نمونه طرح پلان تیپ C1.

شکل (۴-۱۲)، یک نمونه از پلان تیپ D را نمایش می دهد. این طرح دارای یک اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام و سرویس بهداشتی مشترک و تراس می باشد.



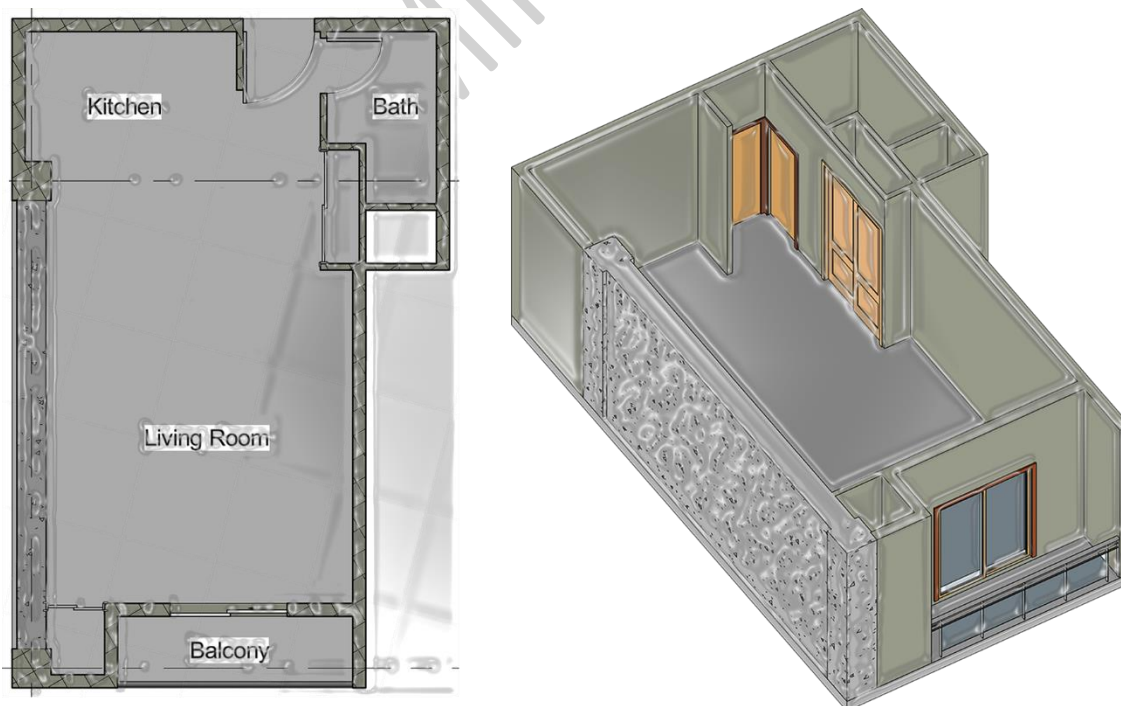
شکل ۴-۱۲- نمونه طرح پلان تیپ D.

شکل (۴-۱۳)، یک نمونه از پلان تیپ D1 را نمایش می دهد. این طرح نیز دارای یک اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام و سرویس بهداشتی مشترک و تراس می باشد.



شکل ۴-۱۳- نمونه طرح پلان تیپ D1.

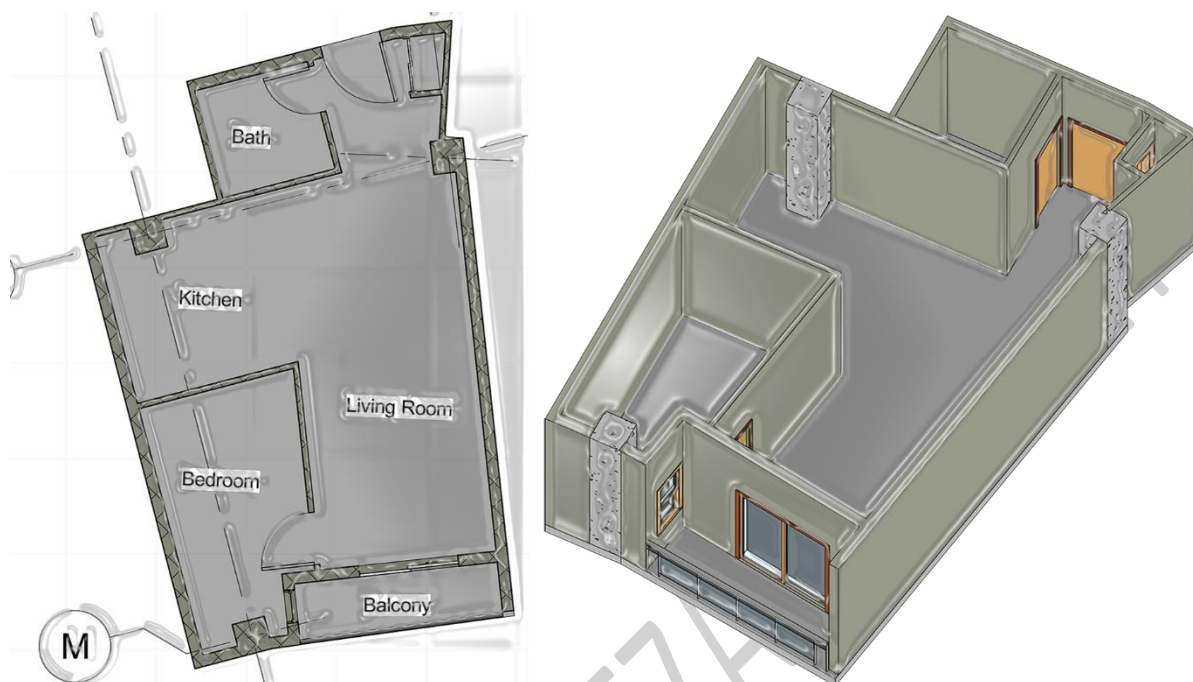
شکل (۴-۱۴)، یک نمونه از پلان تیپ سوئیت بلوک های A و D را نمایش می دهد. این تیپ پلان دارای یک آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام و سرویس بهداشتی مشترک و تراس می باشد.



شکل ۴-۱۴- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت بلوک های A و D.

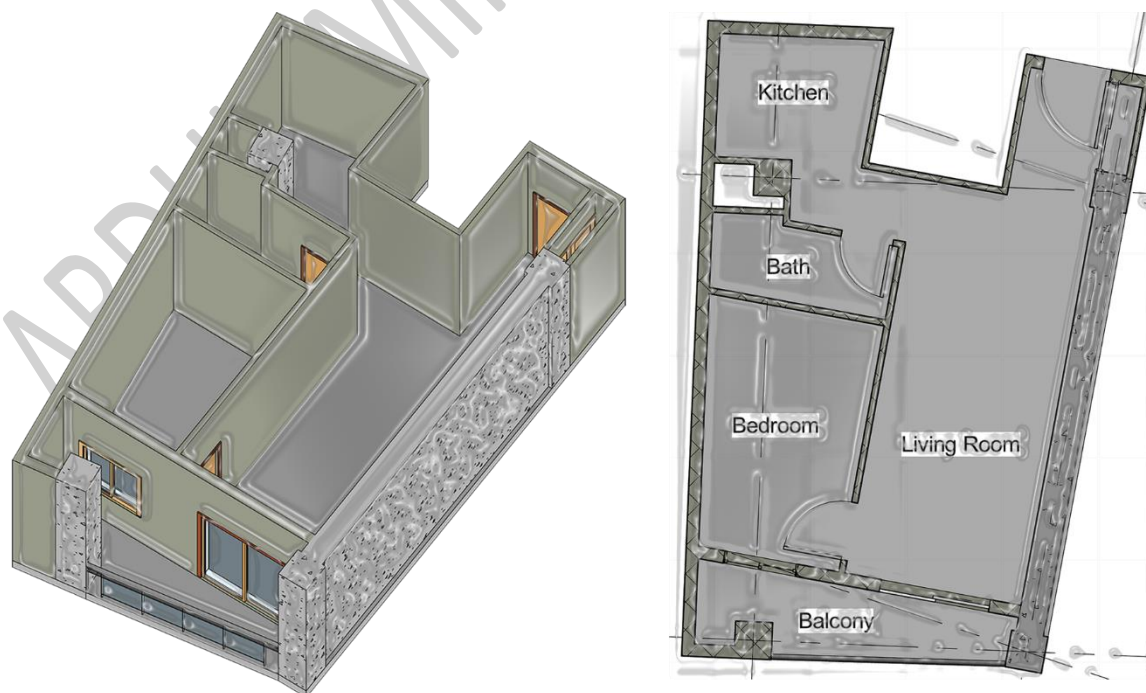


شکل (۴-۱۵)، یک نمونه از پلان تیپ سوئیت بلوک های B و C را نمایش می دهد. این تیپ پلان دارای یک اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام و سرویس بهداشتی مشترک و تراس می باشد.



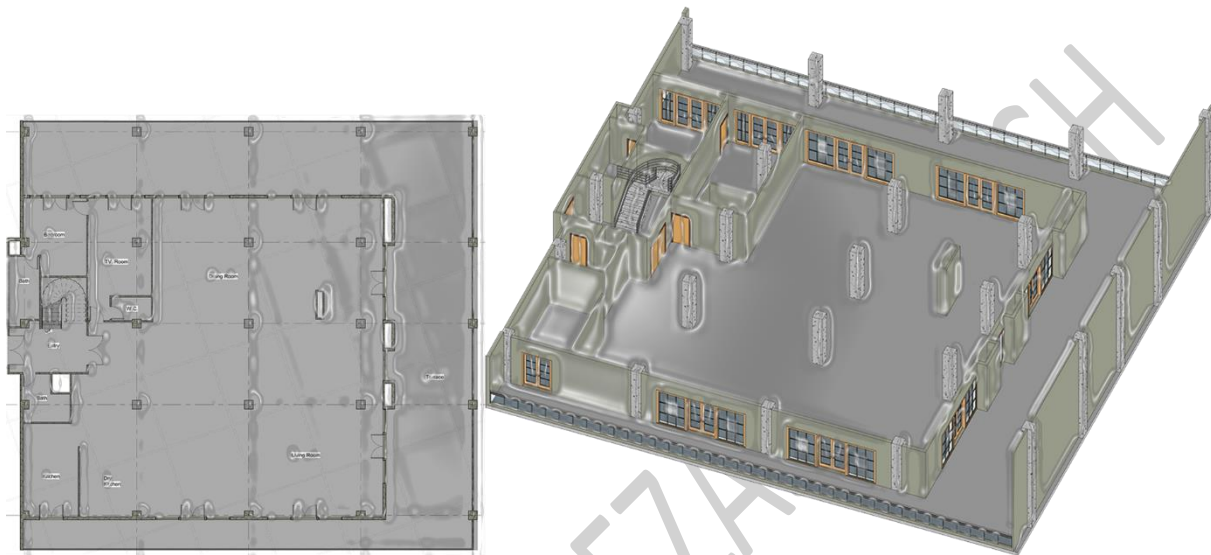
شکل ۴-۱۵- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت بلوک های B و C.

شکل (۴-۱۶)، یک نمونه از پلان تیپ سوئیت لابی میانی را نمایش می دهد. این تیپ پلان نیز دارای یک اتاق خواب، آشپزخانه، اتاق نشیمن، حمام و سرویس بهداشتی مشترک و تراس می باشد.

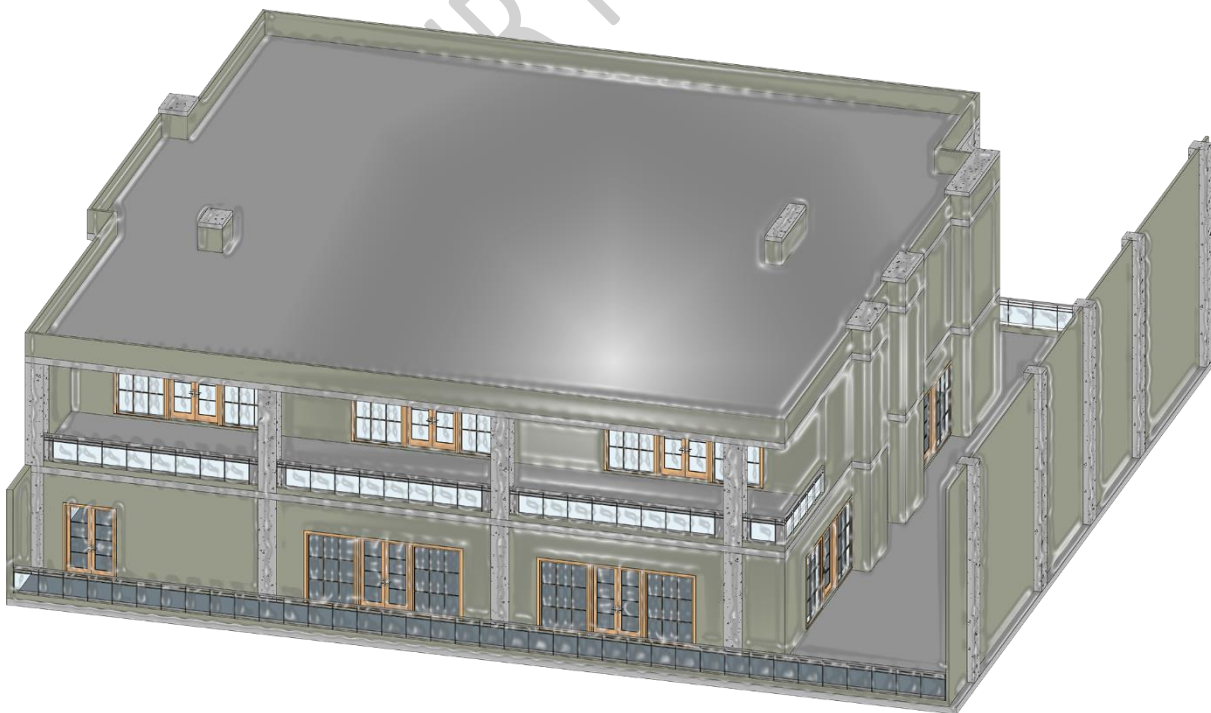


شکل ۴-۱۶- نمونه طرح پلان تیپ سوئیت لابی میانی.

شکل (۴-۱۷)، یک نمونه از پلان طبقه اول پنت هاوس را نمایش می دهد. همان طور که در تصویر مشخص است، این تیپ پلان شامل: یک فضای نشیمن بزرگ، بخش پذیرایی، آشپزخانه، آشپزخانه مخفی، حمام و سرویس بهداشتی، اتاق تلویزیون، اتاق خواب مخصوص مهمان به همراه حمام و سرویس بهداشتی مجزا و یک تراس سراسری بزرگ می باشد.



شکل ۴-۱۷- نمونه طرح پلان طبقه اول پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C).

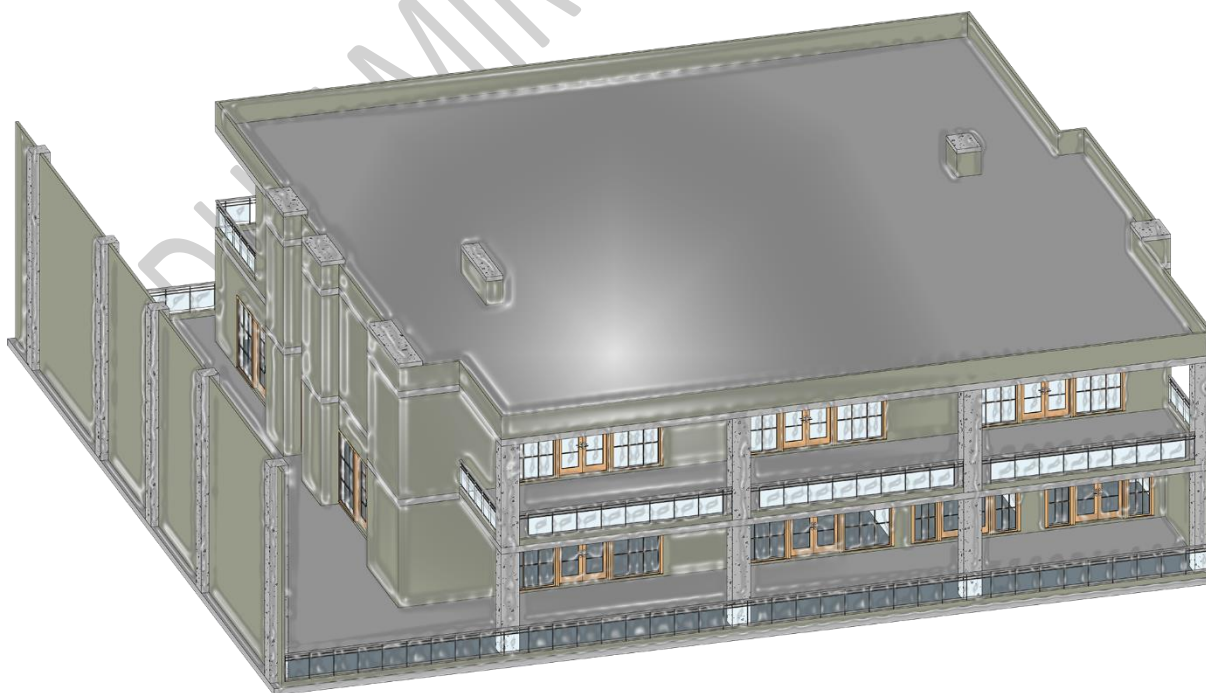


شکل ۴-۱۸- نمای جنوبی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C).

شکل (۴-۱۹)، یک نمونه از پلان طبقه دوم پنت هاوس را نمایش می دهد. همان طور که در تصویر مشخص است، این تیپ پلان شامل: پنج اتاق خواب بزرگ به همراه حمام و سرویس بهداشتی شخصی، یک فضای نشیمن، سرویس بهداشتی مجزا و دو تراس سراسری بزرگ می باشد. شایان ذکر است که یک دیوار میانی به ارتفاع دو طبقه، وظیفه جداسازی پنت هاوس ها را برعهده دارد.



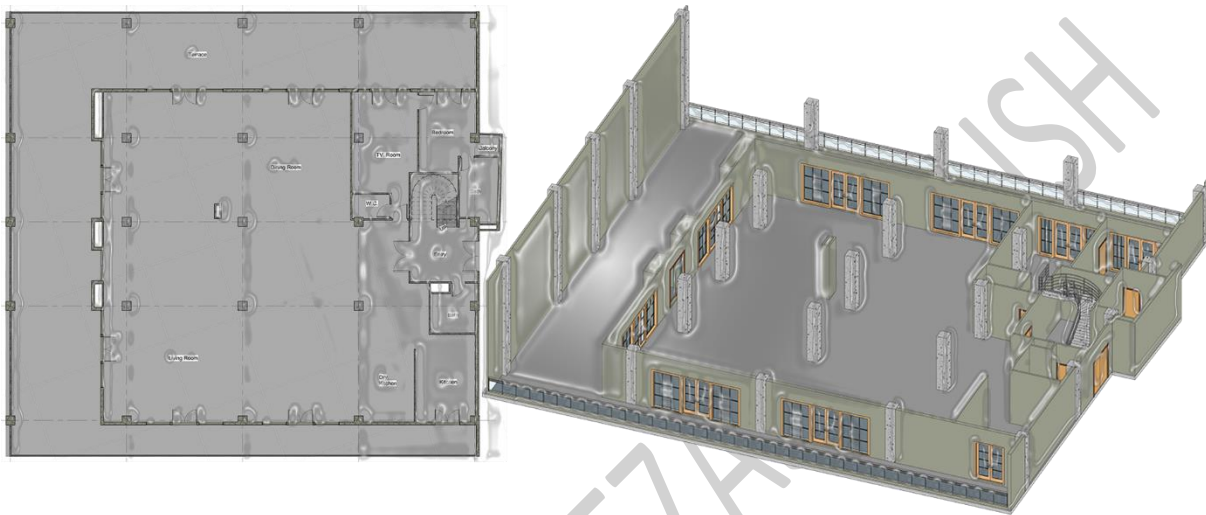
شکل ۴-۱۹- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C).



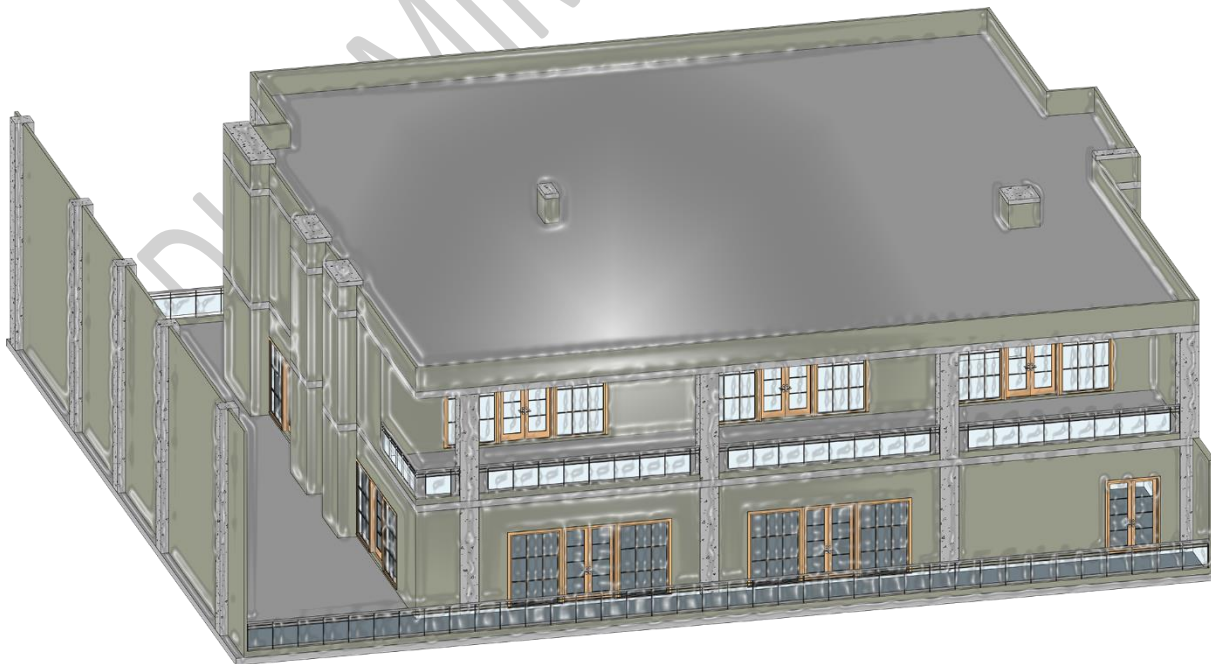
شکل ۴-۲۰- نمای شمالی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع غربی بلوک C).



شکل (۴-۲۱)، یک نمونه دیگر از پلان طبقه اول پنت هاوس را نمایش می دهد. همان طور که در تصویر مشخص است، این تیپ پلان نیز شامل: یک فضای نشیمن بزرگ، بخش پذیرایی، آشپزخانه، آشپزخانه مخفی، حمام و سرویس بهداشتی، اتاق تلویزیون، اتاق خواب مخصوص مهمان به همراه حمام و سرویس بهداشتی مجزا و یک تراس سراسری بزرگ می باشد.

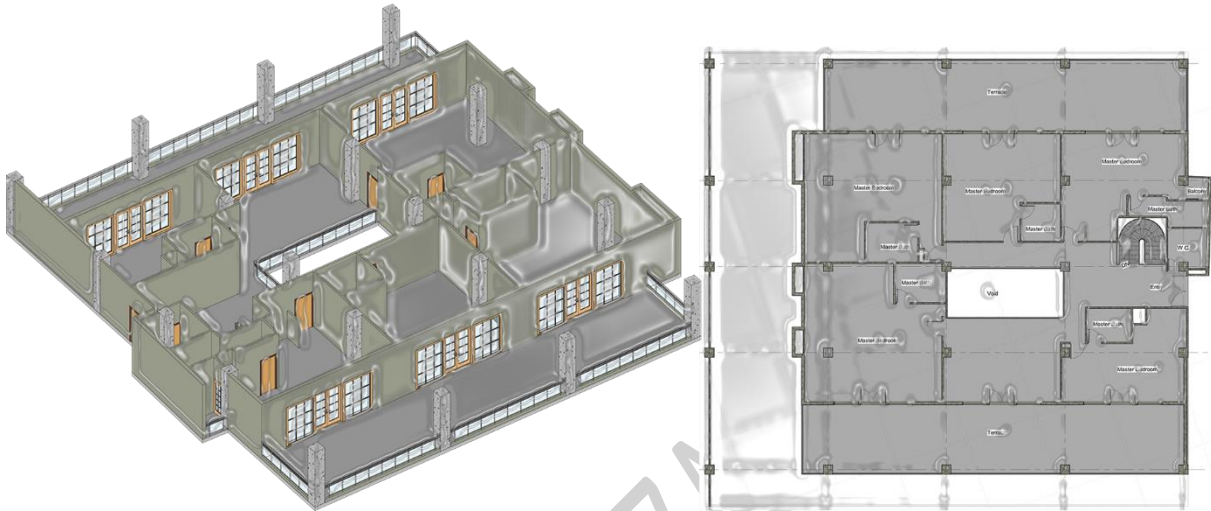


شکل ۴-۲۱- نمونه طرح پلان طبقه اول پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C).

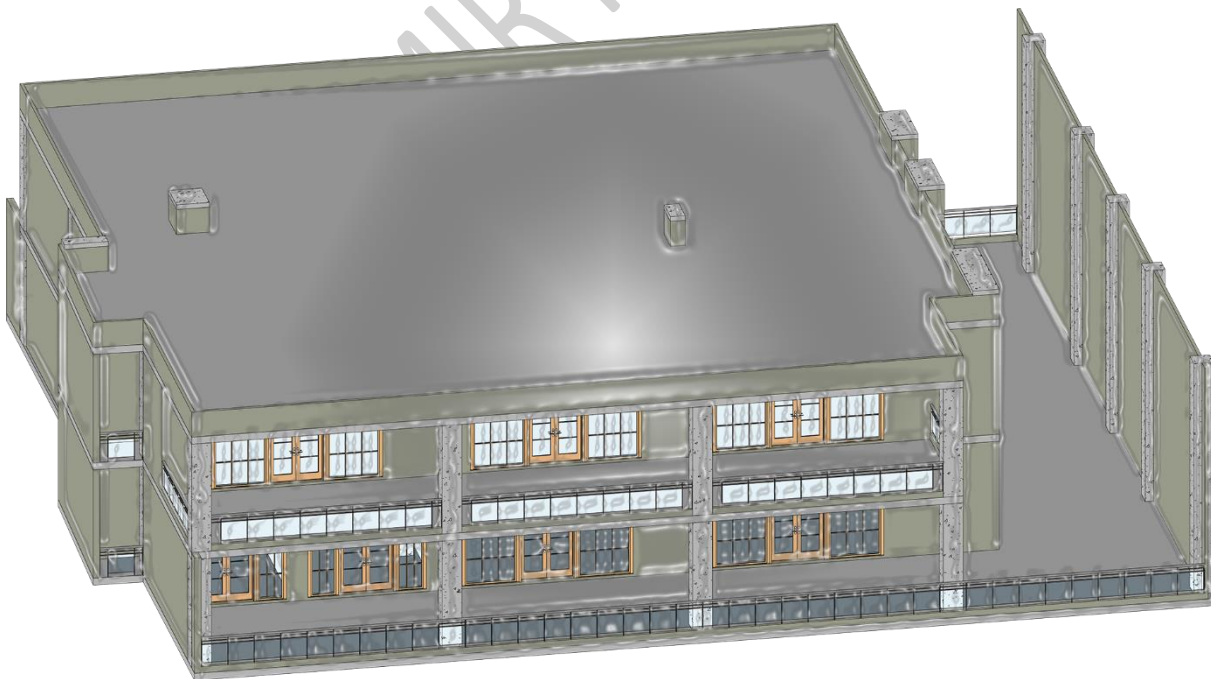


شکل ۴-۲۲- نمای جنوبی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C).

شکل (۴-۲۳)، یک نمونه دیگر از پلان طبقه دوم پنت هاوس را نمایش می دهد. همان طور که در تصویر مشخص است، این تیپ پلان نیز شامل: پنج اتاق خواب بزرگ به همراه حمام و سرویس بهداشتی شخصی، یک فضای نشیمن، سرویس بهداشتی مجزا و دو تراس سراسری بزرگ می باشد.



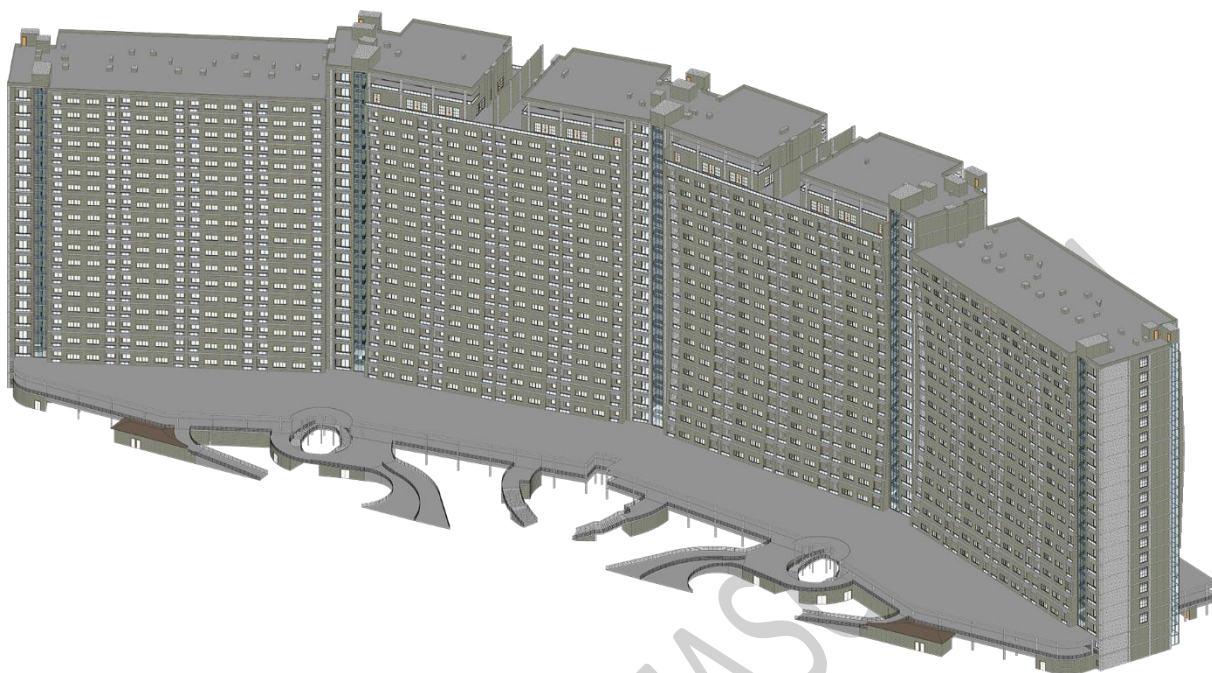
شکل ۴-۲۳- نمونه طرح پلان طبقه دوم پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C).



شکل ۴-۲۴- نمای شمالی طرح سه بعدی واحد پنت هاوس (ضلع شرقی بلوک C).



شکل های (۲۵-۴) و (۲۶-۴)، نمای کلی از طرح سه بعدی ساختمان را در دو جهت متفاوت نمایش دادند.



شکل ۲۵-۴- نمایی از طرح سه بعدی ساختمان (ضلع جنوب شرقی).



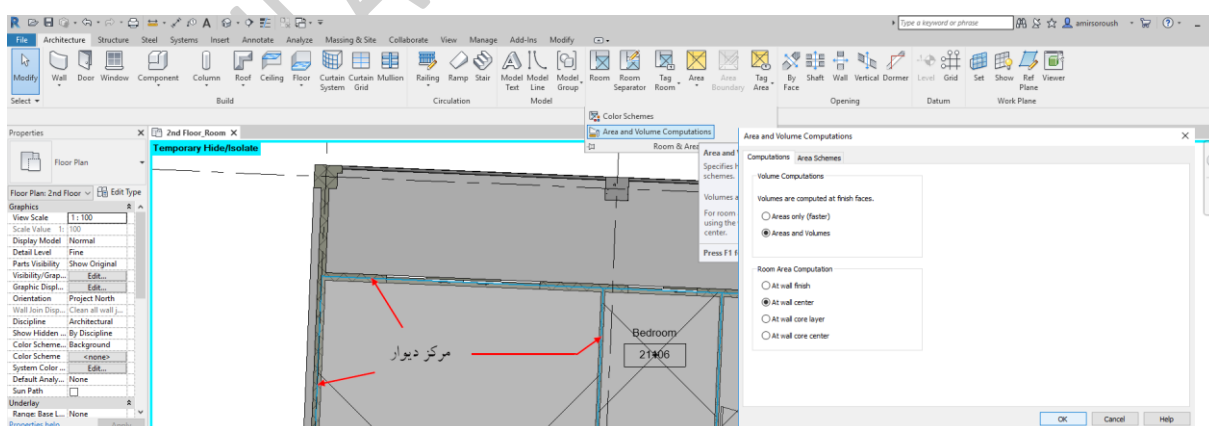
شکل ۲۶-۴- نمایی از طرح سه بعدی ساختمان (ضلع شمال غربی).

#### ۴-۴- مرحله سوم: شبیه سازی مدل انرژی و تجزیه و تحلیل داده ها

##### ۴-۴-۱- تعریف مناطق حرارتی

قبل از اینکه بتوان مدل اطلاعات ساختمان را برای تجزیه و تحلیل انرژی استفاده نمود، ابتدا باید به مناطق حرارتی<sup>۱</sup> تقسیم شود. یک منطقه حرارتی، یک فضای مشروط سه بعدی در یک ساختمان است که اشاره به فضای گرم و سرد شده توسط سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع<sup>۲</sup> ساختمان دارد. ذکر این نکته ضروری می باشد که لزوماً تمامی فضاهای موجود در یک ساختمان مشروط نیستند، بنابراین ممکن است برخی از بخش های مدل ساختمان، داخل منطقه(مناطق) حرارتی نباشند. با این وجود، امکان صادرات فضاهای غیرمشروط در این نرم افزار وجود دارد.

در نرم افزار رویت، مناطق حرارتی با استفاده از اشیاء اتاق<sup>۳</sup> تعریف می شوند. اگر چه ممکن است این مطلب بدین معنی باشد که هر اتاق یک منطقه حرارتی جداگانه است، اما لزوماً این برداشت صحیح نمی باشد. از آنجایی که یک منطقه حرارتی یک فضای سه بعدی می باشد، لازم است اطمینان حاصل شود که نه تنها مساحت مناطق حرارتی در مدل اطلاعات ساختمان ذخیره می شوند، بلکه داده های حجمی نیز ذخیره خواهند شد. در رویت، این کار با انتخاب گزینه احجام و مساحت ها در زبانه محاسباتی حجم و مساحت در منوی اصلی نرم افزار، جهت تنظیم روش محاسبه اتاق انجام می شود. احجام مناطق حرارتی را می توان از قسمت خارجی دیوار یا مرکز دیوار محاسبه کرد. با این وجود، برای جلوگیری از وجود شکاف بین مناطق در فرآیند صادرات فایل انرژی، احجام می بایست از مرکز دیوار محاسبه شوند.

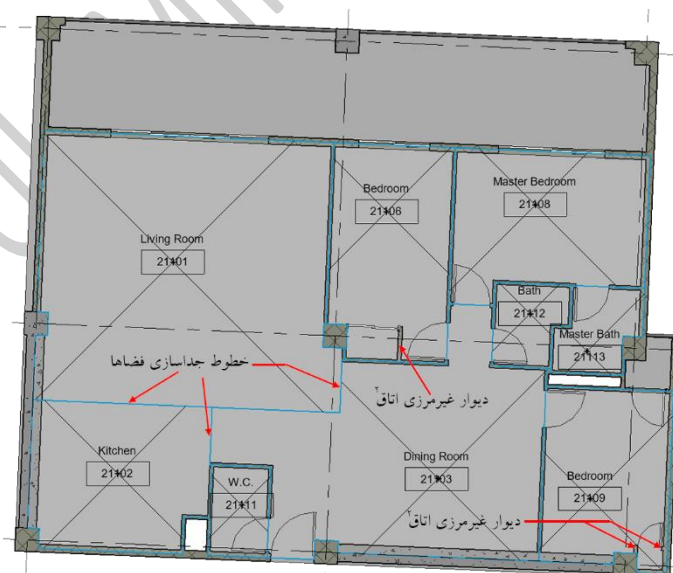


شکل ۴-۲۷- تنظیم روش محاسبه اتاق.

- 1) Thermal Zones
- 2) HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning)
- 3) Room objects

یک راه تقسیم ساختمان به مناطق حرارتی، توسط اتاق (اتاق ها) است. در نرم افزار رویت اگر یک اتاق توسط عناصر ساختمانی از همه طرف محدود شود، به عنوان نمونه: کف طبقه پایین، دیوارهای طرفین و سقف کاذب یا کف طبقه بالا، در آن صورت به طور پیش فرض دارای منطقه حرارتی می باشد. با این وجود، لازم نیست که تمام عناصر ساختمانی به عنوان مرزهای حرارتی انتخاب شوند. علاوه بر این لازم نیست که یک عنصر ساختمانی برای محدود کردن یک منطقه حرارتی وجود داشته باشد. در خصوص مورد اول، عناصر ساختمانی را می توان به عنوان اتاق بدون مرزبندی تعریف نمود، و در خصوص مورد دوم، خطوط جداکننده فضا<sup>۱</sup> را می توان به عنوان مرز یک منطقه حرارتی در غیاب یک عنصر فیزیکی ساختمان استفاده کرد.

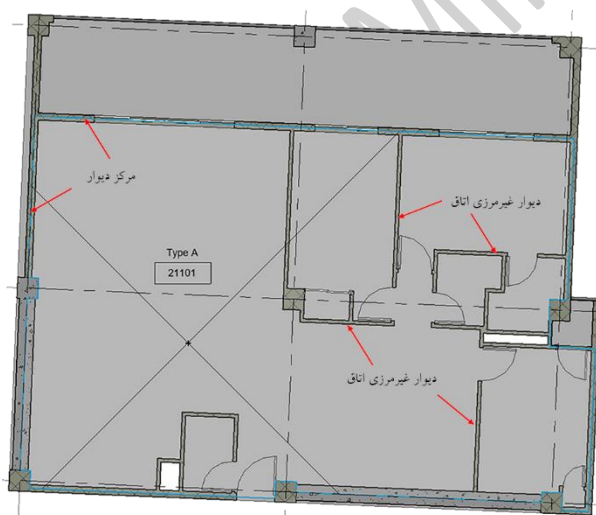
شکل (۴-۲۸) جهت نمایش جانمایی مناطق حرارتی، به عنوان نمونه در پلان تیپ A، ارایه شده است. همان گونه که در تصویر مشخص می باشد، مناطق حرارتی توسط خطوط ضربدری مشخص شده اند. مناطق اتاق خواب ها، حمام و سرویس بهداشتی به طور کامل محصور شده اند، بنابراین نیازی به محدودیت های اضافی برای تعریف منطقه حرارتی وجود ندارد. با این حال، مناطقی وجود دارند (آشپزخانه، اتاق نشیمن و پذیرایی) که نیازمند برخی از محدودیت های اضافی می باشند. از آنجایی که عناصر فیزیکی ساختمان برای محدود کردن برخی از فضاها وجود ندارد، از یک خط جداسازی فضا برای محدود کردن بین فضاها استفاده می شود. قابل ذکر است که در این حالت نیز از همان روش برای جدا کردن فضاها استفاده می شود.



شکل ۴-۲۸- جانمایی مناطق حرارتی در پلان نمونه تیپ A.

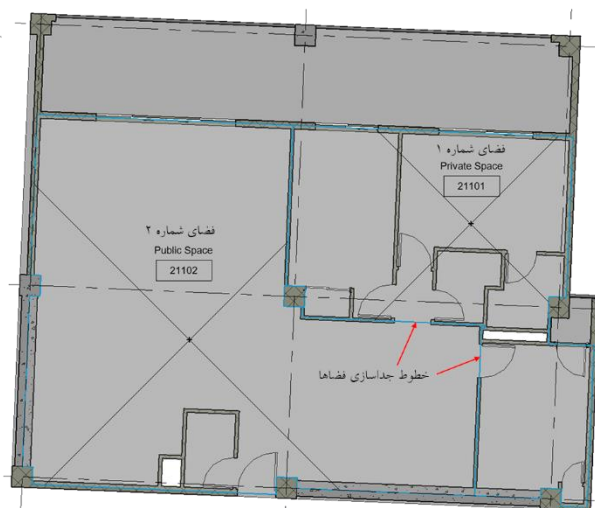
- 1) Room Separation Lines
- 2) Non-room bounding wall

در ادامه ممکن است حتی ساده سازی مناطق حرارتی نیز امکان پذیر باشد. شکل (۴-۲۹) یک سناریو را نشان می دهد که در آن پلان به دو منطقه تقسیم شده است. منطقه اول (فضای شماره ۱)، فضای خصوصی ساختمان را شامل می شود، که دربرگیرنده سه اتاق خواب و دو حمام می باشد. منطقه دوم (فضای شماره ۲)، فضای عمومی را تعریف می کند. این فضا شامل اتاق نشیمن و غذاخوری، سرویس بهداشتی و آشپزخانه می باشد. شکل (۴-۳۰) یک سناریو دیگری را نشان می دهد که در آن تمامی فضاها به یک منطقه حرارتی تبدیل شده است. چند دلیل وجود دارد که چرا ساده تر شدن مناطق حرارتی مدل ساختمان ممکن است در مرحله طراحی اولیه مفید باشد. اولاً نتایج شبیه سازی مدل های تک منطقه ای (شکل ۴-۳۰)، دو منطقه ای (شکل ۴-۲۹) و نه منطقه ای (شکل ۴-۲۸) نشان می دهد که منطقه بندی اضافی، تاثیر چندانی در افزایش دقت محاسبه مصرف انرژی نخواهد داشت. ضمن اینکه در این حالت، انتخاب مدل تک منطقه ای، باعث صرفه جویی در زمان انجام محاسبات نیز خواهد شد. دوم اینکه، وارد کردن مدل های تک منطقه ای و دو منطقه ای، به یک ابزار تجزیه و تحلیل خارجی انرژی، از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار می باشد. بنابراین، هنگام تعریف مناطق حرارتی برای مدل اطلاعات ساختمان که برای مدل سازی انرژی مورد استفاده قرار می گیرد، توافقی میان دقت شبیه سازی، زمان انجام محاسبات و قابلیت اطمینان وارد نمودن فایل در سایر نرم افزارهای تجزیه و تحلیل انرژی وجود دارد.



شکل ۴-۳۰

تبدیل مناطق حرارتی به یک منطقه حرارتی در پلان نمونه تیپ A.



شکل ۴-۲۹

ساده سازی مناطق حرارتی در پلان نمونه تیپ A.



بررسی کلی نتایج شبیه سازی انرژی در پلان نمونه تیپ A (جدول ۴-۶)، نشان داد که با توجه به مزیت ساده سازی مناطق حرارتی در پلان که منجر به کاهش زمان انجام محاسبات می گردد، در نقطه مقابل می توان چنین نتیجه گرفت که با کاهش نتایج واقعی مصرف انرژی روبرو خواهد شد. این امر ناشی از کاهش سطوح سایه<sup>۱</sup> می باشد. منظور از سطوح سایه در این قسمت، همان سطوح حرارتی می باشند که با توجه به شرایط واقعی پلان معماری، در نتیجه نهایی مصرف انرژی تاثیر منفی خواهند گذاشت.

جدول ۴-۶- مقایسه حالات مختلف مصرف انرژی در پلان نمونه تیپ A.

فرم کلی پلان	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم
	شکل (۴-۲۸)	شکل (۴-۲۹)	شکل (۴-۳۰)
مساحت کف حرارتی (متر مربع)	۱۵۰	۱۵۵	۱۶۵
میانگین مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه <sup>۲</sup> )	 12.5 USD / m <sup>2</sup> / yr	 12 USD / m <sup>2</sup> / yr	 11.4 USD / m <sup>2</sup> / yr
میانگین مصرف انرژی (بر مبنای شدت مصرف انرژی <sup>۳</sup> )	 124 kWh / m <sup>2</sup> / yr	 120 kWh / m <sup>2</sup> / yr	 116 kWh / m <sup>2</sup> / yr
مقایسه مصرف سالانه انرژی (حداقل - حداکثر)			

- 1) Shade Surfaces
- 2) Annual Cost
- 3) Energy Use Intensity (EUI)

از آنجایی که احجام، مناطق حرارتی را تشکیل می دهند، بنابراین مرزهای این مناطق باید از ابعاد مختلف بررسی شوند. شکل (۴-۳۱) یک برش از ساختمان و محدوده مرزهای حرارتی آن نشان می دهد. در تصویر سمت چپ، مرزهای منطقه حرارتی در بخش نگهداری کیسول اطفای حریق، در قسمت راهروی دسترسی به واحدهای مسکونی ساختمان به درستی تعریف نشده است. این امر بدین دلیل است که دیوارهای مربوط به این بخش (اطفای حریق)، به صورت محدوده اتاق<sup>۱</sup> تعریف شده اند. تصویر سمت راست، نمونه اصلاح شده مرزهای حرارتی را نشان می دهد. برای این منظور می بایست دیوارهای مورد نظر را از حالت محدوده اتاق خارج کرد. نتیجه این کار، دقت بیشتر در انجام محاسبات مصرف انرژی خواهد بود. قابل ذکر است که نرم افزار رویت، حجم اتاق را بر اساس یک ارتفاع مشخص محاسبه می کند. بدین معنی که نزدیک ترین مانع به لحاظ ارتفاع، اعم از کف طبقه بالا یا سقف کاذب (در صورت موجود)، ملاک محاسبه خواهد بود.



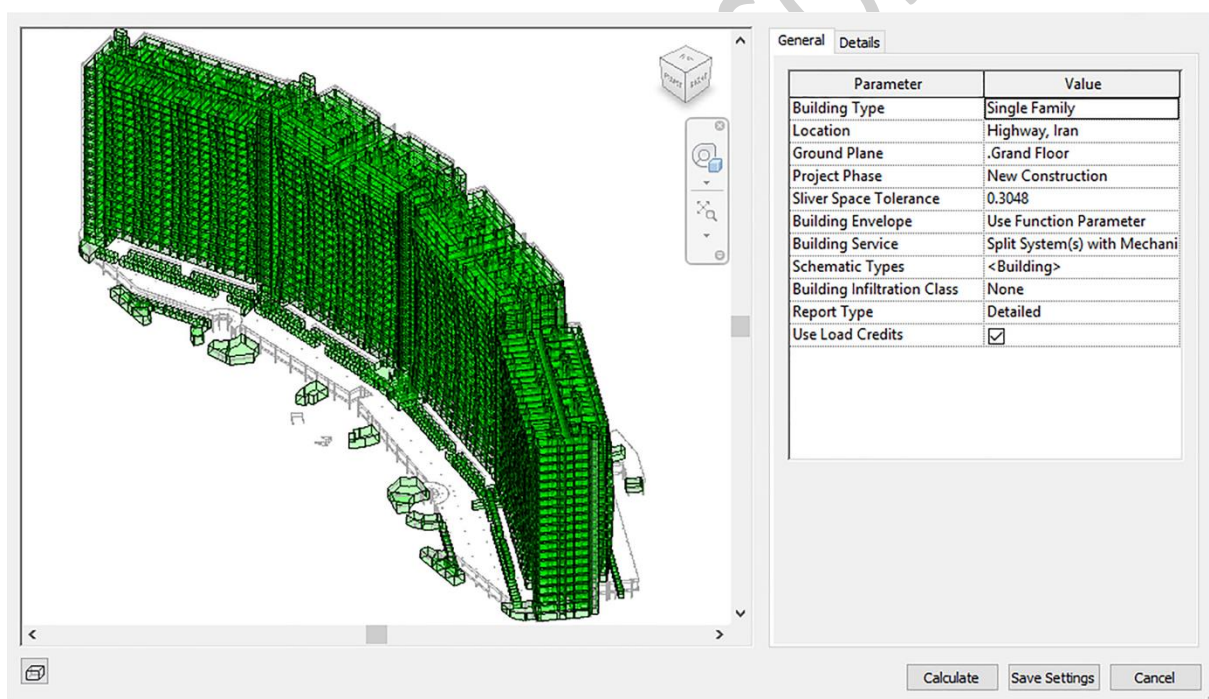
شکل ۴-۳۱- نمایش مرزهای منطقه حرارتی نادرست (سمت چپ) و مرزهای حرارتی صحیح (سمت راست).

بر اساس برنامه مدل سازی اطلاعات ساختمان، ممکن است اطلاعات دیگری نیز قبل از صادر کردن<sup>۲</sup> فایل خروجی برای مدل ساختمان تعریف شوند. برخی از این اطلاعات عبارتند از: محل اجرای پروژه و یا نوع ساختمان. محل اجرای پروژه به منظور دریافت خودکار داده های اقلیمی جهت انجام شبیه سازی انرژی به نرم افزار معرفی می شود. اطلاعات نوع ساختمان نیز به منظور انتخاب تجهیزات به طور پیش فرض و برنامه ریزی زمانی استفاده از تاسیسات ساختمانی با توجه به کاربری ساختمان که می تواند یک مدرسه، بیمارستان، مرکز خرید و یا به عنوان نمونه خانه های تک خانوار<sup>۳</sup> باشد، معرفی می گردد.

1) Room Bounding  
2) Export  
3) Single Family

#### ۴-۴-۲- محاسبه بارهای حرارتی و برودتی

مدل اطلاعات ساختمان را می توان به عنوان یک مدل تجزیه و تحلیل حرارتی و برودتی با استفاده از یک فایل خروجی و با فرمت زبان نشانه گذاری قابل توسعه ساختمان سبز<sup>۱</sup> (gbXML) صادر کرد. این فایل، داده های متعددی را جهت تنظیم نوع فایل خروجی در خود جای می دهد. برای مثال، نوع ساختمان و موقعیت مکانی پروژه که در بخش تنظیمات انرژی وارد شده اند، در این کادر، بازخوانی و تنظیم خواهند شد. همچنین نوع پوشش ساختمان، سیستم تاسیسات مصرفی و درجه نفوذ ساختمان در این قسمت قابل تنظیم و کنترل می باشد. پس از آن، نرم افزار رویت یک کادر محاوره ای با پیش نمایش مدل خروجی انرژی در اختیار کاربر قرار می دهد. در این مرحله، به عنوان مثال می توان بررسی نمود که آیا مناطق حرارتی به طور صحیح تعریف شده اند. شکل (۴-۳۲)، مدل تحلیلی بارهای حرارتی و برودتی ساختمان نمونه را نشان می دهد.



شکل ۴-۳۲- نمایش مدل تحلیلی بارهای حرارتی و برودتی در نرم افزار رویت.

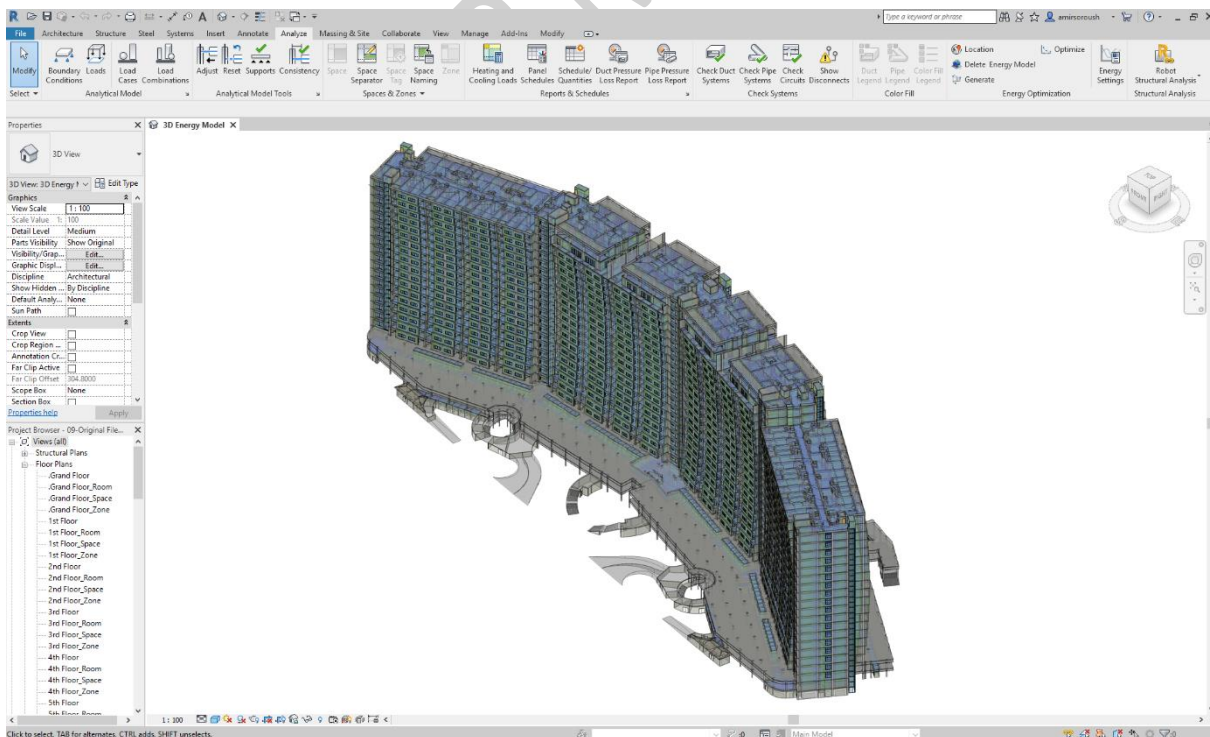
1) Green Building Xtensible Markup Language (gbXML)

#### ۴-۳-۳- ارسال اطلاعات

هر دو نرم افزار اتودسک این سایت<sup>۱</sup> و اتودسک گرین بیلدینگ استودیو<sup>۲</sup>، قابلیت دریافت فایل را با فرمت زبان نشانه گذاری قابل توسعه ساختمان سبز (gbXML) دارا می باشند. این قابلیت، آن ها را برای این مطالعه ایده آل می نماید. در ادامه، روند ارسال اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل انرژی مورد بررسی قرار گرفت.

#### ۴-۳-۴-۱- فرآیند ارسال اطلاعات به نرم افزار اتودسک این سایت

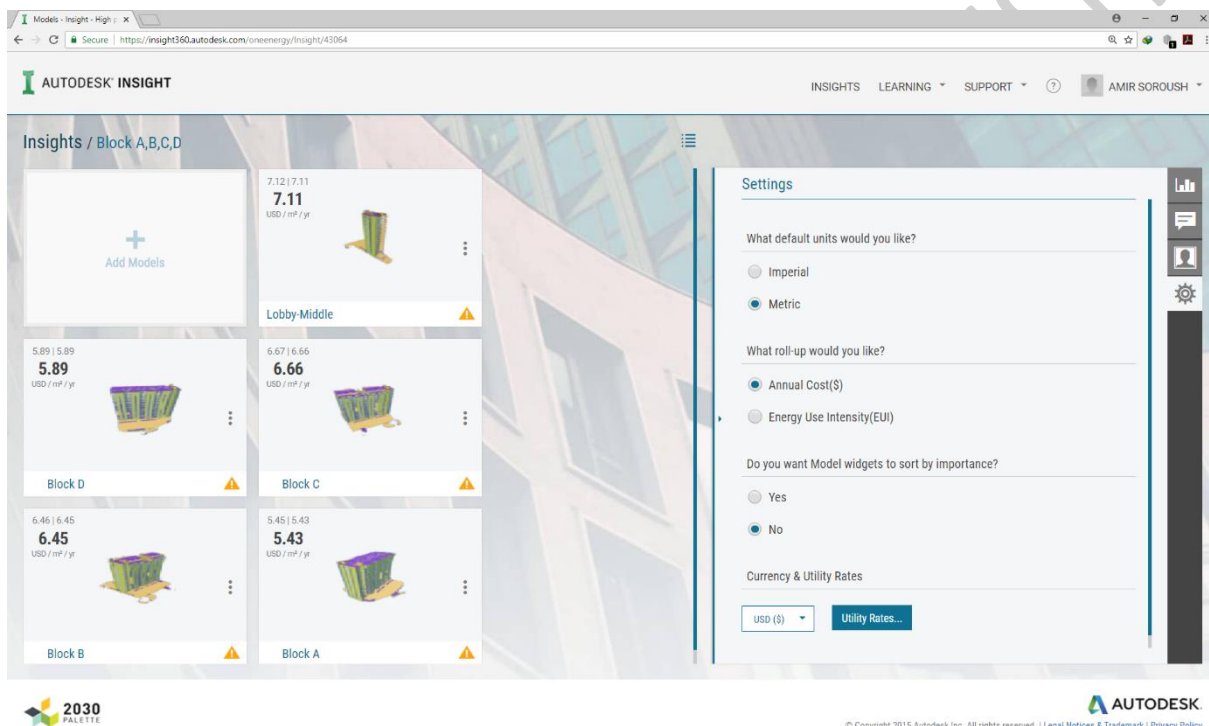
این نرم افزار، قابلیت دریافت دامنه وسیعی از اطلاعات ساختمانی، از طرح های ساده مفهومی تا مدل های بسیار دقیق اجرایی را جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی دارا می باشد. پس از انجام مدل سازی و تنظیم پارامترهایی نظیر: موقعیت مکانی پروژه (جهت دریافت داده های اقلیمی از پایگاه اطلاعات)، سیستم تهویه مطبوع و گرمایش، وسایل و تجهیزات الکتریکی، سیستم روشنایی، زمان بندی فعالیت ها و سایر پارامترهای مورد نیاز در نرم افزار رویت، با استفاده از زبانه تجزیه و تحلیل به ایجاد مدل انرژی پرداخته می شود. بعد از تهیه مدل انرژی مطابق شکل (۴-۳۳)، می بایست با استفاده از یک حساب کاربری نسبت به اتصال نرم افزار به سایت شرکت اتودسک و ارسال فایل مدل انرژی اقدام نمود.



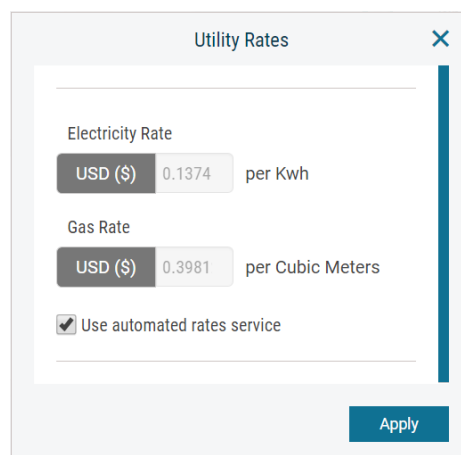
شکل ۴-۳۳- ایجاد مدل انرژی در نرم افزار رویت با استفاده از عناصر ساختمانی.



پس از ارسال فایل مدل انرژی و انجام محاسبات مرتبط توسط نرم افزار، یک ایمیل مبنی بر اتمام مراحل کاری ارسال میگردد. سپس مطابق شکل (۴-۳۴)، با ورود به بخش مرتبط با پروژه جاری می توان به قسمت تنظیمات، دسترسی پیدا نمود. به عنوان نمونه می توان در این قسمت، به تغییر سیستم واحد سنجش، ارزیابی بر مبنای هزینه سالیانه یا شدت مصرف انرژی، جانمایی نتایج بر اساس اهمیت موضوع و تعیین واحد ارزی کشورها به همراه نرخ محاسبه مصرف انرژی اقدام نمود. همچنین در بخش تعیین نرخ واحد ارز می توان از دو حالت خودکار و دستی استفاده نمود، که مطابق شکل (۴-۳۵)، در این مطالعه از حالت خودکار استفاده گردید.



شکل ۴-۳۴- بخش تنظیمات نرم افزار Insight، جهت نمایش مدل انرژی.

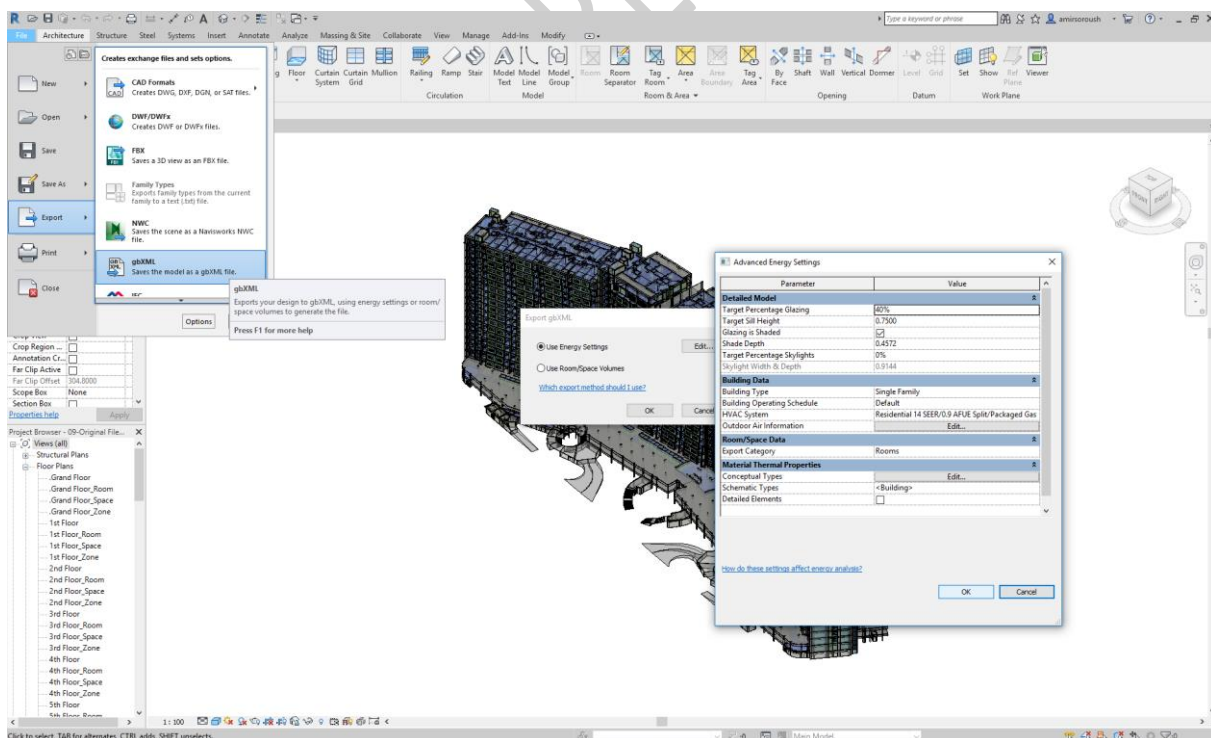


شکل ۴-۳۵- تعیین نرخ واحد ارز، جهت برآورد مصرف انرژی.

#### ۴-۳-۲- فرآیند ارسال اطلاعات به نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو

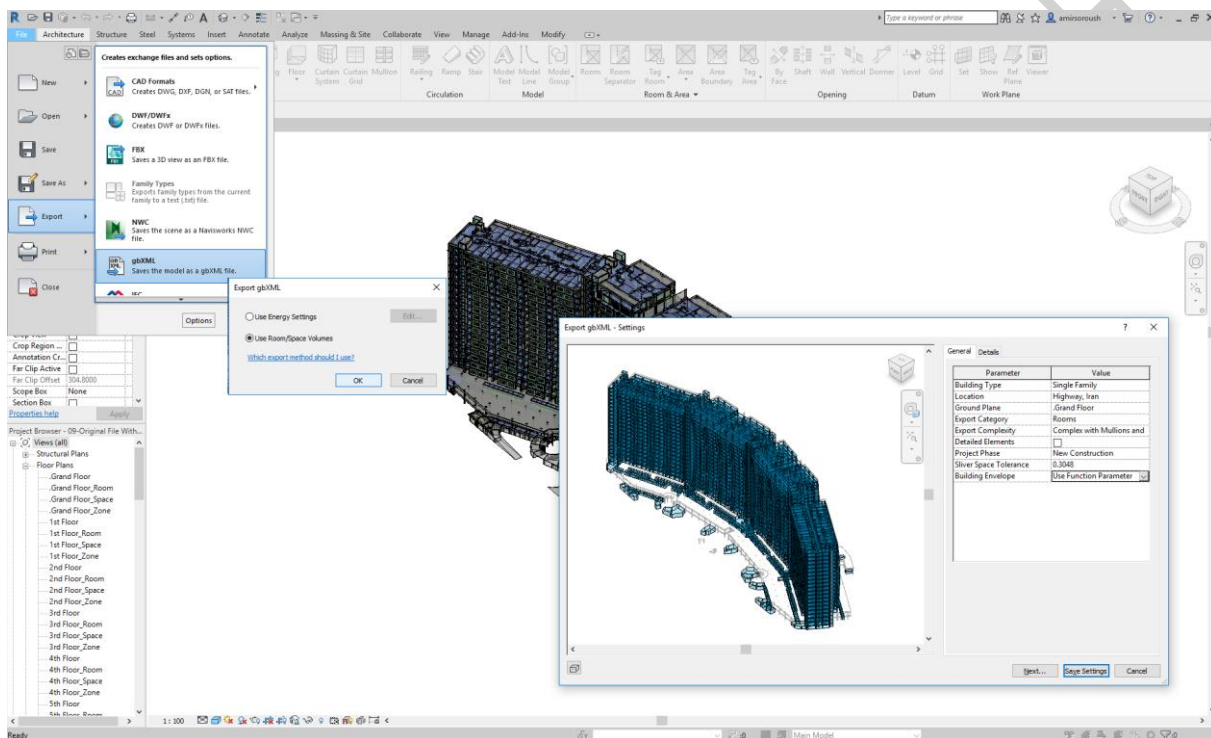
این نرم افزار نیز، قابلیت دریافت دامنه وسیعی از اطلاعات ساختمانی را از طرح های ساده مفهومی تا مدل های بسیار دقیق اجرایی جهت انجام تجزیه و تحلیل انرژی دارا می باشد. پس از انجام مدل سازی، تنظیم پارامترهای لازم و ایجاد مدل انرژی در نرم افزار رویت، نسبت به تولید و ارسال فایل خروجی با فرمت زبان نشانه گذاری قابل توسعه ساختمان سبز (gbXML) اقدام می گردد. در این مرحله می توان به دو طریق از مدل انرژی، فایل خروجی دریافت نمود. یک حالت با استفاده از ملاحظات انجام گرفته در بخش تنظیمات انرژی و در حالت دوم با استفاده از احجام فضاها یا اتاق ها قابل انجام می باشد.

قابل ذکر است که همزمان با ارسال فایل مدل انرژی از طریق نرم افزار اتودسک رویت (Revit) به نرم افزار اتودسک این سایت (Insight)، یک فایل از مدل انرژی نیز به طور خودکار به نرم افزار اتودسک گرین بیلدینگ استودیو (Green Building Studio)، فرستاده می شود. با این حال، امکان ایجاد پروژه جدید در این نرم افزار به طور جداگانه وجود دارد. شکل (۴-۳۶)، نحوه ایجاد فایل خروجی را با استفاده از بخش تنظیمات انرژی نرم افزار رویت نشان می دهد.



شکل ۴-۳۶- ایجاد فایل خروجی با استفاده از بخش تنظیمات انرژی.

شکل (۴-۳۷)، نحوه ایجاد فایل خروجی را با استفاده از احجام فضا یا اتاق نمایش می دهد. در این قسمت می توان پارامترهایی را از قبیل: نوع کاربری ساختمان، موقعیت مکانی پروژه، سطح مبنای تجزیه و تحلیل انرژی، نحوه محاسبه بارهای حرارتی و برودتی بر مبنای تقسیم بندی فضاها یا اتاق ها، پیچیدگی فایل خروجی مبنی بر ساده یا سایه دار بودن سطوح، جزییات عناصر ساختمانی، فاز اجرایی پروژه، میزان خطای محاسباتی و همچنین نوع پوشش خارجی ساختمان تنظیم نمود.



شکل ۴-۳۷- ایجاد فایل خروجی با استفاده از احجام فضا یا اتاق.

پس از ارسال فایل مدل انرژی و انجام محاسبات مرتبط توسط نرم افزار، یک ایمیل مبنی بر اتمام مراحل کاری ارسال می گردد. سپس مطابق شکل (۴-۳۸)، با ورود به بخش مرتبط با پروژه جاری می توان به قسمت تنظیمات، دسترسی پیدا نمود. به عنوان نمونه می توان در این قسمت، به تغییر سیستم واحد سنجش اقدام کرد. همچنین بخش نمودارها، تنظیمات اولیه پروژه، جزییات پروژه، اعضای پروژه، نرخ واحد محاسبه ارزی و اطلاعات ایستگاه هواشناسی در این قسمت قابل دسترس می باشد. قابل ذکر است که در این نرم افزار، نتایج ۲۴۸ استراتژی متفاوت جهت کنترل و مقایسه، به طور جداگانه و در یک جدول ارائه می گردد. بررسی و مقایسه این نتایج در پیوست های نرم افزار Autodesk Green Building Studio قابل دسترس می باشد.

Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year)	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Total Annual Cost <sup>1</sup>	Total Annual Energy <sup>1</sup>	Carbon Emissions (Mg)	Potential Energy Savings
<b>Project Default Utility Rates</b>										
Weather Data: GBS_06M12_12_002300										
Base Run										
14-Block A	2/21/2018 7:13 PM	amirsoroush	26,637	403.6	\$0.14	\$0.001	\$343,152 \$2,417 \$345,569	2,497,466	1,759,415	--
Alternate Run(s) of 14-Block A										
14-Block A_ASHRAE 90.1-2010	2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	276.9	\$0.14	\$0.001	\$168,302 \$4,074 \$172,376	1,224,903	2,965,633	--
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_No change	2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	443.5	\$0.14	\$0.001	\$360,822 \$3,243 \$364,065	2,626,070	2,360,512	--
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Sgl Clr	2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	461.1	\$0.14	\$0.001	\$365,220 \$3,726 \$368,946	2,658,076	2,712,348	--
WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Dbl Clr	2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	440.3	\$0.14	\$0.001	\$360,852 \$3,122 \$363,974	2,626,287	2,272,604	--

شکل ۴-۳۸- بخش تنظیمات نرم افزار Green Building Studio، جهت نمایش مدل انرژی.

#### ۴-۴-۴- تجزیه و تحلیل داده ها

ابزار تجزیه و تحلیل انرژی، از قسمت آنالیز در منوی اصلی نرم افزار رویت قابل دسترس می باشد. پس از تکمیل مدل سازی و تنظیم پارامترهای مورد نیاز، مدل نهایی انرژی ایجاد گردید. سپس جهت انجام تجزیه و تحلیل داده ها در فضای ابری، به یک حساب کاربری معتبر ارسال شد. در ادامه به تجزیه و تحلیل داده های مدل انرژی پرداخته خواهد شد.

#### ۴-۴-۴-۱- تجزیه و تحلیل آب و هوا

پس از ارسال فایل مدل انرژی، داده های اقلیمی به عنوان اولین عناصر محیطی که ساختمان در آن قرار دارد، مطابق شکل (۴-۳۹)، به صورت خودکار از نزدیکترین پایگاه داده ایستگاه هواشناسی برداشت می گردد.

Weather Station: GBS\_06M12\_12\_002300

Distance to your project 474.2 mi (763.2 km)

Latitude = 36.4167 , Longitude = 58.1500



☐ IP ☒ SI

Cooling Degree Day		Heating Degree Day	
Threshold	Value	Threshold	Value
18.3 °C	1110	18.3 °C	2047
21.1 °C	657	15.6 °C	1577
23.9 °C	316	12.8 °C	1172
26.7 °C	104	10 °C	807

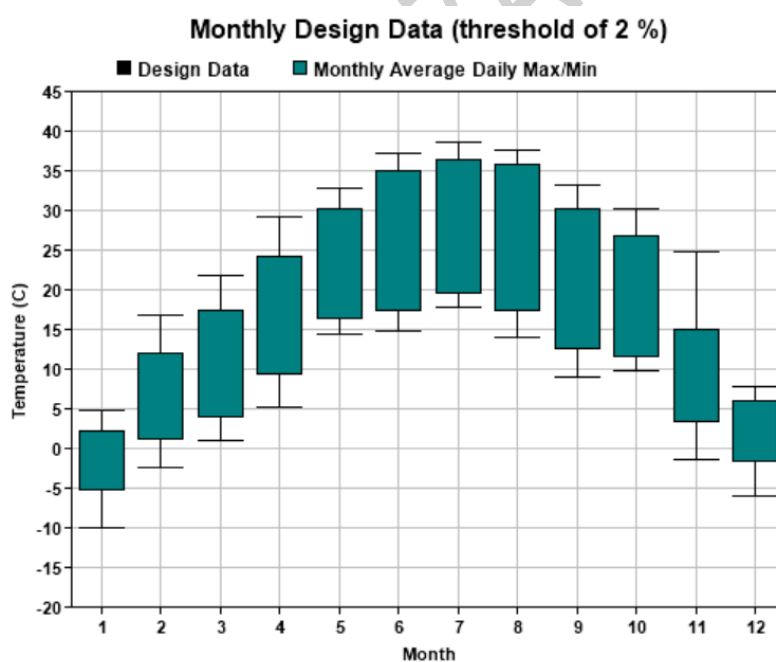
شکل ۴-۳۹- دریافت دمای روزانه از پایگاه داده ایستگاه هواشناسی توسط نرم افزار Green Building Studio.

داده های مربوط به شرایط طراحی بر مبنای دمای هوای خشک<sup>۱</sup> و میانگین هوای مرطوب<sup>۲</sup>، به صورت سالیانه و مطابق شکل (۴-۴۰) برداشت گردید. شکل (۴-۴۱) نیز، داده های طراحی را بر مبنای متوسط دمای ماهیانه نشان می دهد.

● IP ● SI

Annual Design Conditions				
Threshold	Cooling		Heating	
	Dry Bulb(°C)	MCWB(°C)	Dry Bulb(°C)	MCWB(°C)
0.1 %	39.2	18.1	-10.4	-11.3
0.2 %	38.8	17.9	-9.8	-11.0
0.4 %	38.4	17.9	-9.2	-10.4
0.5 %	38.2	18.0	-8.8	-9.8
1 %	37.3	17.3	-7.6	-8.9
2 %	36.4	16.9	-4.8	-6.5
2.5 %	36.0	16.7	-3.9	-5.7
5 %	34.1	15.8	-1.9	-3.7

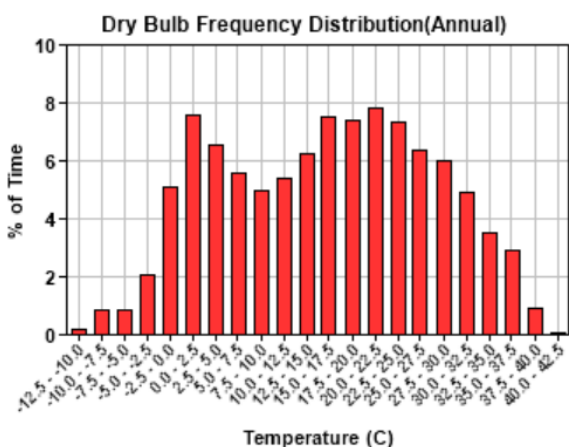
شکل ۴-۴۰- داده های سالیانه دمای هوای خشک و مرطوب.



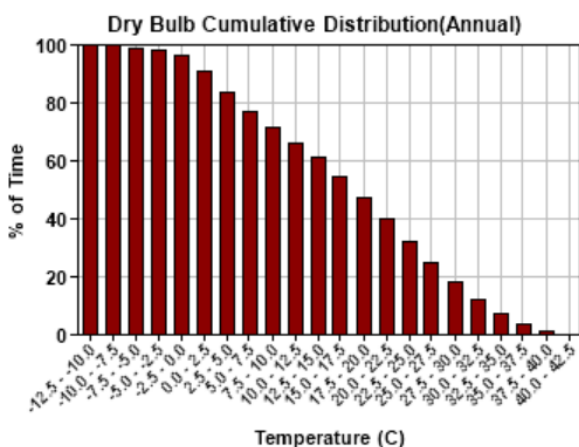
شکل ۴-۴۱- حداقل و حداکثر دمای روزانه بر اساس داده های متوسط ماهیانه.

- 1) Dry Bulb  
2) Mean Coincident Wet Bulb (MCWB)

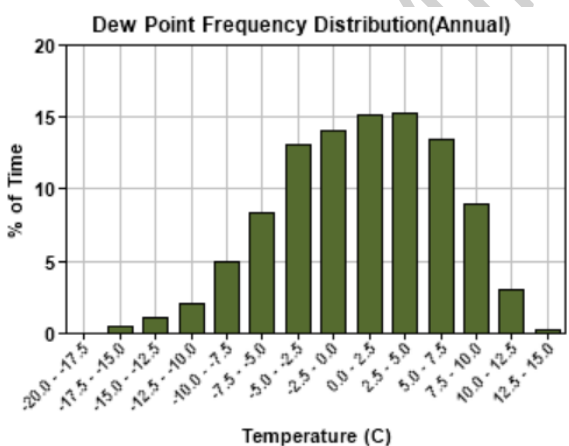
توزیع تجمعی هوای خشک بر اساس داده های سالیانه در شکل (۴-۴۲)، و توزیع فرکانس هوای خشک نیز در شکل (۴-۴۳) نمایش داده شده است. شکل (۴-۴۴)، توزیع فرکانس رطوبت نسبی و همچنین شکل (۴-۴۵) توزیع فرکانس نقطه شبنم را بر اساس داده های سالیانه نمایش می دهد.



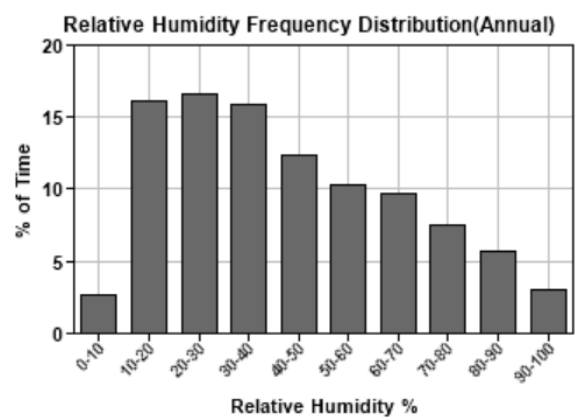
شکل ۴-۴۳- توزیع فرکانس هوای خشک.



شکل ۴-۴۲- توزیع تجمعی هوای خشک.



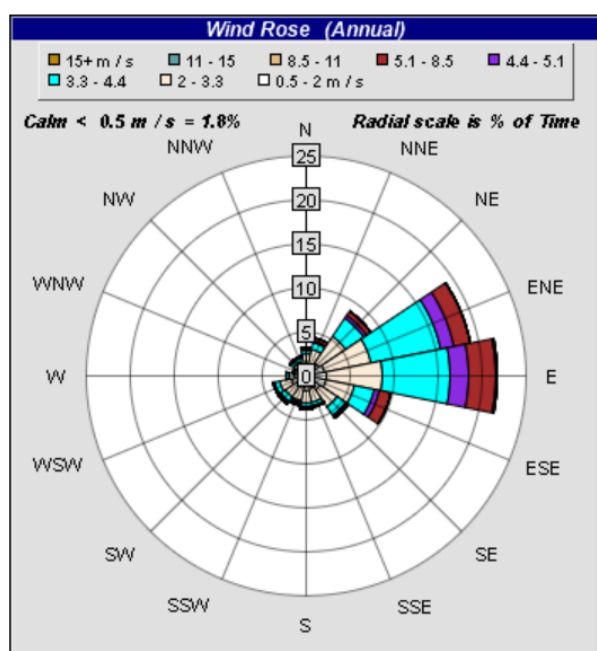
شکل ۴-۴۵- توزیع فرکانس نقطه شبنم.



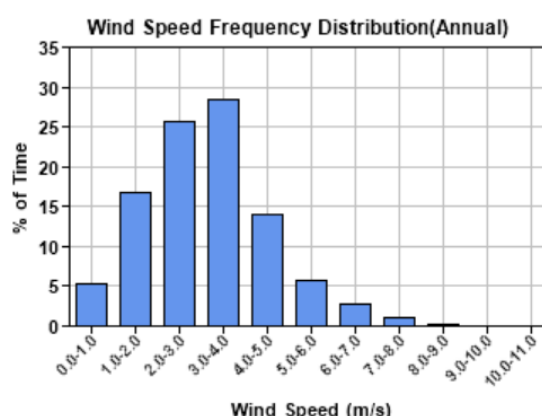
شکل ۴-۴۴- توزیع فرکانس رطوبت نسبی.



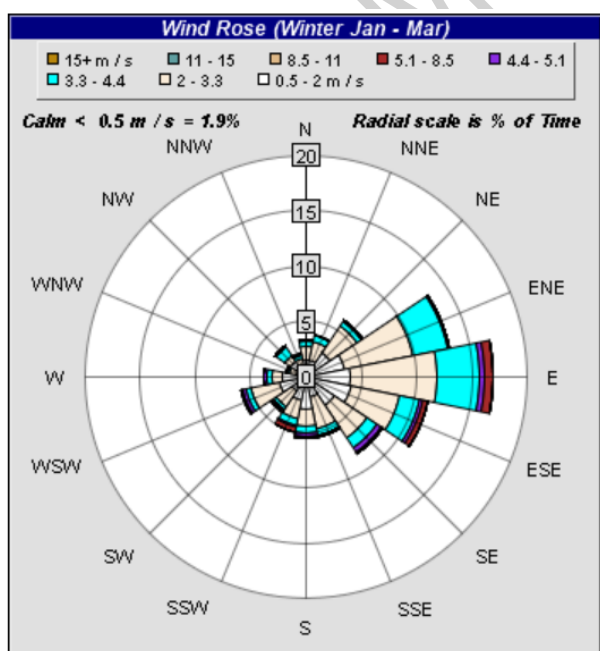
شکل (۴-۴۶)، توزیع فرکانس سرعت باد را بر مبنای داده های سالیانه ارایه داده است. شدت باد نیز در قالب یک نمودار گرافیکی دایره ای، به صورت سالیانه و مطابق شکل (۴-۴۷) نشان داده شده است. این نمودار نشان دهنده فرکانس نسبی جهت باد در یک مکان مشخص می باشد. اشکال (۴-۴۸) و (۴-۴۹)، به ترتیب نشان دهنده پراکندگی شدت باد در فصول تابستان و زمستان می باشند.



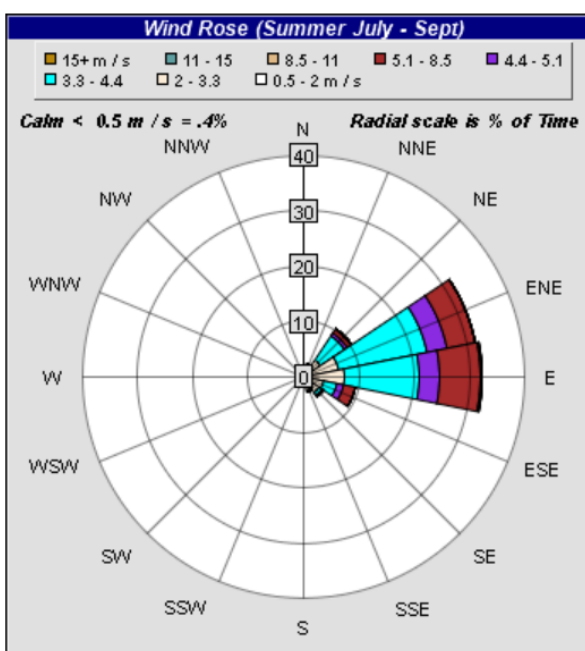
شکل ۴-۴۷- توزیع نسبی شدت باد.



شکل ۴-۴۶- توزیع فرکانس سرعت باد.



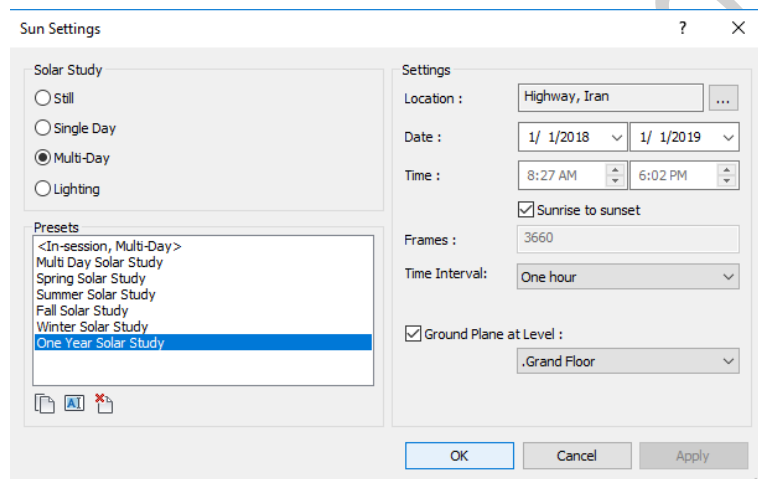
شکل ۴-۴۹- توزیع نسبی شدت باد در فصل زمستان.



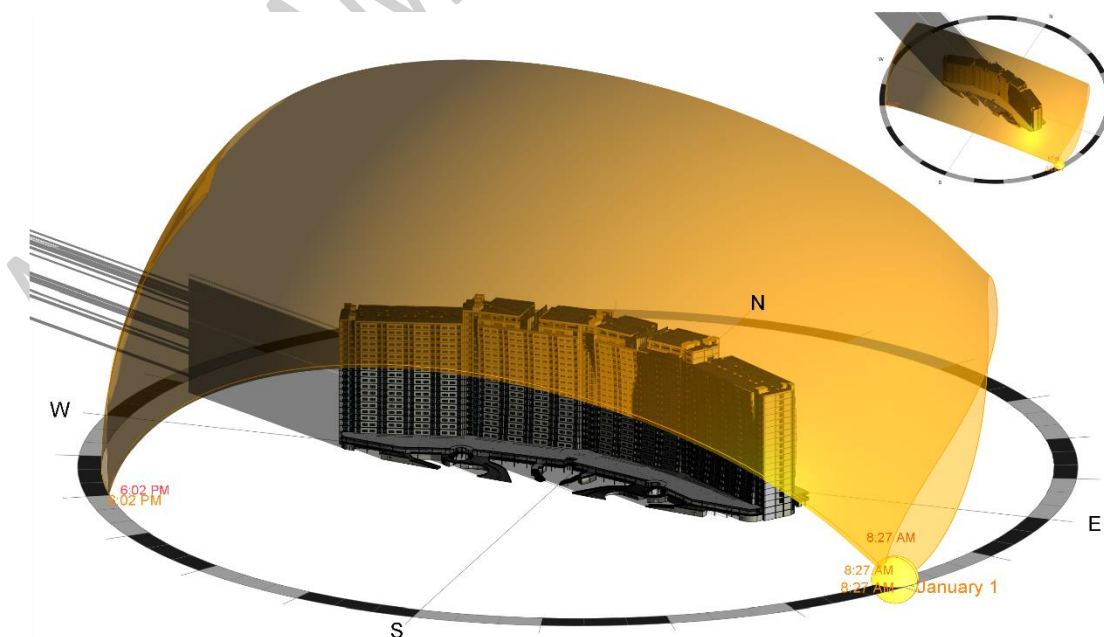
شکل ۴-۴۸- توزیع نسبی شدت باد در فصل تابستان.

#### ۴-۴-۲- جهت گیری خورشیدی

مطالعه جهت گیری خورشید با استفاده از ابزار مخصوص نرم افزار رویت انجام شد. از این ابزار برای به تصویر کشیدن مقادیر تابش خورشید بر روی سطوح ساختمان استفاده می گردد. پس از تنظیم پارامترهای مورد نیاز از قبیل: موقعیت مکانی پروژه، تاریخ مورد پژوهش، طلوع و غروب خورشید و بازه زمانی مورد مطالعه، مطابق شکل (۴-۵۰)، می توان مطابق شکل (۴-۵۱) به نمایش گرافیکی تابش خورشید به صورت بازه های زمانی یک روزه در طول سال دسترسی پیدا کرد. همچنین می توان از مدل تولید شده، یک انیمیشن از نحوه چرخش و تابش خورشید به همراه سایه های ایجاد شده تهیه نمود.



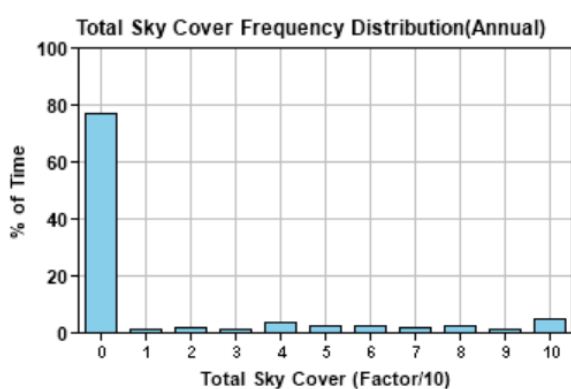
شکل ۴-۵۰- تنظیم پارامترهای مطالعه جهت گیری خورشید.



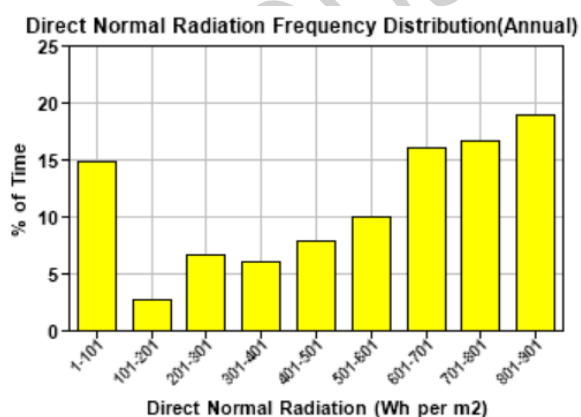
شکل ۴-۵۱- نحوه چرخش و تابش خورشید بر روی سطوح ساختمان.



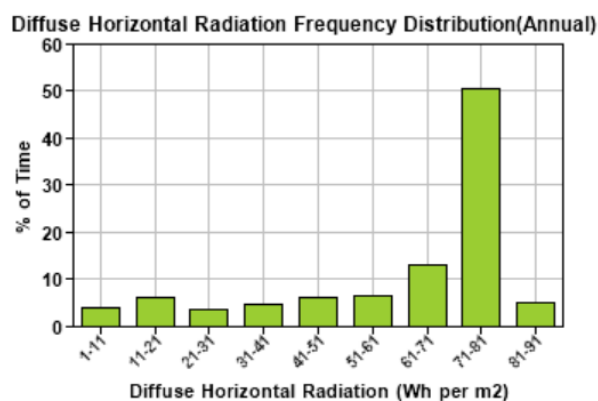
همان طور که در شکل (۴-۵۱) مشخص است، بلوک ساختمانی A، واقع در ضلع غربی سایت، با دریافت کمترین سایه و بیشترین تابش مستقیم خورشید در طول روز، دارای بهترین موقعیت قرارگیری در سایت خواهد بود. در ادامه، نمودارهای پوشش آسمان، تابش های جهانی، مستقیم و پراکنده خورشید ارائه گردید. شکل (۴-۵۲)، نمایش بصری توزیع فرکانس تابش طبیعی به طور مستقیم و همچنین شکل (۴-۵۳)، توزیع فرکانس پوشش کلی آسمان بر مبنای داده های سالیانه می باشد. شکل (۴-۵۴)، توزیع فرکانس تابش افقی جهانی و شکل (۴-۵۵) نیز، نمایانگر توزیع فرکانس تابش افقی به صورت پراکنده خواهد بود.



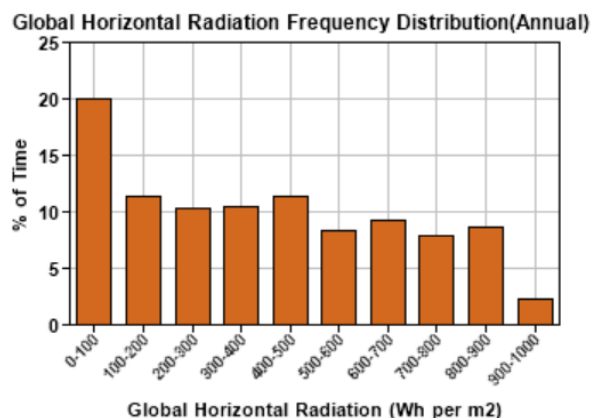
شکل ۴-۵۳- توزیع فرکانس پوشش کلی آسمان.



شکل ۴-۵۲- توزیع فرکانس تابش طبیعی مستقیم.



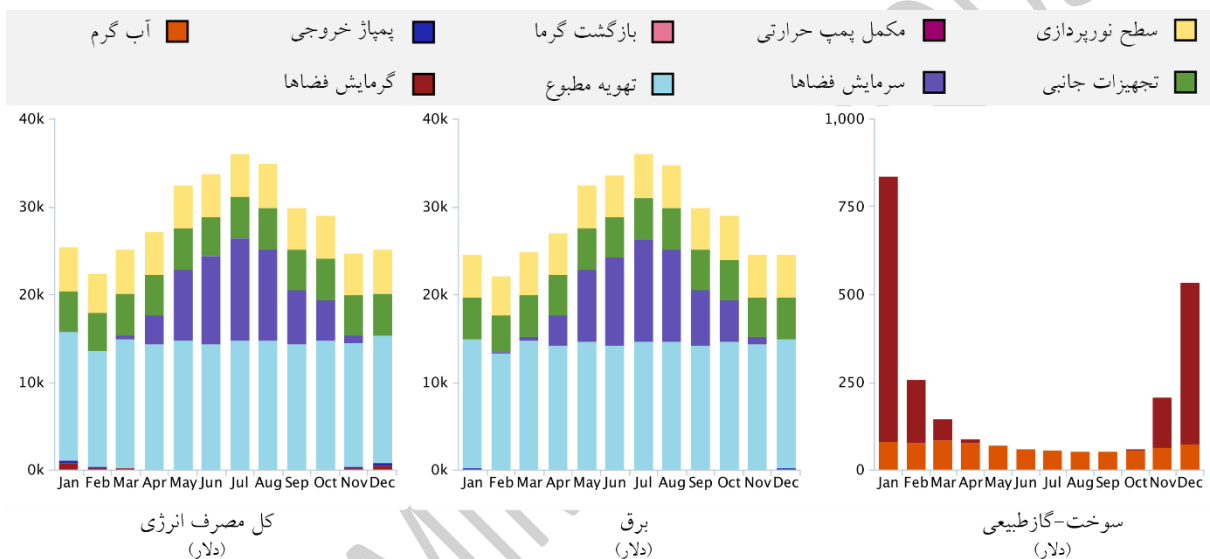
شکل ۴-۵۵- توزیع فرکانس تابش افقی پراکنده.



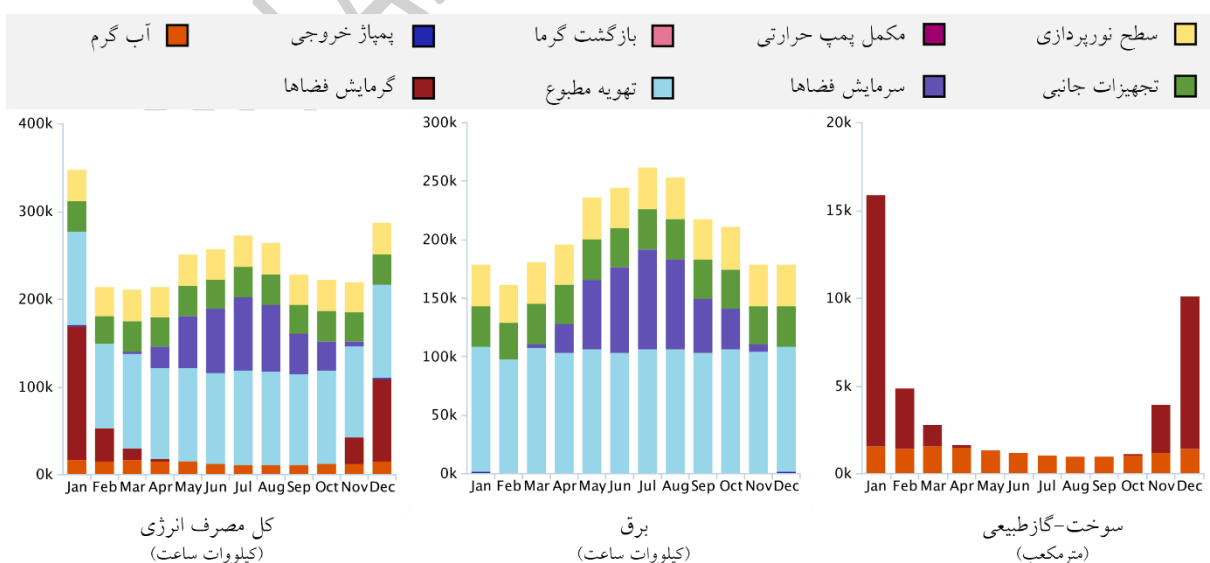
شکل ۴-۵۴- توزیع فرکانس تابش افقی جهانی.

#### ۴-۴-۳- تجزیه و تحلیل پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی

با بررسی نمودارهای شکل (۴-۵۶)، می توان دریافت که بالاترین میزان هزینه مصرف انرژی بلوک A در حالت کلی، مربوط به ماه جولای بوده است. بر اساس این آنالیز، تهویه مطبوع و سرمایش فضاها، بیشترین سهم را نسبت به سایر پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی برعهده دارند. همچنین مطابق شکل (۴-۵۷)، حداکثر شدت مصرف انرژی مربوط به ماه ژانویه می باشد. گرمایش فضاها و تهویه مطبوع، دارای بیشترین سهم در میان سایر پارامترها می باشند. شایان ذکر است، بالاترین حد مصرف برق، متعلق به ماه های جولای و آگوست، و بالاترین حد مصرف سوخت و شدت انرژی، متعلق به ماه های ژانویه و دسامبر بوده است.

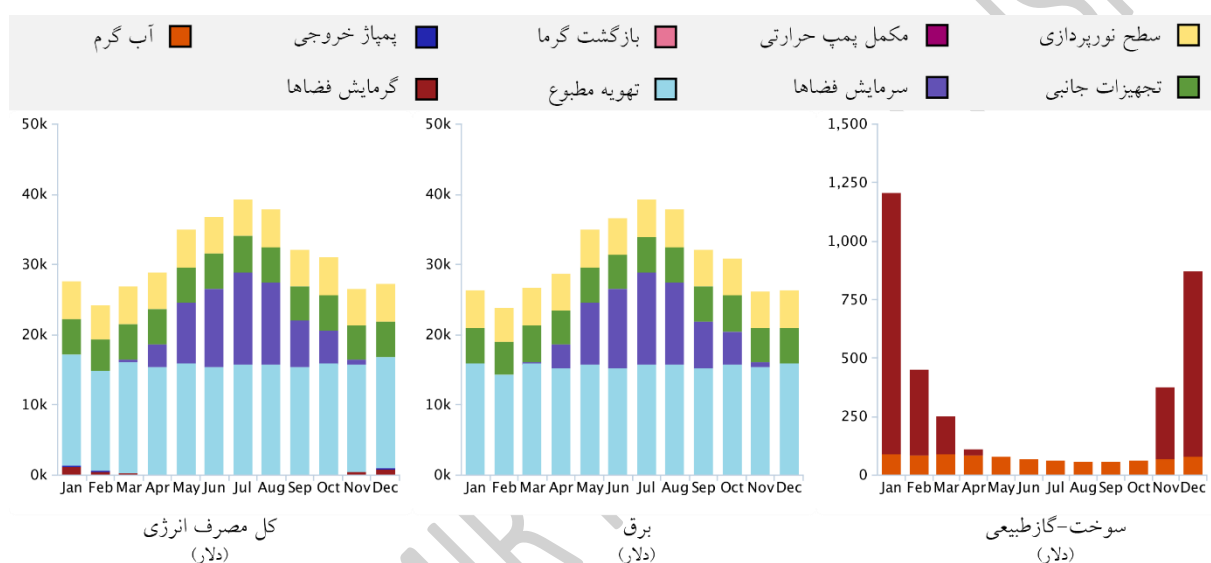


شکل ۴-۵۶- شاخص مصرف انرژی بلوک A، بر مبنای هزینه ماهانه.

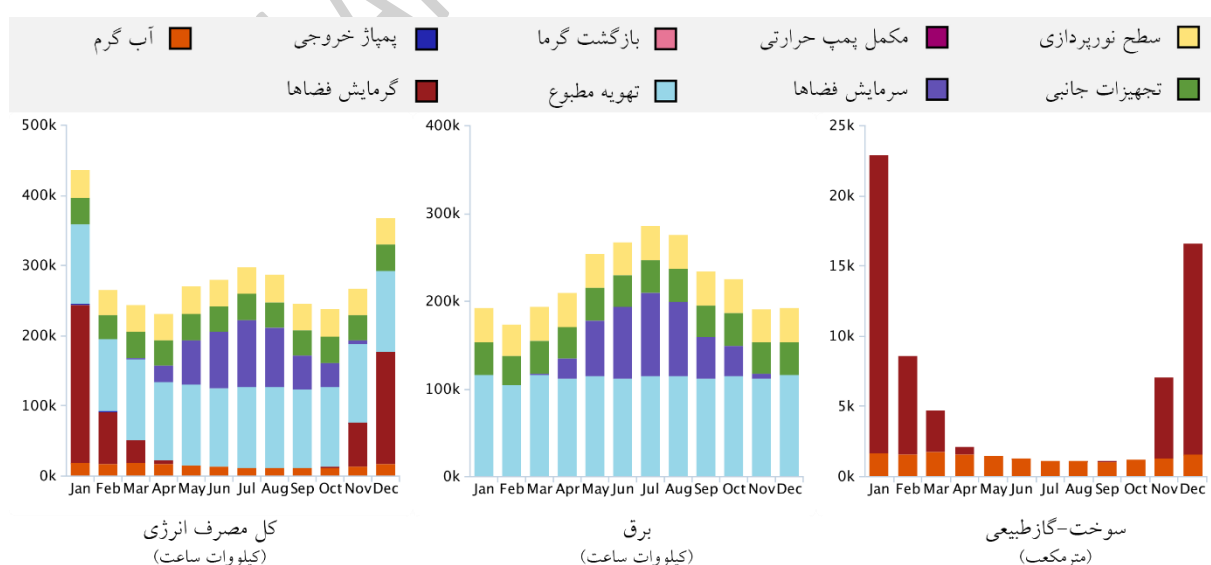


شکل ۴-۵۷- شاخص مصرف انرژی بلوک A، بر مبنای شدت مصرف ماهانه.

بررسی نمودارهای شکل (۴-۵۸)، نشان داد که بالاترین میزان هزینه مصرف انرژی بلوک B در حالت کلی، مربوط به ماه جولای بوده است. بر اساس این آنالیز، تهویه مطبوع و سرمایش فضاها، بیشترین سهم را نسبت به سایر پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی برعهده دارند. همچنین مطابق شکل (۴-۵۹)، حداکثر شدت مصرف انرژی مربوط به ماه ژانویه می باشد. گرمایش فضاها و تهویه مطبوع، دارای بیشترین سهم در میان سایر پارامترها می باشند. شایان ذکر است، بالاترین حد مصرف برق، متعلق به ماه های جولای و آگوست، و بالاترین حد مصرف سوخت و شدت انرژی، متعلق به ماه های ژانویه و دسامبر بوده است.

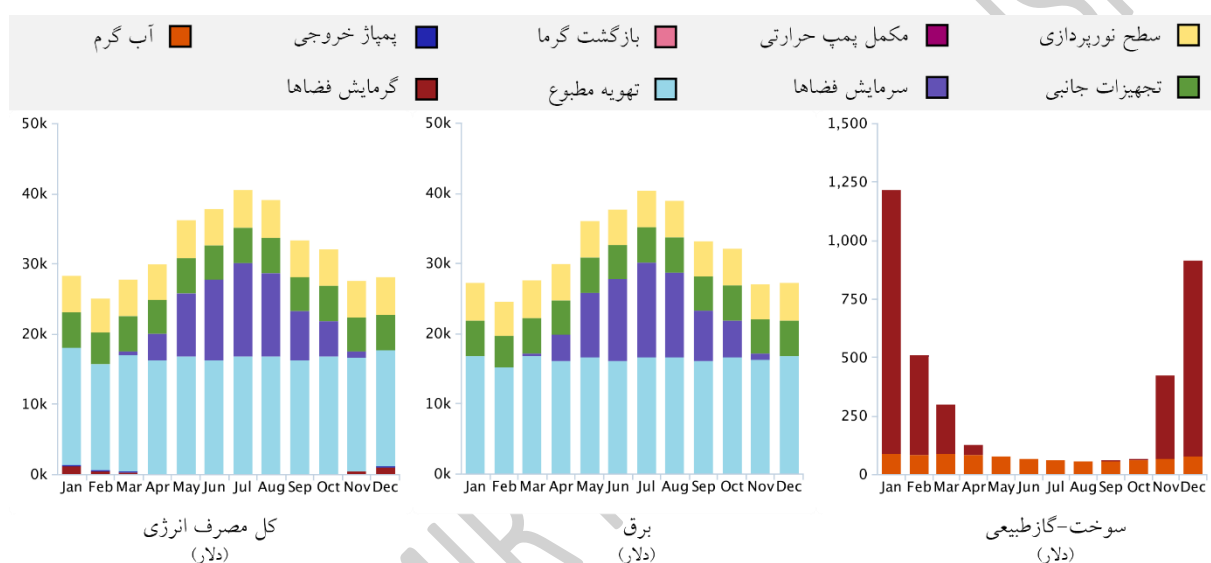


شکل ۴-۵۸- شاخص مصرف انرژی بلوک B، بر مبنای هزینه ماهانه.

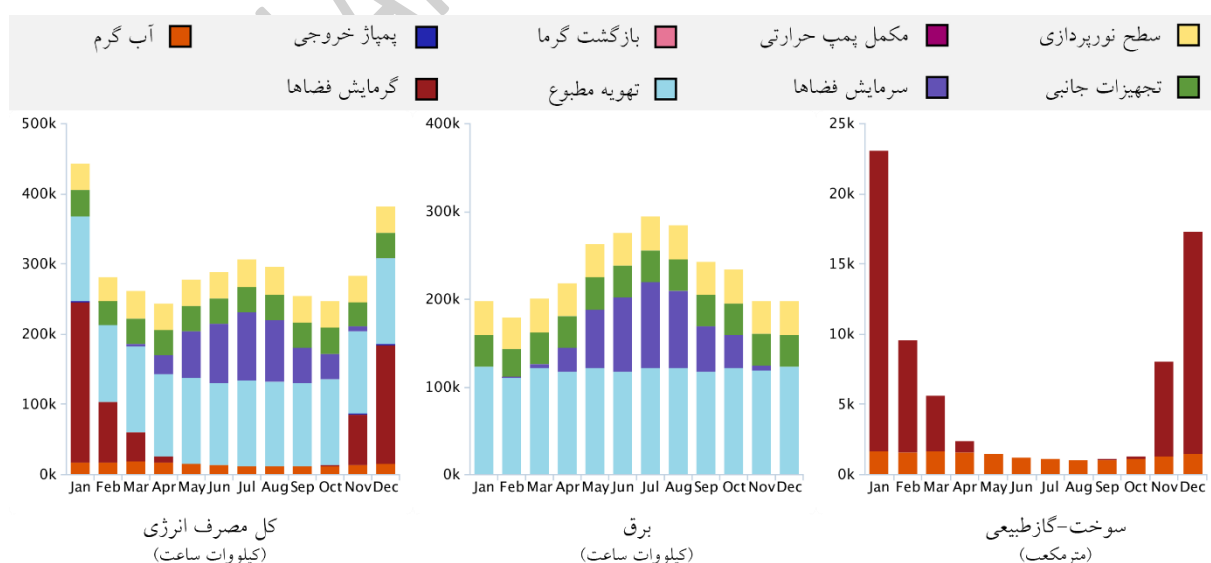


شکل ۴-۵۹- شاخص مصرف انرژی بلوک B، بر مبنای شدت مصرف ماهانه.

بررسی نمودارهای شکل (۴-۶۰)، نشان داد که بالاترین میزان هزینه مصرف انرژی بلوک C در حالت کلی، مربوط به ماه جولای بوده است. بر اساس این آنالیز، تهویه مطبوع و سرمایش فضاها، بیشترین سهم را نسبت به سایر پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی برعهده دارند. همچنین مطابق شکل (۴-۶۱)، حداکثر شدت مصرف انرژی مربوط به ماه ژانویه می باشد. گرمایش فضاها و تهویه مطبوع، دارای بیشترین سهم در میان سایر پارامترها می باشند. شایان ذکر است، بالاترین حد مصرف برق، متعلق به ماه های جولای و آگوست، و بالاترین حد مصرف سوخت و شدت انرژی، متعلق به ماه های ژانویه و دسامبر بوده است.

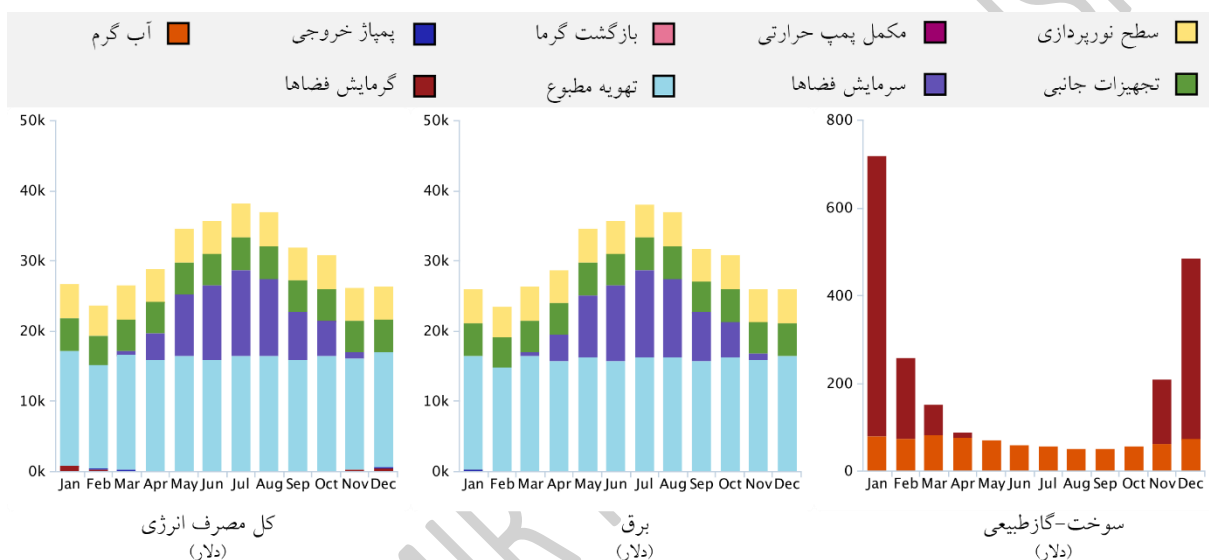


شکل ۴-۶۰- شاخص مصرف انرژی بلوک C، بر مبنای هزینه ماهانه.



شکل ۴-۶۱- شاخص مصرف انرژی بلوک C، بر مبنای شدت مصرف ماهانه.

بررسی نمودارهای شکل (۴-۶۲)، نشان داد که بالاترین میزان هزینه مصرف انرژی بلوک D در حالت کلی، مربوط به ماه جولای بوده است. بر اساس این آنالیز، تهویه مطبوع و سرمایش فضاها، بیشترین سهم را نسبت به سایر پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی برعهده دارند. همچنین مطابق شکل (۴-۶۳)، حداکثر شدت مصرف انرژی مربوط به ماه ژانویه می باشد. گرمایش فضاها و تهویه مطبوع، دارای بیشترین سهم در میان سایر پارامترها می باشند. شایان ذکر است، بالاترین حد مصرف برق، متعلق به ماه های جولای و آگوست، و بالاترین حد مصرف سوخت و شدت انرژی، متعلق به ماه های ژانویه و دسامبر بوده است.

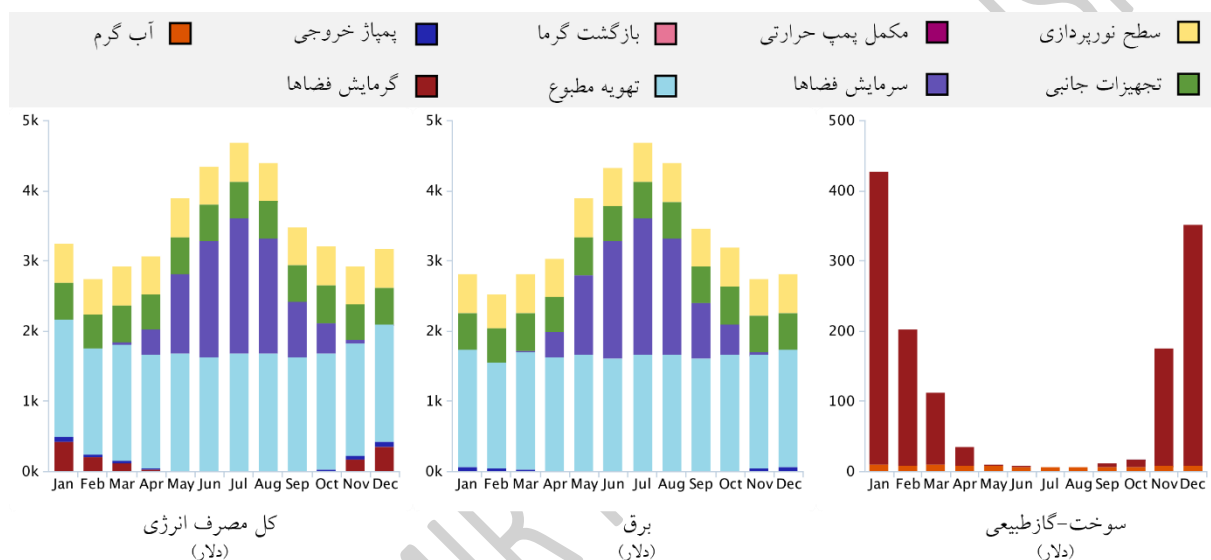


شکل ۴-۶۲- شاخص مصرف انرژی بلوک D، بر مبنای هزینه ماهانه.



شکل ۴-۶۳- شاخص مصرف انرژی بلوک D، بر مبنای شدت مصرف ماهانه.

بررسی نمودار های شکل (۴-۶۴)، نشان داد که بالاترین میزان هزینه مصرف انرژی لابی میانی در حالت کلی، مربوط به ماه جولای بوده است. بر اساس این آنالیز، تهویه مطبوع و سرمایش فضاها، بیشترین سهم را نسبت به سایر پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی برعهده دارند. همچنین مطابق شکل (۴-۶۵)، حداکثر شدت مصرف انرژی مربوط به ماه ژانویه می باشد. گرمایش فضاها و تهویه مطبوع، دارای بیشترین سهم در میان سایر پارامترها می باشند. شایان ذکر است، بالاترین حد مصرف برق، متعلق به ماه های جولای و آگوست، و بالاترین حد مصرف سوخت و شدت انرژی، متعلق به ماه های ژانویه و دسامبر بوده است.



شکل ۴-۶۴- شاخص مصرف انرژی لابی میانی، بر مبنای هزینه ماهانه.



شکل ۴-۶۵- شاخص مصرف انرژی لابی میانی، بر مبنای شدت مصرف ماهانه.

#### ۴-۴-۵- نتایج تجزیه و تحلیل مصرف انرژی

##### ۴-۴-۵-۱- بلوک A

بررسی نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که بلوک A، دارای کمترین میزان مصرف انرژی در میان سایر بلوک ها می باشد. همانطور که در جدول (۴-۷) مشاهده می گردد، میانگین هزینه مصرف انرژی در حالت کلی (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۸) و همچنین پیوست J، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، ۱۸ دلار به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. بر همین اساس، میانگین شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۶۷ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال می باشد.

پس از تنظیم پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی و بر مبنای وضعیت موجود ساختمان (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۱۰) و همچنین پیوست K، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۱۳ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۱۲ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان بر مبنای شمال جغرافیایی می باشد. بدین صورت که زاویه قرارگیری ساختمان، توسط نرم افزار و به صورت خودکار، بر مبنای فرم ساختمان و مختصات جغرافیایی که به نرم افزار معرفی شده است، برداشت می گردد.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به ترتیب برابر با ۱۶، ۲۰، ۷ و ۵ درصد می باشد. سایبان تمامی پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود.

ساختار دیوارها به صورت دیوارهای با مصالح بنایی (دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده واحد ها به ضخامت ۲۰ سانتی متر و دیوارهای جداکننده داخلی فضاها به ضخامت ۱۰ سانتی متر)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۱۲-۴) و همچنین پیوست L، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۵/۴۳ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۸۳/۱ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، بدون تغییر و به ترتیب برابر با ۱۶ و ۲۰ درصد می باشد. سایبان این پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل ساختمان حذف شده بودند.

ساختار دیوارها و سقف مورد استفاده در بلوک A، مطابق جدول (۴-۱۲)، در یک بازه مشخص از مصالح ساختمانی و بدون تاثیر در میزان هزینه مصرف انرژی قابل انتخاب بودند. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول ۴-۱۲) انتخاب گردید. مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی، ۳/۲۳ وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم حجم هوای متغیر با بهره وری بالا (مطابق جدول ۴-۱۲) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده



گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری ۲۰/۴ درصدی و با سطح پوشش ۹۰ درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت ۳۰ سال انتخاب شده بود. بررسی نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تنظیم پارامترهای تاثیرگذار مصرف انرژی، می تواند تا ۵۸/۲۳ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و تا ۶۹/۸۳ درصد نسبت به حالت کلی، در هزینه نهایی مصرف انرژی صرفه جویی به همراه داشته باشد. بر اساس همین نتایج، این اعداد بر مبنای شدت مصرف انرژی به میزان ۲۵/۸۰ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و ۵۰/۲۴ درصد نسبت به حالت کلی خواهد بود.

#### ۴-۵-۲- بلوک B

بررسی نتایج تجزیه و تحلیل بلوک B، مطابق جدول (۴-۷)، نشان داد که میانگین هزینه مصرف انرژی در حالت کلی (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۸) و همچنین پیوست M، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، ۱۹/۲ دلار به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. بر همین اساس، میانگین شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۸۱ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال می باشد. پس از تنظیم پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی و بر مبنای وضعیت موجود ساختمان (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۱۰) و همچنین پیوست N، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۱۲/۹ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۱۹ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان بر مبنای شمال جغرافیایی می باشد. بدین صورت که زاویه قرارگیری ساختمان، توسط نرم افزار و به صورت خودکار، بر مبنای فرم ساختمان و مختصات جغرافیایی که به نرم افزار معرفی شده است، برداشت می گردد.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به ترتیب برابر با ۱۸، ۲۲، ۹ و ۷ درصد می باشد. سایبان تمامی پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها

که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود.

ساختار دیوارها به صورت دیوارهای با مصالح بنایی (دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده واحد ها به ضخامت ۲۰ سانتی متر و دیوارهای جداکننده داخلی فضاها به ضخامت ۱۰ سانتی متر)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۱۲-۴) و همچنین پیوست O، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۶/۴۵ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۹۴/۹ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، بدون تغییر و به ترتیب برابر با ۱۸ و ۲۲ درصد می باشد. پنجره های جنوبی دارای سایبان به اندازه ۰/۶۷ ارتفاع پنجره بودند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های سه جداره با انتشار پایین بود. سایبان پنجره های شمالی به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل ساختمان حذف شده بودند.

ساختار دیوارها و سقف مورد استفاده در بلوک B، مطابق جدول (۴-۱۲)، در یک بازه مشخص از مصالح ساختمانی و بدون تاثیر در میزان هزینه مصرف انرژی قابل انتخاب بودند. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول ۴-۱۲) انتخاب گردید. مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی،  $3/23$  وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم حجم هوای متغیر با بهره وری بالا (مطابق جدول ۴-۱۲) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری  $20/4$  درصدی و با سطح پوشش  $90$  درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت  $30$  سال انتخاب شده بود.

بررسی نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تنظیم پارامترهای تاثیرگذار مصرف انرژی، می تواند تا  $50$  درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و تا  $66/40$  درصد نسبت به حالت کلی، در هزینه نهایی مصرف انرژی صرفه جویی به همراه داشته باشد. بر اساس همین نتایج، این اعداد بر مبنای شدت مصرف انرژی به میزان  $20/25$  درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و  $47/57$  درصد نسبت به حالت کلی خواهد بود.

#### ۴-۵-۳- بلوک C

بررسی نتایج تجزیه و تحلیل بلوک C، مطابق جدول (۴-۷)، نشان داد که میانگین هزینه مصرف انرژی در حالت کلی (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۸) و همچنین پیوست P، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)،  $19/2$  دلار به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. بر همین اساس، میانگین شدت مصرف انرژی نیز برابر با  $178$  کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال می باشد.

پس از تنظیم پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی و بر مبنای وضعیت موجود ساختمان (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۱۰) و همچنین پیوست Q، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ  $13/6$  دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت

مصرف انرژی نیز برابر با ۱۲۶ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان بر مبنای شمال جغرافیایی می باشد. بدین صورت که زاویه قرارگیری ساختمان، توسط نرم افزار و به صورت خودکار، بر مبنای فرم ساختمان و مختصات جغرافیایی که به نرم افزار معرفی شده است، برداشت می گردد.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به ترتیب برابر با ۲۱، ۲۳، ۷ و ۸ درصد می باشد. سایبان تمامی پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود.

ساختار دیوارها به صورت دیوارهای با مصالح بنایی (دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده واحد ها به ضخامت ۲۰ سانتی متر و دیوارهای جداکننده داخلی فضاها به ضخامت ۱۰ سانتی متر)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۱۲-۴) و همچنین پیوست R، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۶/۶۶ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۰۱ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، بدون تغییر و به ترتیب برابر با ۲۱ و ۲۳ درصد می باشد. پنجره های جنوبی دارای سایبان به اندازه ۰/۶۷ ارتفاع پنجره بودند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های سه جداره با انتشار پایین بود. سایبان پنجره های شمالی به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل ساختمان حذف شده بودند.

ساختار دیوارها و سقف مورد استفاده در بلوک C، مطابق جدول (۴-۱۲)، در یک بازه مشخص از مصالح ساختمانی و بدون تاثیر در میزان هزینه مصرف انرژی قابل انتخاب بودند. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول ۴-۱۲) انتخاب گردید. مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی، ۳/۲۳ وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم حجم هوای متغیر با بهره وری بالا (مطابق جدول ۴-۱۲) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری ۲۰/۴ درصدی و با سطح پوشش ۹۰ درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت ۳۰ سال انتخاب شده بود.

بررسی نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تنظیم پارامترهای تاثیرگذار مصرف انرژی، می تواند تا ۵۱/۰۳ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و تا ۶۵/۳۱ درصد نسبت به حالت کلی، در هزینه نهایی مصرف انرژی صرفه جویی به همراه داشته باشد. بر اساس همین نتایج، این اعداد بر مبنای شدت مصرف انرژی به میزان ۱۹/۸۴ درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و ۴۳/۲۶ درصد نسبت به حالت کلی خواهد بود.

#### ۴-۵-۴-۴-۴-۴ بلوک D

بررسی نتایج تجزیه و تحلیل بلوک D، مطابق جدول (۴-۷)، نشان داد که میانگین هزینه مصرف انرژی در حالت کلی (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۹) و همچنین پیوست S، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، ۱۸/۲ دلار به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. بر همین اساس، میانگین شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۷۳ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال می باشد.

پس از تنظیم پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی و بر مبنای وضعیت موجود ساختمان (بر اساس پارامترهای مندرج در جدول (۴-۱۱) و همچنین پیوست T، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۱۴/۱ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۱۹ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان بر مبنای شمال جغرافیایی می باشد. بدین صورت که زاویه قرارگیری ساختمان، توسط نرم افزار و به صورت خودکار، بر مبنای فرم ساختمان و مختصات جغرافیایی که به نرم افزار معرفی شده است، برداشت می گردد.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به ترتیب برابر با ۲۱، ۲۱، ۵ و ۱۰ درصد می باشد. سایبان تمامی پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود.

ساختار دیوارها به صورت دیوارهای با مصالح بنایی (دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده واحد ها به ضخامت ۲۰ سانتی متر و دیوارهای جداکننده داخلی فضاها به ضخامت ۱۰ سانتی متر)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه

پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۱۳-۴) و همچنین پیوست U، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۵/۸۹ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۹۹/۶ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، بدون تغییر و هر کدام برابر با ۲۱ درصد می باشند. پنجره های جنوبی دارای سایبان به اندازه ۰/۶۷ ارتفاع پنجره بودند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های سه جداره با انتشار پایین بود. سایبان پنجره های شمالی به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع این پنجره ها، به صورت شیشه های تک جداره شفاف بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل ساختمان حذف شده بودند.

ساختار دیوارهای مورد استفاده در بلوک D، به صورت دیوار پیش ساخته با چارچوب فلزی، مطابق جدول (۱۳-۴)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول ۴-۱۳) انتخاب گردید. مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی، ۳/۲۳ وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۷-۳) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم حجم هوای متغیر با بهره وری بالا (مطابق جدول ۴-۱۳) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری ۲۰/۴ درصدی و با سطح پوشش ۹۰ درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت ۳۰ سال انتخاب شده بود.





ساختار دیوارها به صورت دیوارهای با مصالح بنایی (دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده واحد ها به ضخامت ۲۰ سانتی متر و دیوارهای جداکننده داخلی فضاها به ضخامت ۱۰ سانتی متر)، و ساختار سقف نیز به صورت دال بتنی بوده است. درجه نفوذ ساختمان به صورت نامشخص انتخاب گردید. مقادیر پارامترهای بهره وری سیستم روشنایی، بهره وری بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با شکل (۳-۶)، جدول (۳-۳) و شکل (۳-۷) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان مطابق با شکل (۳-۵)، دارای پکیج گازی و سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برای هر واحد می باشد. بر همین اساس، بازدهی مصرف سوخت سالیانه پکیج گازی برابر با ۹۰ درصد و نسبت بازدهی انرژی فصلی سیستم تهویه مطبوع الکتریکی برابر با ۱۴ خواهد بود. قابل ذکر است که این ساختمان فاقد سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین، و انرژی های تجدیدپذیر (پانل های خورشیدی) بوده است.

پس از اعمال بهینه سازی پارامترهای تاثیرگذار در مصرف انرژی (براساس پارامترهای مندرج در جدول (۱۳-۴) و همچنین پیوست X، از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Insight)، هزینه مصرف انرژی با نرخ ۷/۱۱ دلار به ازای هر مترمربع در سال به دست آمد. بر همین اساس، شدت مصرف انرژی نیز برابر با ۱۱۲ کیلووات ساعت به ازای هر مترمربع در سال خواهد بود. در این حالت، جهت گیری ساختمان، بدون تغییر نسبت به حالت پیشین (وضعیت موجود) و بر مبنای شمال جغرافیایی بوده است.

نسبت پنجره به دیوارهای شمالی و جنوبی، بدون تغییر و به ترتیب برابر با ۱۵ و ۲۵ درصد می باشد. سایبان این پنجره ها نیز به صورت پیش فرض نرم افزار لحاظ گردید. بنابراین، پنجره هایی که در قسمت تراس واحد ها نصب گردیده بودند، از سقف بالاسری خود به عنوان سایبان استفاده نمودند. سایر پنجره ها که در سطوح دیوارهای خارجی نصب بودند، فاقد سیستم سایبان در نظر گرفته شدند. همچنین نوع پنجره های جنوبی، به صورت شیشه های تک جداره شفاف و نوع پنجره های شمالی، به صورت شیشه های سه جداره با انتشار پایین بود. شایان ذکر است که پنجره های شرقی و غربی به دلیل عدم کارایی لازم، از مدل ساختمان حذف شده بودند.

ساختار دیوارهای مورد استفاده در لابی میانی، مطابق جدول (۴-۱۳)، در یک بازه مشخص از مصالح ساختمانی و بدون تاثیر در میزان هزینه مصرف انرژی قابل انتخاب بود. ساختار سقف نیز مطابق جدول (۴-۱۳)، تنظیم گردید. درجه نفوذ ساختمان به صورت کم نفوذ (مطابق جدول ۴-۱۳) انتخاب شده بود.

مقدار پارامتر بهره وری سیستم روشنایی،  $3/23$  وات به ازای هر مترمربع فرض گردید. مقادیر پارامترهای بارهای الکتریکی و زمان بندی عملیاتی سیستم های مورد استفاده، به صورت پیش فرض و به ترتیب برابر با جدول (۳-۳) و شکل (۷-۳) تنظیم شده بود.

فرض بر این بود که سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ساختمان، دارای سیستم تهویه مطبوع الکتریکی با بهره وری بالا (مطابق جدول ۴-۱۳) می باشد. همچنین این ساختمان دارای سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین خواهد بود. در نهایت، جهت دستیابی به بالاترین سطح بهره وری انرژی، از پانل های خورشیدی استفاده گردید. بدین صورت که از پانل های خورشیدی با بهره وری  $20/4$  درصدی و با سطح پوشش  $90$  درصد استفاده گردید. دوره زمانی کارکرد این پانل ها نیز به مدت  $30$  سال انتخاب شده بود.

بررسی نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در تنظیم پارامترهای تاثیرگذار مصرف انرژی، می تواند تا  $49/57$  درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و تا  $72/97$  درصد نسبت به حالت کلی، در هزینه نهایی مصرف انرژی صرفه جویی به همراه داشته باشد. بر اساس همین نتایج، این اعداد بر مبنای شدت مصرف انرژی به میزان  $41/36$  درصد نسبت به وضعیت پیشین (وضعیت موجود ساختمان)، و  $52/74$  درصد نسبت به حالت کلی خواهد بود.

همچنین، نتایج تجزیه و تحلیل  $248$  استراتژی متفاوت از شبیه سازی انرژی بلوک های ساختمانی A, B, C, D, و لابی میانی، به ترتیب در پیوست های D, E, F, G, و H از زیر مجموعه پیوست های نرم افزار Autodesk Green Building Studio، جهت کنترل و مقایسه، به طور جداگانه ارائه شده است. نتایج این آنالیز در حالت کلی (سطر مشخص شده با رنگ سبز)، به عنوان مبنای تصمیم گیری اتخاذ گردید. بدین ترتیب، تمامی طرح های جایگزین بالای این سطر که در ستون هزینه سالیانه مصرف انرژی با علامت منفی نمایان شده اند، در جهت کاهش مصرف انرژی و تمامی طرح های جایگزین پایین این سطر در جهت افزایش مصرف انرژی گام برداشته اند. بدیهی است، هر چه از خط مبنا به طرفین فاصله گرفته شود، به معنی کاهش یا افزایش هزینه مصرف انرژی خواهد بود.

شایان ذکر است به دلیل محدودیت در ارسال سطوح سایه<sup>۱</sup> (حداکثر ۱۰.۰۰۰ سطح)، ناشی از ابعاد وسیع ساختمان به نرم افزارهای اتودسک این سایت<sup>۲</sup> و اتودسک گرین بیلدینگ استودیو<sup>۳</sup> جهت انجام محاسبات مربوط به آنالیز انرژی در فضای ابری<sup>۴</sup>، امکان انجام این تجزیه و تحلیل به همراه المان سقف کاذب میسر نبود. به همین دلیل این المان از مدل ساختمان حذف گردید. بدین ترتیب مبنای ارتفاع محاسباتی در طبقه اول ۴ متر و در سایر طبقات ۳/۷۰ متر بود. با توجه به اجرای سقف کاذب و ارتفاع تمام شده فضاها در حالت واقعی، این ساختمان می تواند مصرف انرژی پایین تری نسبت به مقادیر به دست آمده در آنالیز انجام شده، ناشی از کاهش ارتفاع محاسباتی فضاها به همراه داشته باشد.

با این حال، نتایج تجزیه و تحلیل چنین نشان داد که بلوک A، دارای کمترین میزان مصرف انرژی در میان سایر بلوک ها می باشد. این امر ناشی از زاویه قرارگیری این بلوک ساختمانی (بلوک A)، نسبت به شمال واقعی منطقه (شمال جغرافیایی) خواهد بود. با توجه به تقارن فرم کلی ساختمان و یکسان بودن مصالح و تجهیزات مصرفی، می توان چنین عنوان کرد که با اجرای سایر بلوک ها در امتداد بلوک A، می توان به پایین ترین سطح مصرف انرژی، ناشی از حداکثر دریافت تابش مستقیم خورشید در طول روز و همچنین حداقل ایجاد سایه در میان سایر بلوک ها نیز دست پیدا نمود.

همچنین، نتایج کلی این شبیه سازی نشان داد که ۶۱/۴۸ درصد اختلاف بین بهترین حالت بهینه سازی مصرف انرژی و وضعیت موجود ساختمان، و همچنین ۷۹/۳۵ درصد نسبت به حالت کلی وجود دارد. در نهایت، مطالعات پارامتری طرح های جایگزین بهینه سازی هزینه نشان داد، که ۵۸/۲۳ درصد صرفه جویی نسبت به وضعیت موجود ساختمان برای یک افق زمانی ۳۰ ساله وجود دارد.

جدول (۷-۴)، نتایج تجزیه و تحلیل حالات مختلف مصرف انرژی بلوک های ساختمانی را جهت بررسی و مقایسه دقیق ارایه نموده است. در ادامه، جدول (۸-۴) به بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی بلوک های ساختمانی A، B و C، و همچنین جدول (۹-۴) به بررسی بلوک ساختمانی D و لابی میانی در حالت کلی پرداخته است. سپس جدول (۱۰-۴)، مصرف انرژی بلوک های ساختمانی A، B و C، و همچنین جدول (۱۱-۴)، بلوک ساختمانی D و لابی میانی را با توجه به وضعیت موجود مورد بررسی قرار داد. در نهایت، جدول (۱۲-۴) بهینه سازی عوامل تاثیرگذار را در مصرف انرژی بلوک های ساختمانی A، B و C، و همچنین جدول (۱۳-۴)، بلوک ساختمانی D و لابی میانی بیان داشته است.

1) Shade Surfaces

2) Autodesk Insight 360

3) Autodesk Green Building Studio (GBS)

4) Cloud-Based Energy Analysis

جدول ۴-۷- بررسی و مقایسه حالات مختلف مصرف انرژی در بلوک های ساختمانی.

پیشین (Autodesk Insight)	بلوک	هزینه مصرف انرژی	میزان صرفه جویی بر مبنای		شدت مصرف انرژی	میزان صرفه جویی بر مبنای	
			وضعیت پیشین	حالت کلی		وضعیت پیشین	حالت کلی
		(دلار / مترمربع / سال)	درصد		(کیلووات ساعت / مترمربع / سال)	درصد	
J	A	در حالت کلی	۱۸	۰	۱۶۷	۰	
K		بر اساس وضعیت موجود	۱۳	۲۷/۷۸	۱۱۲	۳۲/۹۳	
L		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۵/۴۳	۵۸/۲۳	۸۳/۱	۲۵/۸۰	۵۰/۲۴
M	B	در حالت کلی	۱۹/۲	۰	۱۸۱	۰	
N		بر اساس وضعیت موجود	۱۲/۹	۳۲/۸۱	۱۱۹	۳۴/۲۵	
O		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۶/۴۵	۵۰	۹۴/۹	۲۰/۲۵	۴۷/۵۷
P	C	در حالت کلی	۱۹/۲	۰	۱۷۸	۰	
Q		بر اساس وضعیت موجود	۱۳/۶	۲۹/۱۷	۱۲۶	۲۹/۲۱	
R		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۶/۶۶	۵۱/۰۳	۱۰۱	۱۹/۸۴	۴۳/۲۶
S	D	در حالت کلی	۱۸/۲	۰	۱۷۳	۰	
T		بر اساس وضعیت موجود	۱۴/۱	۲۲/۵۳	۱۱۹	۳۱/۲۱	
U		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۵/۸۹	۵۸/۲۳	۹۹/۶	۱۶/۳۰	۴۲/۴۳
V	LOBBY MIDDLE	در حالت کلی	۲۶/۳	۰	۲۳۷	۰	
W		بر اساس وضعیت موجود	۱۴/۱	۴۶/۳۹	۱۹۱	۱۹/۴۱	
X		بر مبنای بهینه سازی عوامل تاثیرگذار	۷/۱۱	۴۹/۵۷	۷۲/۹۷	۴۱/۳۶	۵۲/۷۴

جدول ۴-۸- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی بلوک های A و B و C در حالت کلی.

Block C	Block B	Block A	فرم کلی ساختمان
<div>61.5   4.5</div> <div>19.2</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block C</div>	<div>61.9   4.7</div> <div>19.2</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block B</div>	<div>57   4.1</div> <div>18</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block A</div>	میانگین مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)
بازه مورد پژوهش			عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی
BIM _ 0 _ 45 _ 90 _ 135 _ 180 _ 225 _ 270 _ 315			جهت گیری ساختمان (درجه)
BIM (23%)	BIM (22%)	BIM (20%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)
0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%			
BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height			سایه پنجره (جنوبی)
BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE			نوع پنجره (جنوبی)
BIM (21%)	BIM (18%)	BIM (16%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)
0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%			
BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height			سایه پنجره (شمالی)
BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE			نوع پنجره (شمالی)
BIM (8%)	BIM (7%)	BIM (5%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)
0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%			
BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height			سایه پنجره (غربی)
BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE			نوع پنجره (غربی)
BIM (7%)	BIM (9%)	BIM (7%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)
0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%			
BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height			سایه پنجره (شرقی)
BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE			نوع پنجره (شرقی)
BIM _ Uninsulated _ R13 Wood _ R38 Wood _ R13 Metal _ R2 CMU _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF _ R13+R10 Metal			ساختار دیوار
BIM _ Uninsulated _ R10 _ R15 _ R19 _ R38 _ R60 _ 10.25 Inch SIP			ساختار سقف
BIM _ (2.0 - 1.6 - 1.2 - 0.8 - 0.4 - 0.17) ACH			درجه نفوذ ساختمان
BIM _ (20.45 - 16.15 - 11.84 - 7.53 – 3.23) W/m <sup>2</sup>			بهره وری سیستم روشنایی
None _ BIM _ (Daylighting or/and Occupancy) Controls			سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین
BIM _ (27.99 - 21.53 - 17.22 - 13.99 - 10.76 - 6.46) W/m <sup>2</sup>			بهره وری بارهای الکتریکی
BIM _ ASHRAE (Heat Pump - Package System - VAV - Package Terminal Heat Pump) - High Eff. (Package System - Heat Pump - Package Terminal AC - VAV)			سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع
BIM _ 24/7 _ 12/7 _ 12/6 _ 12/5			زمان بندی فعالیت
16% _ 18.6% _ 20.4%			بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)
10 _ 20 _ 30			دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)
0% _ 60% _ 75% _ 90%			سطح پوشش پانل

جدول ۴-۹- بررسی عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی در حالت کلی.

فرم کلی ساختمان		Block D	Lobby Middle
میانگین مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)		56   3.9 18.2 USD / m <sup>2</sup> / yr	106.8   5.3 26.3 USD / m <sup>2</sup> / yr
عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی		بازه مورد پژوهش	
جهت گیری ساختمان (درجه)		BIM _ 0 _ 45 _ 90 _ 135 _ 180 _ 225 _ 270 _ 315	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)		BIM (21%)	
		BIM (25%)	
		0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%	
سایه پنجره (جنوبی)		BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height	
نوع پنجره (جنوبی)		BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)		BIM (21%)	
		BIM (15%)	
		0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%	
سایه پنجره (شمالی)		BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height	
نوع پنجره (شمالی)		BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)		BIM (10%)	
		BIM (14%)	
		0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%	
سایه پنجره (غربی)		BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height	
نوع پنجره (غربی)		BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)		BIM (5%)	
		BIM (13%)	
		0% _ 15% _ 30% _ 40% _ 50% _ 65% _ 80% _ 95%	
سایه پنجره (شرقی)		BIM _ (1/6 - 1/4 - 1/3 - 1/2 - 2/3) Win Height	
نوع پنجره (شرقی)		BIM _ Sgl Clr _ Dbl LoE _ Dbl Clr _ Trp LoE	
ساختار دیوار		BIM _ Uninsulated _ R13 Wood _ R38 Wood _ R13 Metal _ R2 CMU _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF _ R13+R10 Metal	
ساختار سقف		BIM _ Uninsulated _ R10 _ R15 _ R19 _ R38 _ R60 _ 10.25 Inch SIP	
درجه نفوذ ساختمان		BIM _ (2.0 - 1.6 - 1.2 - 0.8 - 0.4 - 0.17) ACH	
بهره وری سیستم روشنایی		BIM _ (20.45 - 16.15 - 11.84 - 7.53 - 3.23) W/m <sup>2</sup>	
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین		None _ BIM _ (Daylighting or/and Occupancy) Controls	
بهره وری بارهای الکتریکی		BIM _ (27.99 - 21.53 - 17.22 - 13.99 - 10.76 - 6.46) W/m <sup>2</sup>	
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع		BIM _ ASHRAE (Heat Pump - Package System - VAV - Package Terminal Heat Pump) - High Eff. (Package System - Heat Pump - Package Terminal AC - VAV)	
زمان بندی فعالیت		BIM _ 24/7 _ 12/7 _ 12/6 _ 12/5	
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)		16% _ 18.6% _ 20.4%	
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)		10 _ 20 _ 30	
سطح پوشش پانل		0% _ 60% _ 75% _ 90%	

جدول ۴-۱۰- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی بلوک های A و B و C.

Block C	Block B	Block A	فرم کلی ساختمان
<div>13.6   13.6</div> <div>13.6</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div>  <div>Block C</div>	<div>12.9   12.9</div> <div>12.9</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div>  <div>Block B</div>	<div>13   13</div> <div>13</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div>  <div>Block A</div>	میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)
وضعیت موجود			عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی
BIM			جهت گیری ساختمان (درجه)
BIM (23%)	BIM (22%)	BIM (20%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)
BIM			سایه پنجره (جنوبی)
BIM (Sgl Clr)			نوع پنجره (جنوبی)
BIM (21%)	BIM (18%)	BIM (16%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)
BIM			سایه پنجره (شمالی)
BIM (Sgl Clr)			نوع پنجره (شمالی)
BIM (8%)	BIM (7%)	BIM (5%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)
BIM			سایه پنجره (غربی)
BIM (Sgl Clr)			نوع پنجره (غربی)
BIM (7%)	BIM (9%)	BIM (7%)	نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)
BIM			سایه پنجره (شرقی)
BIM (Sgl Clr)			نوع پنجره (شرقی)
BIM (Concrete Masonry Units)			ساختمان دیوار
BIM (Concrete, Cast In Situ)			ساختمان سقف
BIM (None)			درجه نفوذ ساختمان
BIM			بهره وری سیستم روشنایی
None			سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین
BIM			بهره وری بارهای الکتریکی
BIM (Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas <5.5 ton)			سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع
BIM			زمان بندی فعالیت
None			بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)
None			دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)
0%			سطح پوشش پانل

جدول ۴-۱۱- بررسی عوامل موجود در مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی.

فرم کلی ساختمان		Block D	Lobby Middle
میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)		14.1   14.1 14.1 USD / m <sup>2</sup> / yr	14.1   14.1 14.1 USD / m <sup>2</sup> / yr
عوامل تاثیرگذار در شبیه سازی مصرف انرژی		وضعیت موجود	
جهت گیری ساختمان (درجه)		BIM	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)		BIM (21%)	BIM (25%)
سایه پنجره (جنوبی)		BIM	
نوع پنجره (جنوبی)		BIM (Sgl Clr)	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)		BIM (21%)	BIM (15%)
سایه پنجره (شمالی)		BIM	
نوع پنجره (شمالی)		BIM (Sgl Clr)	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)		BIM (10%)	BIM (14%)
سایه پنجره (غربی)		BIM	
نوع پنجره (غربی)		BIM (Sgl Clr)	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)		BIM (5%)	BIM (13%)
سایه پنجره (شرقی)		BIM	
نوع پنجره (شرقی)		BIM (Sgl Clr)	
ساختار دیوار		BIM (Concrete Masonry Units)	
ساختار سقف		BIM (Concrete, Cast In Situ)	
درجه نفوذ ساختمان		BIM (None)	
بهره وری سیستم روشنایی		BIM	
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین		None	
بهره وری بارهای الکتریکی		BIM	
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع		BIM (Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas <5.5 ton)	
زمان بندی فعالیت		BIM	
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)		None	
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)		None	
سطح پوشش پانل		0%	



جدول ۴-۱۲- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی بلوک های A و B و C.

Block C		Block B		Block A		فرم کلی ساختمان	
<div>6.67   6.66</div> <div>6.66</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block C</div>		<div>6.46   6.45</div> <div>6.45</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block B</div>		<div>5.45   5.43</div> <div>5.43</div> <div>USD / m<sup>2</sup> / yr</div> <div></div> <div>Block A</div>		میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)	
عامل تاثیر گذار						اقدامات صرفه جویی در مصرف انرژی	
BIM						جهت گیری ساختمان (درجه)	
BIM (23%)		BIM (22%)		BIM (20%)		نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)	
2/3 Win Height				BIM		سایه پنجره (جنوبی)	
Trp LoE				BIM (Sgl Clr)		نوع پنجره (جنوبی)	
BIM (21%)		BIM (18%)		BIM (16%)		نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)	
BIM						سایه پنجره (شمالی)	
BIM (Sgl Clr)						نوع پنجره (شمالی)	
(0%)						نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)	
BIM (No Shade)						سایه پنجره (غربی)	
BIM (No Window)						نوع پنجره (غربی)	
(0%)						نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)	
BIM (No Shade)						سایه پنجره (شرقی)	
BIM (No Window)						نوع پنجره (شرقی)	
R38 Wood _ R13+R10 Metal _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF		R38 Wood _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF		R13+R10 Metal _ R38 Wood _ 12.25 Inch SIP _ 14 Inch ICF		ساختر دیوار	
R60 _ BIM (Concrete, Cast In Situ)				10.25 Inch SIP_ R38_ R60 _ BIM (Concrete, Cast In Situ)		ساختر سقف	
0.17 ACH						درجه نفوذ ساختمان	
3.23 W/m <sup>2</sup>						بهره وری سیستم روشنایی	
Daylighting & Occupancy Controls						سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین	
BIM						بهره وری بارهای الکتریکی	
High Eff. VAV						سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع	
BIM						زمان بندی فعالیت	
20.4%						بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)	
30						دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)	
90%						سطح پوشش پانل	

جدول ۴-۱۳- بهینه سازی عوامل تاثیرگذار در مصرف انرژی بلوک D و لابی میانی.

فرم کلی ساختمان		Block D	Lobby Middle
میزان مصرف انرژی (بر مبنای هزینه سالیانه)			
اقدامات صرفه جویی در مصرف انرژی		عامل تاثیرگذار	
جهت گیری ساختمان (درجه)		BIM	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای جنوبی)		BIM (21%)	BIM (25%)
سایه پنجره (جنوبی)		2/3 Win Height	BIM
نوع پنجره (جنوبی)		Trp LoE	BIM (Sgl Clr)
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شمالی)		BIM (21%)	BIM (15%)
سایه پنجره (شمالی)		BIM	
نوع پنجره (شمالی)		BIM (Sgl Clr)	Trp LoE
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای غربی)		(0%)	
سایه پنجره (غربی)		BIM (No Shade)	
نوع پنجره (غربی)		BIM (No Window)	
نسبت پنجره به دیوار (دیوارهای شرقی)		(0%)	
سایه پنجره (شرقی)		BIM (No Shade)	
نوع پنجره (شرقی)		BIM (No Window)	
ساختار دیوار		R13+R10 Metal	14 Inch ICF _ 12.25 Inch SIP
ساختار سقف		BIM (Concrete, Cast In Situ)	R60
درجه نفوذ ساختمان		0.17 ACH	
بهره وری سیستم روشنایی		3.23 W/m <sup>2</sup>	
سیستم کنترل نور طبیعی و ساکنین		Daylighting & Occupancy Controls	
بهره وری بارهای الکتریکی		BIM	
سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع		High Eff. VAV	High Eff. Package Terminal AC
زمان بندی فعالیت		BIM	
بهره وری پانل خورشیدی (فتوولتائیک)		20.4%	
دوره زمانی کارکرد پانل خورشیدی (سال)		30	
سطح پوشش پانل		90%	

## فصل پنجم

### (نتیجه گیری و پیشنهادات)

ABDULAMIR REZA SORUSH

## ۵-۱- مقدمه

با گسترش استفاده از مدل سازی اطلاعات ساختمان در دنیا و رویکردهای مطالعاتی آن، در سال های اخیر مشاهده گردید که در ایران نیز مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان زمینه ای جدید برای تحقیقات مورد توجه محققین قرار گرفته است. برای آشنایی با هر موضوع جدید، نیازمند یکسری مطالعات کیفی و کمی به منظور گسترش دانش مربوطه و آگاهی از اثرات آن خواهیم بود. با توجه به پیشرفت سریع و روزافزون این فناوری در کشورهای پیشرفته دنیا، متأسفانه شاهد عدم استقبال صنعت ساخت و ساز کشور به استفاده از این فناوری می باشیم. برخی از دلایل آن را می توان بدین شرح اعلام نمود:

- عدم حمایت و عدم وجود انگیزه برای ترویج BIM توسط سیاست گذاران صنعت ساخت و ساز
- عدم شناخت، آگاهی و تجربه در پذیرش BIM
- مقاومت شرکت های ساختمانی در برابر تغییرات و هزینه های مرتبط با ایجاد BIM
- عدم وجود زیرساخت های مورد نیاز و سرعت اینترنت برای پذیرش و همکاری BIM
- مشکلات عمومی، مانند: فقدان نیروی متخصص و عدم درک صحیح از مزایای این فناوری که مانع از افزایش سطح پذیرش BIM در کشور می گردد (Hosseini et al., 2016).

با بررسی مطالعات انجام شده می توان نمونه هایی از پتانسیل های اولیه جهت استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان در ایران را به شرح ذیل عنوان کرد:

- برآورد زمان و هزینه اجرای پروژه
- طراحی یکپارچه و تجزیه و تحلیل محیط زیست
- بهره وری در طراحی با به روزرسانی همزمان تغییرات مدل سازی ساختمان در پایگاه داده مرکزی
- بهره وری در هزینه اجرای پروژه با تصمیم گیری های آگاهانه
- بهینه سازی بهره وری انرژی در طراحی ساختمان های پایدار
- شناسایی خطرات و فرصت های بالقوه طرح با شبیه سازی فرآیند ساخت و ساز
- بهره وری مدیریت زمان با کنترل پروژه در طول زمان اجرا
- صرفه جویی در چرخه عمر ساختمان با تولید همزمان اطلاعات در طی عملیات اجرایی (Khodeir &

Nessim, 2018)

## ۵-۲- نتیجه گیری

مدل سازی اطلاعات ساختمان به عنوان یک روش نوآورانه برای طراحی و مدیریت پروژه ها در حال ظهور می باشد. پیش بینی کارایی و بهره وری ساختمان با پذیرش فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان بسیار بهبود یافته است. به طوری که با افزایش استفاده از این فناوری، همکاری در تیم های پروژه افزایش می یابد. نتیجه این همکاری، بهبود سودآوری، کاهش هزینه ها، مدیریت بهتر زمان و بهبود روابط موکل- مشتری خواهد بود. امید است که استفاده روزافزون از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان، باعث افزایش همکاری و کاهش فعالیت های جداگانه در صنعت معماری، مهندسی و ساخت و ساز شود، و در نهایت منجر به بهبود عملکرد و کاهش هزینه های پروژه گردد.

پس از بررسی ساختمان مورد مطالعه مشخص گردید، به دلیل محدودیت در ارسال سطوح سایه، ناشی از ابعاد وسیع ساختمان، به نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش جهت انجام محاسبات مربوط به آنالیز انرژی در فضای ابری، امکان انجام این تجزیه و تحلیل به همراه المان سقف کاذب میسر نبود. به همین دلیل این المان از مدل ساختمان حذف گردید. بدین ترتیب مبنای ارتفاع محاسباتی در طبقه اول ۴ متر و در سایر طبقات ۳/۷۰ متر بود. با توجه به اجرای سقف کاذب و ارتفاع تمام شده فضاها در حالت واقعی، این ساختمان می تواند مصرف انرژی پایین تری نسبت به مقادیر به دست آمده در آنالیز انجام شده، ناشی از کاهش ارتفاع محاسباتی فضاها به همراه داشته باشد.

با این حال، نتایج تجزیه و تحلیل چنین نشان داد که بلوک A، دارای کمترین میزان مصرف انرژی در میان سایر بلوک ها می باشد. این امر ناشی از زاویه قرارگیری این بلوک ساختمانی (بلوک A)، نسبت به شمال واقعی منطقه (شمال جغرافیایی) خواهد بود. با توجه به تقارن فرم کلی ساختمان و یکسان بودن مصالح و تجهیزات مصرفی، می توان چنین عنوان کرد که با اجرای سایر بلوک ها در امتداد بلوک A، می توان به پایین ترین سطح مصرف انرژی، ناشی از حداکثر دریافت تابش مستقیم خورشید در طول روز و همچنین حداقل ایجاد سایه در میان سایر بلوک ها نیز دست پیدا نمود.

همچنین، نتایج کلی این شبیه سازی نشان داد که ۶۱/۴۸ درصد اختلاف بین بهترین حالت بهینه سازی مصرف انرژی و وضعیت موجود ساختمان، و همچنین ۷۹/۳۵ درصد نسبت به حالت کلی وجود دارد. در نهایت، مطالعات پارامتری طرح های جایگزین بهینه سازی هزینه نشان داد، که ۵۸/۲۳ درصد صرفه جویی نسبت به وضعیت موجود ساختمان برای یک افق زمانی ۳۰ ساله وجود دارد.

نتایج این پژوهش چنین بیان داشت، که استفاده از فناوری مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، در بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها، می تواند صرفه جویی قابل توجهی در هزینه نهایی مصرف انرژی به همراه داشته باشد. در همین راستا، بهینه سازی مصرف انرژی باعث کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی خواهد شد، که این امر به حفظ و پایداری محیط زیست کمک شایانی می نماید.

### ۳-۵- پیشنهادات

#### ۳-۵-۱- پیشنهاد برای دانشجویان و اعضای هیات علمی دانشگاه ها

در بسیاری از کشورهای توسعه یافته دنیا علی الخصوص آمریکا، تحقیقات صنعتی در دانشگاه ها صورت می پذیرد و رابطه تنگاتنگی بین دو نهاد صنعت و دانشگاه برقرار می باشد. اما در ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه که بیش از کشورهای توسعه یافته نیازمند تولید و ایجاد فن آورهای نوین بوده، تقریباً رابطه ای میان صنعت و دانشگاه برقرار نمی باشد. مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، به عنوان ابزاری بسیار کارآمد جهت انتقال موثرتر مفاهیم مختلف مهندسی به دانشجویان شناخته شده و در حال گسترش می باشد. ابزارهای گسترش BIM، که مهمترین آن نرم افزار اتودسک رویت می باشد، طیف وسیعی از ابزارهای تحلیل مقدماتی سازه و همچنین تحلیل های مرتبط با انرژی مصرفی در ساختمان را فراهم می کنند.

#### ۳-۵-۲- پیشنهاد برای سیاست گذاران ملی

فناوری جدید مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، در قرن بیست و یکم میلادی با قوت در حال متحول کردن الگوهای سنتی بوده و به عنوان یکی از مهم ترین پیشرفت های صنعت معماری، مهندسی و ساخت<sup>۱</sup> در حال تکامل می باشد. در ایران، حتی در کلان شهرها، تنها شاهد ساختمان هایی با معماری کاملاً مشابه و

به ندرت برج هایی با اشکال هندسی بسیار ساده می باشیم. وضعیت فعلی ساخت و ساز حکایت از آن دارد که پیشرفت در صنعت ساخت و ساز ایران بسیار کند بوده و گرایش به استفاده از فناوری های نوین، مدیریت منابع و مصالح، هزینه و سرمایه بسیار محدود می باشد. در چنین شرایطی لازم است که جامعه صنعت ساخت ایران با دقت و کوشش بیشتر، ضمن به روز نگه داشتن خود و آشنایی با روش های نوین، ایجاد راهکارهای بومی را دنبال نمایند تا از پیشرفت های این صنعت در دنیا جا نمانده و بتوانیم از منابع خود بهترین استفاده را داشته باشیم. با توجه به پیشرفت جهانی این فناوری، لازم است با استفاده از نتایج مطالعات تحقیقاتی نظیر این پروژه، مسیرهای لازم هموار گردند.

### ۵-۳-۳- پیشنهاد در خصوص پژوهش های آینده

همانطور که در بررسی ها مشاهده می گردد، در اکثر زمینه های مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، مطالعات کیفی مناسبی در ایران انجام شده است. لذا در حال حاضر نیازمند کاربرد عملی به همراه مطالعات کمی مدل سازی جهت درک عمیق از اثرات بکارگیری این فناوری در جوانب مختلف صنعت ساخت کشور می باشیم. همچنین کاربرد مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، در خصوص مباحثی نظیر: یکپارچه سازی تحویل پروژه<sup>۲</sup>، تعمیر و نگهداری<sup>۳</sup>، تبادل اطلاعات<sup>۴</sup> بین نرم افزارهای مرتبط با فناوری BIM و بهبود فرآیندهای کاری، مدل سازی اطلاعات ساختمان برای مدیران تسهیلات<sup>۵</sup> و همچنین ایمنی<sup>۶</sup>، نیازمند مطالعات کیفی و کمی در راستای اصلاح، بهبود و افزایش بهره وری صنعت ساخت و ساز خواهیم بود.

- 
- 1) Architecture, Engineering & Construction (AEC)
  - 2) Integrated Project Delivery (IPD)
  - 3) Maintenance
  - 4) Data Exchange
  - 5) Facility Managers
  - 6) Safety

- Abubakar, M., Ibrahim, Y. M., Kado, D., & Bala, K. (2014). Contractors' Perception of the Factors Affecting Building Information Modelling (BIM) Adoption in the Nigerian Construction Industry. *2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*.  
<https://doi.org/10.1061/9780784413616.022>
- Architecture 2030. (n.d.). *Overview of 2030 PALETTE*. <http://www.2030palette.org>
- Autodesk Inc. (n.d.-a). *Autodesk Green Building Studio*. Autodesk, Inc. <https://gbs.autodesk.com/GBS>
- Autodesk Inc. (n.d.-b). *How Whole Building Energy Simulation Works, Autodesk Building Performance Analysis*.  
[http://help.autodesk.com/view/BUILDING\\_PERFORMANCE\\_ANALYSIS/ENU/?guid=GUID-30BE9353-50D0-4EA9-83C3-B40F74721A29](http://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS/ENU/?guid=GUID-30BE9353-50D0-4EA9-83C3-B40F74721A29)
- Autodesk Inc. (2010). Using Autodesk Ecotect Analysis and Building Information Modeling. In *Autodesk, Inc.* (pp. 1–17).
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15–28.  
<https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., & Leung, B. H. Y. (2008). Building Information Modeling ( BIM ): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects. *First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I)*, 435–446.  
<https://doi.org/10.1080/01446190601114134>
- Ballesty, S., Mitchell, J., Drogenmuller, R., Schevers, H., Linning, C., Singh, G., & Marchant, D. (2007). Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House. In *CRC Construction Innovation*. Cooperative Research Center for Construction Innovation.
- BREEAM. (2011). *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*.
- Choi, J., Shin, J., Kim, M., & Kim, I. (2016). Development of openBIM-based energy analysis software to improve the interoperability of energy performance assessment. *Automation in Construction*, 72, 52–64. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.07.004>
- Climate Prediction Center. (n.d.). *Degree Days Explanation*. Retrieved January 24, 2005, from [http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/cdus/degree\\_days/ddayexp.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/cdus/degree_days/ddayexp.shtml)



- Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., & Griffith, B. T. (2008). Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs. *Building and Environment*, 43(4), 661–673. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.027>
- Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., Strand, R. K., Liesen, R. J., Fisher, D. E., Witte, M. J., & Glazer, J. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*, 33(4), 319–331. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00114-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00114-6)
- DesignBuilder. (n.d.). *DesignBuilder*. DesignBuilder Software Ltd. <https://www.designbuilder.co.uk>
- Douglass, C. D. (2010). Instructional modules demonstrating building energy analysis using a building information model. In *Unpublished master's Thesis*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owner, Management, Designers, Engineers, and contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470261309>
- EEREN. (2011). *Energy Efficiency and Renewable Energy Network*. <https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design* (1st ed.). Wiley Publishing, Inc.
- Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009). IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *Proceedings of the 45th Associated Schools of Construction (ASC) Annual Conference*.
- Gourlis, G., & Kovacic, I. (2017). Building Information Modelling for analysis of energy efficient industrial buildings – A case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(2), 953–963. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.009>
- Guo, S. J., & Wei, T. (2016). Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Case study at National Taiwan University. *Energy and Buildings*, 127, 433–441. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.015>
- Harris, J. (2010). *Integration of BIM and Business Strategy*.
- Hendron, R., & Engebrecht, C. (2010). Building America Research Benchmark Definition. In *NREL, National Renewable Energy Laboratory* (Issue January).
- Hirsch, J. J., & Associates. (n.d.). *DOE-2*. <http://www.doe2.com>
- Holst, J. N. (2003). Using whole building simulation models and optimizing procedures to optimize building envelope design with respect to energy consumption and indoor environment. *Proceedings of Eighth International IBPSA Conference of Building Simulation*, 507–514. <https://doi.org/10.1002/rcm.6249>

- Hong, T., Chou, S. K., & Bong, T. Y. (2000). Building simulation: an overview of developments and information sources. *Building and Environment*, 35(4), 347–361.  
[https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(99\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(99)00023-2)
- Hosseini, M. R., Azari, E., Tivendale, L., Banihashemi, S., & Chileshe, N. (2016). Building Information Modeling ( BIM ) in Iran: An Exploratory Study. *Journal of Engineering , Project , and Production Management*, 6(2), 78–89. <https://doi.org/10.32738/JEPPM.201607.0002>
- IBPSA-USA. (n.d.-a). *Autodesk Green Building Studio*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://www.buildingenergysoftwaretools.com/software/autodesk-green-building-studio>
- IBPSA-USA. (n.d.-b). *Autodesk Insight*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://www.buildingenergysoftwaretools.com/software/autodesk-insight>
- IBPSA-USA. (n.d.-c). *DOE-2*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://buildingenergysoftwaretools.com>
- IBPSA-USA. (n.d.-d). *EnergyPlus*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://buildingenergysoftwaretools.com/software/energyplus>
- IBPSA-USA. (n.d.-e). *eQuest*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://buildingenergysoftwaretools.com/software/equest>
- IBPSA-USA. (n.d.-f). *TRNSYS*. International Building Performance Simulation Association (IBPSA). <https://buildingenergysoftwaretools.com/software/trnsys>
- Jones, S. A., Gudgel, J. E., Gilmore, D. S., & Buckley, B. (2008). Building information modeling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity. In *McGraw-Hill Construction*.
- Khodeir, L. M., & Nessim, A. A. (2018). BIM2BEM integrated approach: Examining status of the adoption of building information modelling and building energy models in Egyptian architectural firms. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1781–1790.  
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.004>
- Kim, G., Lim, H. S., Lim, T. S., Schaefer, L., & Kim, J. T. (2012). Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings. *Energy and Buildings*, 46, 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.040>
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Wiley Publishing, Inc.
- Laine, T., Karola, A., & Oy, O. G. (2007). Benefits of Building Information Models in Energy Analysis. *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*.
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (n.d.). *DOE-2*. <https://simulationresearch.lbl.gov/projects/doe2>

- Lee, W. L., & Burnett, J. (2008). Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and Environment*, 43(11), 1882–1891.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.007>
- LEED. (2011). *Leadership in Energy and Environmental Design*. <https://new.usgbc.org/leed>
- Liu, Y., & Guo, W. (2013). Effects of energy conservation and emission reduction on energy efficiency retrofit for existing residence: A case from China. *Energy and Buildings*, 61, 61–72.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.033>
- McAdam, B. (2010). Building information modelling: the UK legal context. *International Journal of Law in the Built Environment*, 2(3), 246–259. <https://doi.org/10.1108/17561451011087337>
- National Institute of Building Sciences. (2007). National Building Information Modeling Standard, Version 1.0 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. In *Nist*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Nawari, N. O., & Kuenstle, M. (2015). *Building Information Modeling: Framework for Structural Design*. Taylor & Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1002/9780470432846>
- Nikoofard, S., Ugursal, V. I., & Beausoleil-Morrison, I. (2011). Effect of external shading on household energy requirement for heating and cooling in Canada. *Energy and Buildings*, 43(7), 1627–1635.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.003>
- Nikoofard, S., Ugursal, V. I., & Beausoleil-Morrison, I. (2014). Technoeconomic Assessment of the Impact of Window Improvements on the Heating and Cooling Energy Requirement and Greenhouse Gas Emissions of the Canadian Housing Stock. *Journal of Energy Engineering*, 140(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000140](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000140)
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Park, J., Park, J., Kim, J., & Kim, J. (2012). Building information modelling based energy performance assessment system: An assessment of the Energy Performance Index in Korea. *Construction Innovation*, 12(3), 335–354. <https://doi.org/10.1108/14714171211244587>
- Redmond, A., Hore, A., Alshaw, M., & West, R. (2012). Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. *Automation in Construction*, 24, 175–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.003>
- Rokoei, S. (2015). Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 87–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>
- Schlueter, A., & Thesseling, F. (2009). Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. *Automation in Construction*, 18(2), 153–163.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.07.003>

Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures* (3rd Ed.). CRC Press.

Sleeth, D. (n.d.). *Residential Heat Loss and Heat Gain, HVAC Computer Systems Ltd.*  
<http://www.hvaccomputer.com/hvac/hlhg2.asp>

TRNSYS. (n.d.). *TRNSYS, Transient System Simulation Tool*. Thermal Energy System Specialists, LLC.  
<http://trnsys.com>

Venkataraman, A., & Kannan, R. (2013, January 1). Whole Building Energy Analysis using BIM. *Proc. of Int. Conf. on Advances in Civil Engineering, AETACE*.

Wright, F. L. (2009). Building Information Modeling : Understanding and Operating in a New Paradigm. In *Foundation of the Wall and Ceiling Industry* (Issue July, pp. 1–32).

Zahrizan, Z., Ali, N. M., Haron, A. T., Marshall-Ponting, A., & Hamid, Z. A. (2013). Exploring the adoption of Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian construction industry: A qualitative approach. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(8), 384–395.

وزارت نیرو. 1394. *ترازنامه انرژی سال*. (1394). انرژی-دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق  
-فایل-مجموعه/90-دهه-انرژی-ترازنامه/دهه-چهار-کشوردر-کل-انرژی-ترازنامه/انتشارات/<http://pep.moe.gov.ir>  
94-تراز-های

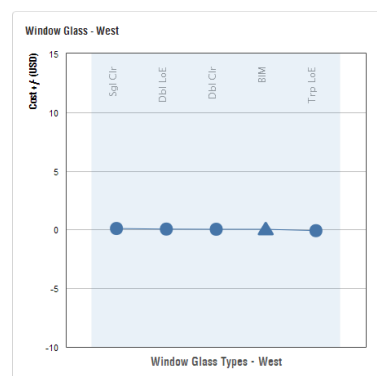
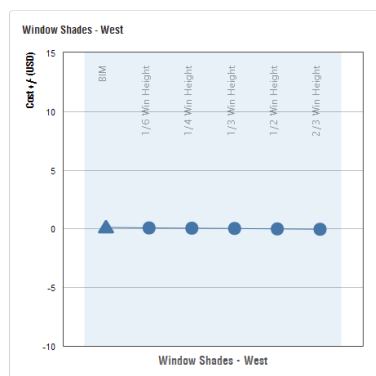
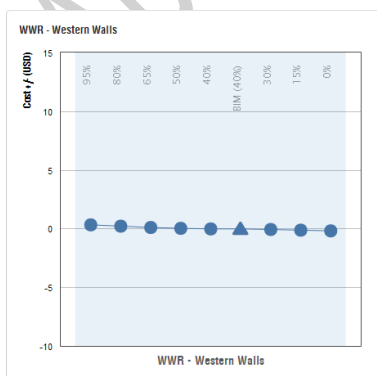
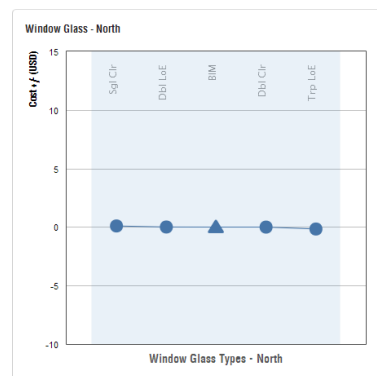
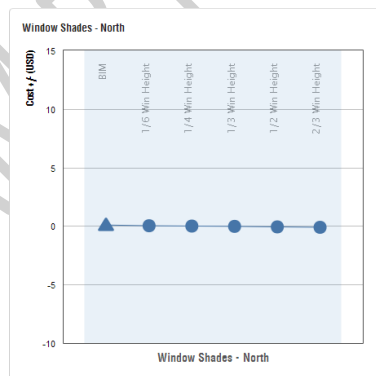
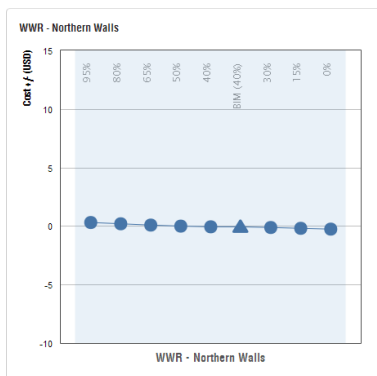
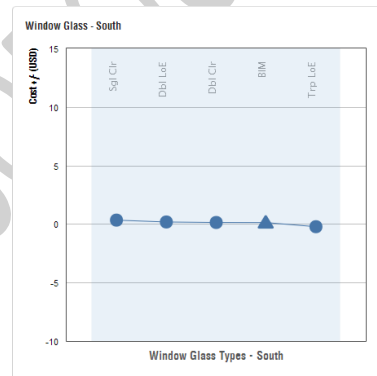
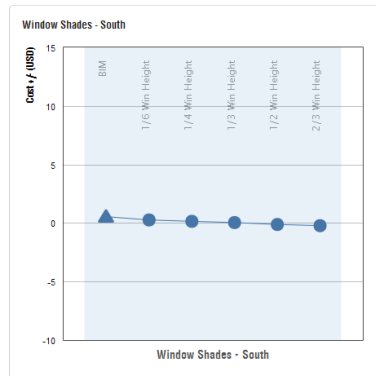
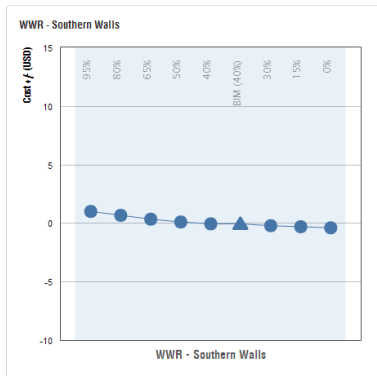
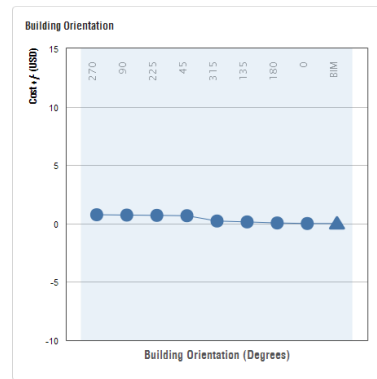
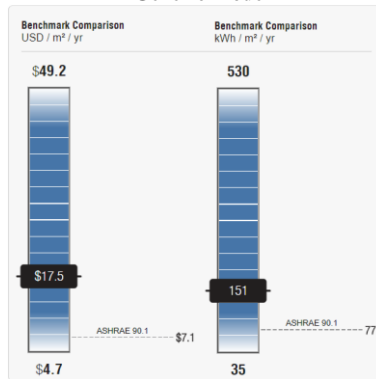
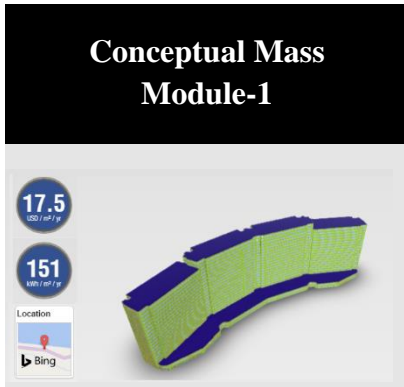
**APPENDIX**  
**Of**  
**AUTODESK INSIGHT**

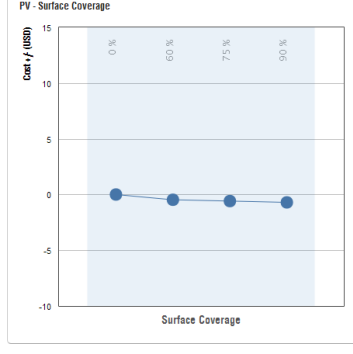
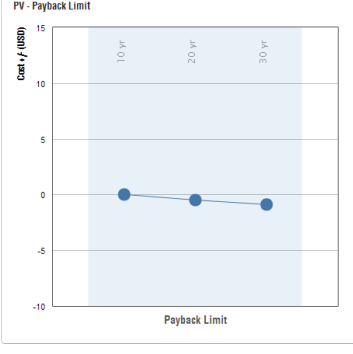
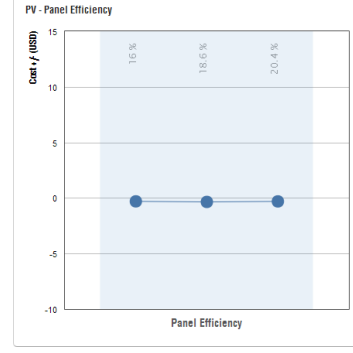
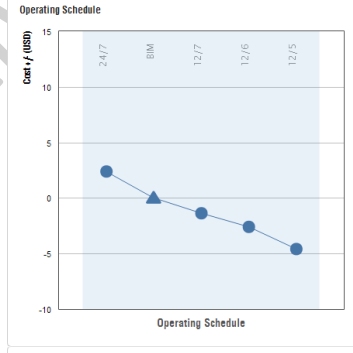
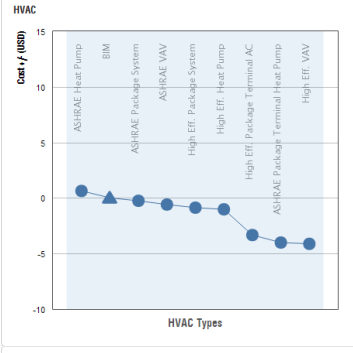
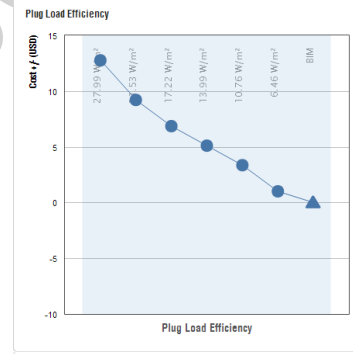
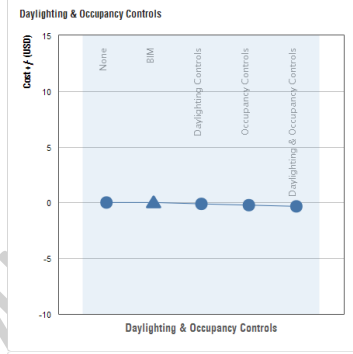
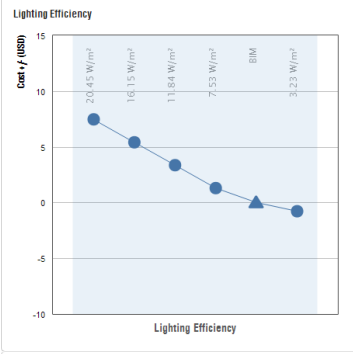
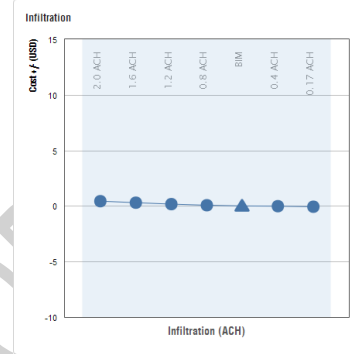
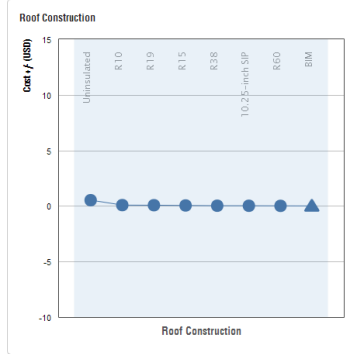
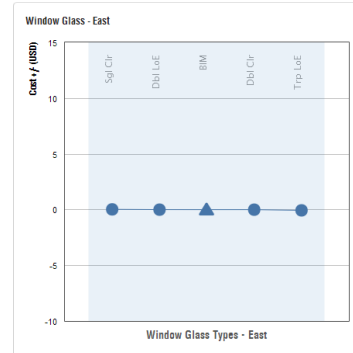
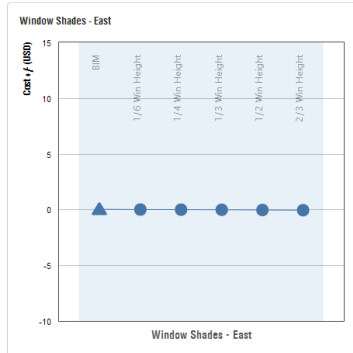
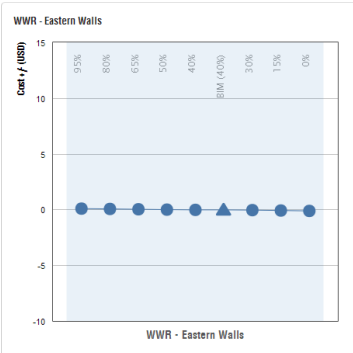
ABDULAMIR REZASOROSH

# APPENDIX A

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

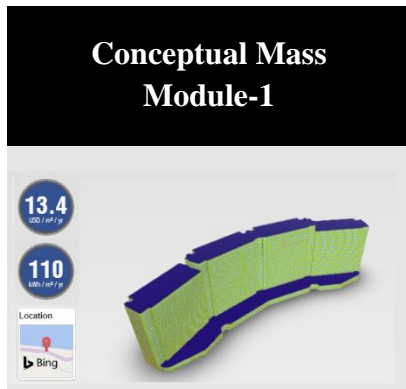
### Generic Mode



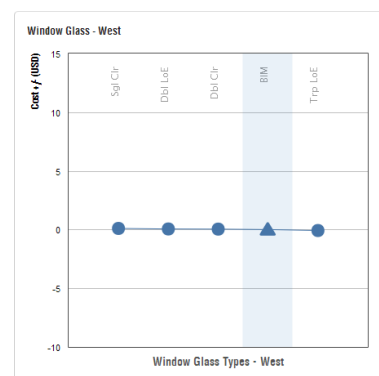
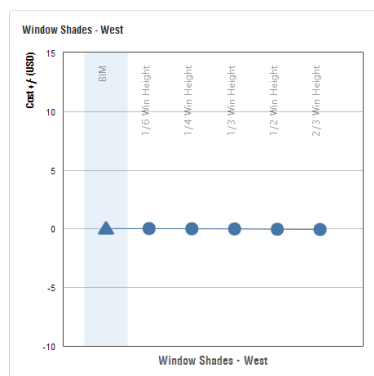
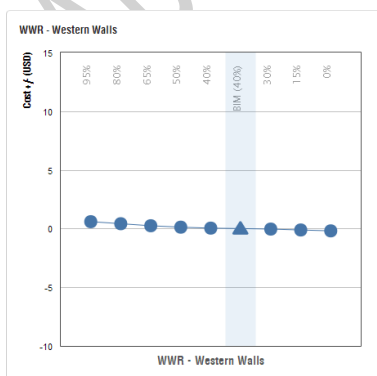
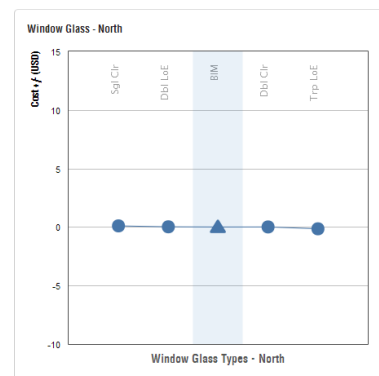
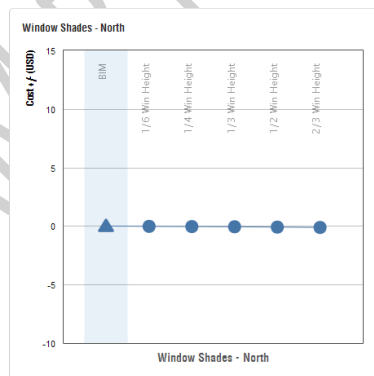
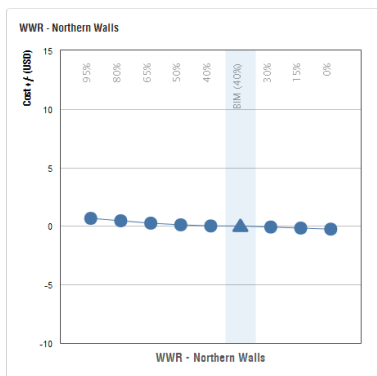
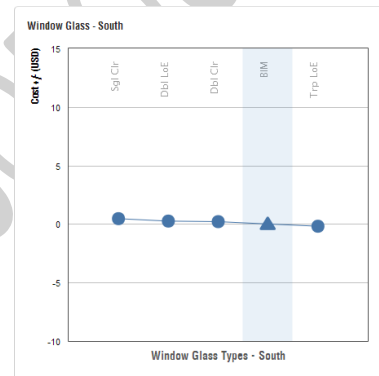
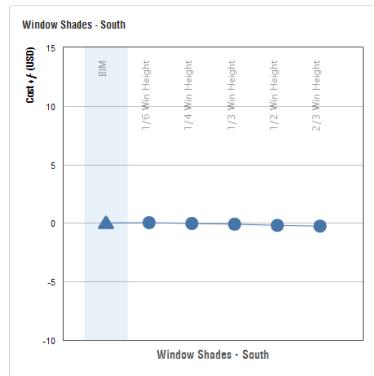
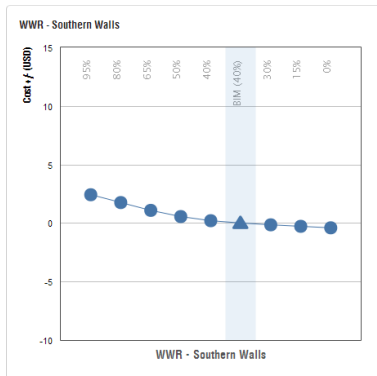
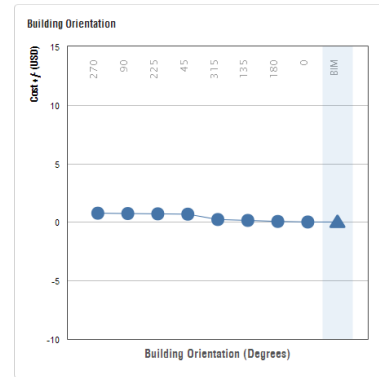
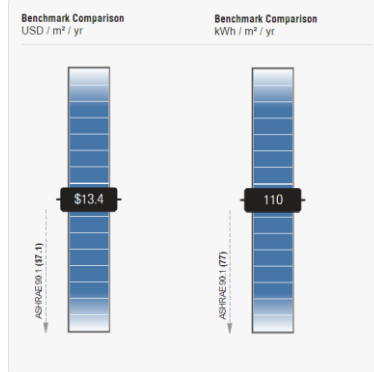


## APPENDIX B

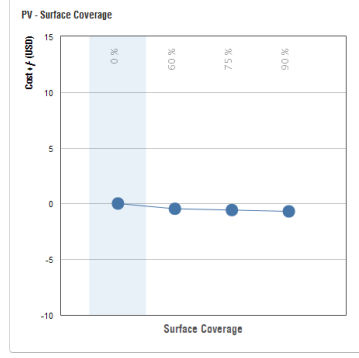
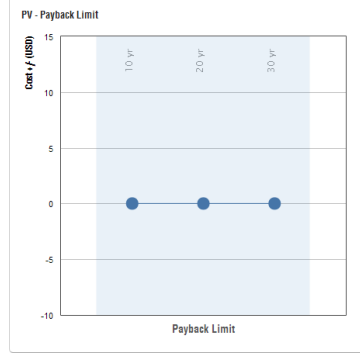
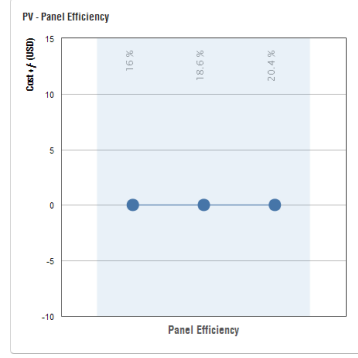
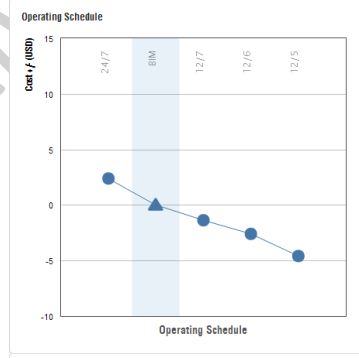
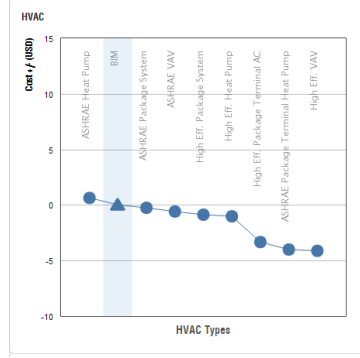
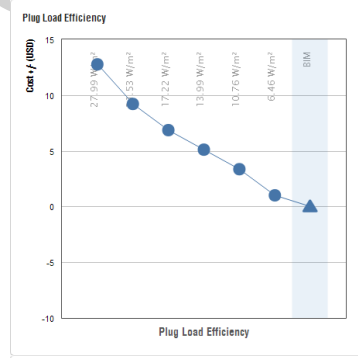
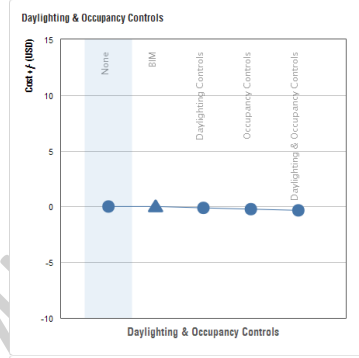
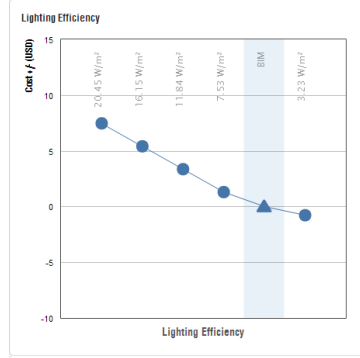
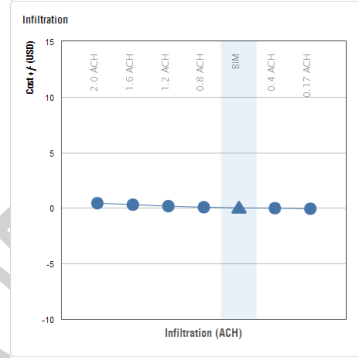
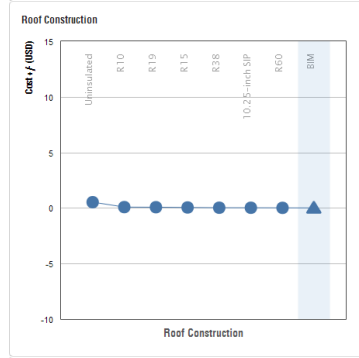
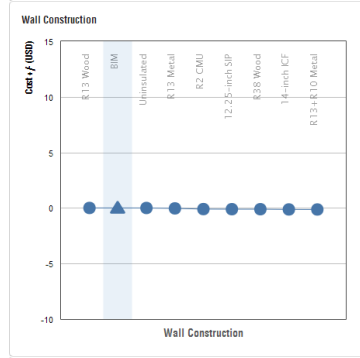
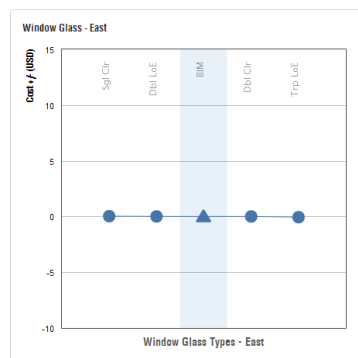
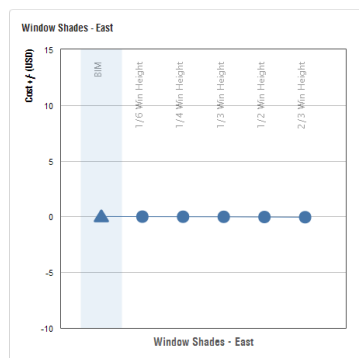
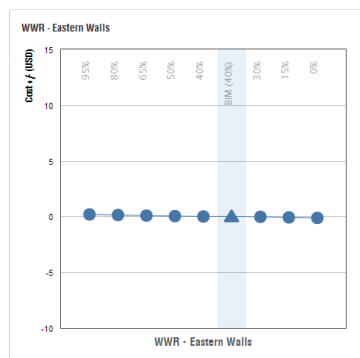
### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode



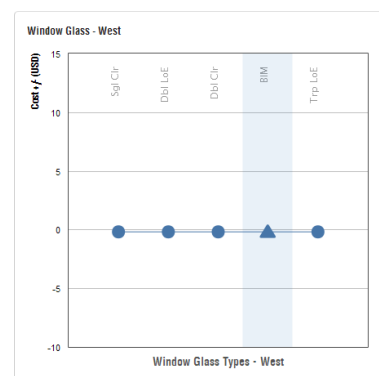
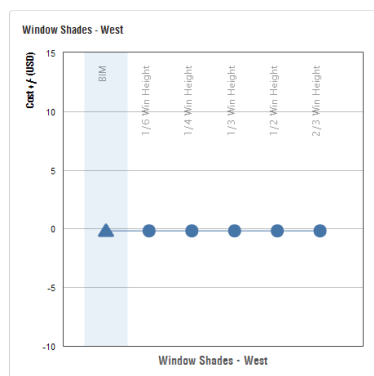
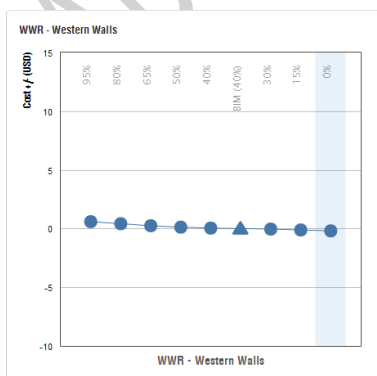
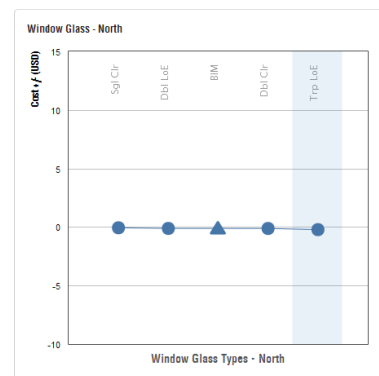
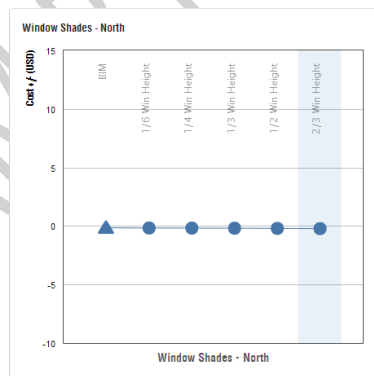
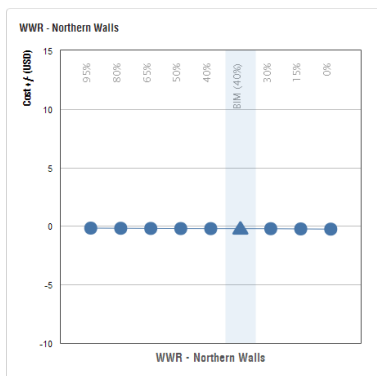
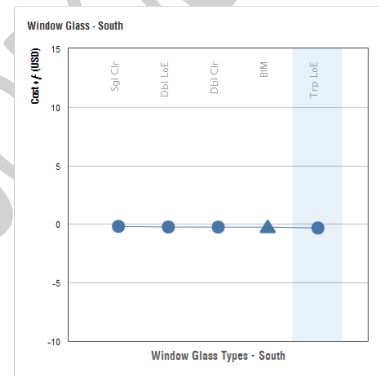
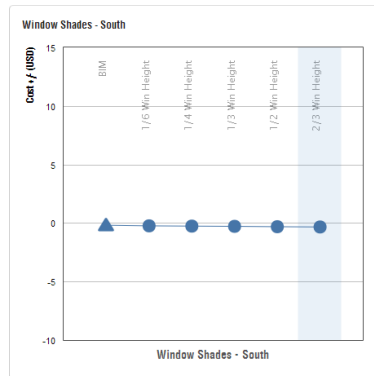
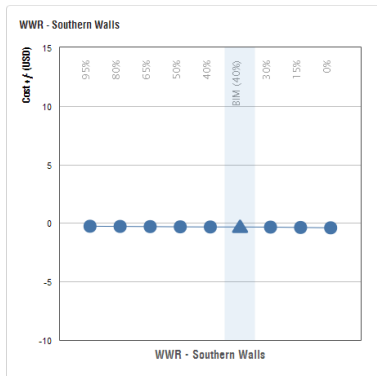
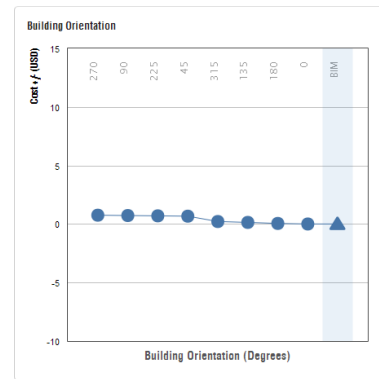
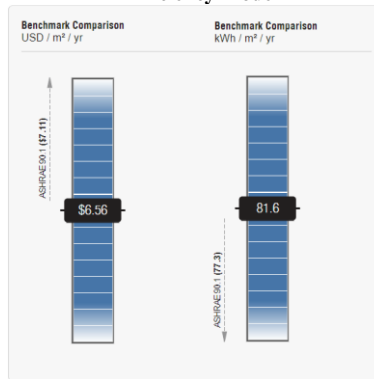
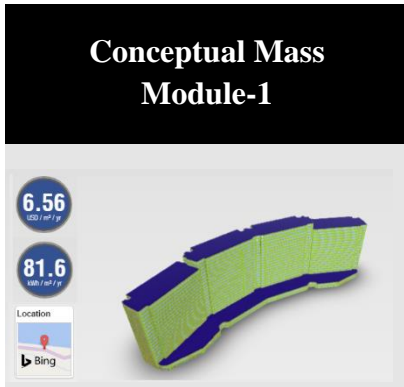


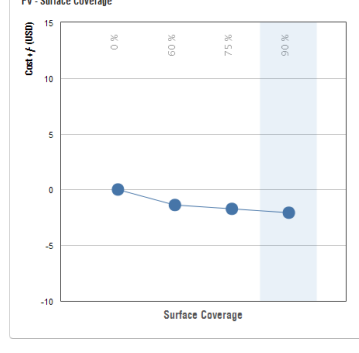
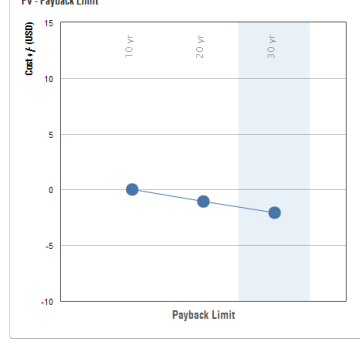
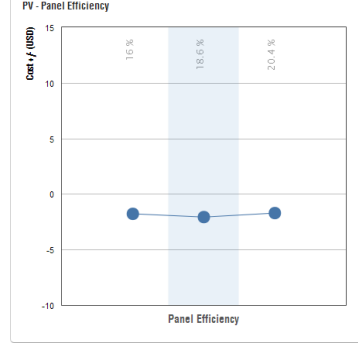
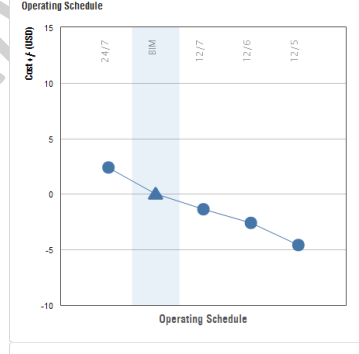
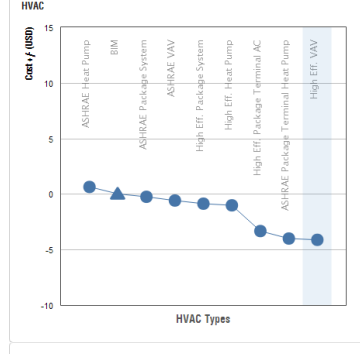
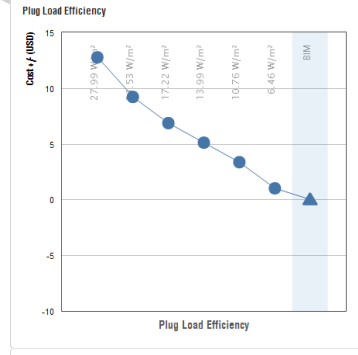
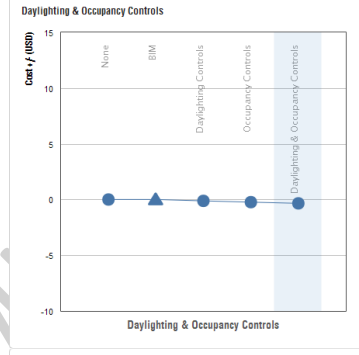
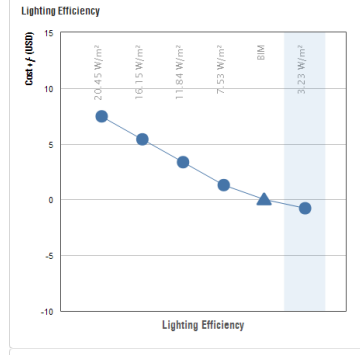
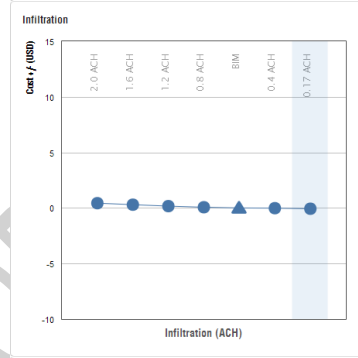
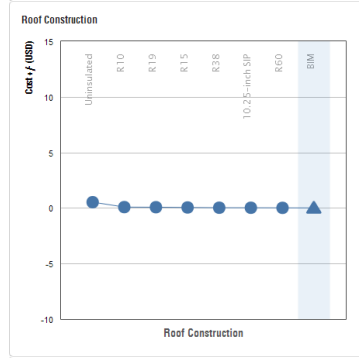
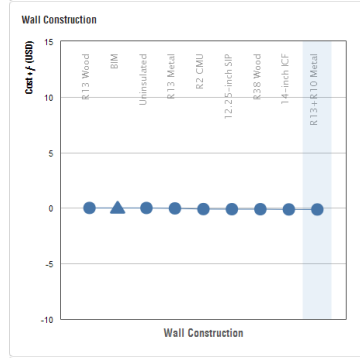
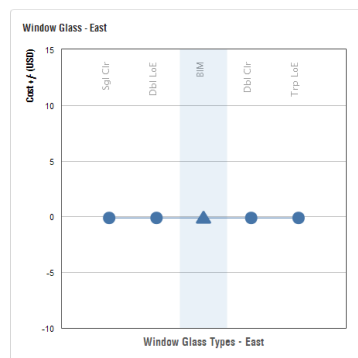
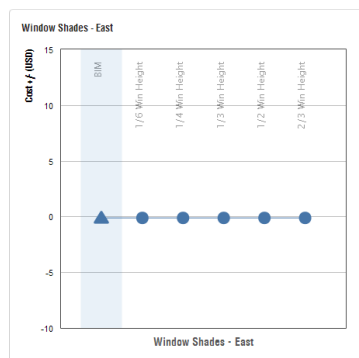
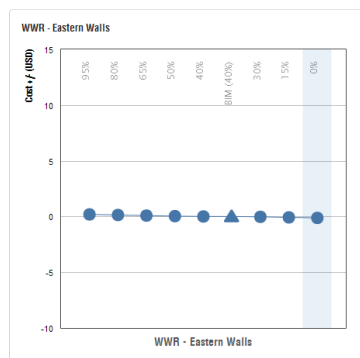


# APPENDIX C

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Efficiency Mode

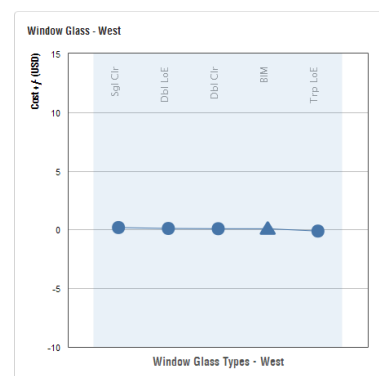
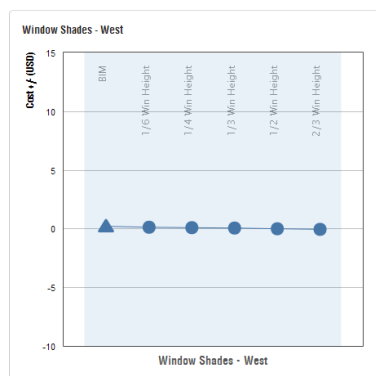
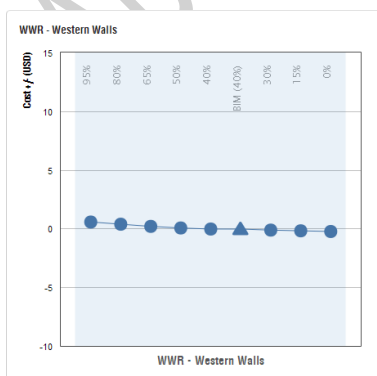
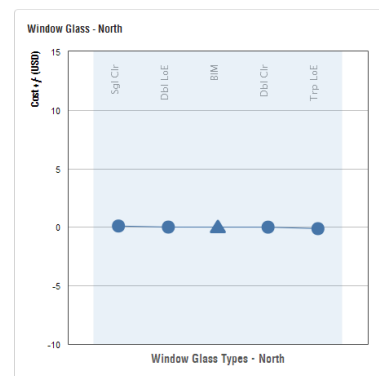
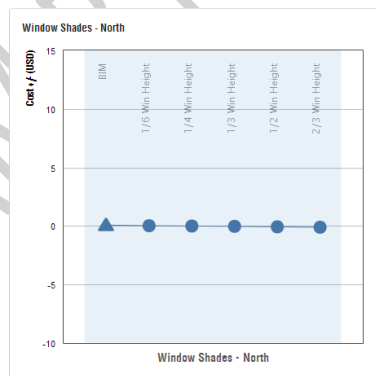
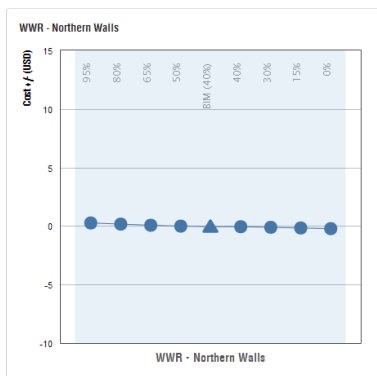
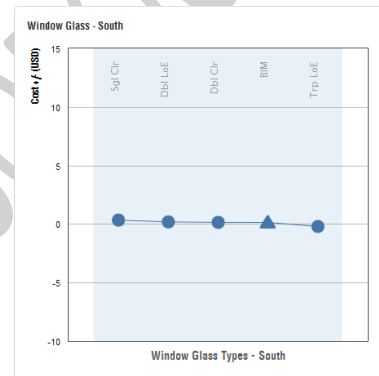
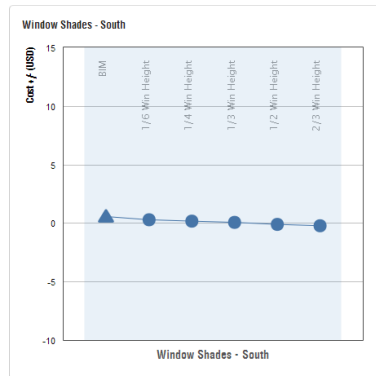
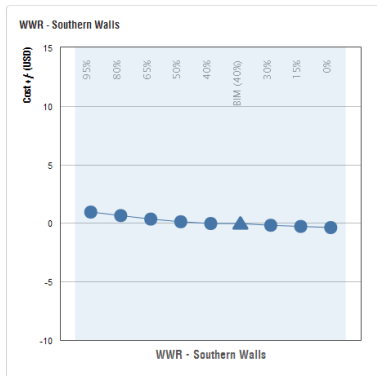
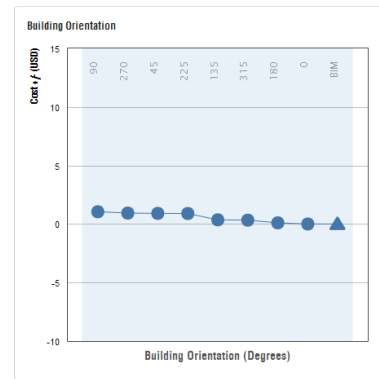
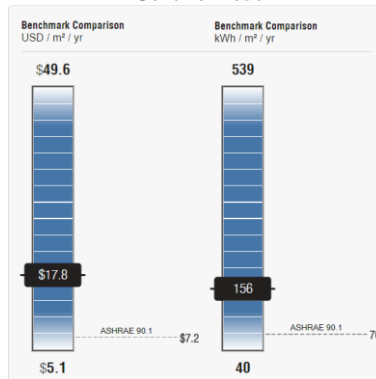


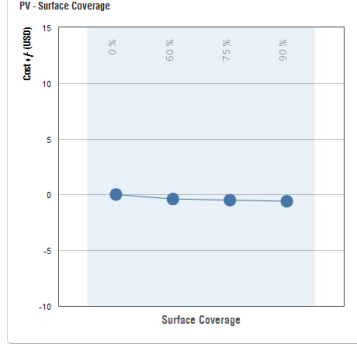
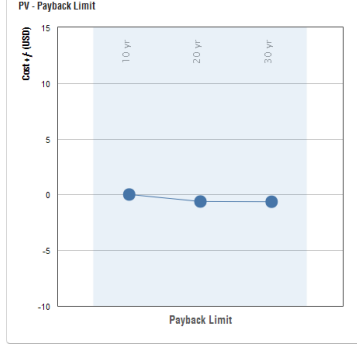
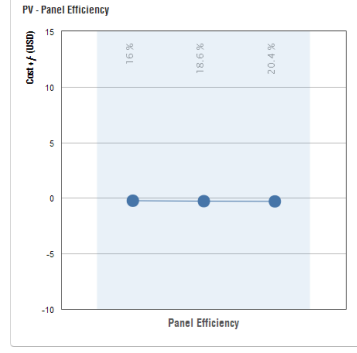
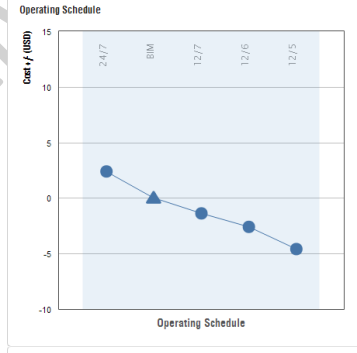
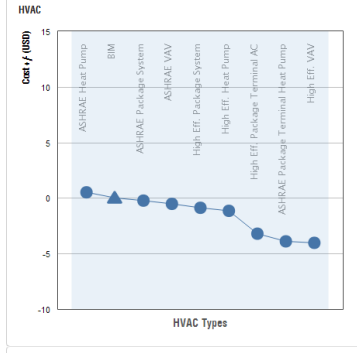
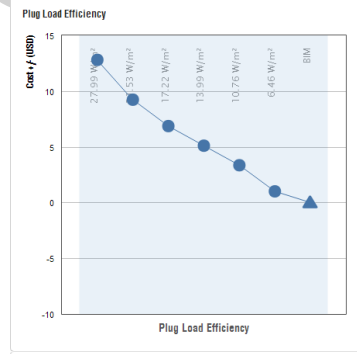
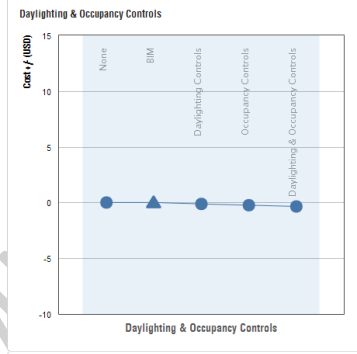
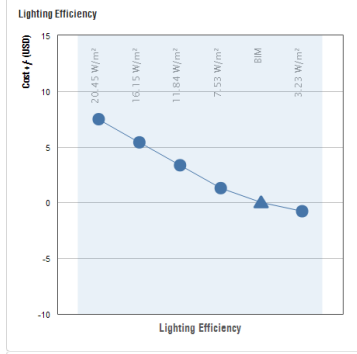
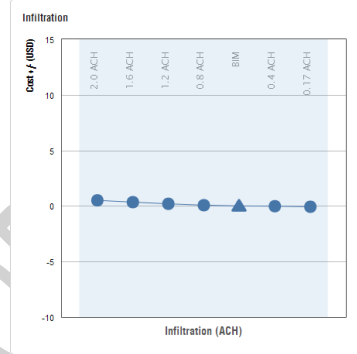
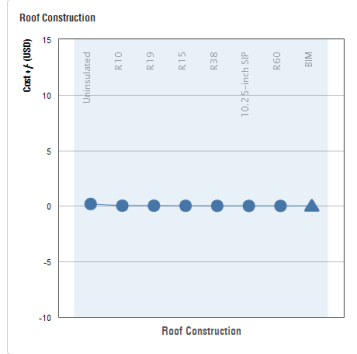
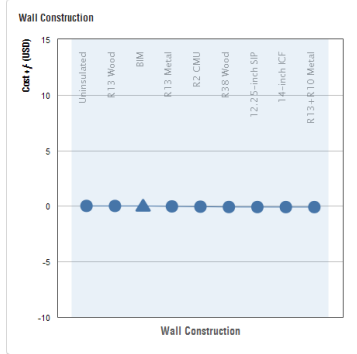
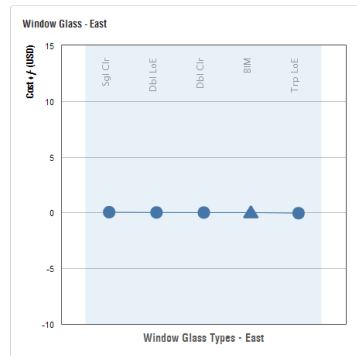
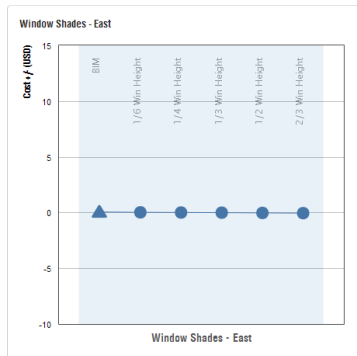
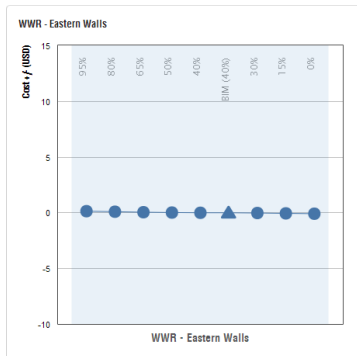


## APPENDIX D

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

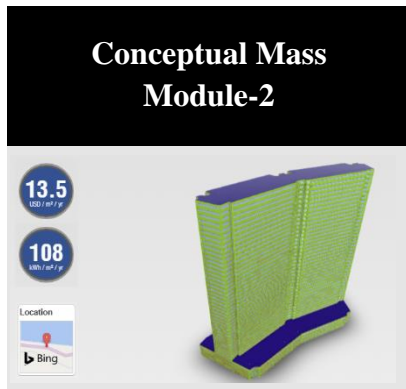
#### Generic Mode



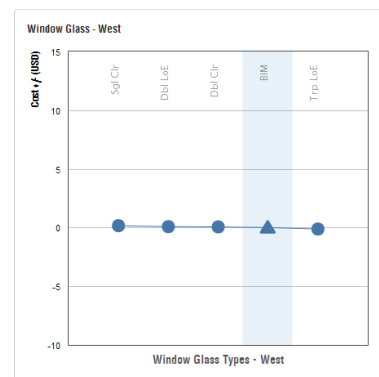
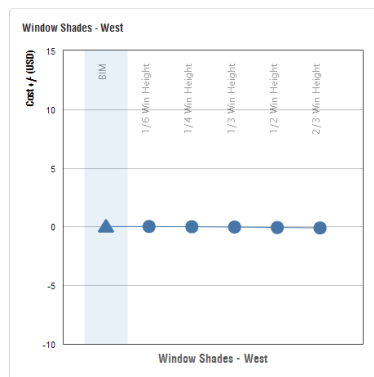
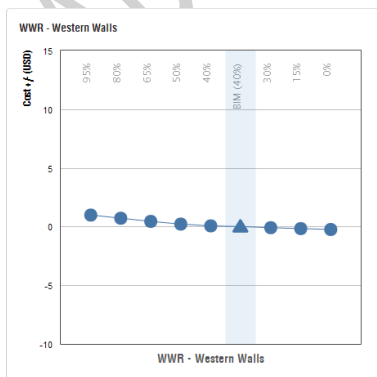
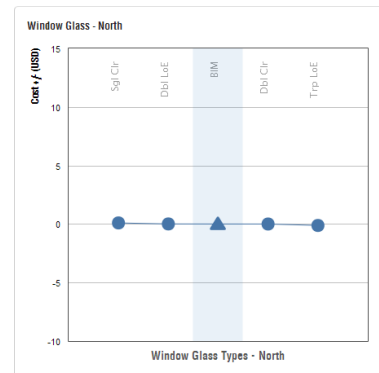
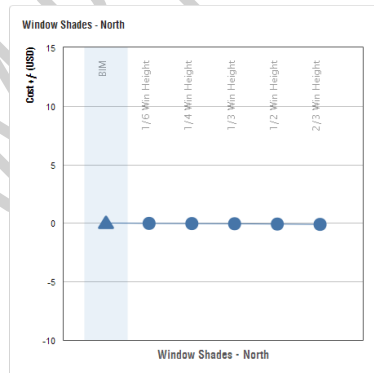
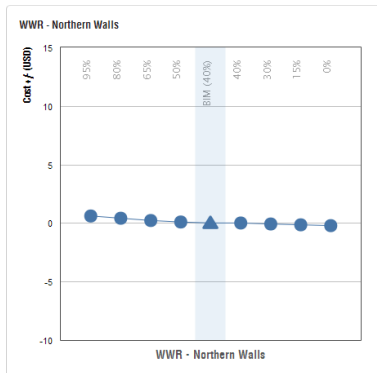
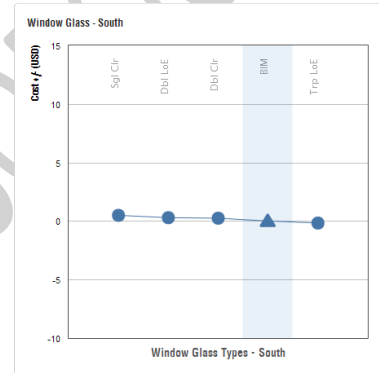
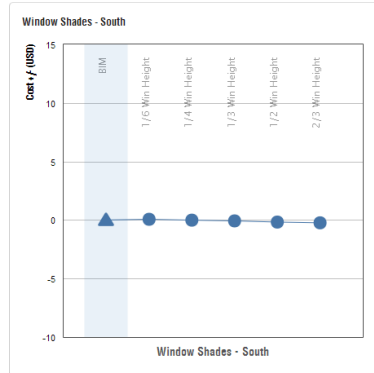
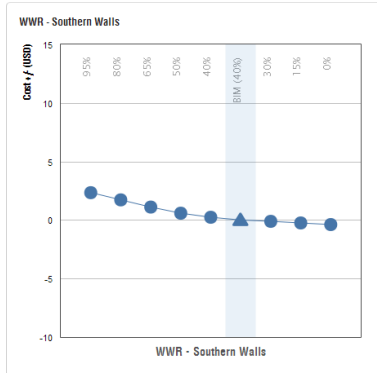
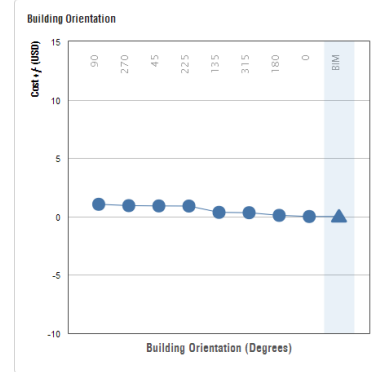
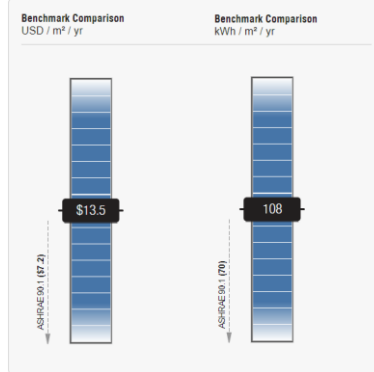


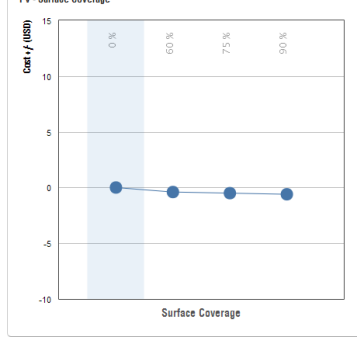
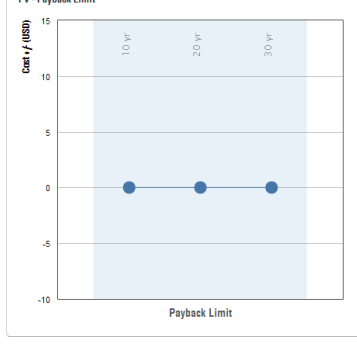
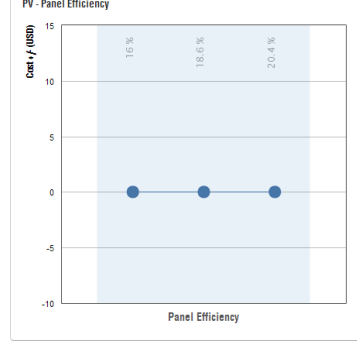
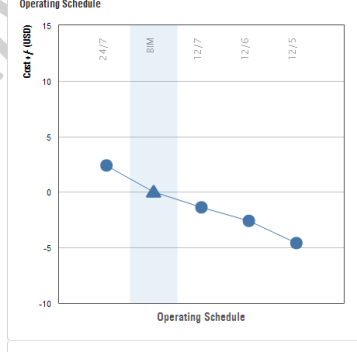
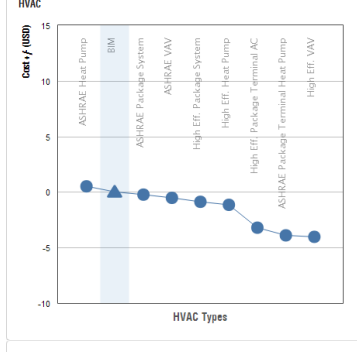
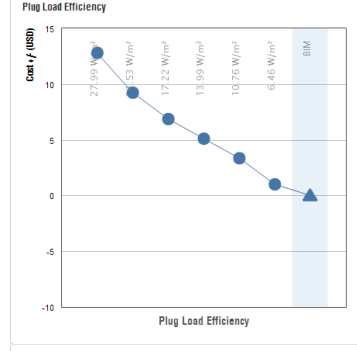
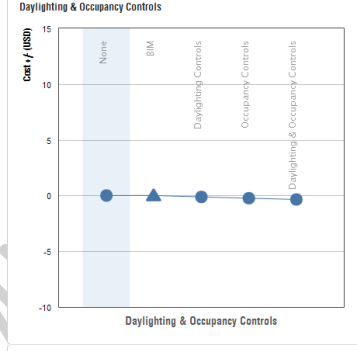
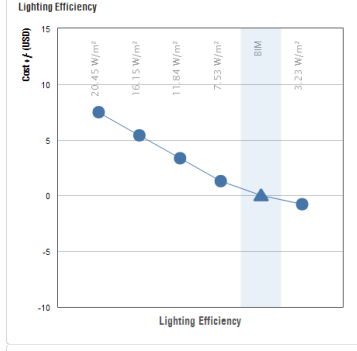
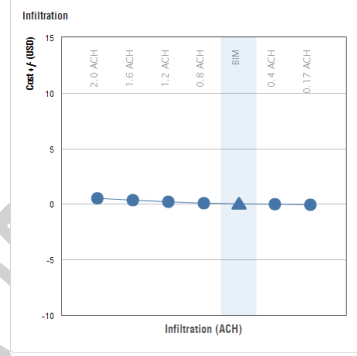
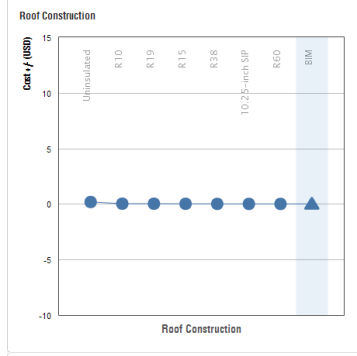
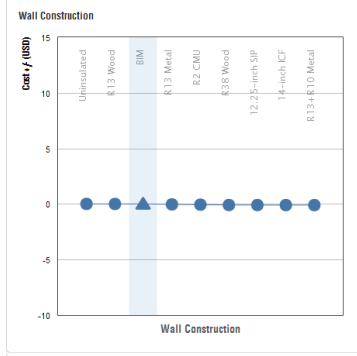
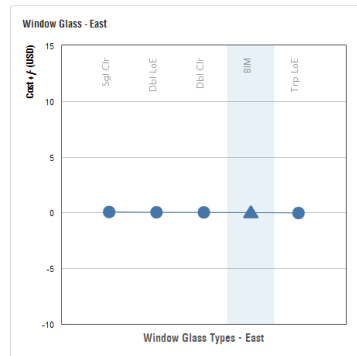
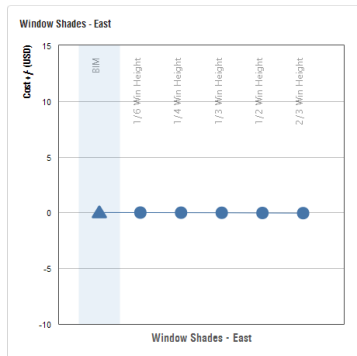
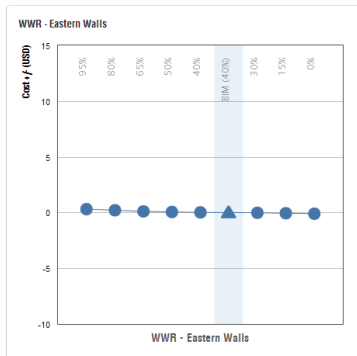
## APPENDIX E

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode

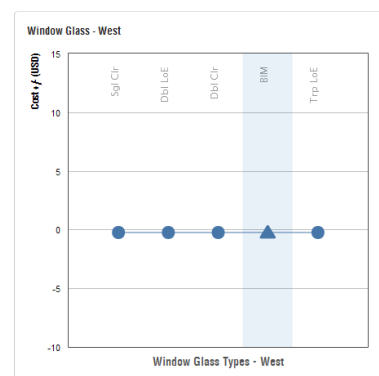
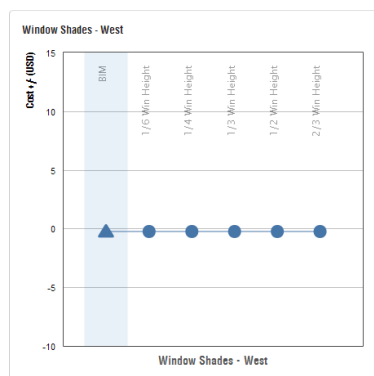
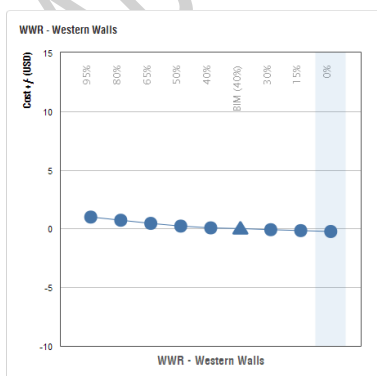
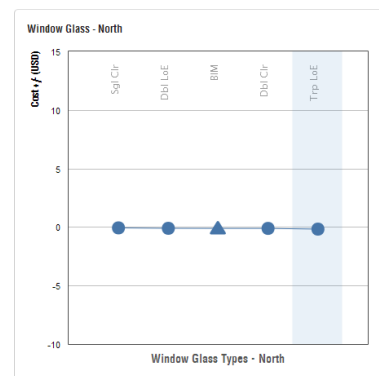
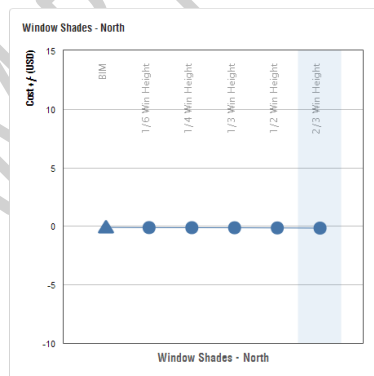
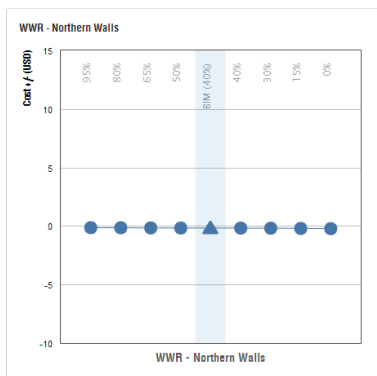
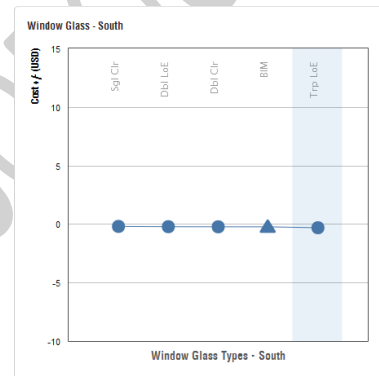
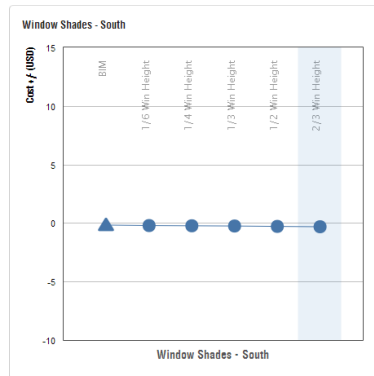
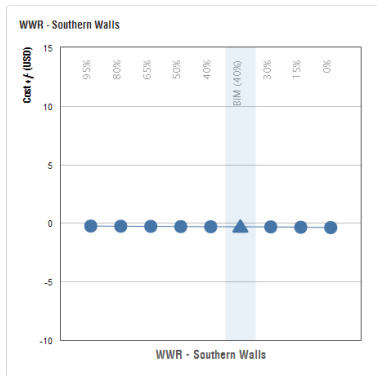
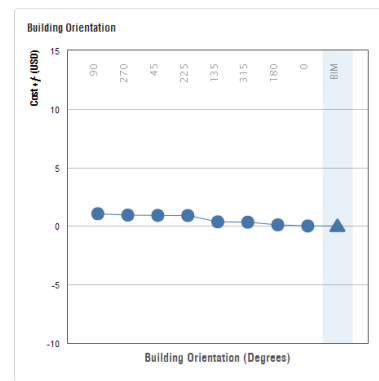
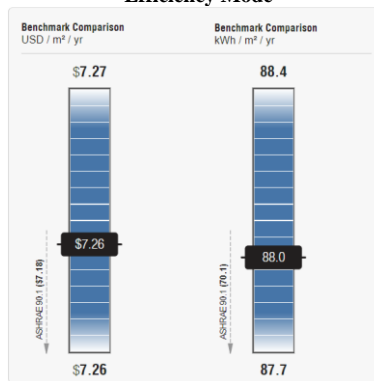
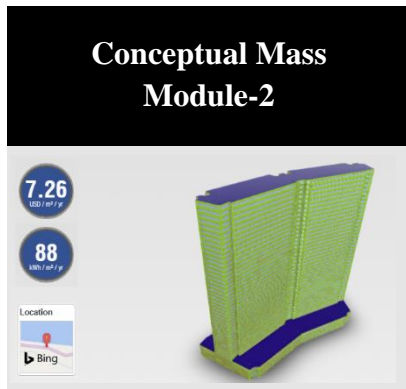




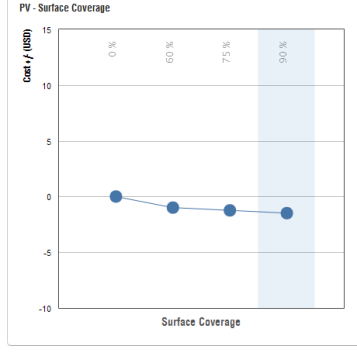
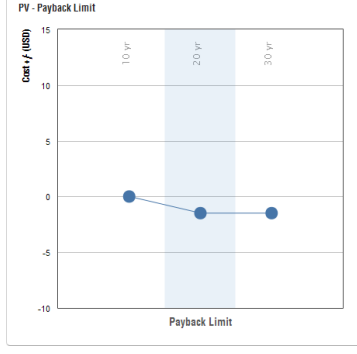
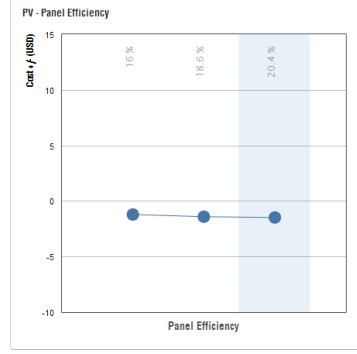
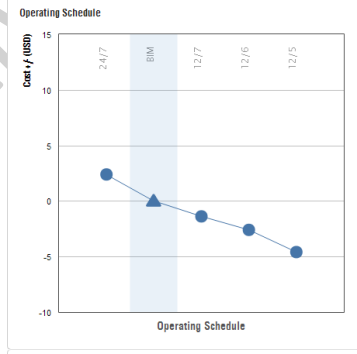
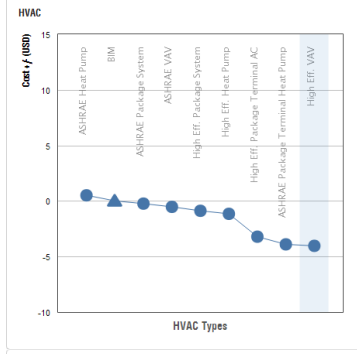
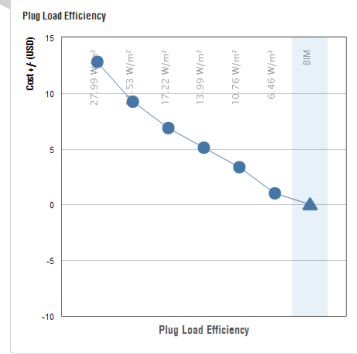
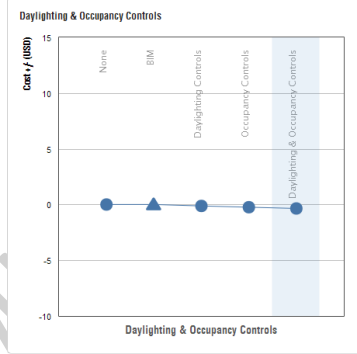
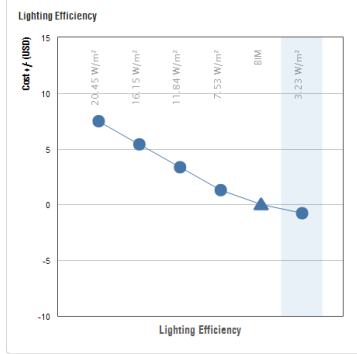
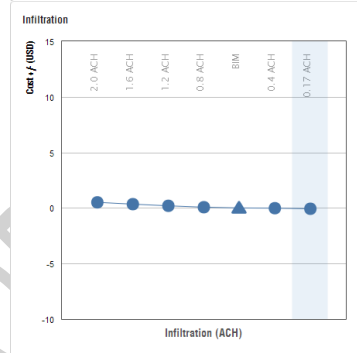
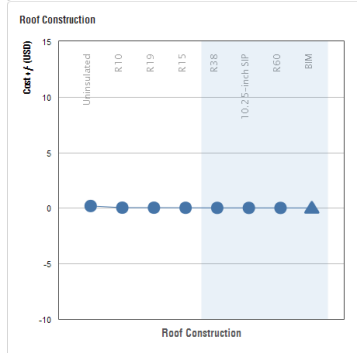
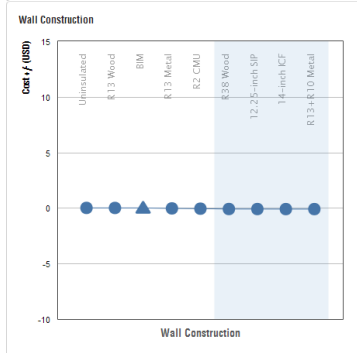
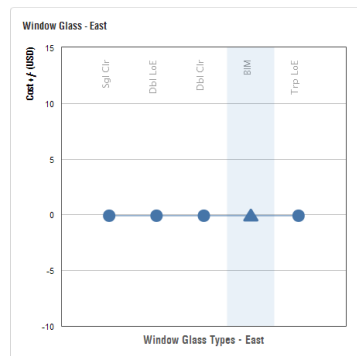
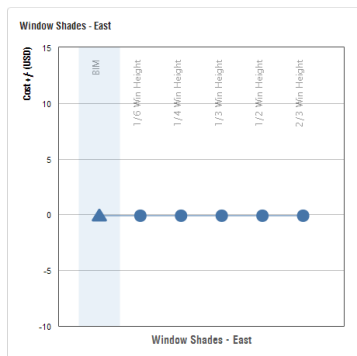
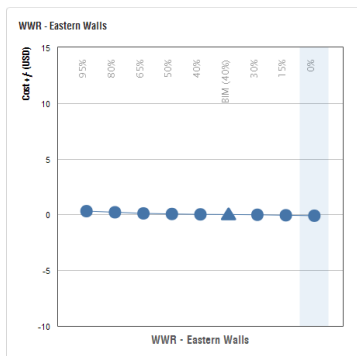
## APPENDIX F

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

#### Efficiency Mode



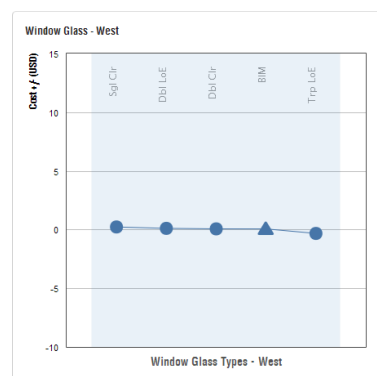
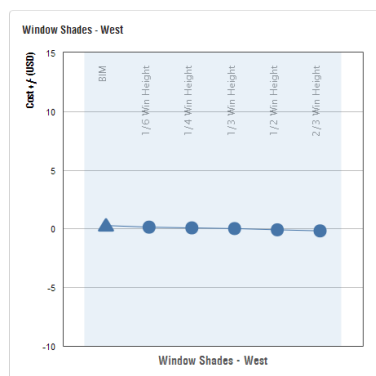
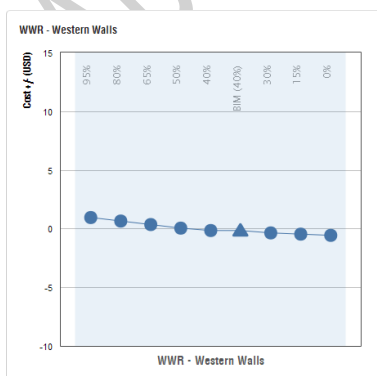
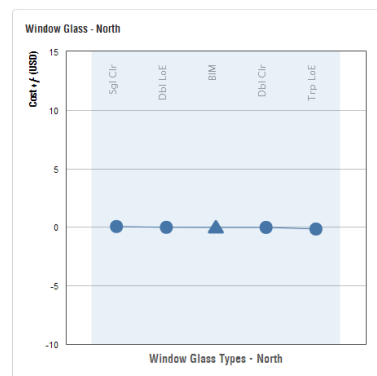
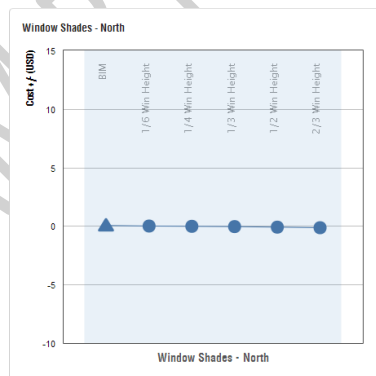
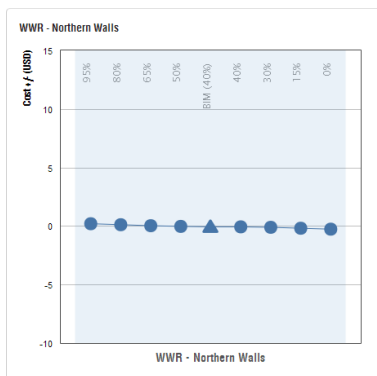
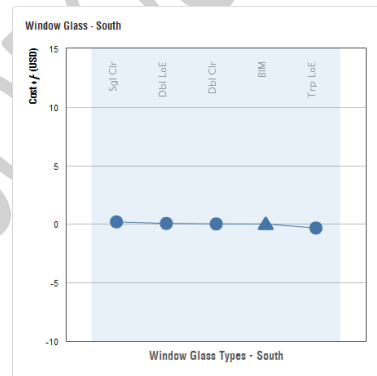
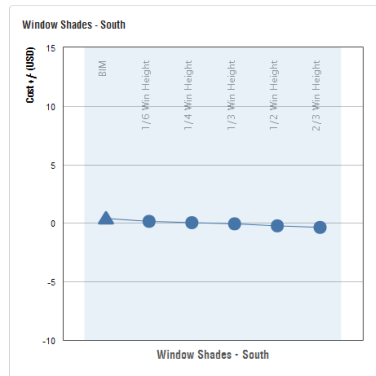
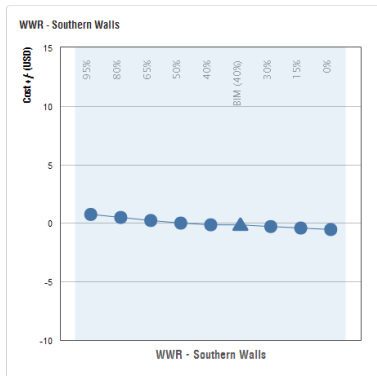
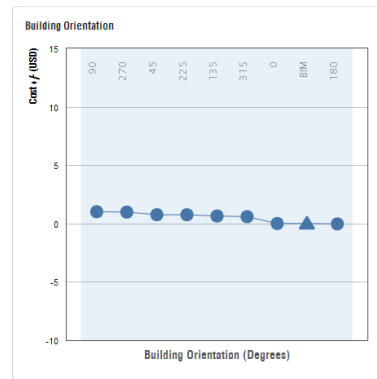
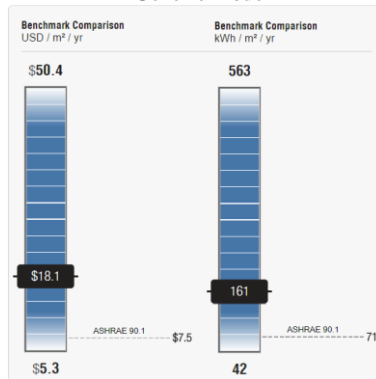
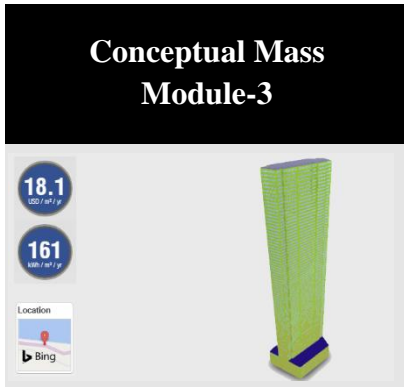


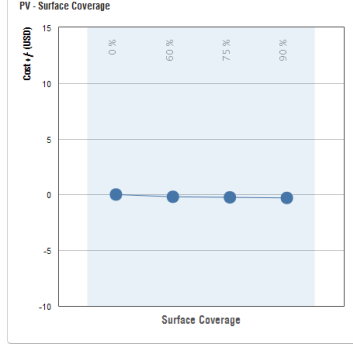
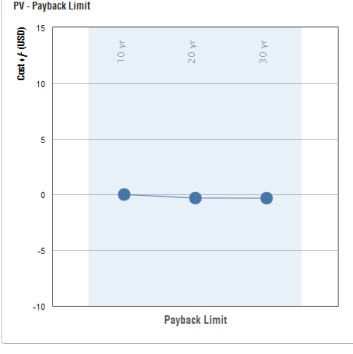
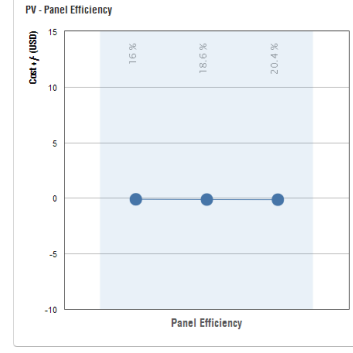
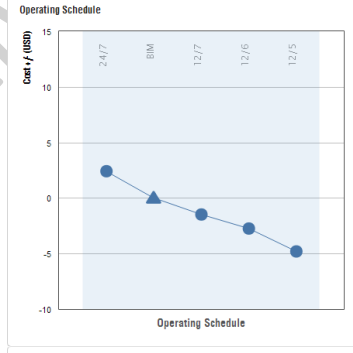
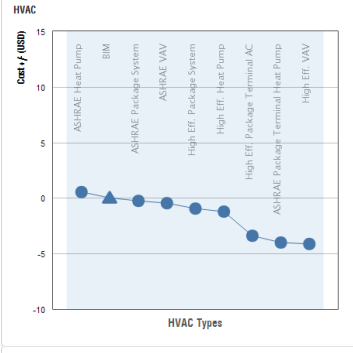
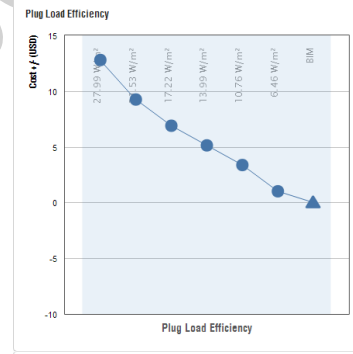
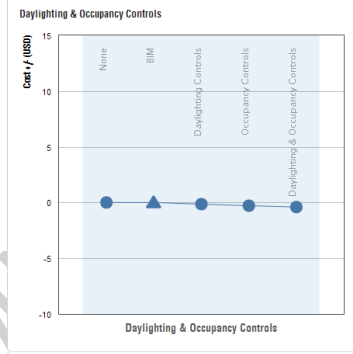
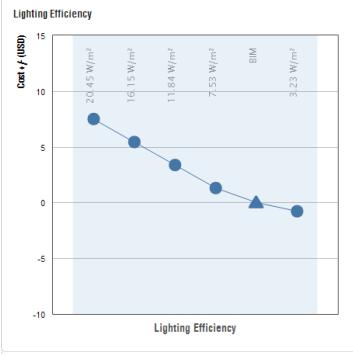
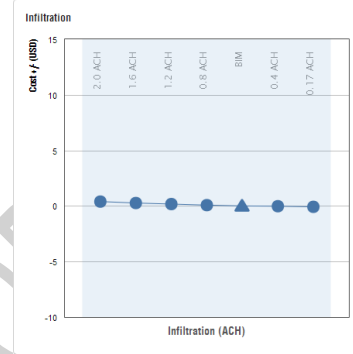
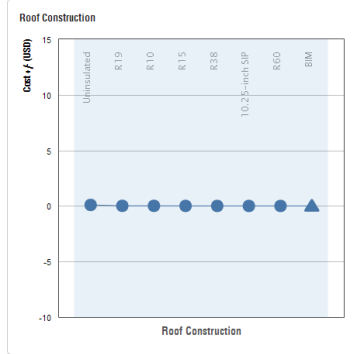
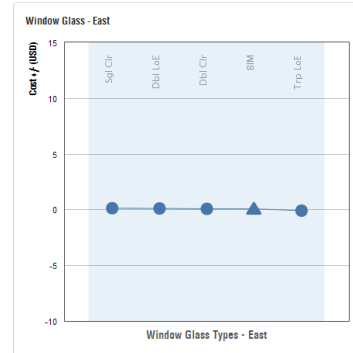
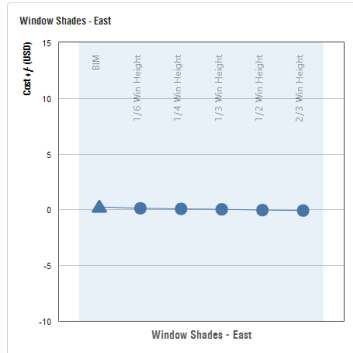
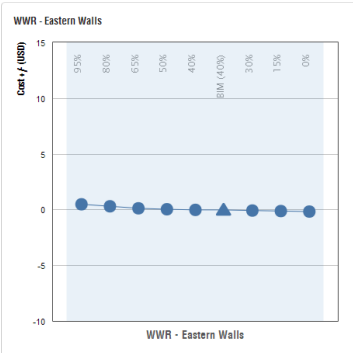


## APPENDIX G

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

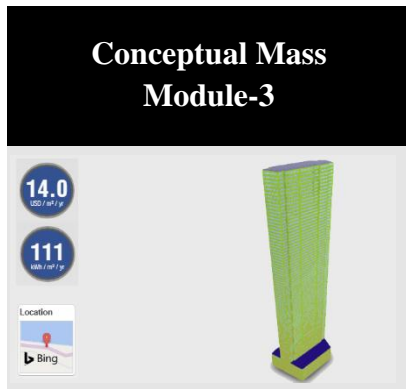
#### Generic Mode



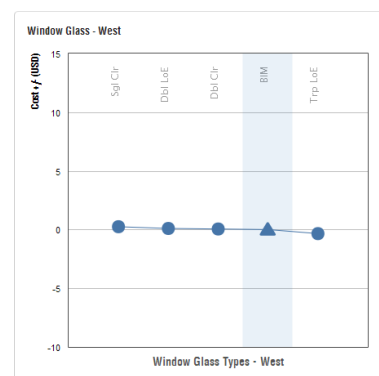
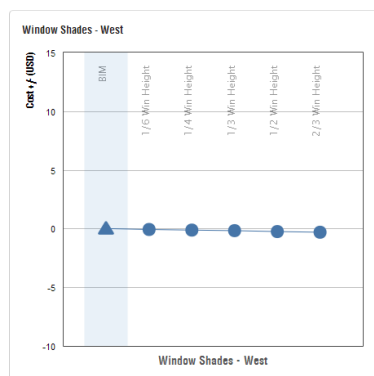
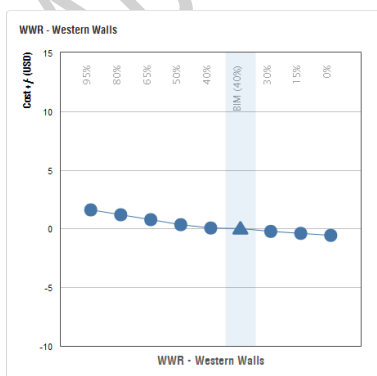
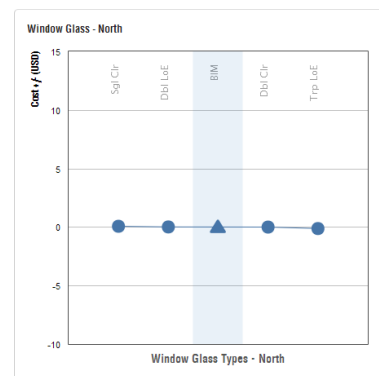
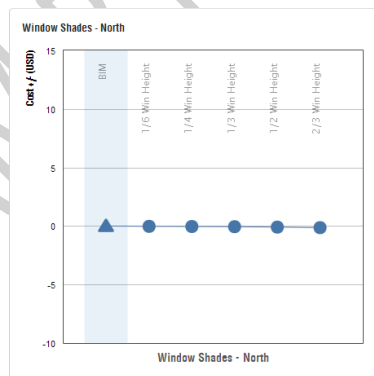
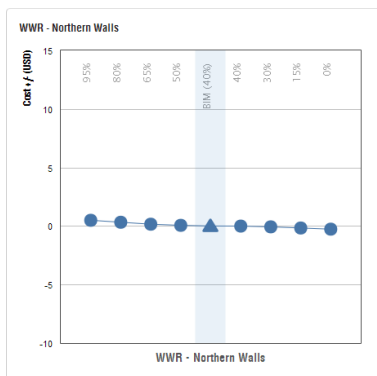
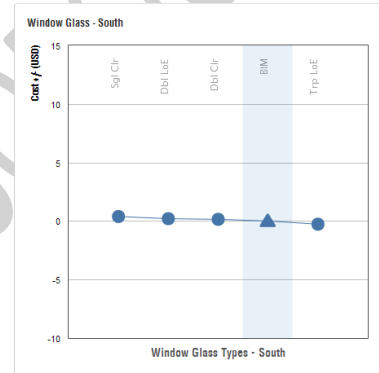
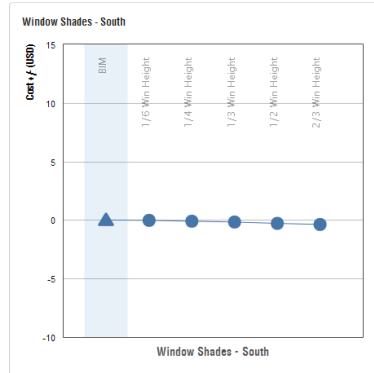
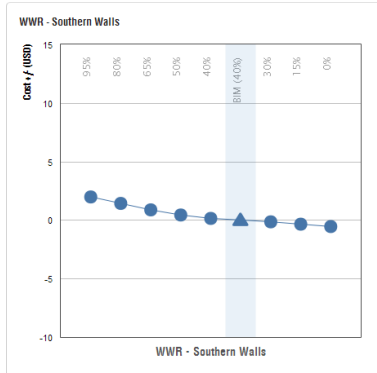
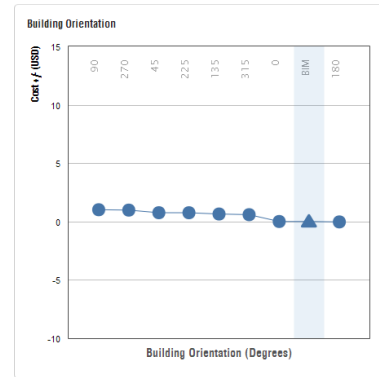
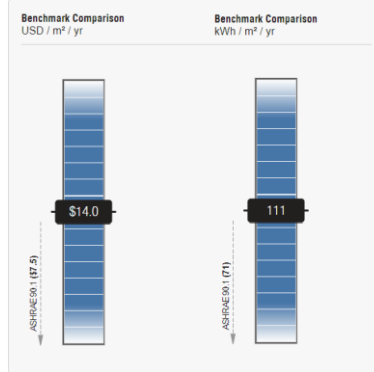


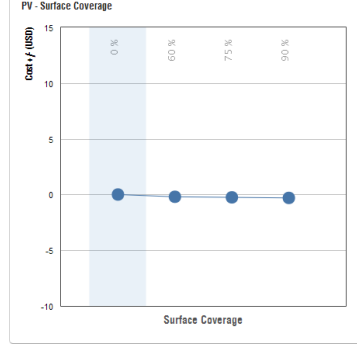
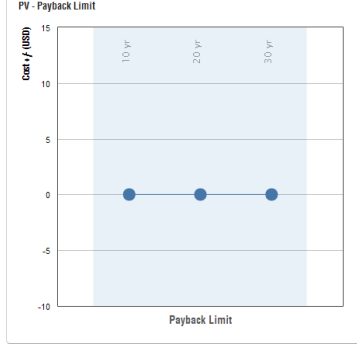
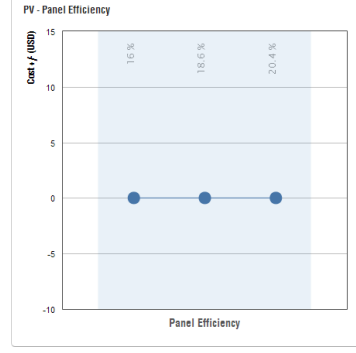
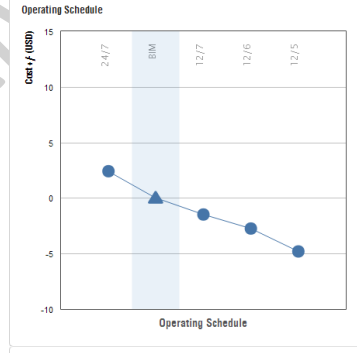
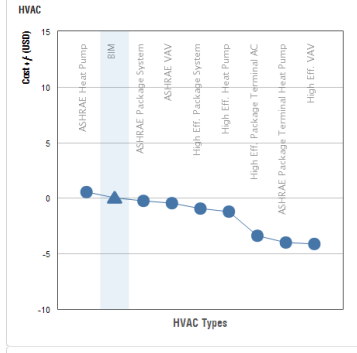
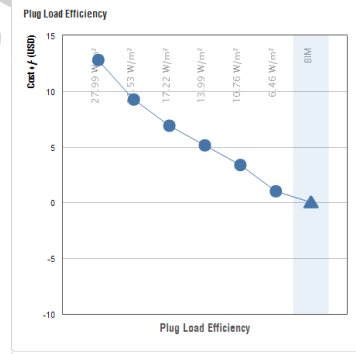
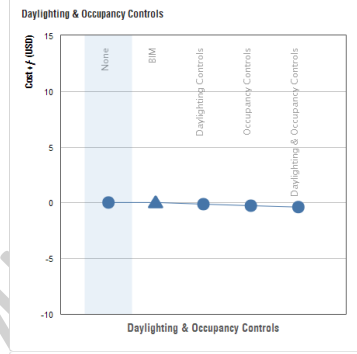
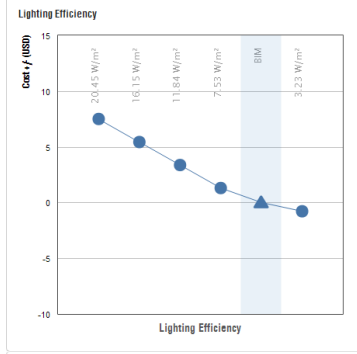
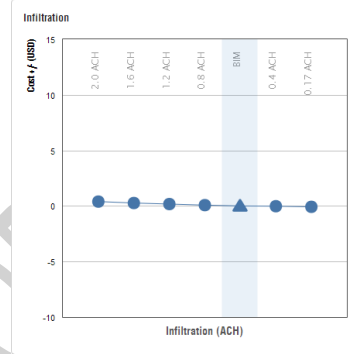
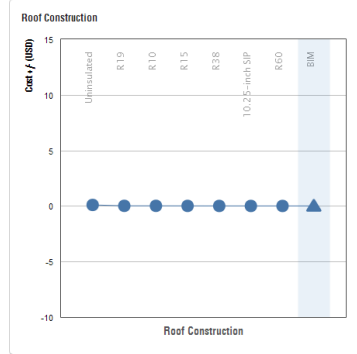
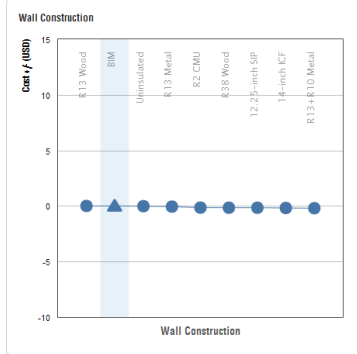
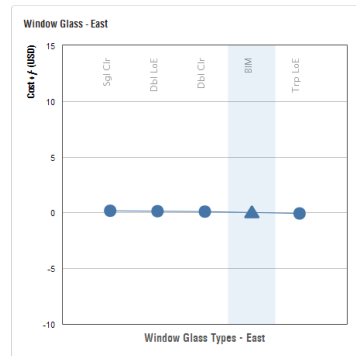
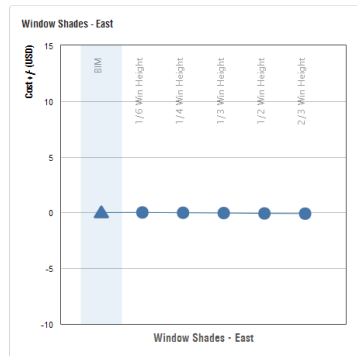
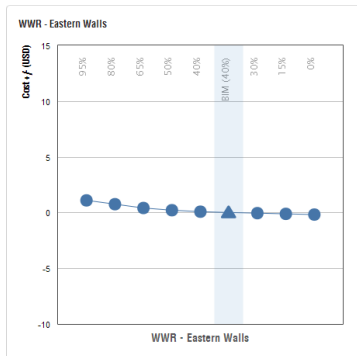
## APPENDIX H

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode

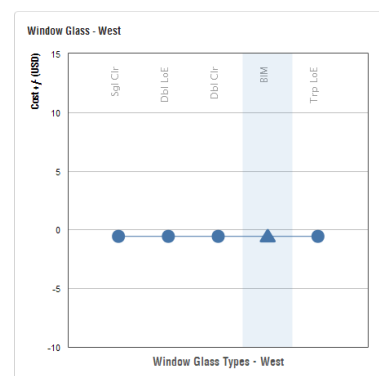
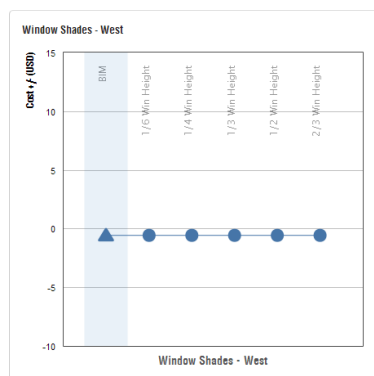
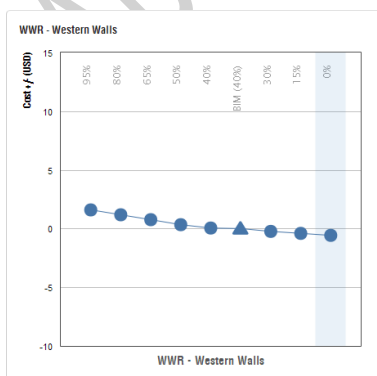
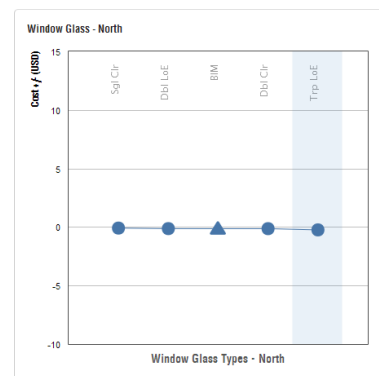
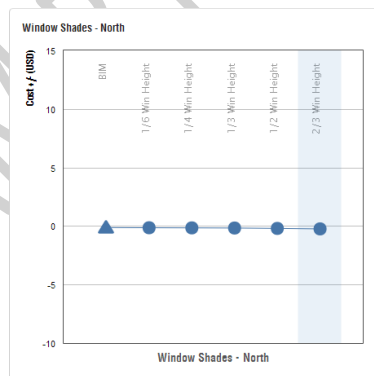
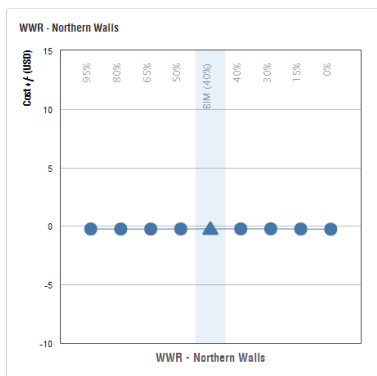
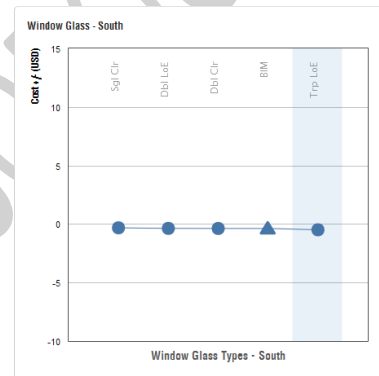
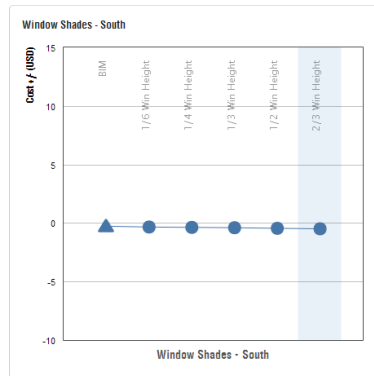
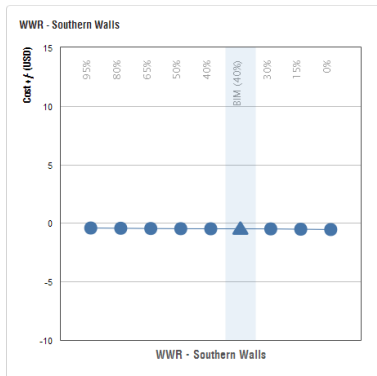
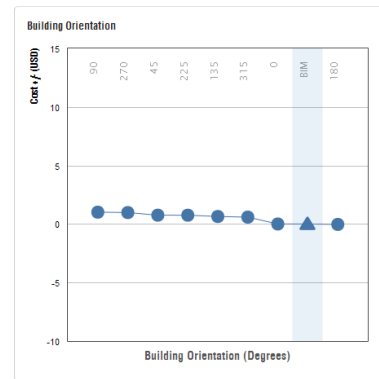
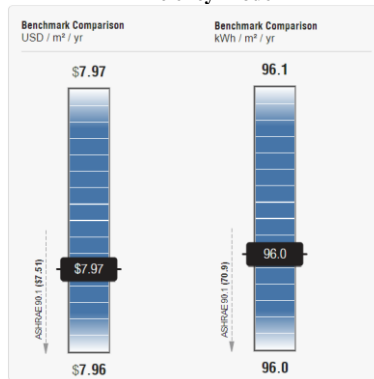
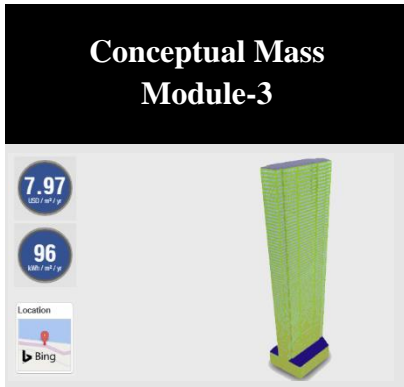


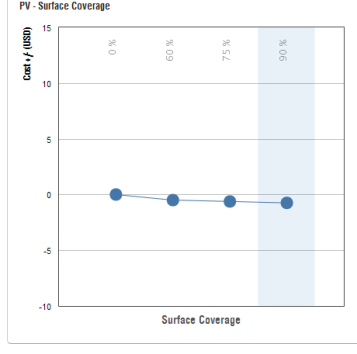
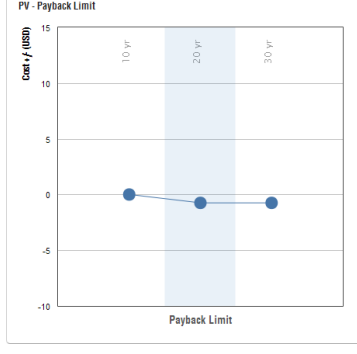
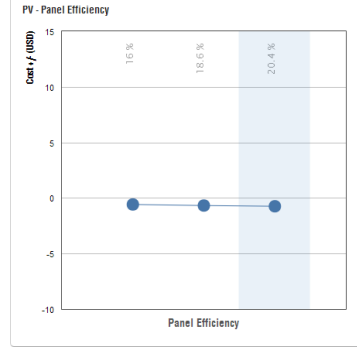
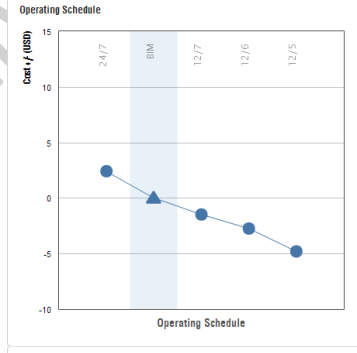
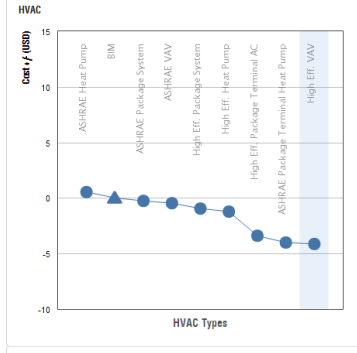
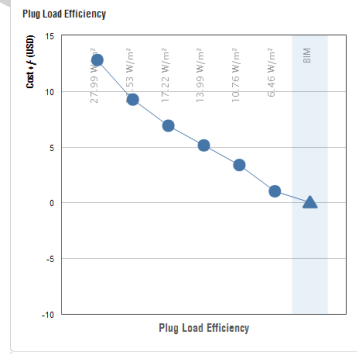
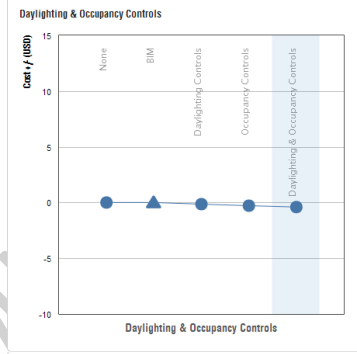
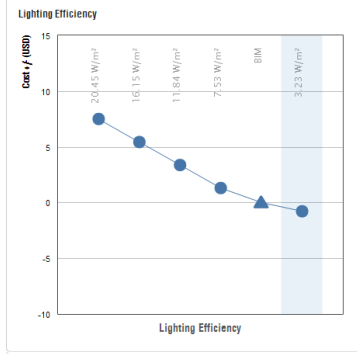
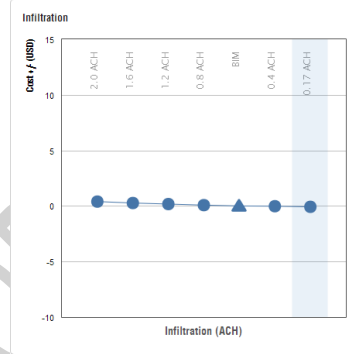
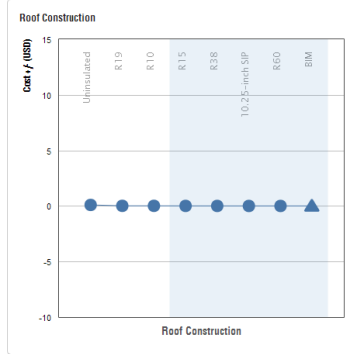
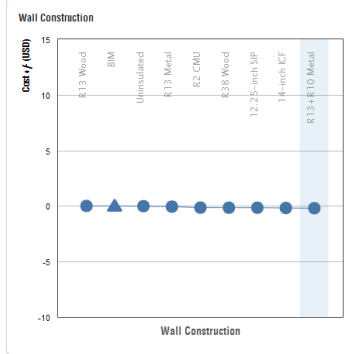
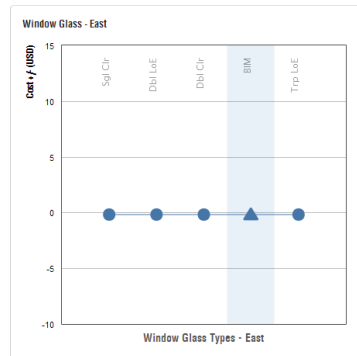
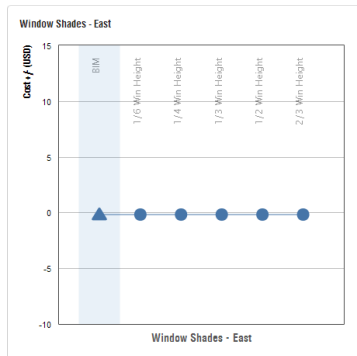
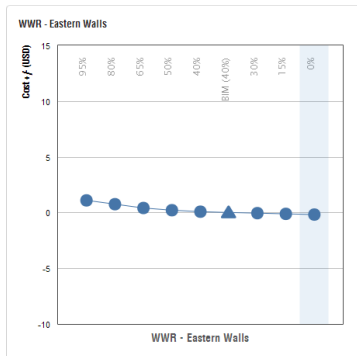


# APPENDIX I

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Efficiency Mode

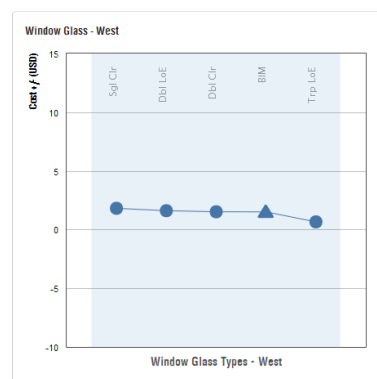
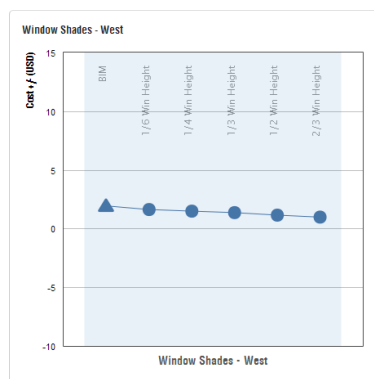
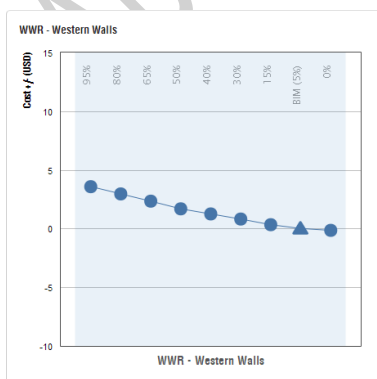
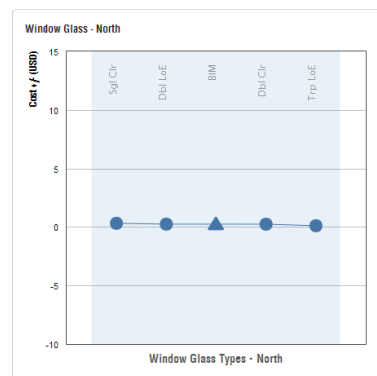
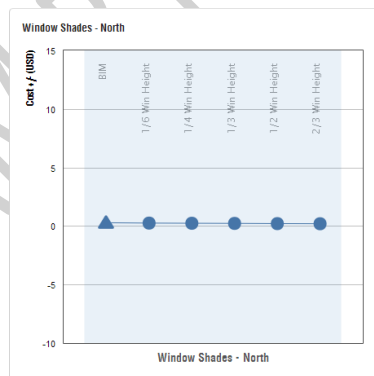
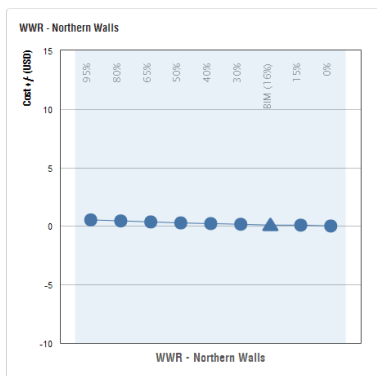
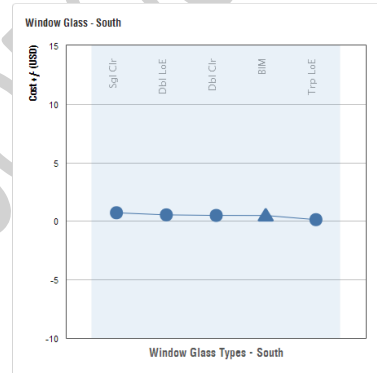
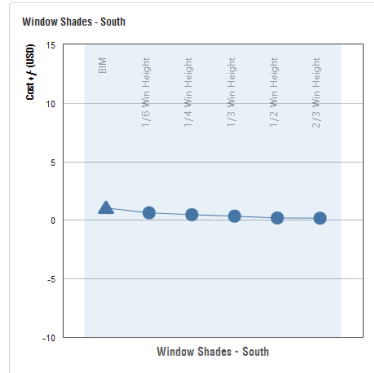
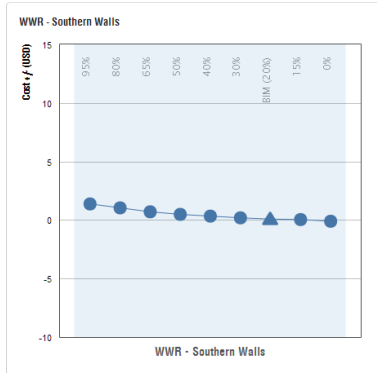
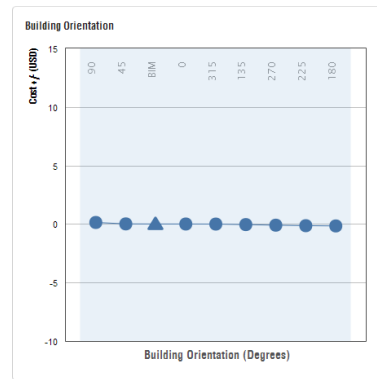
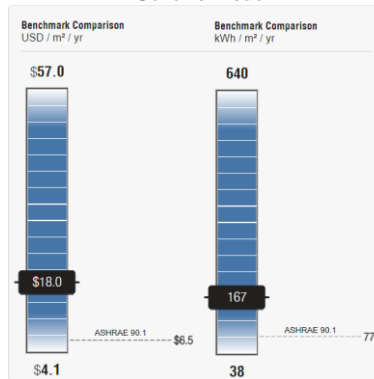
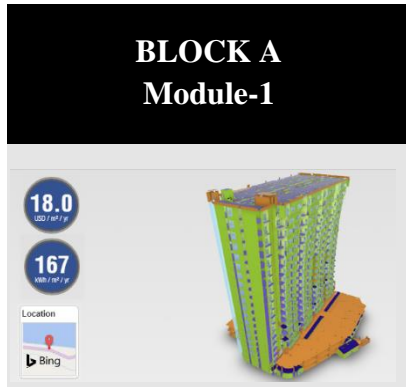




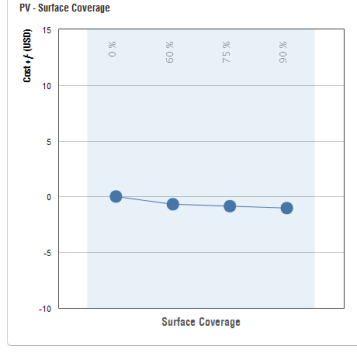
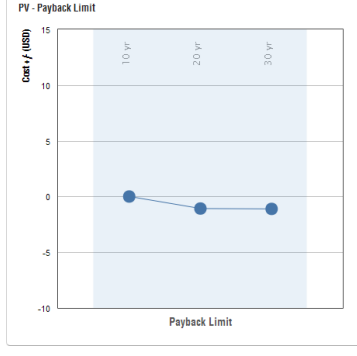
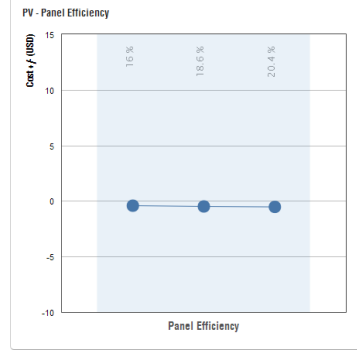
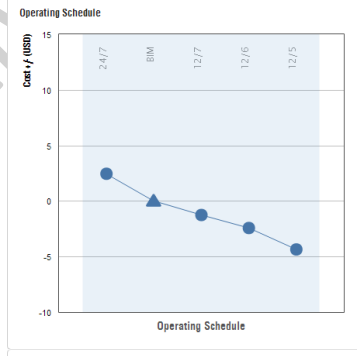
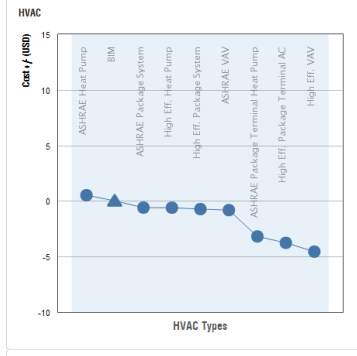
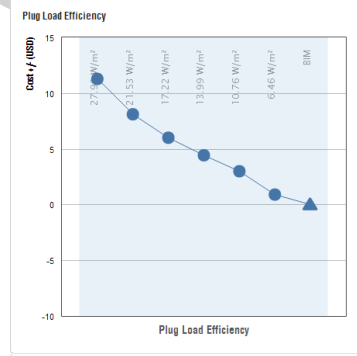
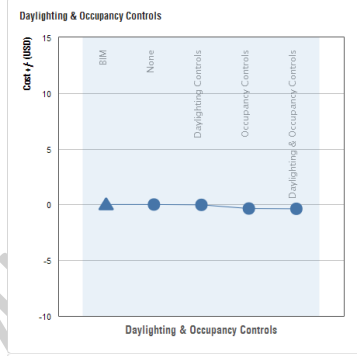
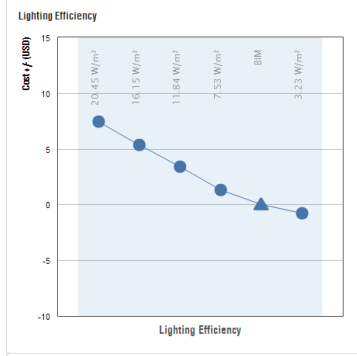
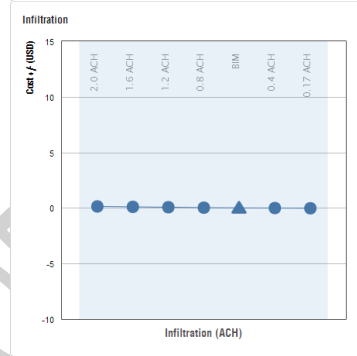
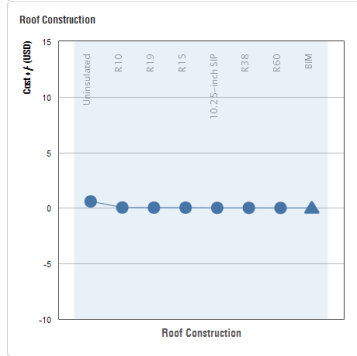
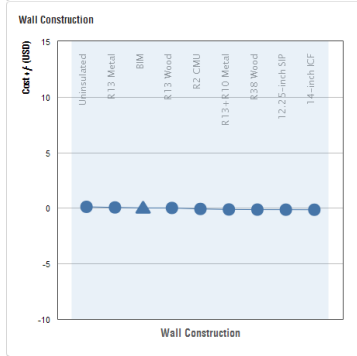
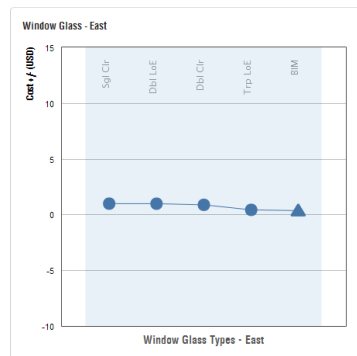
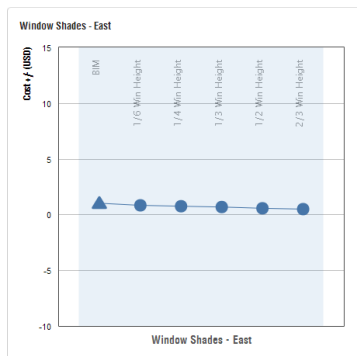
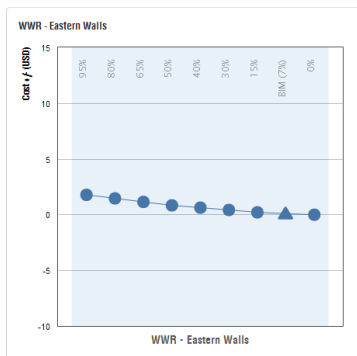
## APPENDIX J

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

#### Generic Mode

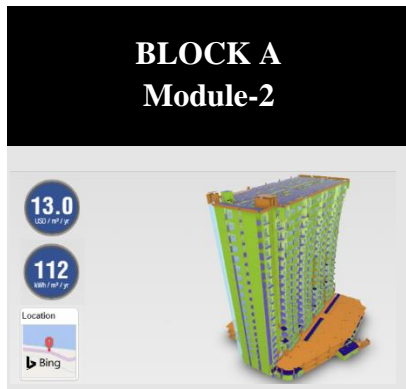




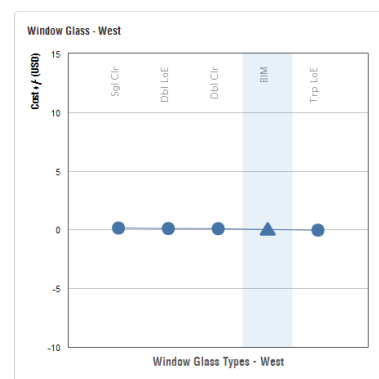
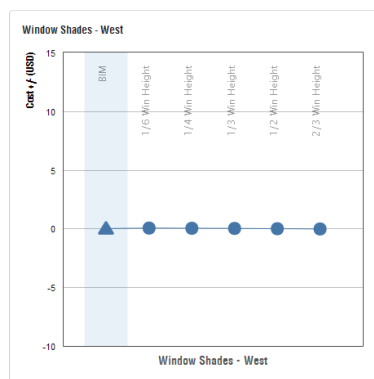
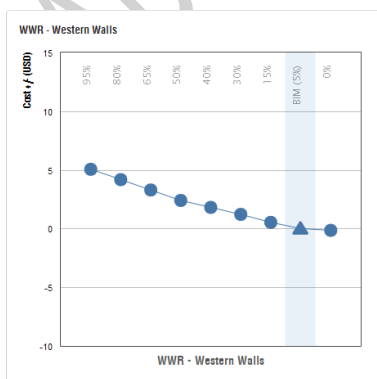
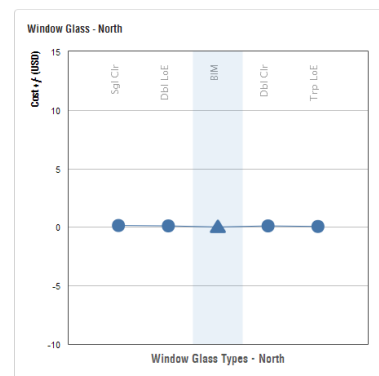
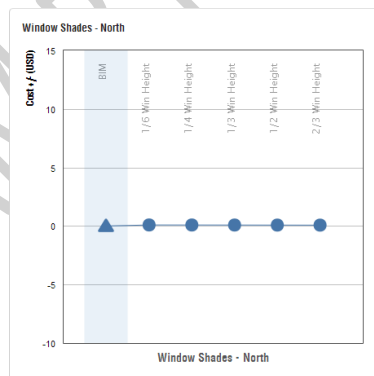
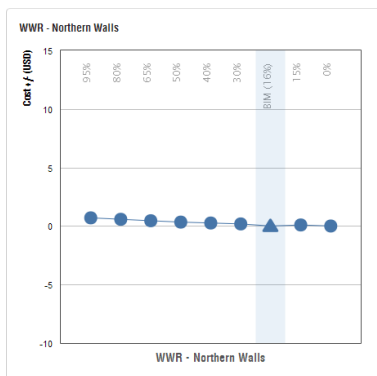
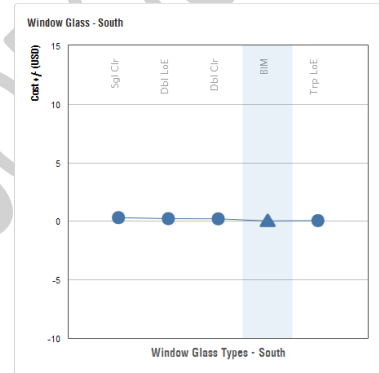
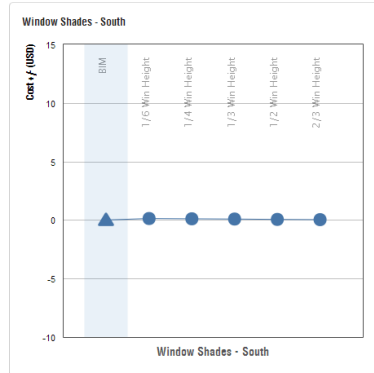
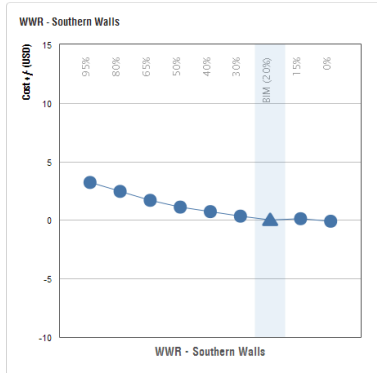
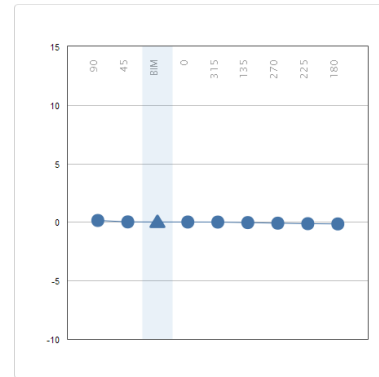
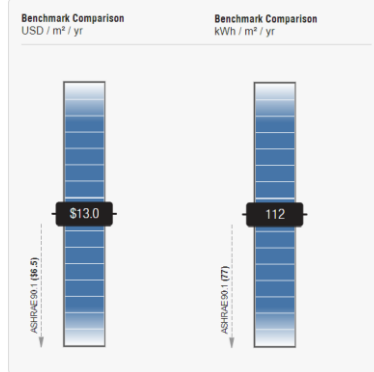


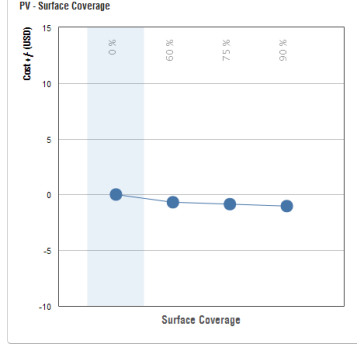
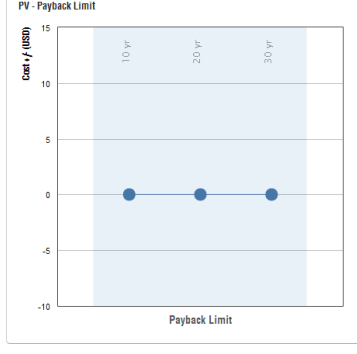
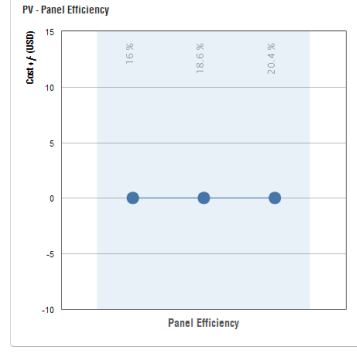
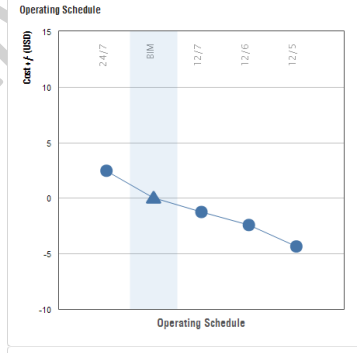
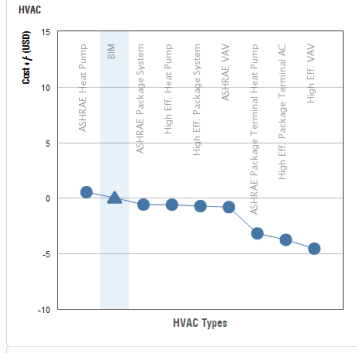
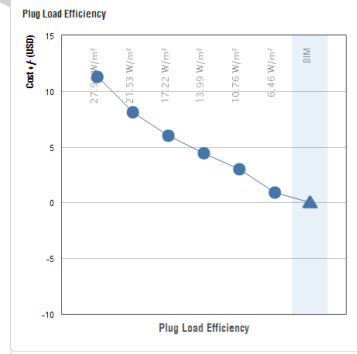
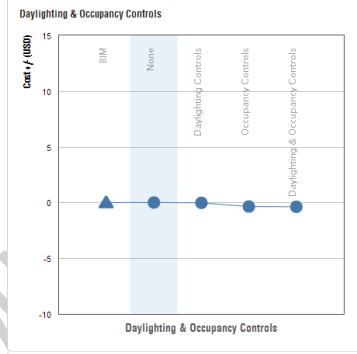
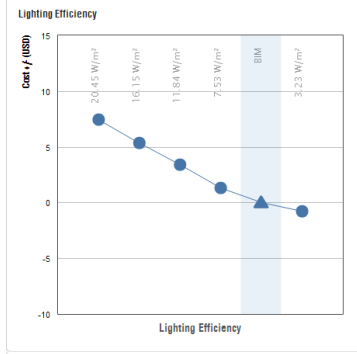
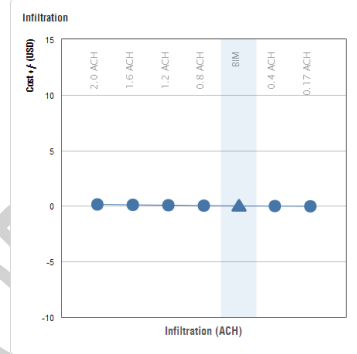
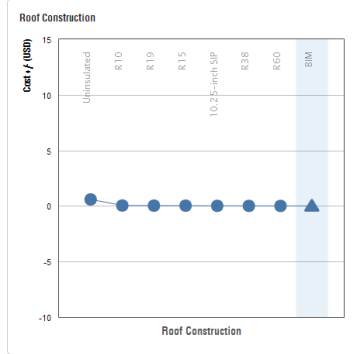
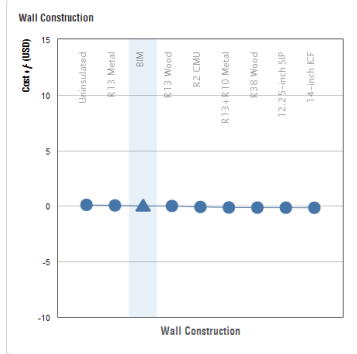
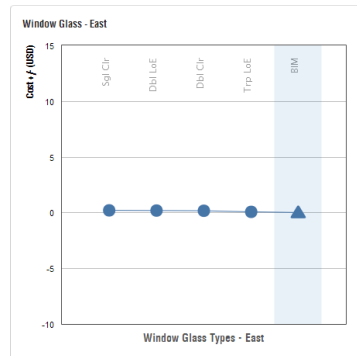
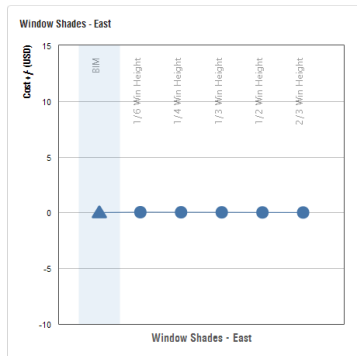
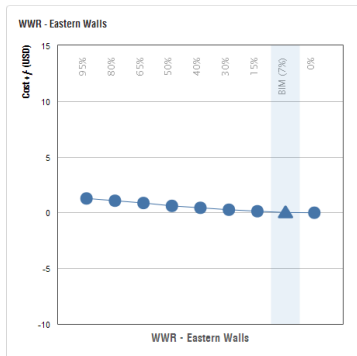
## APPENDIX K

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode

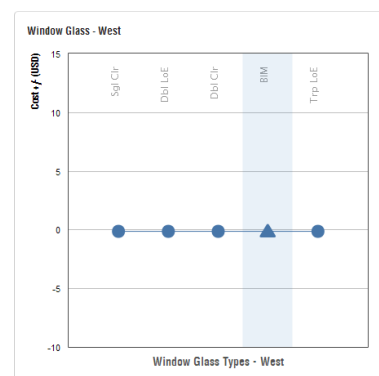
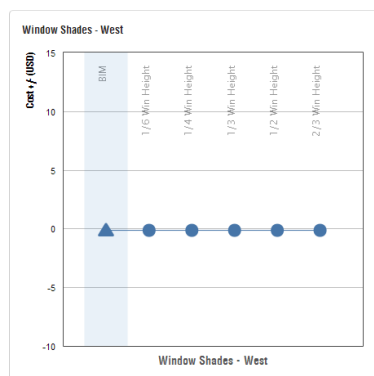
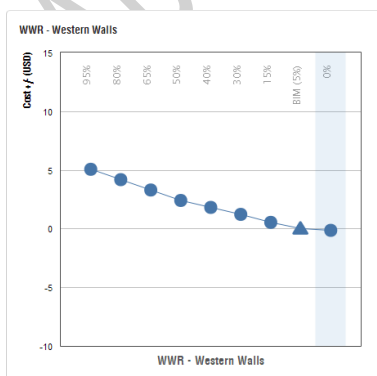
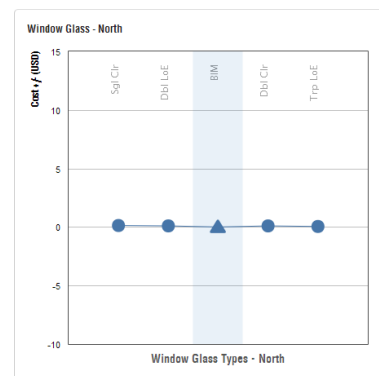
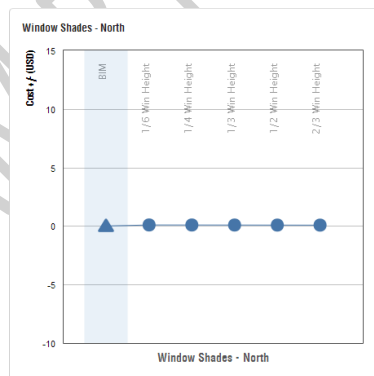
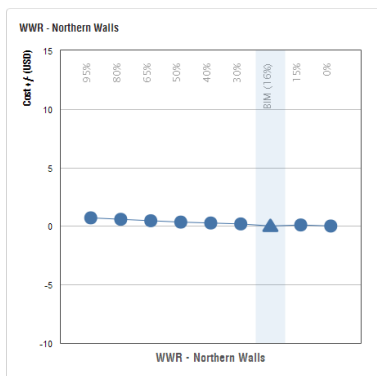
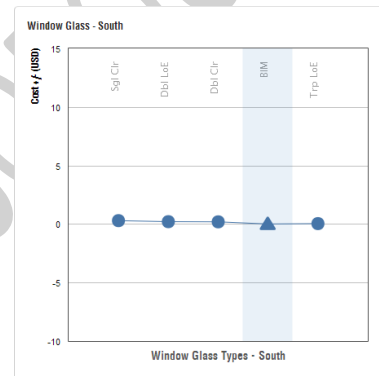
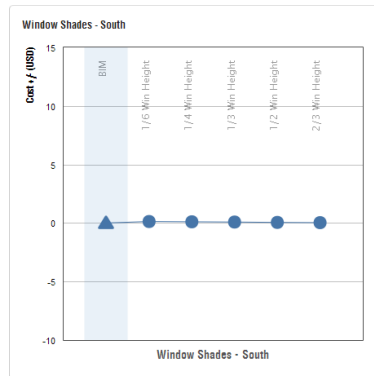
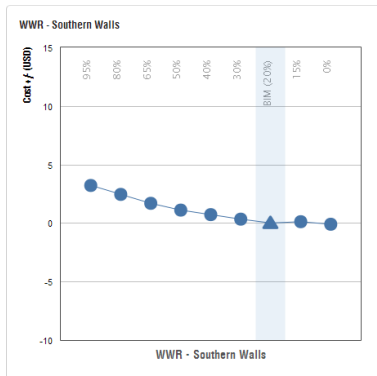
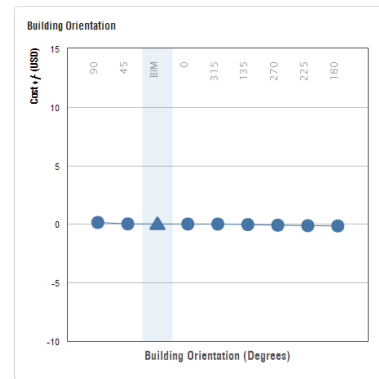
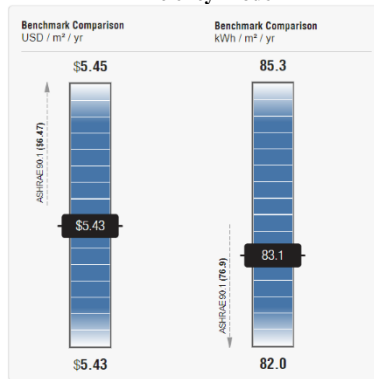
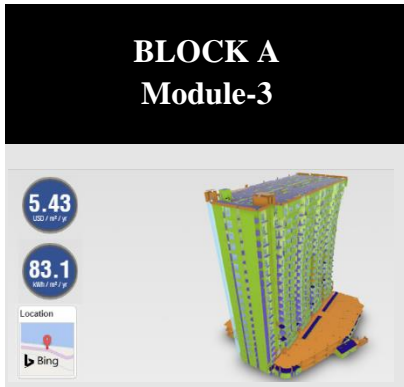


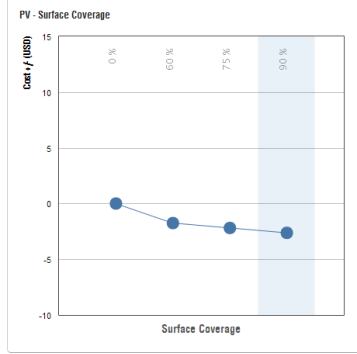
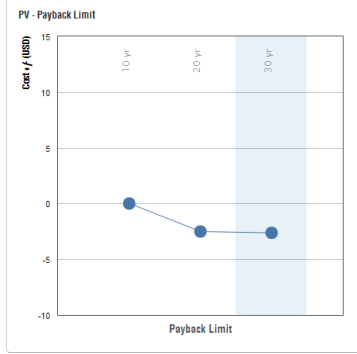
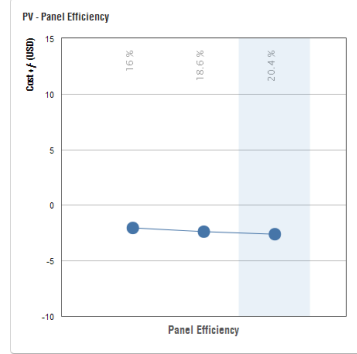
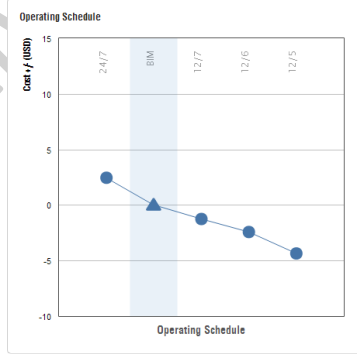
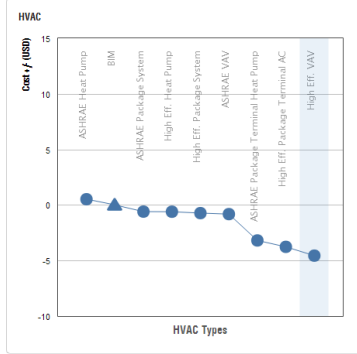
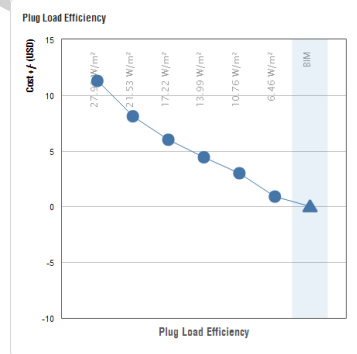
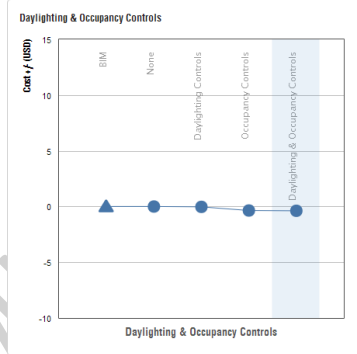
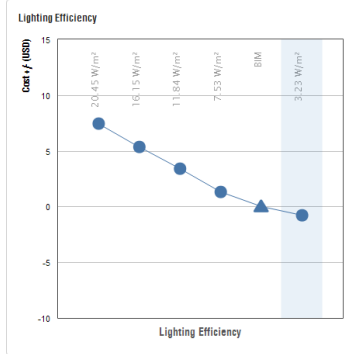
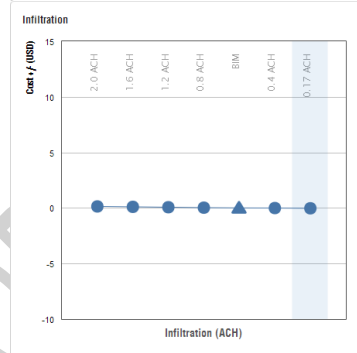
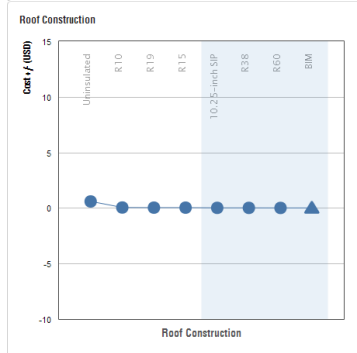
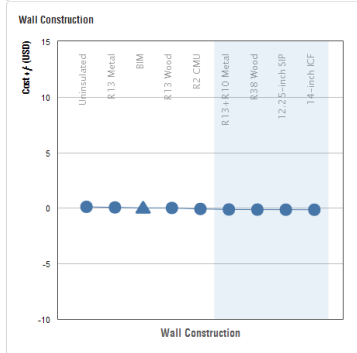
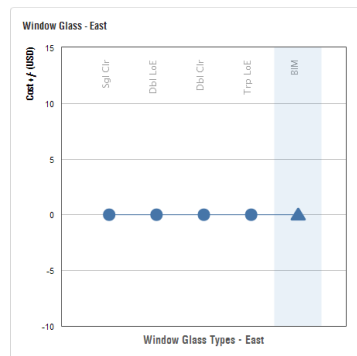
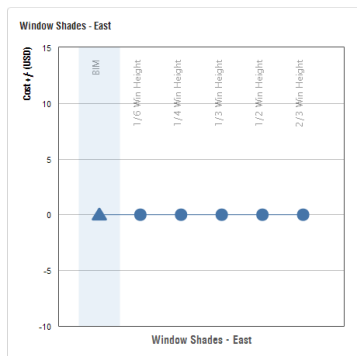
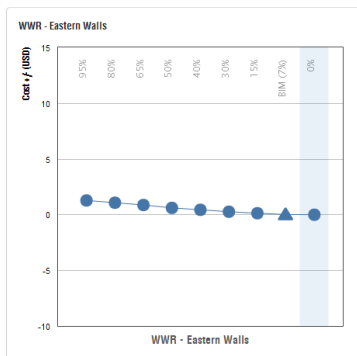


## APPENDIX L

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

#### Efficiency Mode

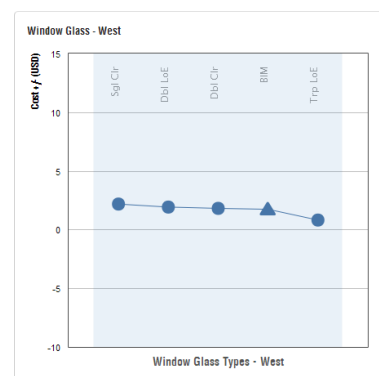
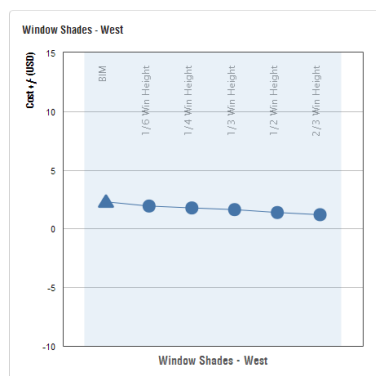
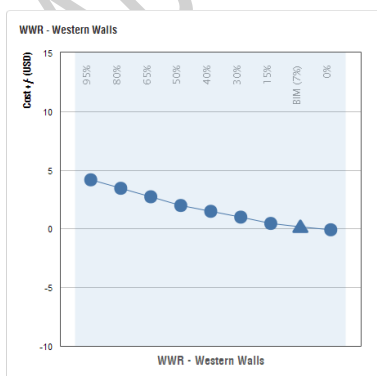
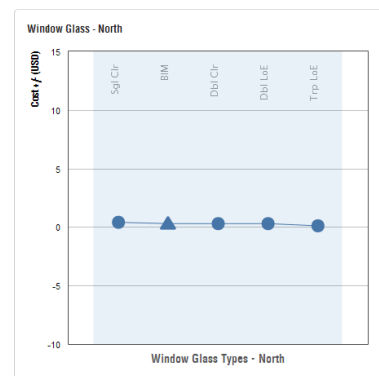
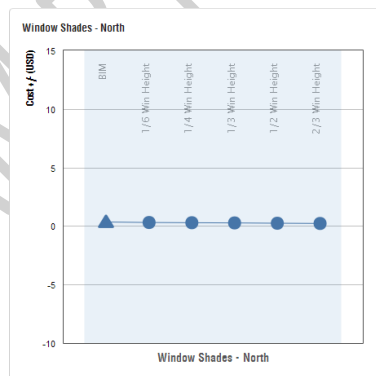
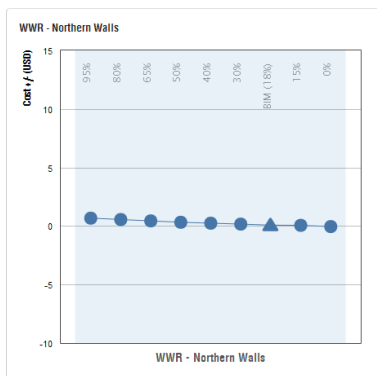
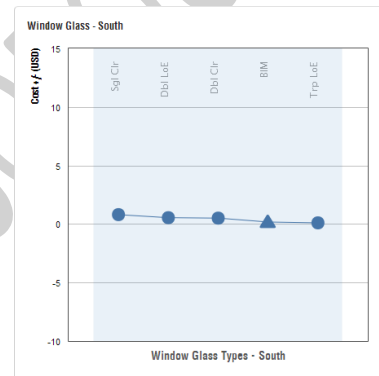
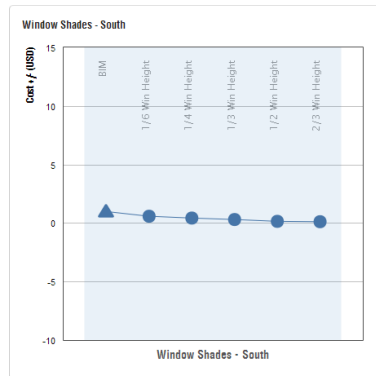
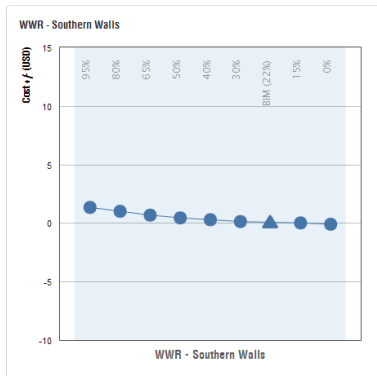
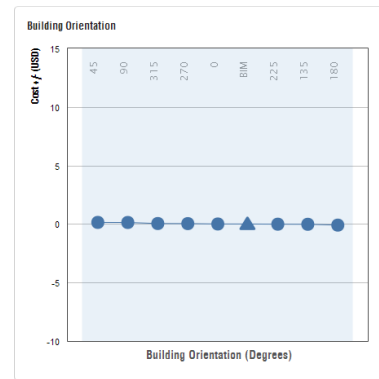
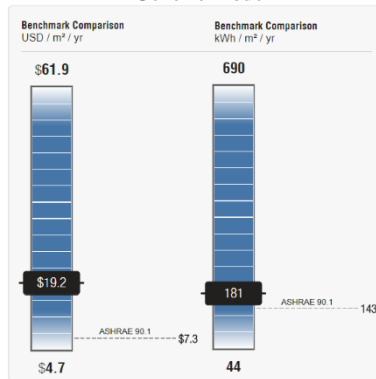


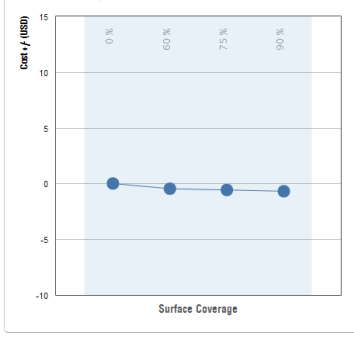
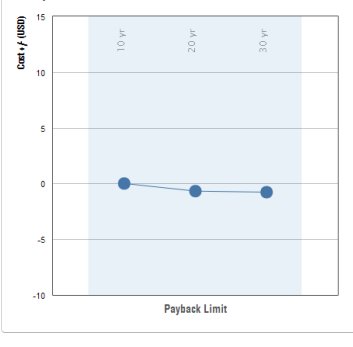
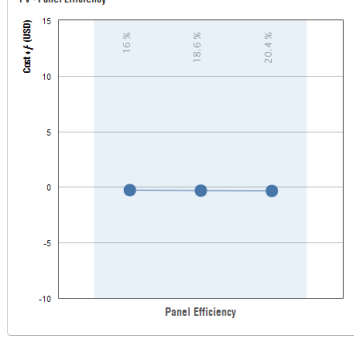
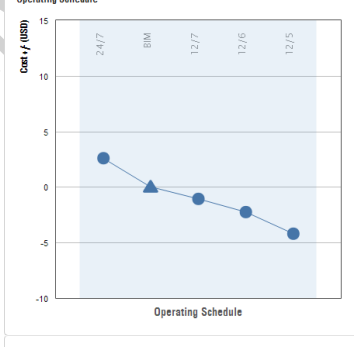
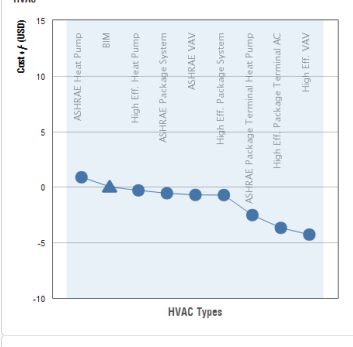
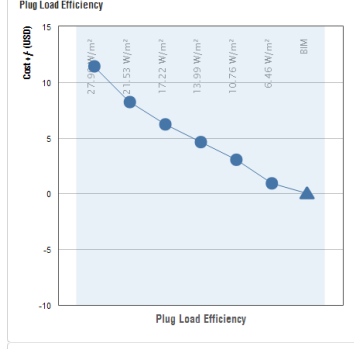
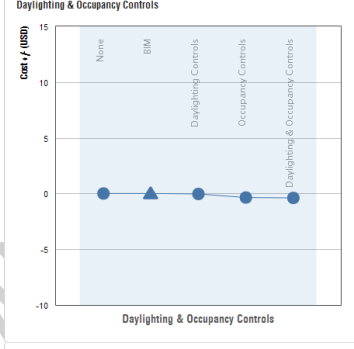
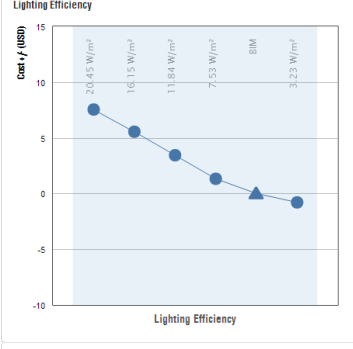
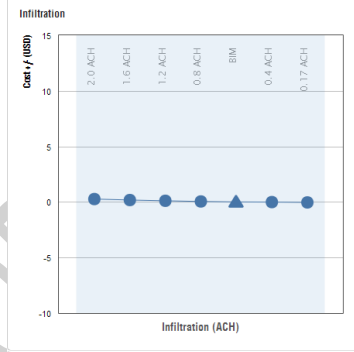
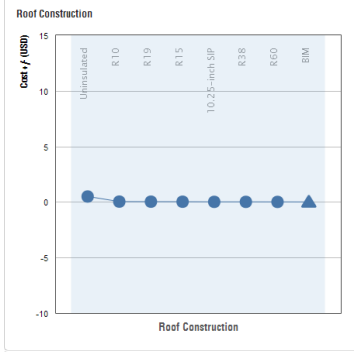
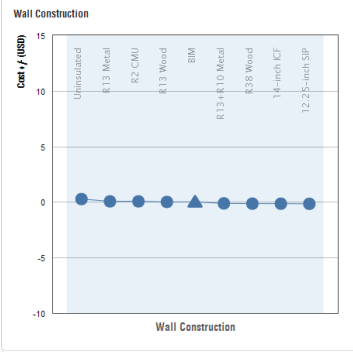
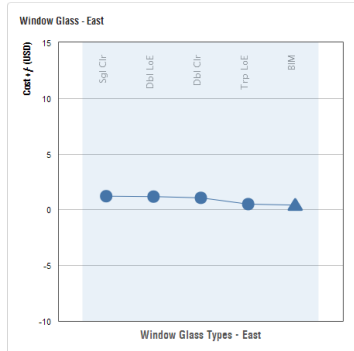
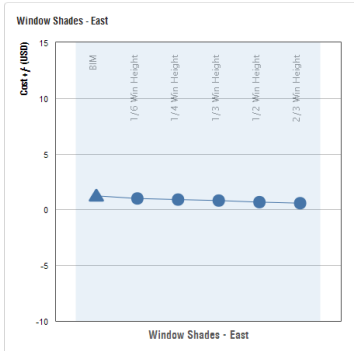
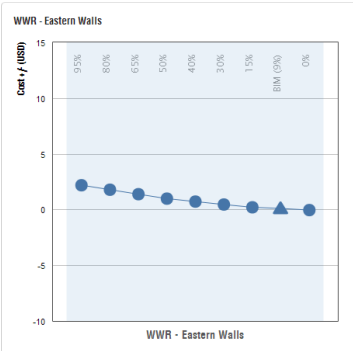


# APPENDIX M

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Generic Mode



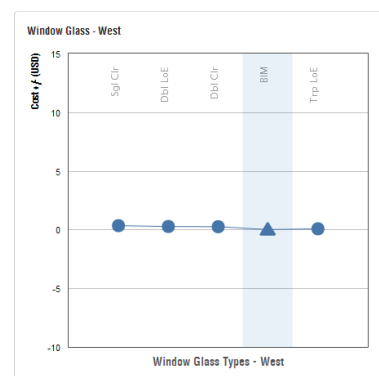
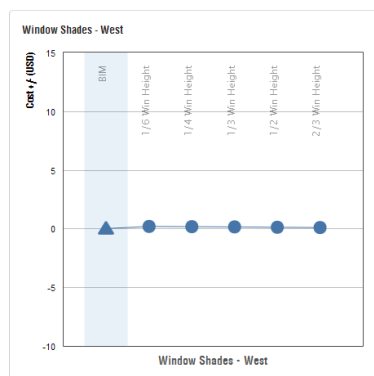
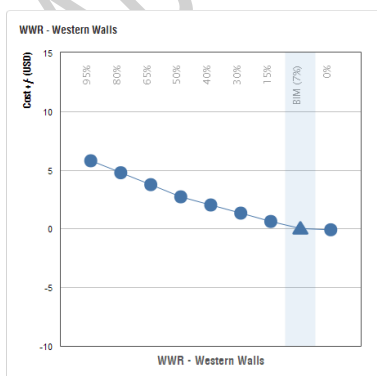
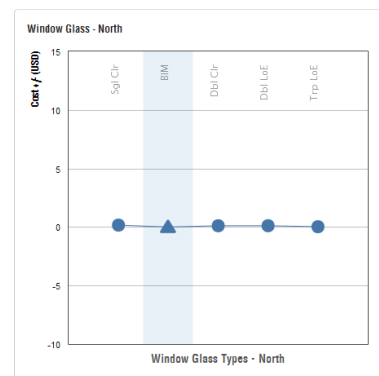
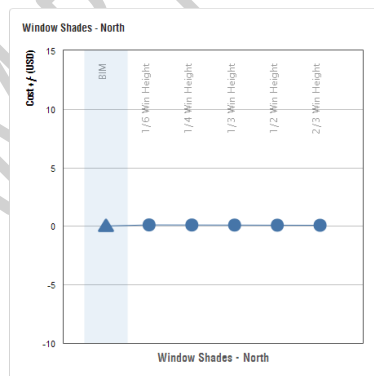
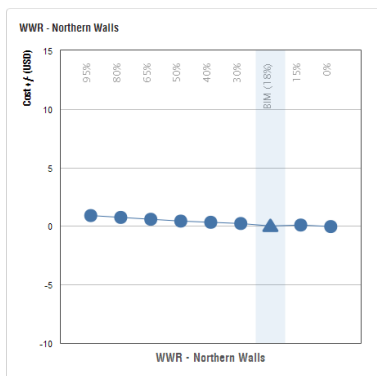
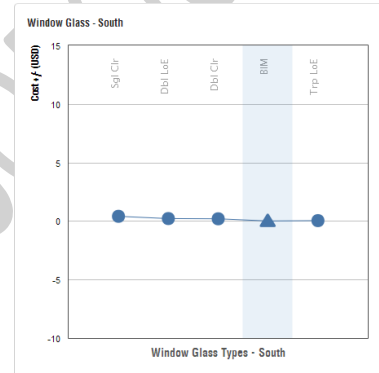
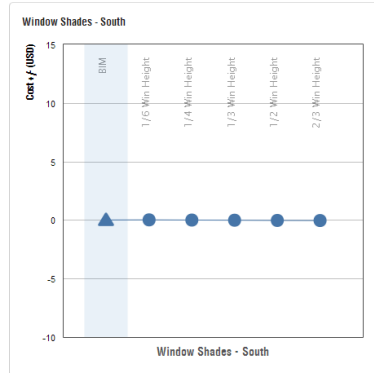
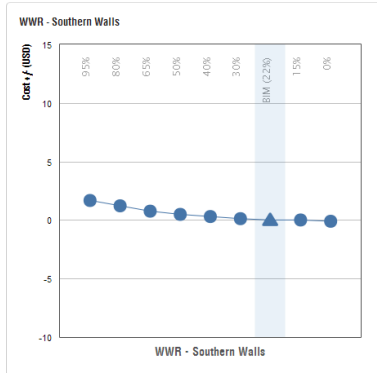
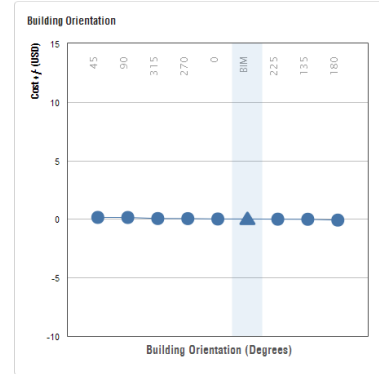
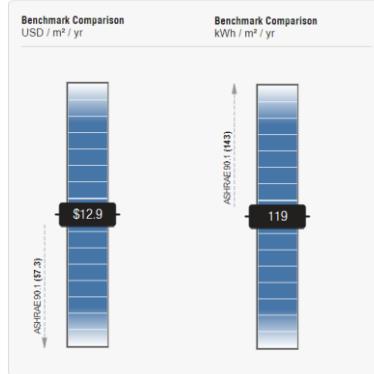


# APPENDIX N

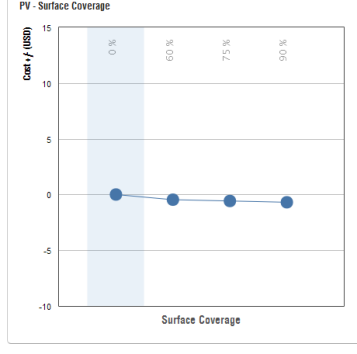
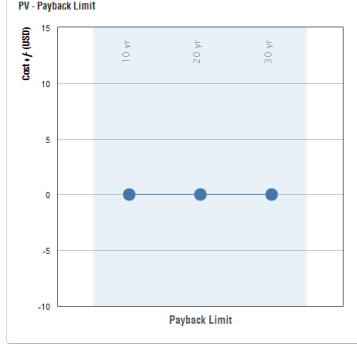
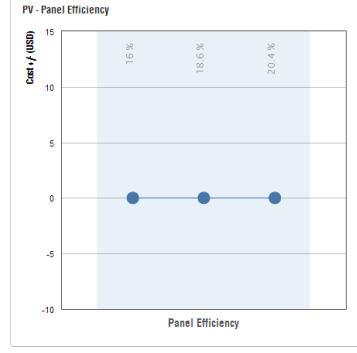
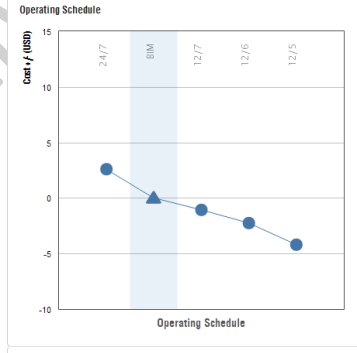
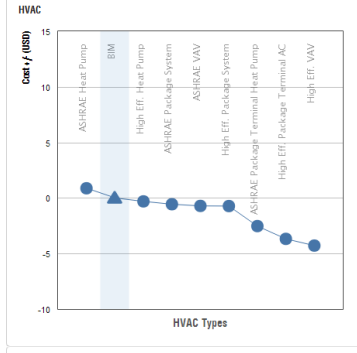
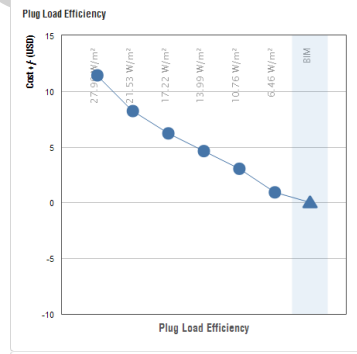
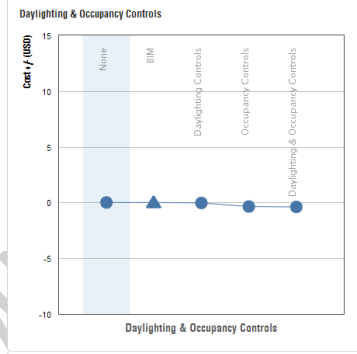
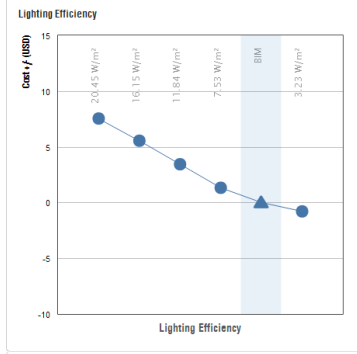
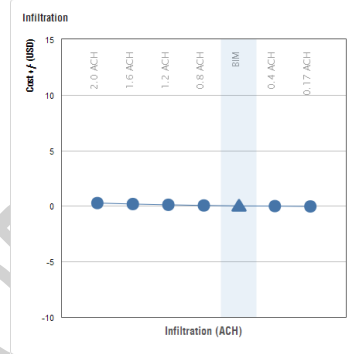
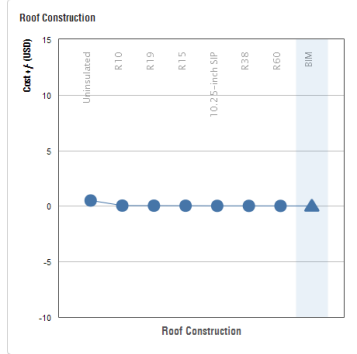
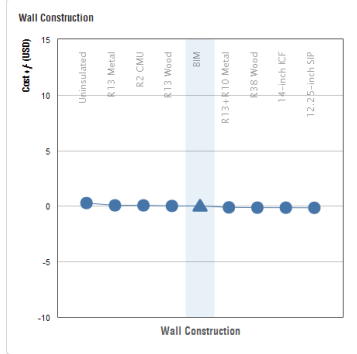
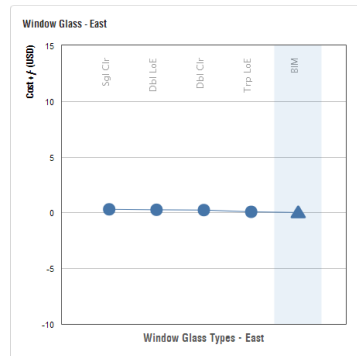
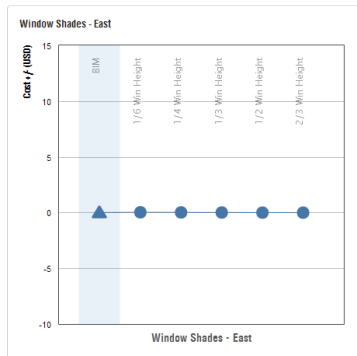
## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



### Existing Mode



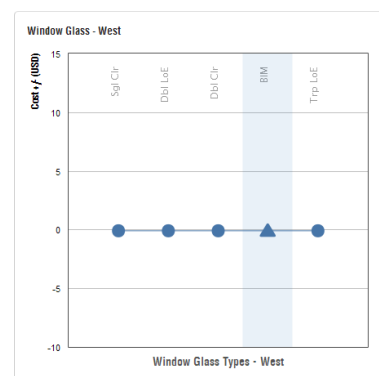
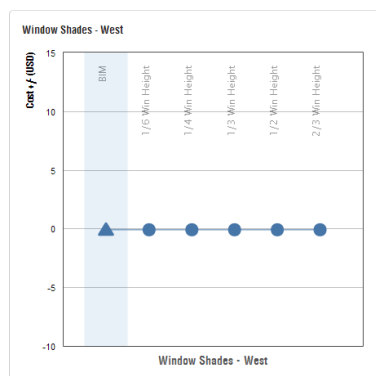
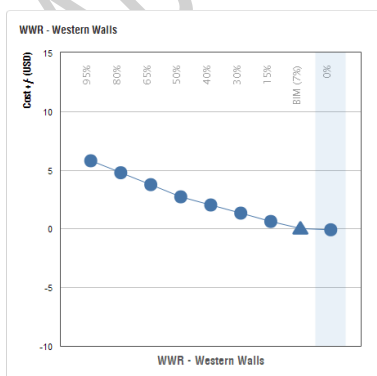
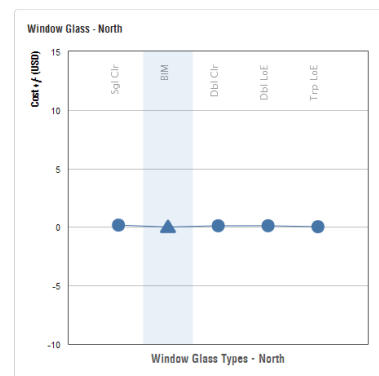
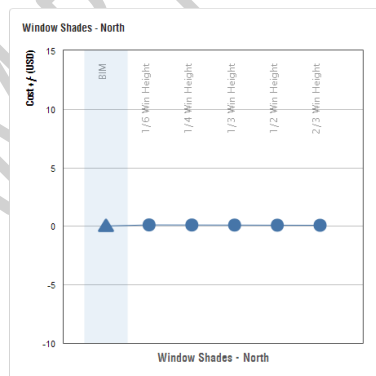
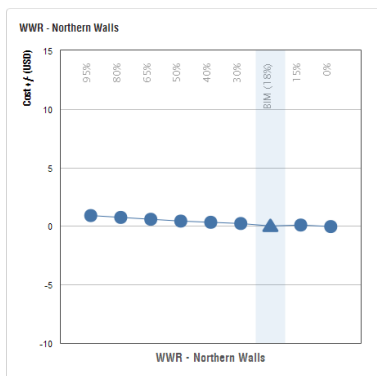
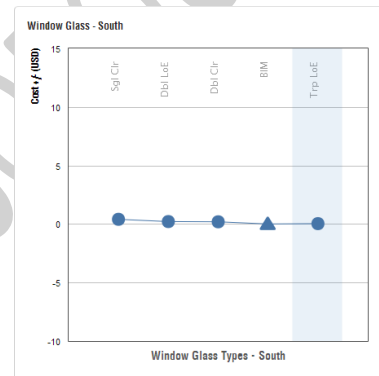
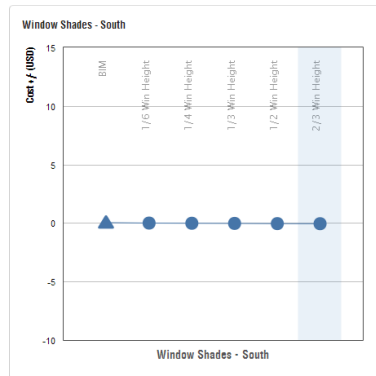
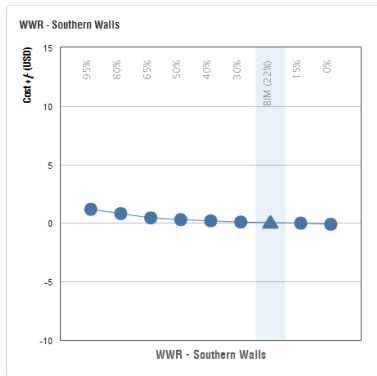
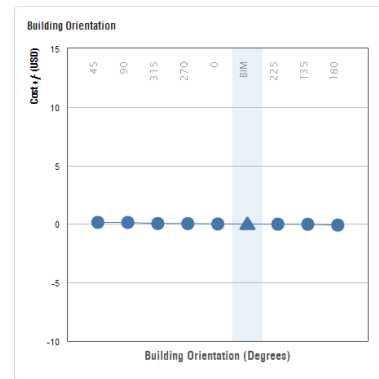
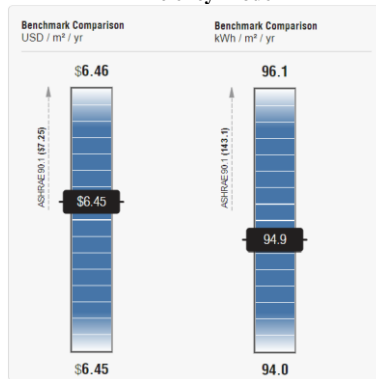


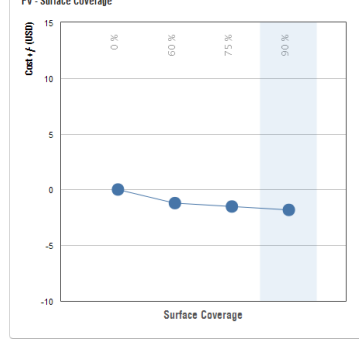
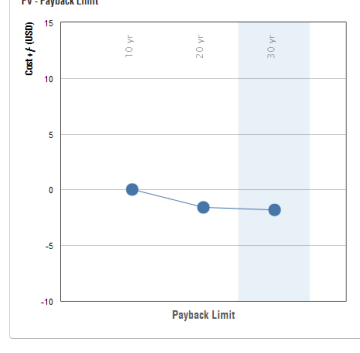
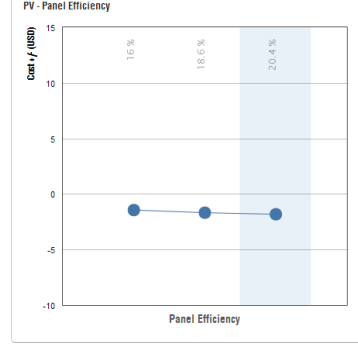
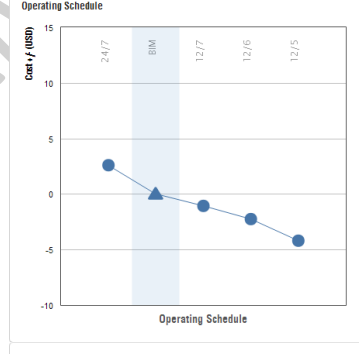
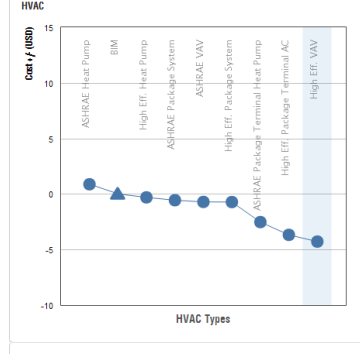
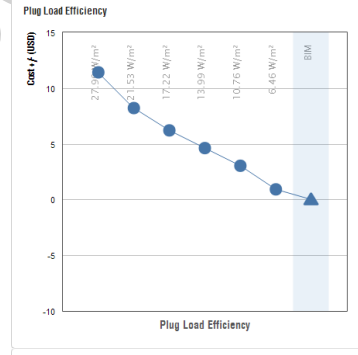
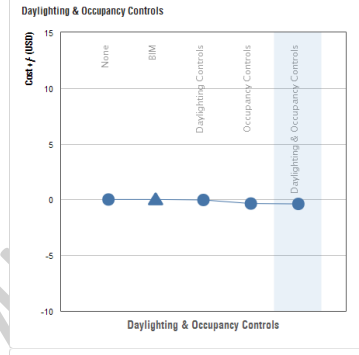
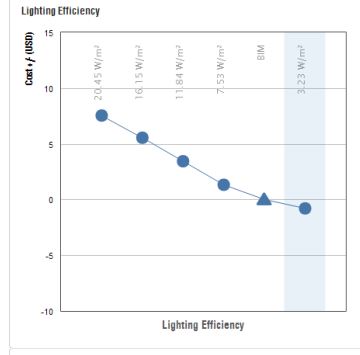
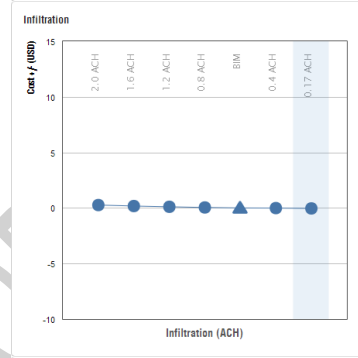
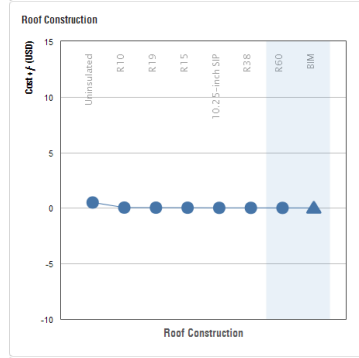
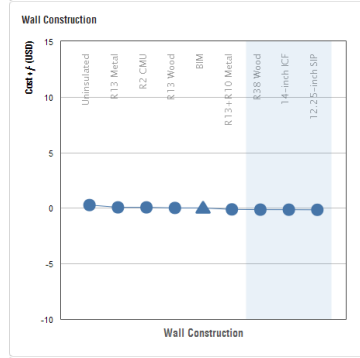
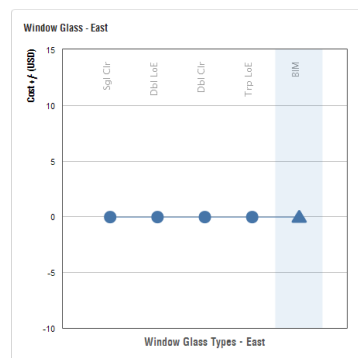
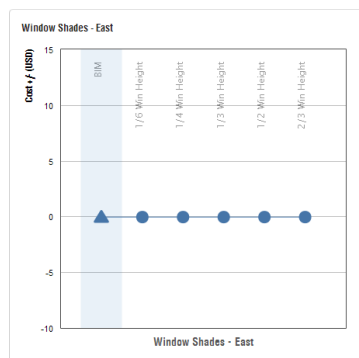
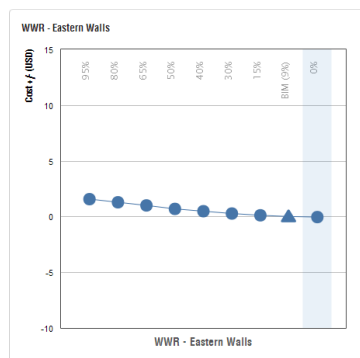


# APPENDIX O

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Efficiency Mode

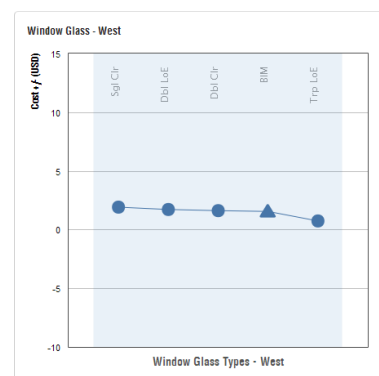
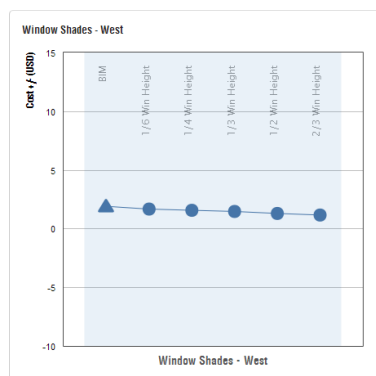
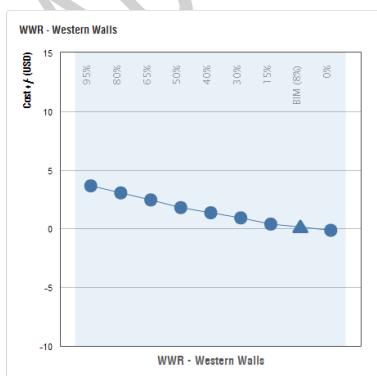
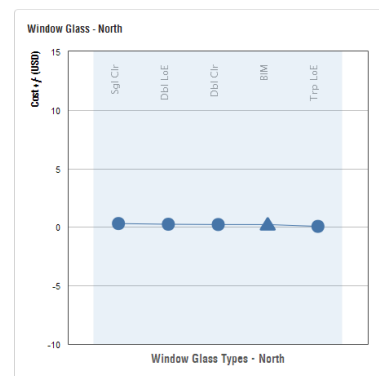
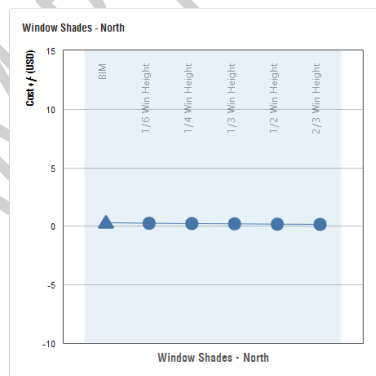
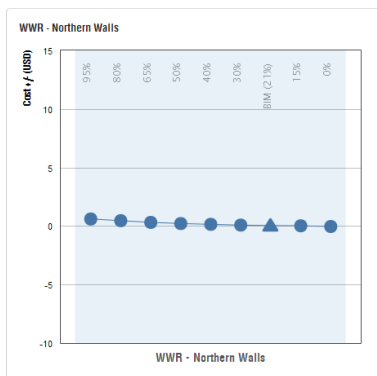
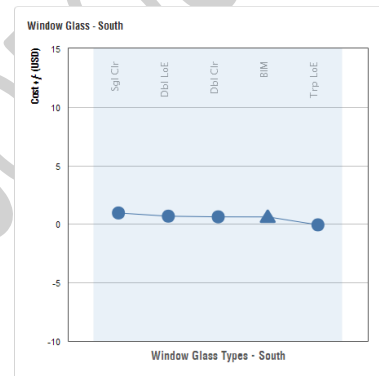
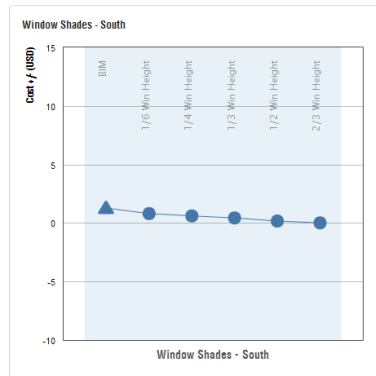
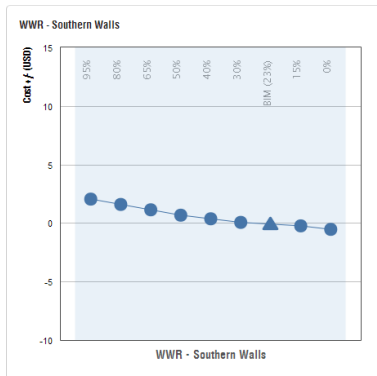
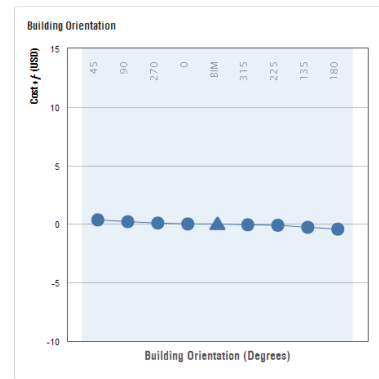
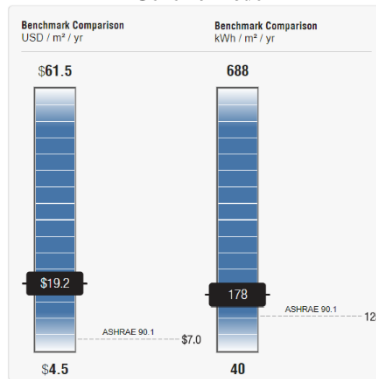
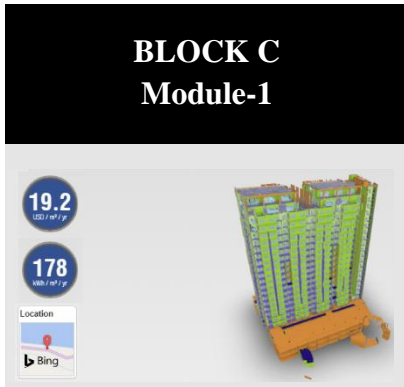


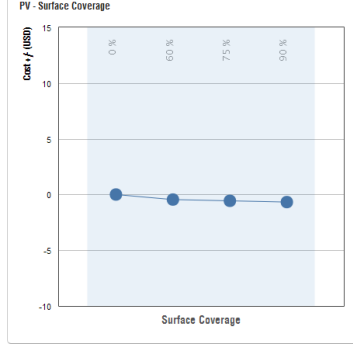
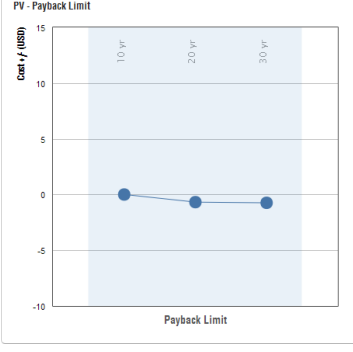
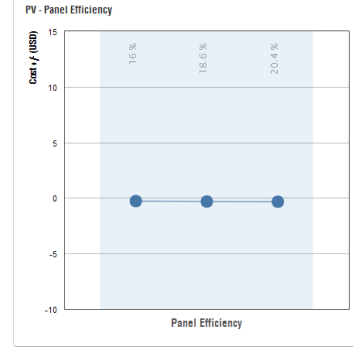
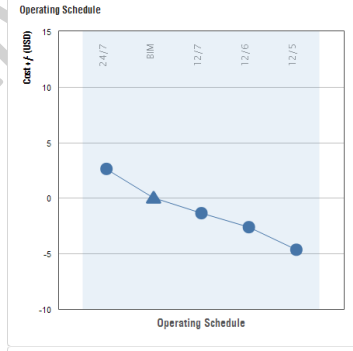
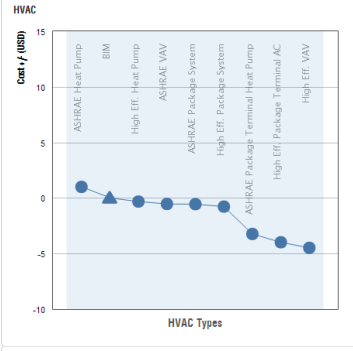
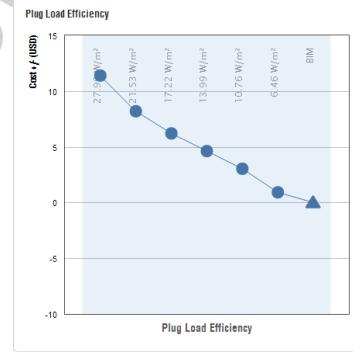
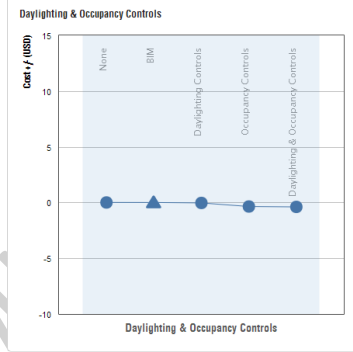
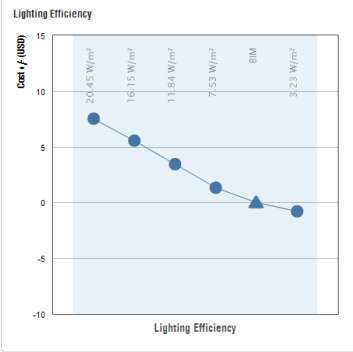
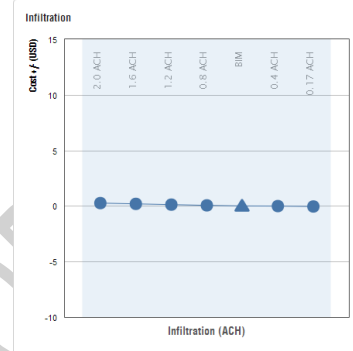
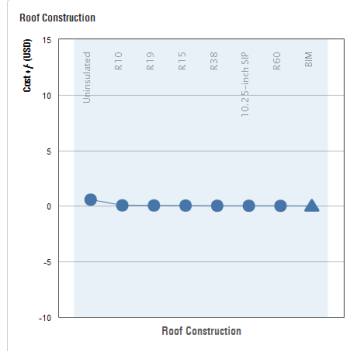
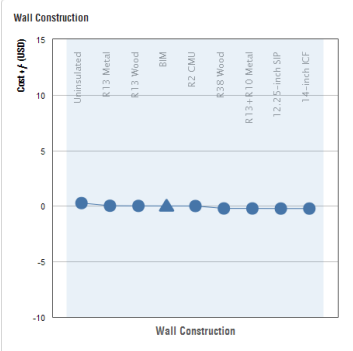
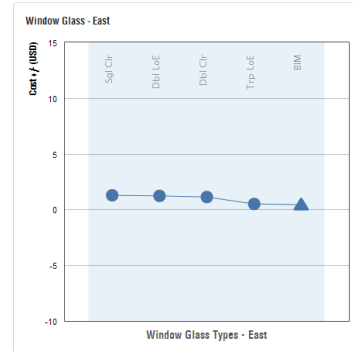
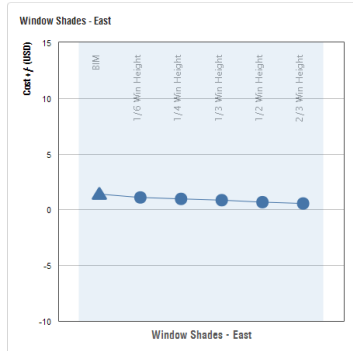
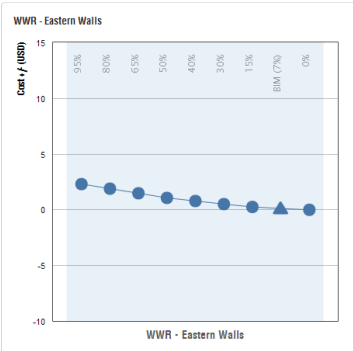


# APPENDIX P

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Generic Mode



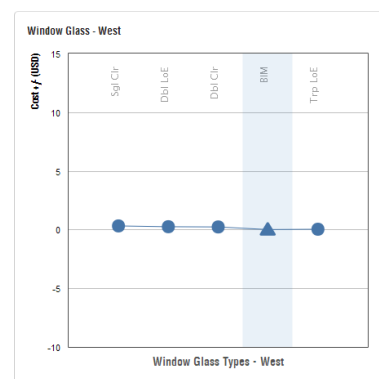
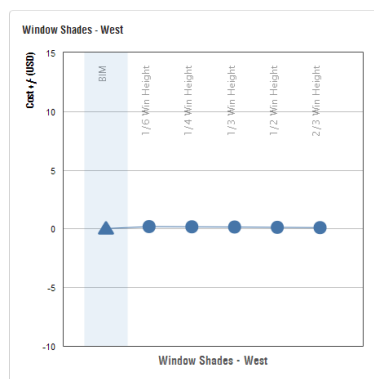
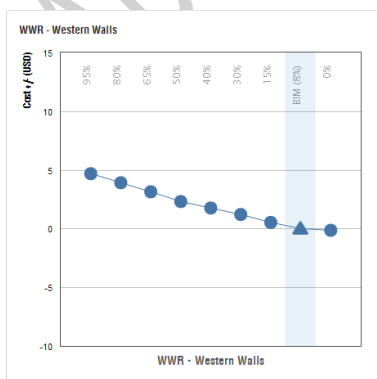
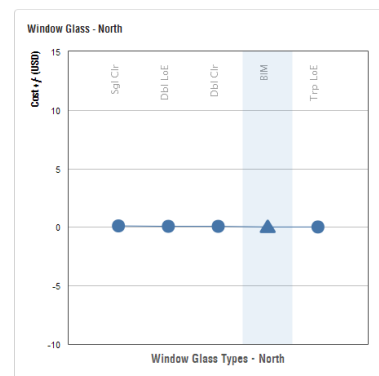
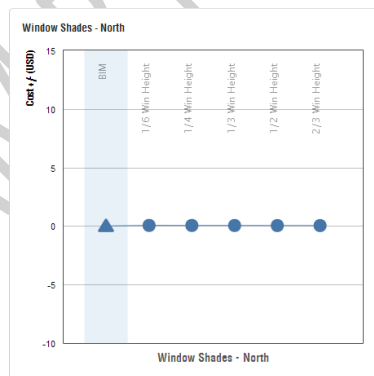
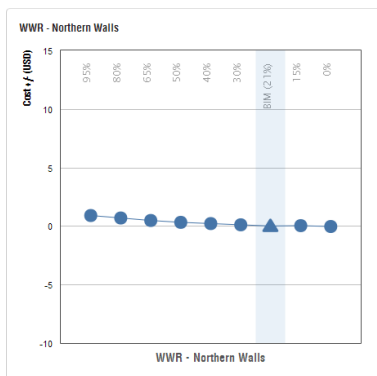
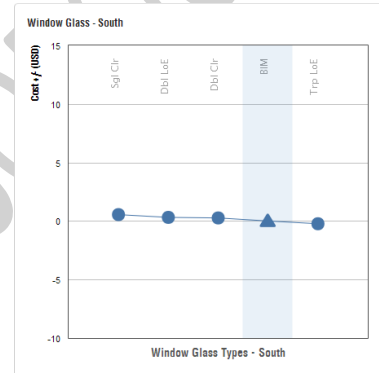
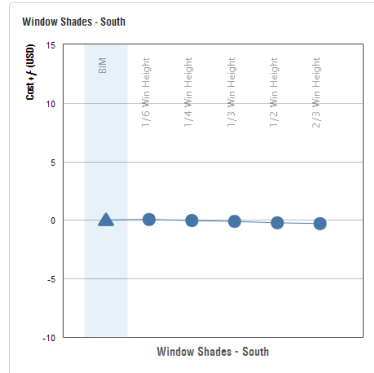
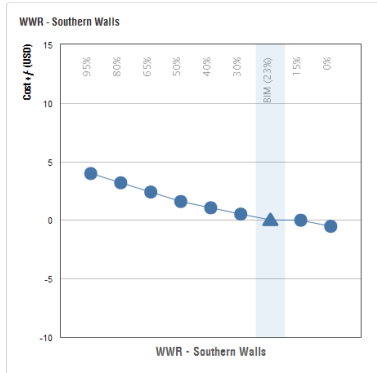
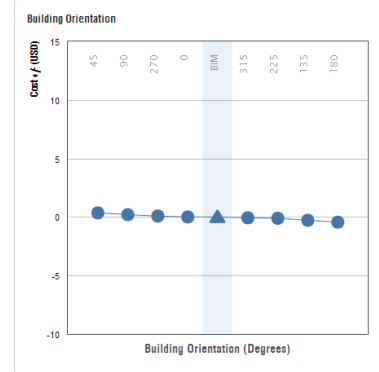
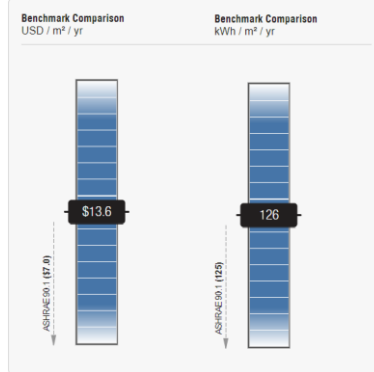


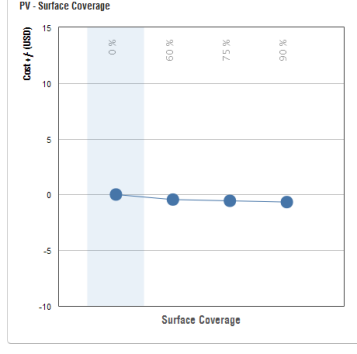
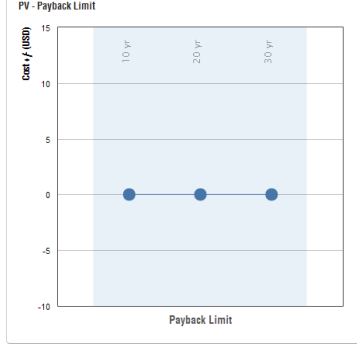
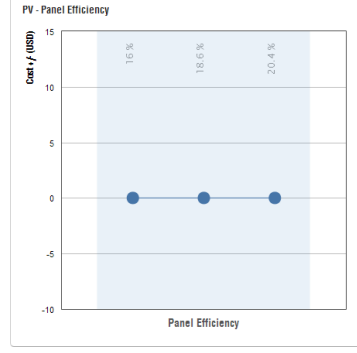
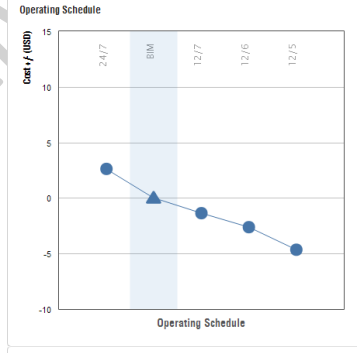
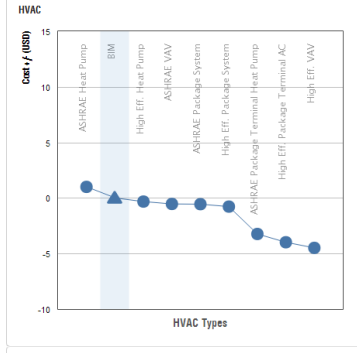
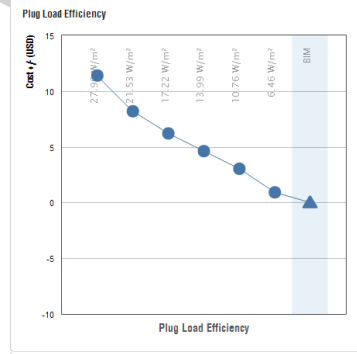
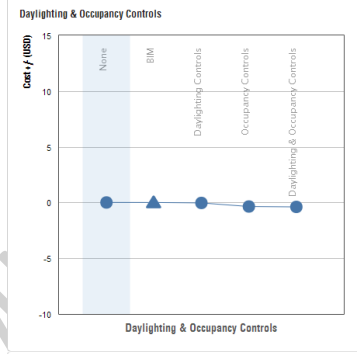
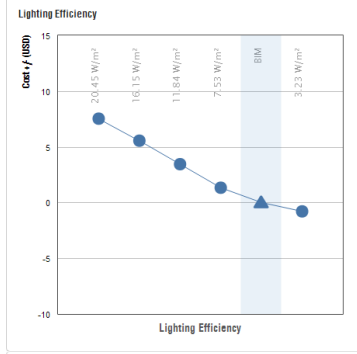
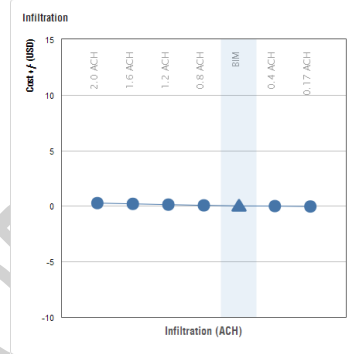
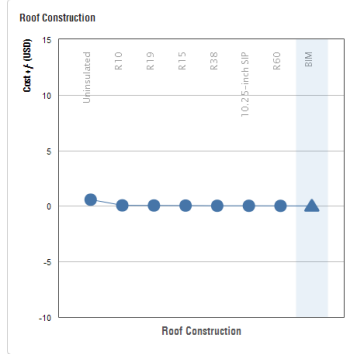
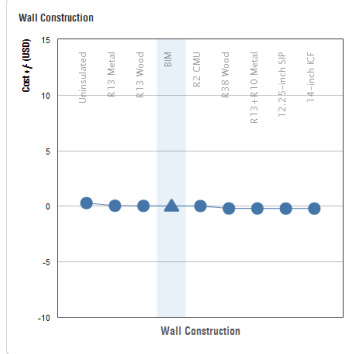
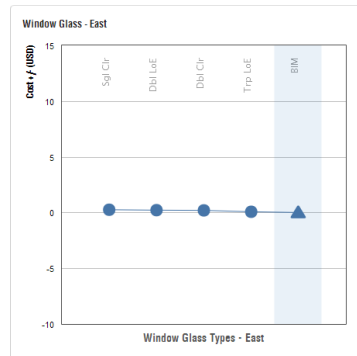
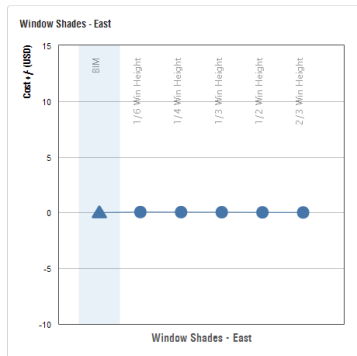
## APPENDIX Q

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode

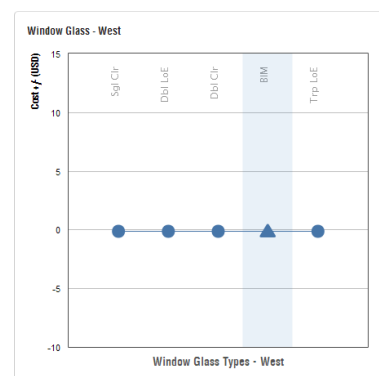
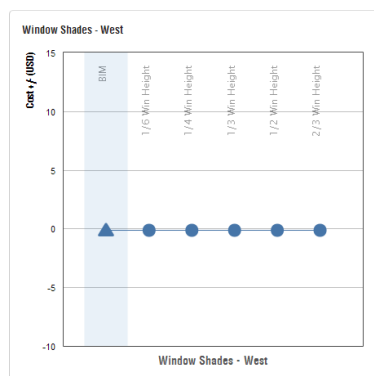
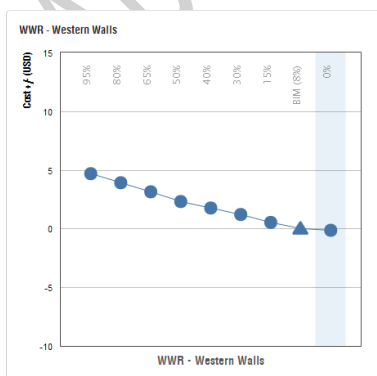
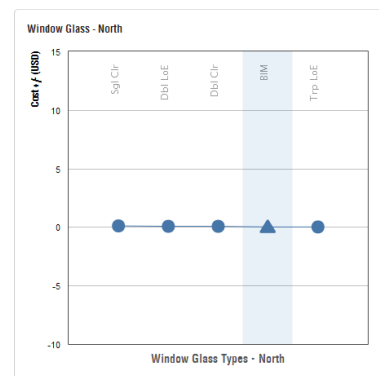
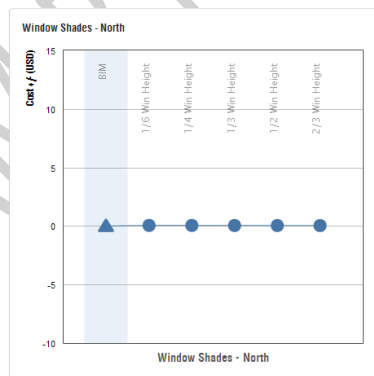
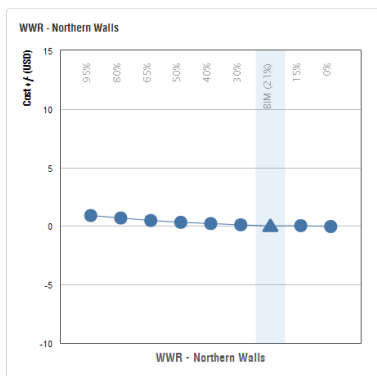
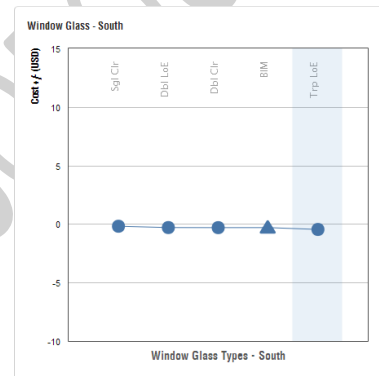
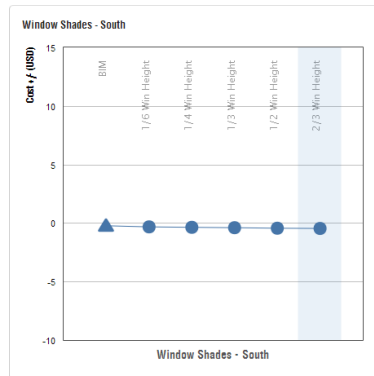
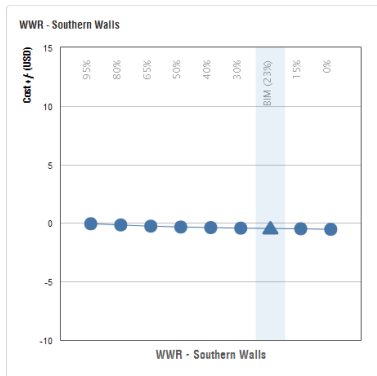
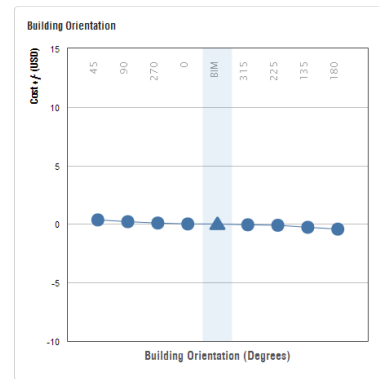
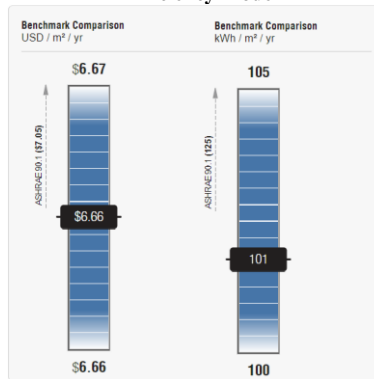




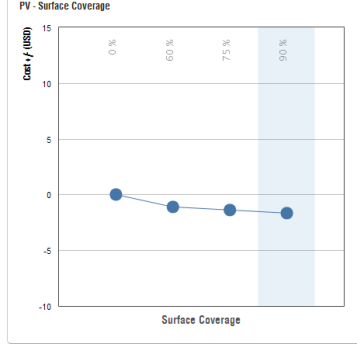
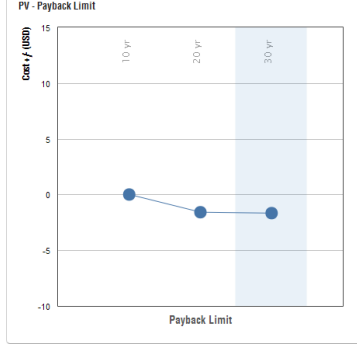
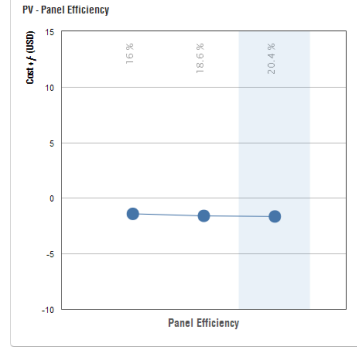
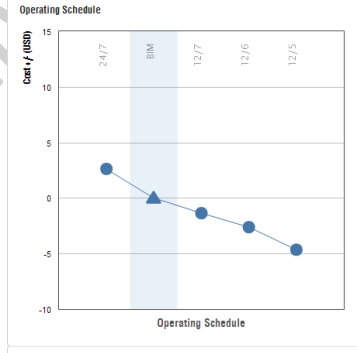
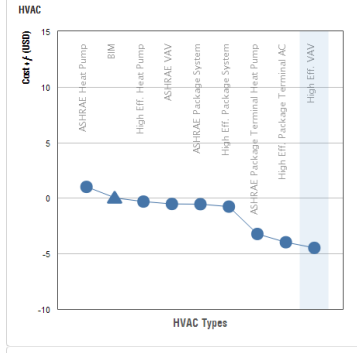
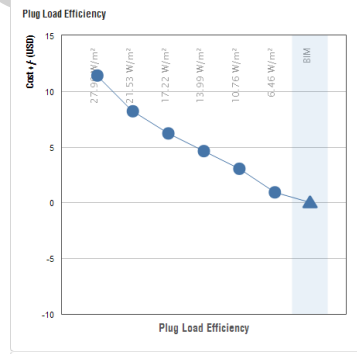
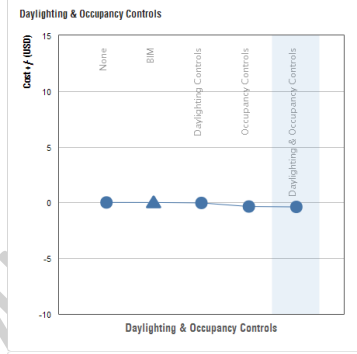
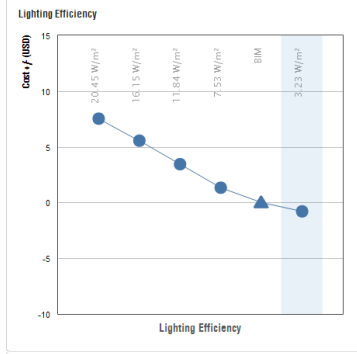
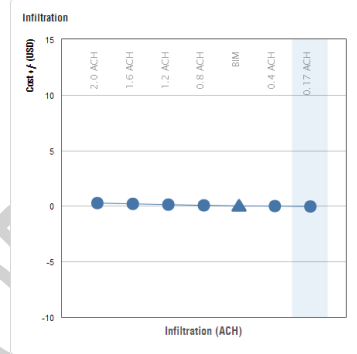
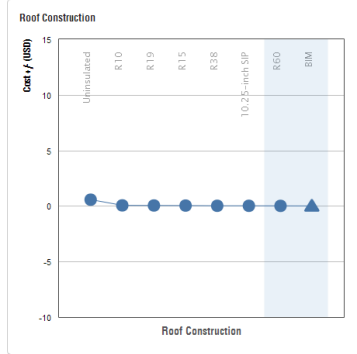
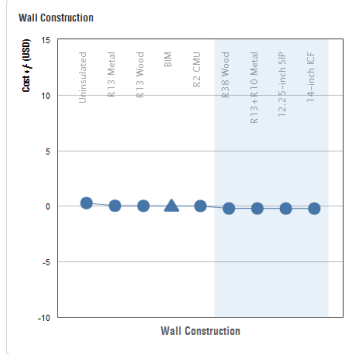
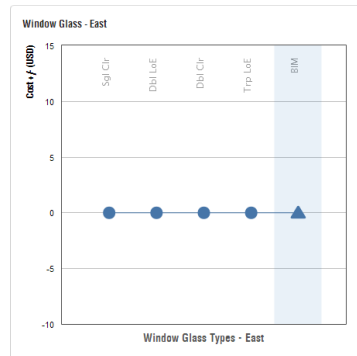
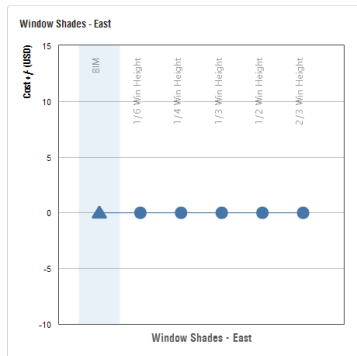
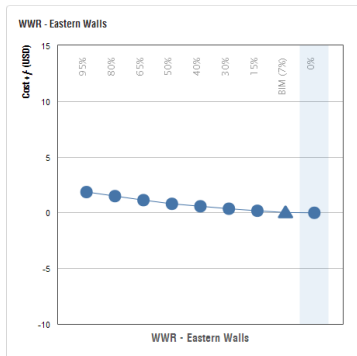
## APPENDIX R

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

#### Efficiency Mode



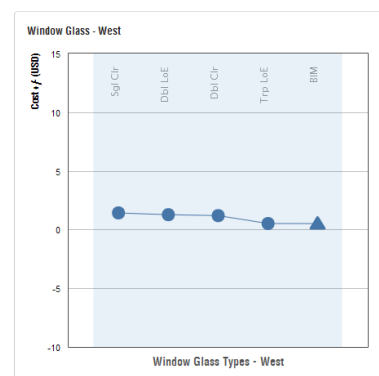
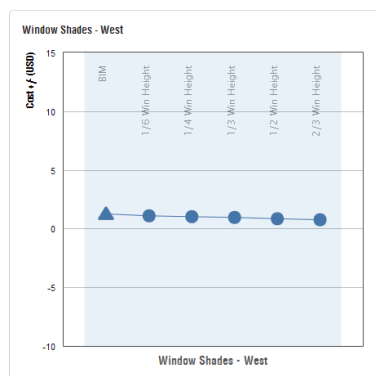
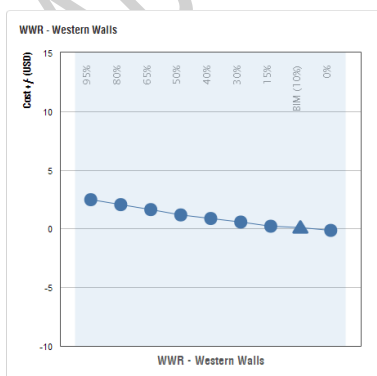
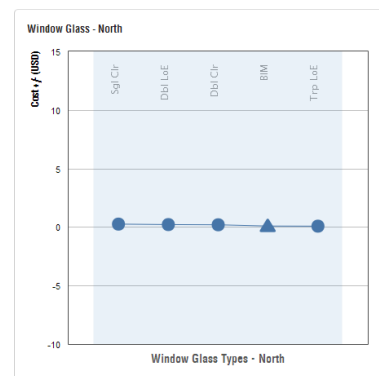
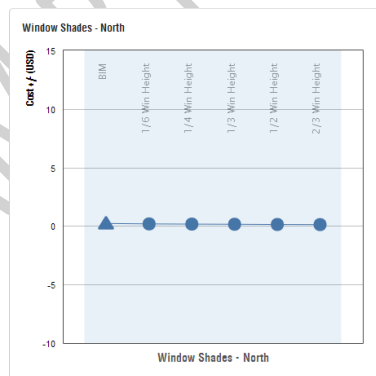
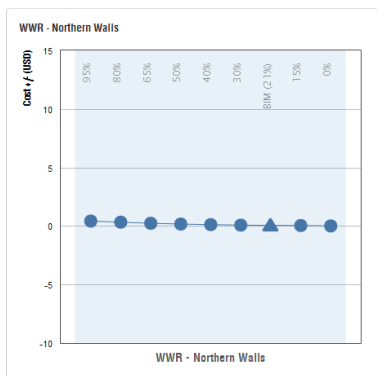
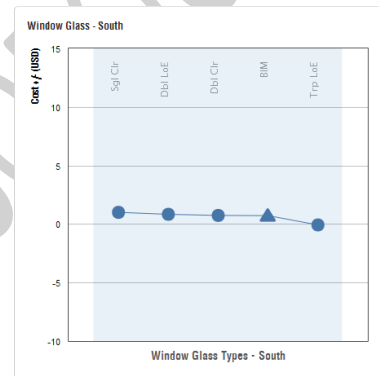
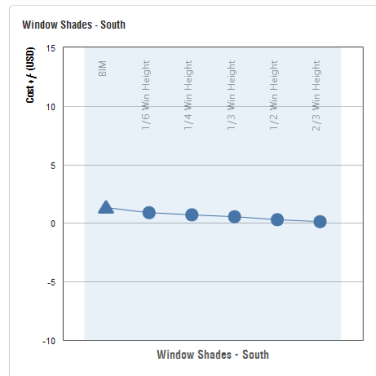
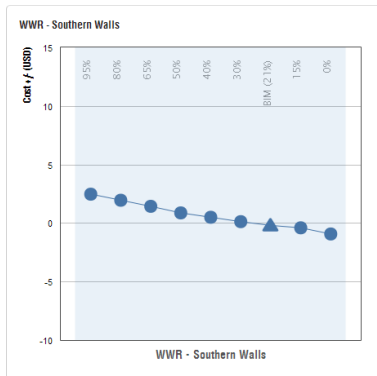
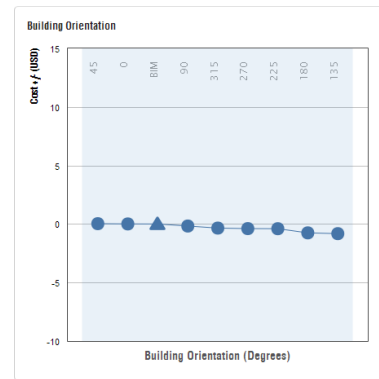
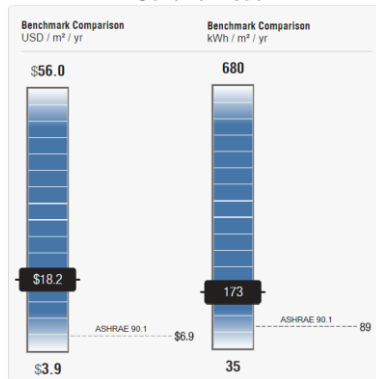
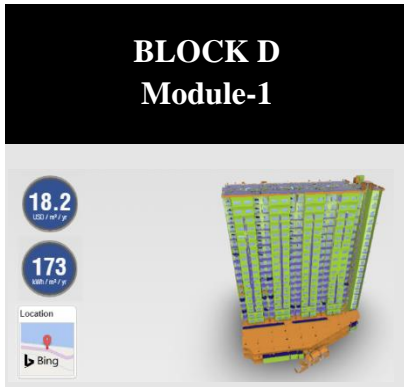


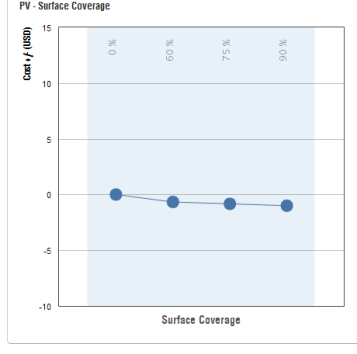
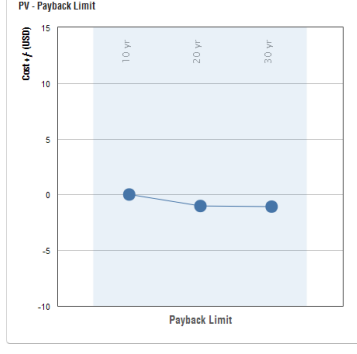
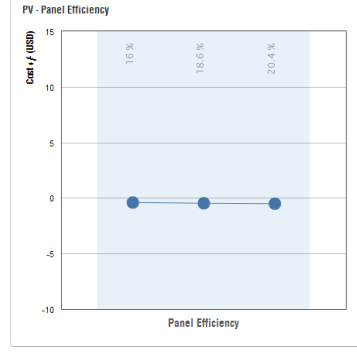
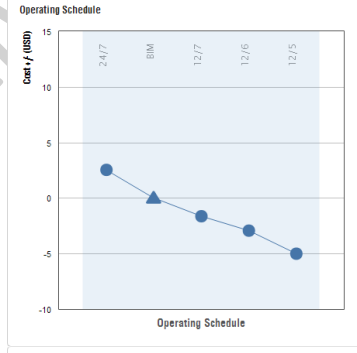
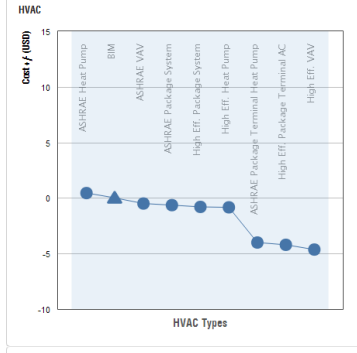
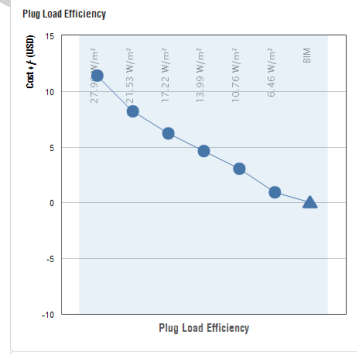
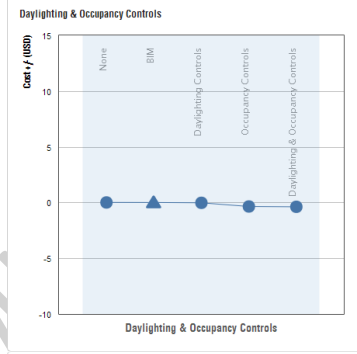
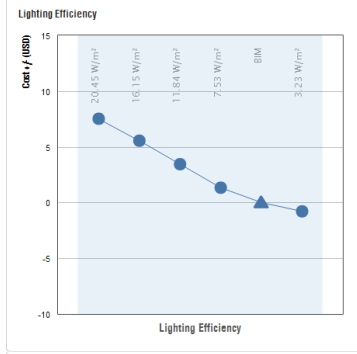
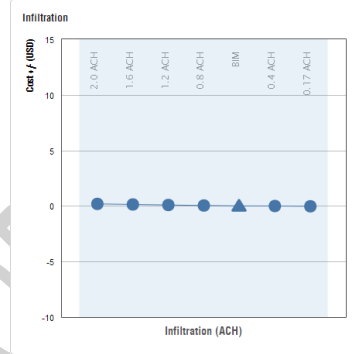
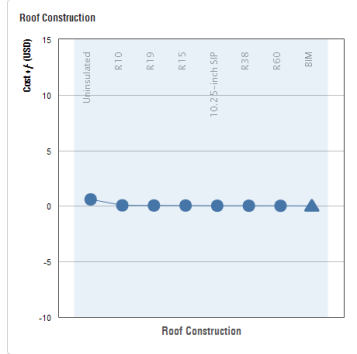
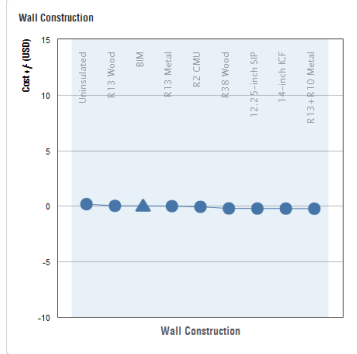
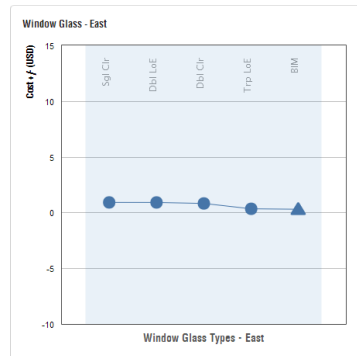
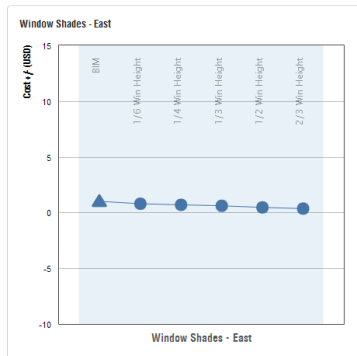
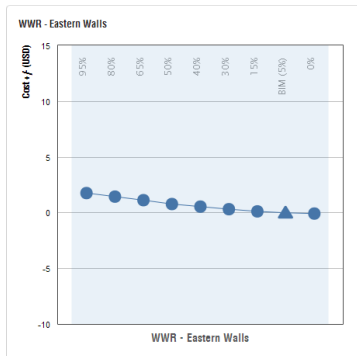


# APPENDIX S

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

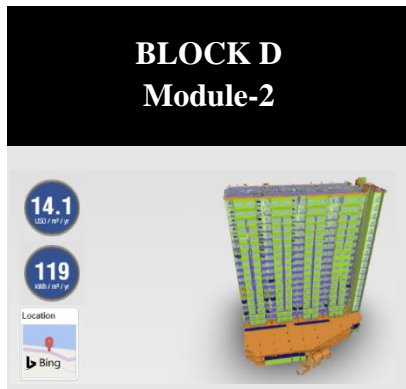
### Generic Mode



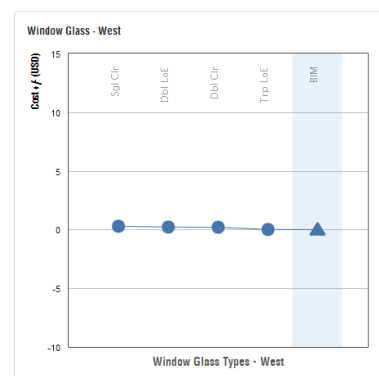
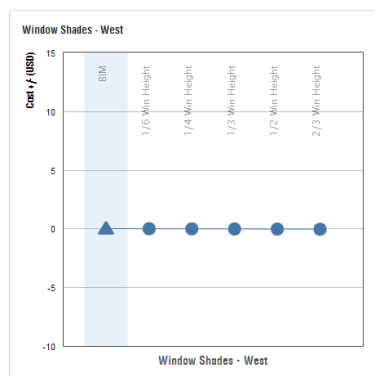
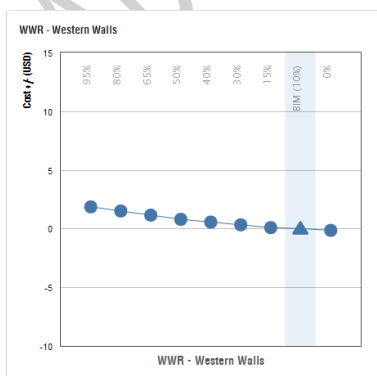
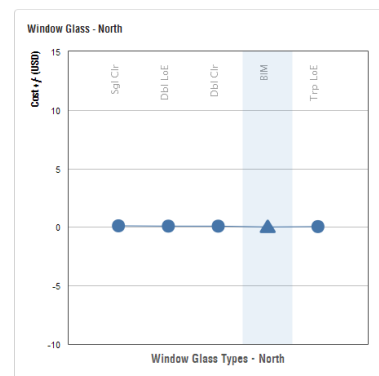
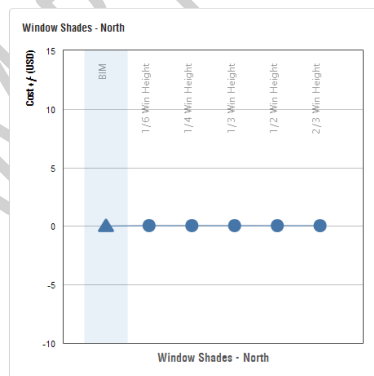
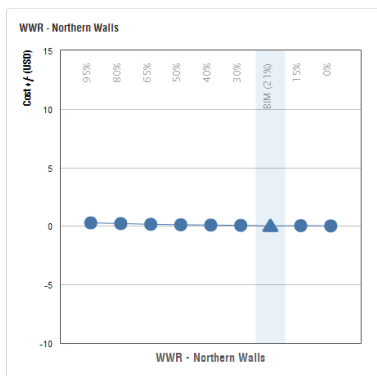
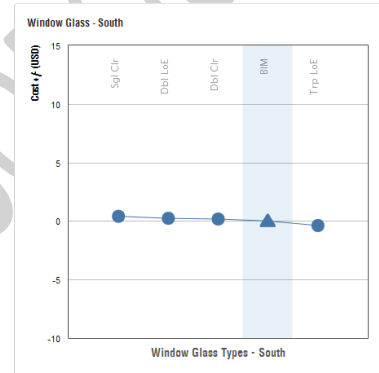
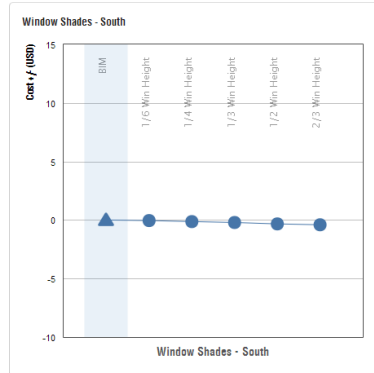
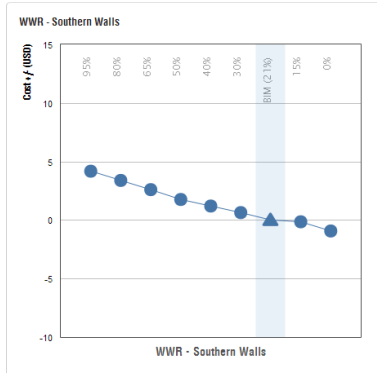
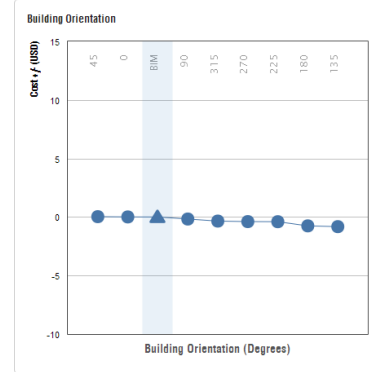
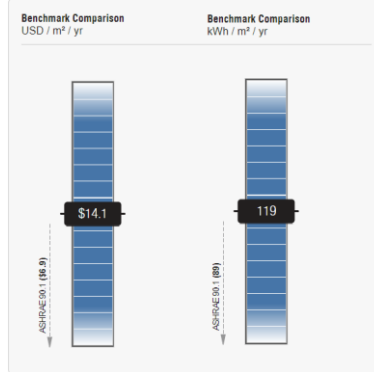


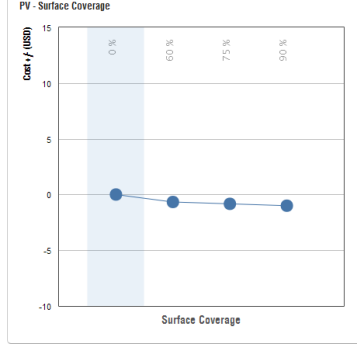
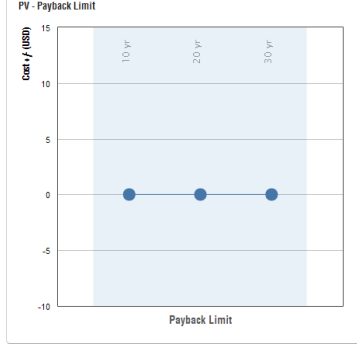
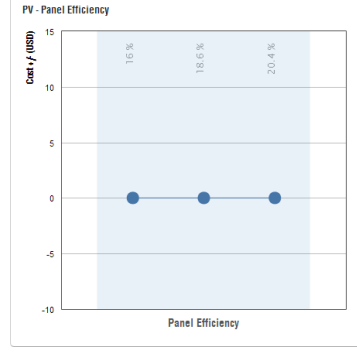
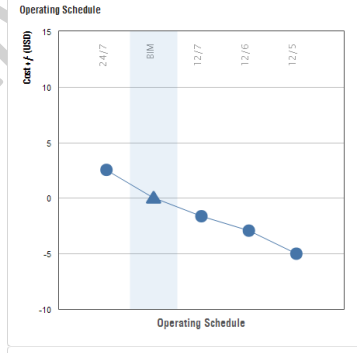
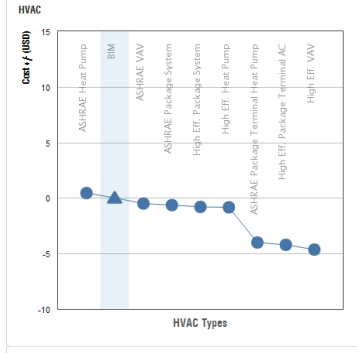
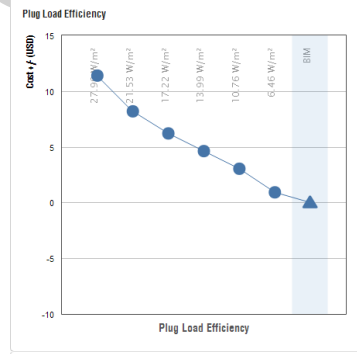
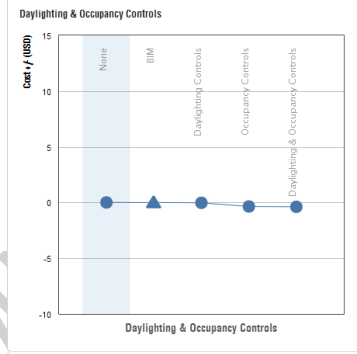
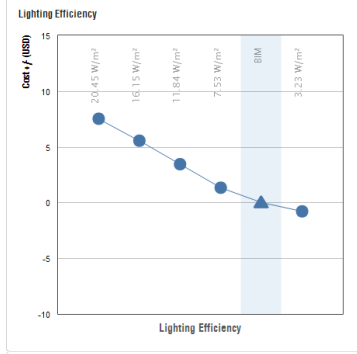
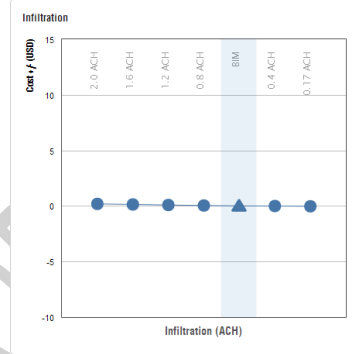
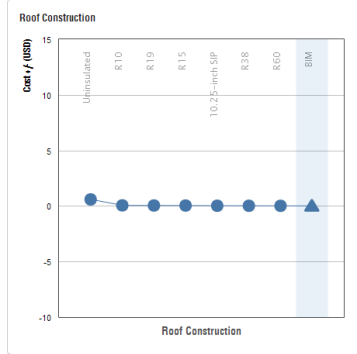
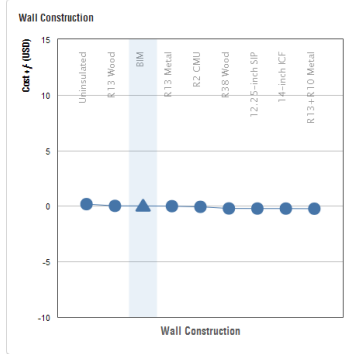
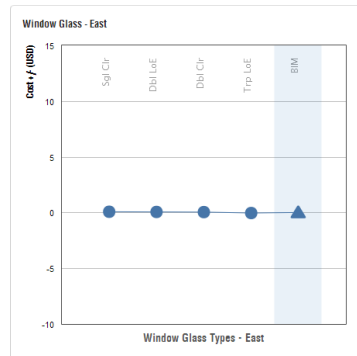
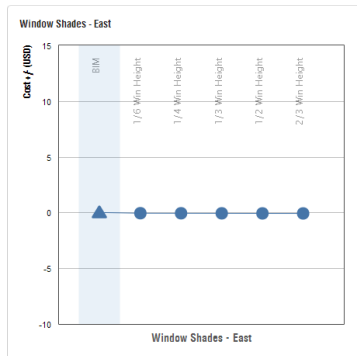
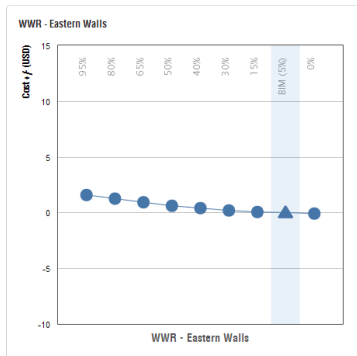
## APPENDIX T

### Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



#### Existing Mode

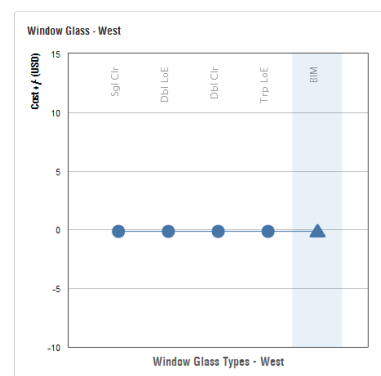
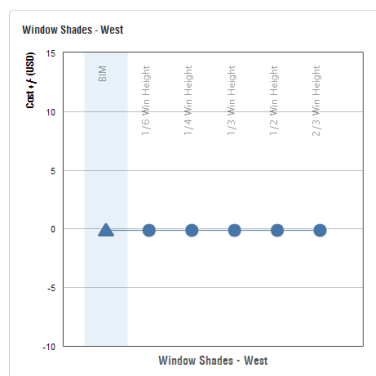
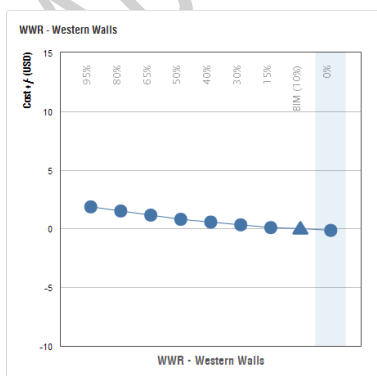
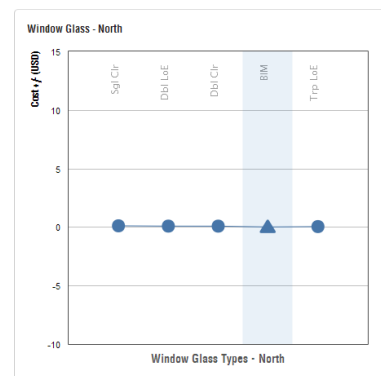
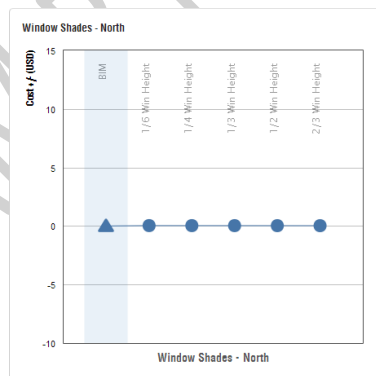
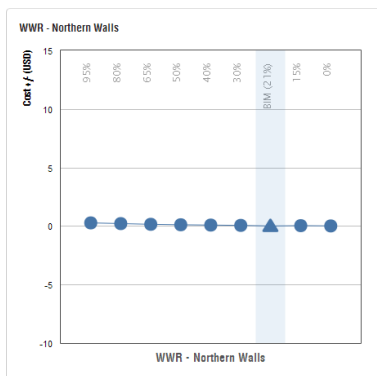
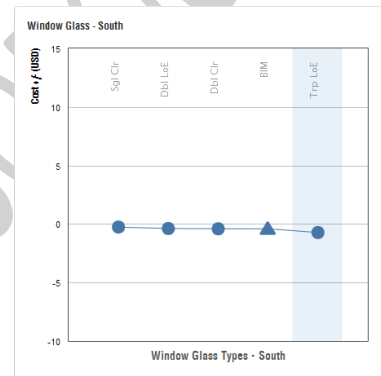
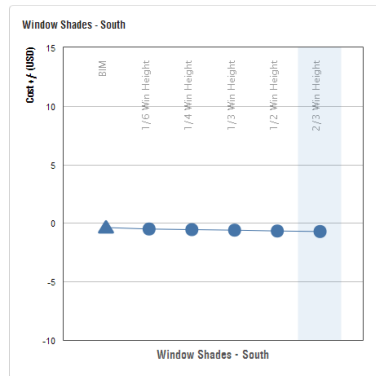
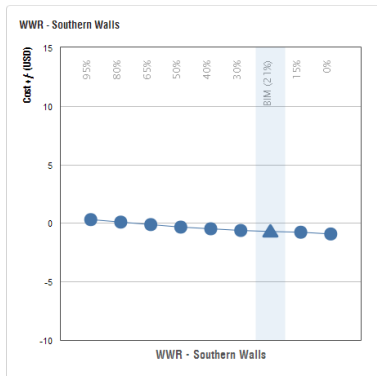
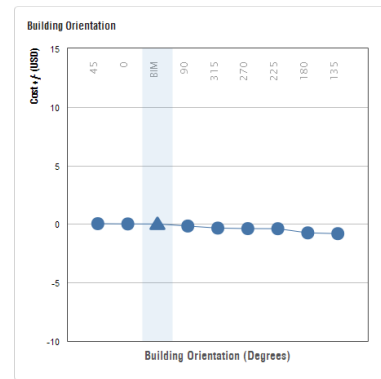
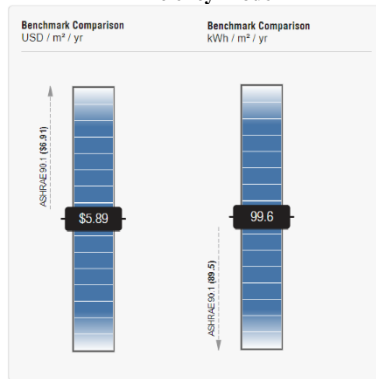


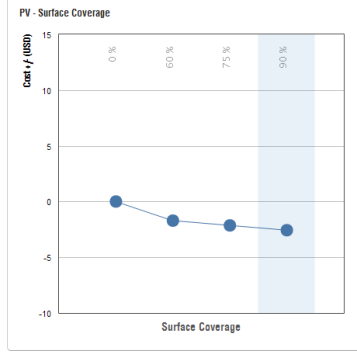
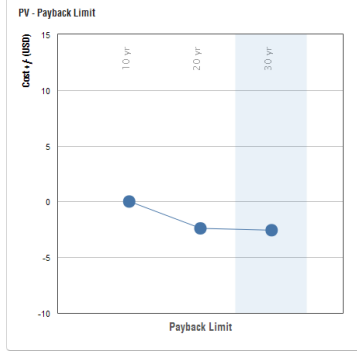
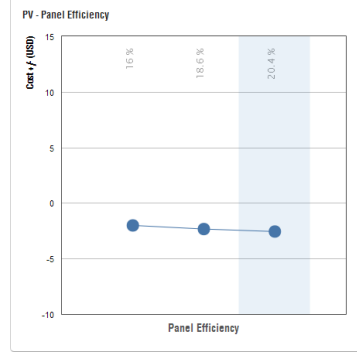
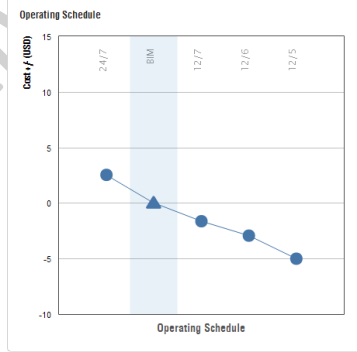
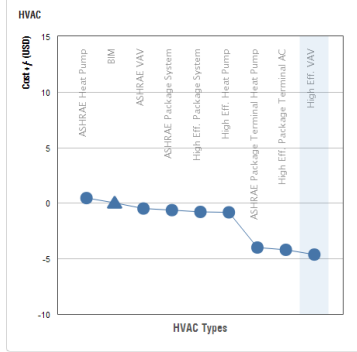
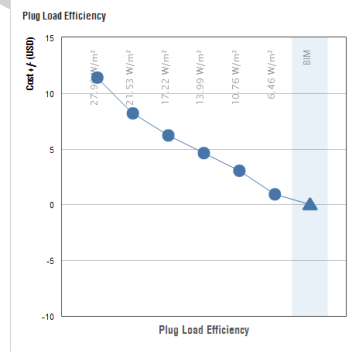
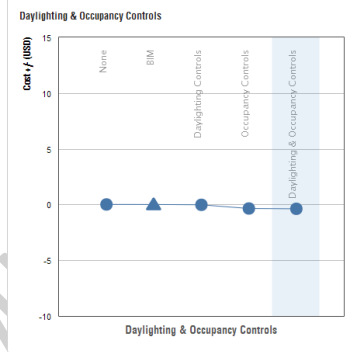
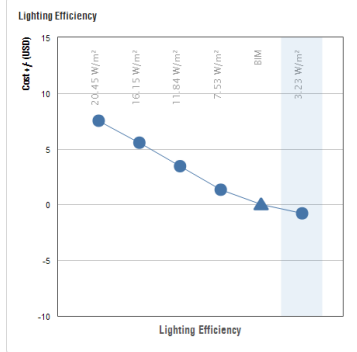
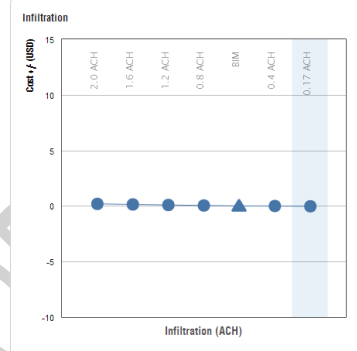
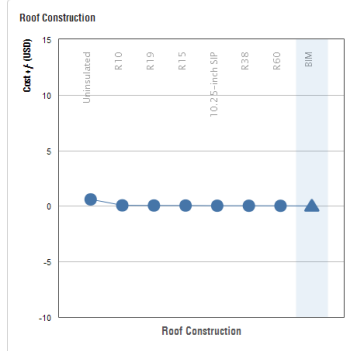
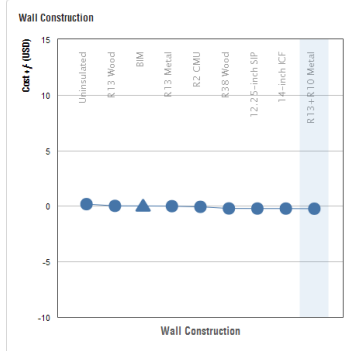
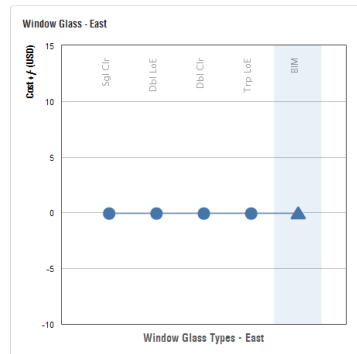
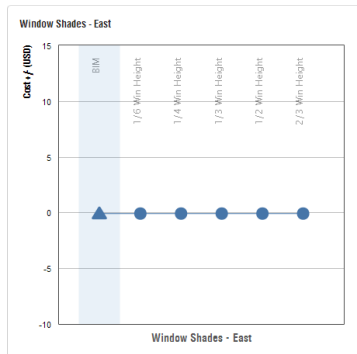
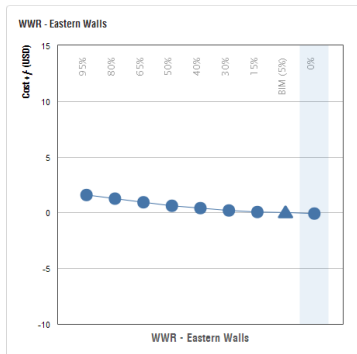


# APPENDIX U

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Efficiency Mode

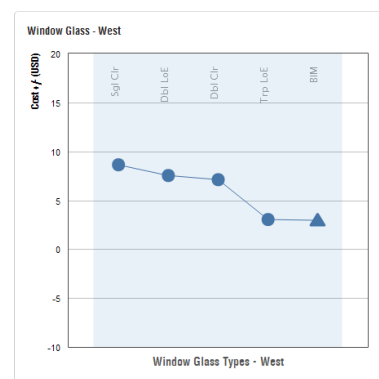
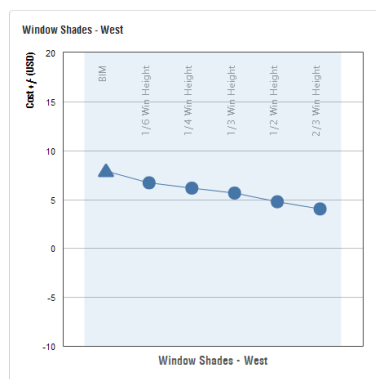
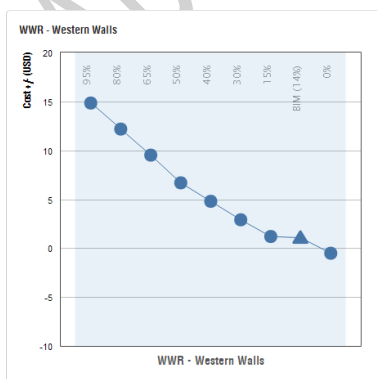
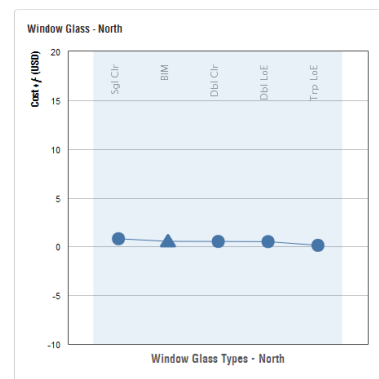
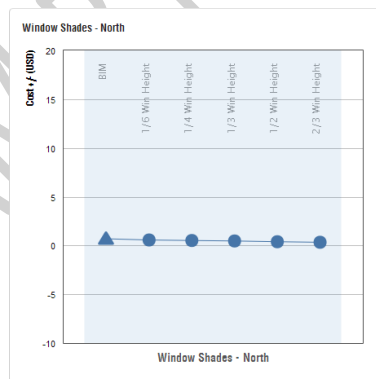
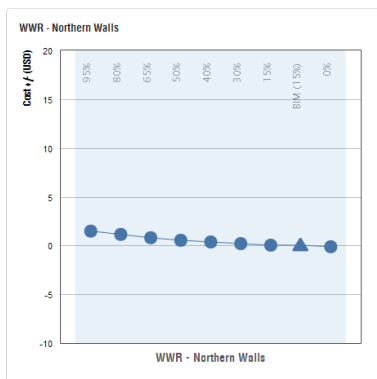
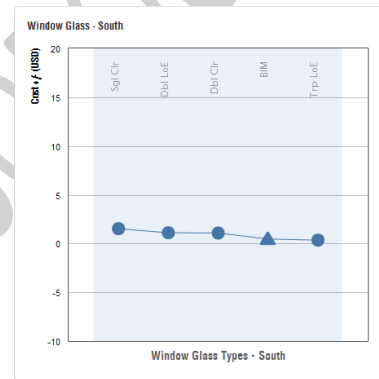
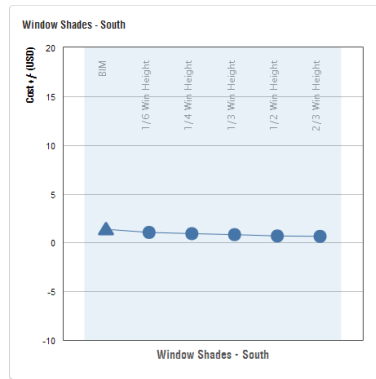
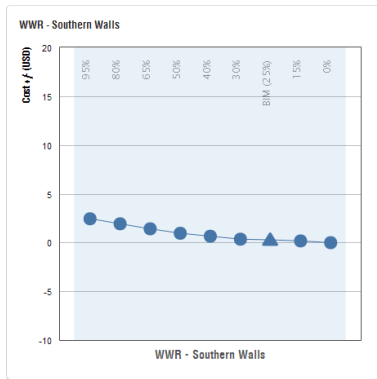
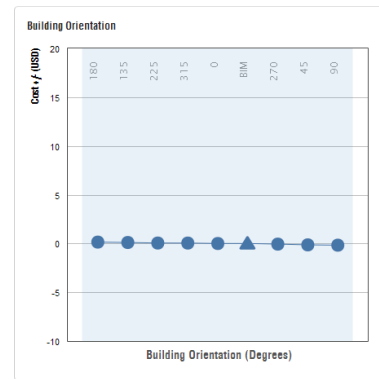
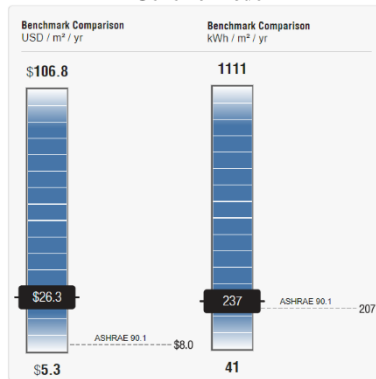




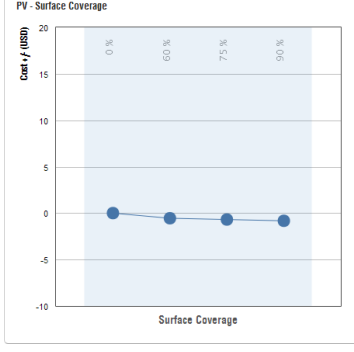
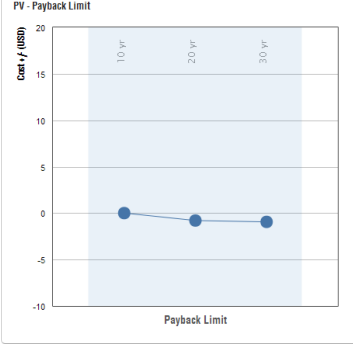
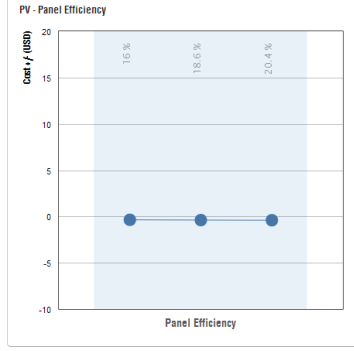
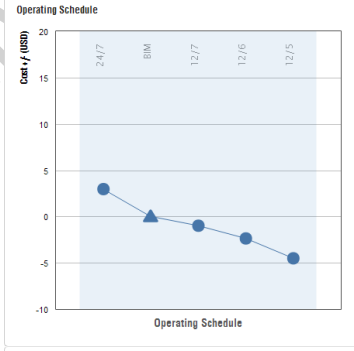
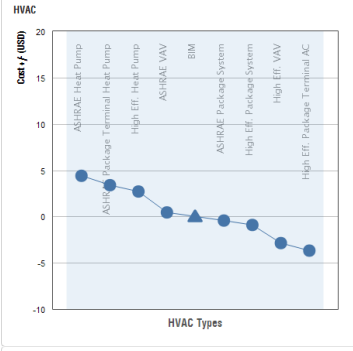
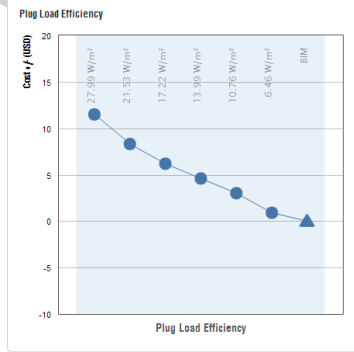
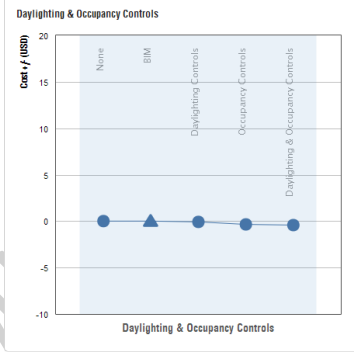
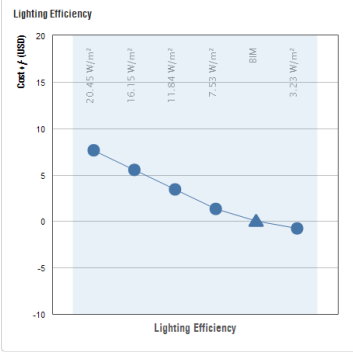
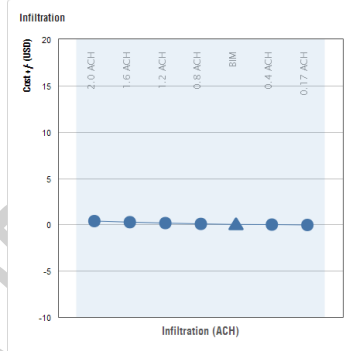
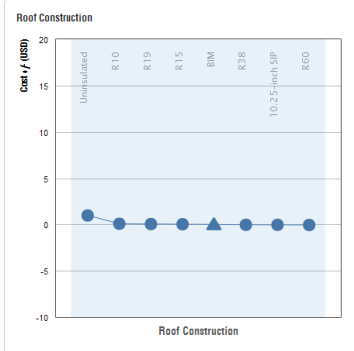
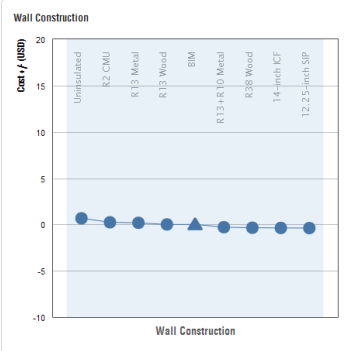
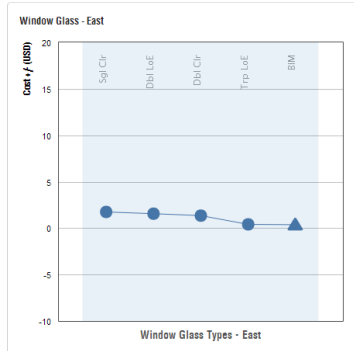
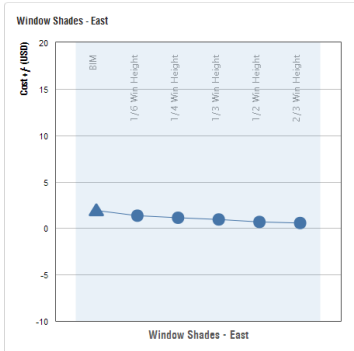
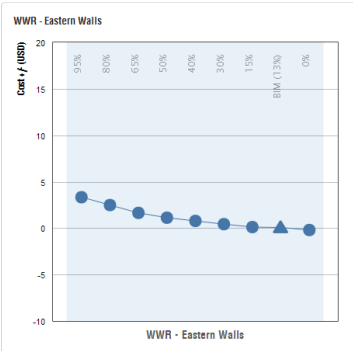
# APPENDIX V

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Generic Mode

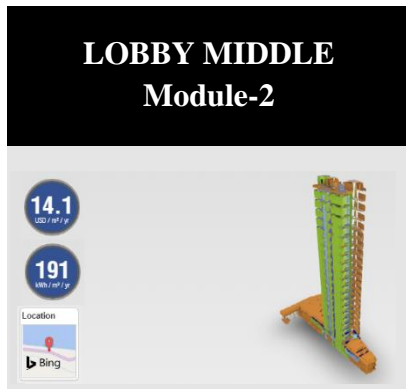




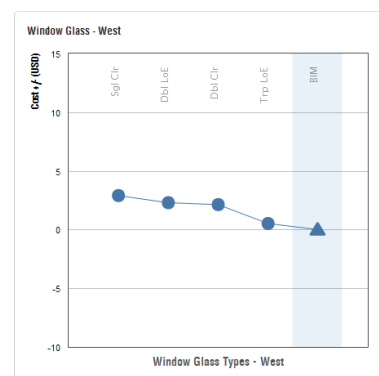
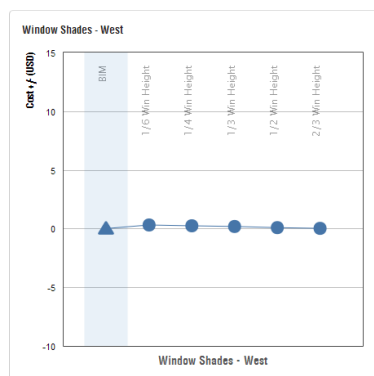
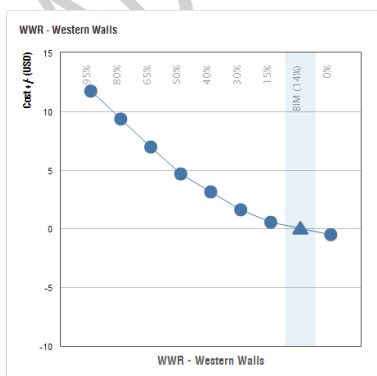
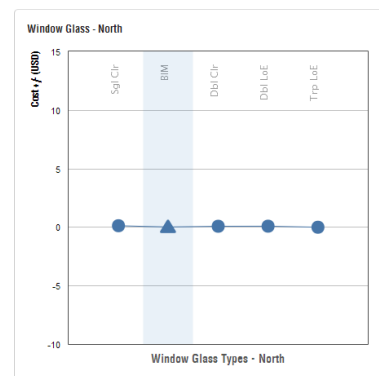
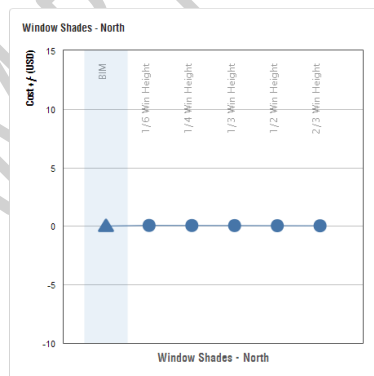
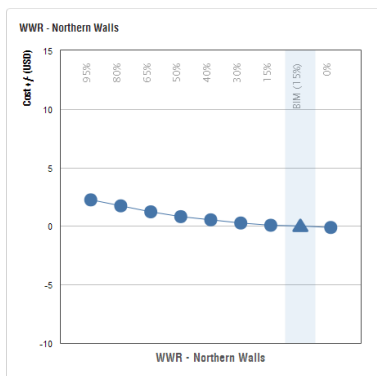
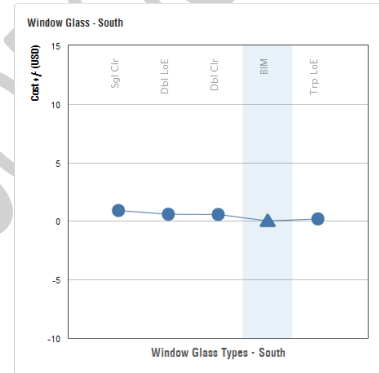
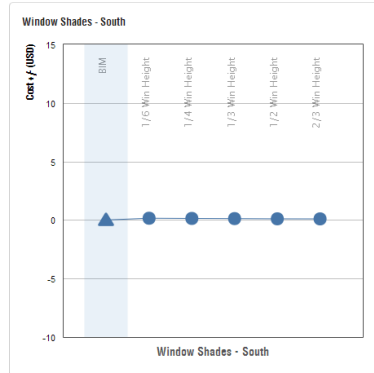
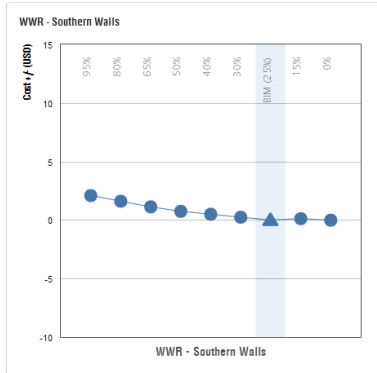
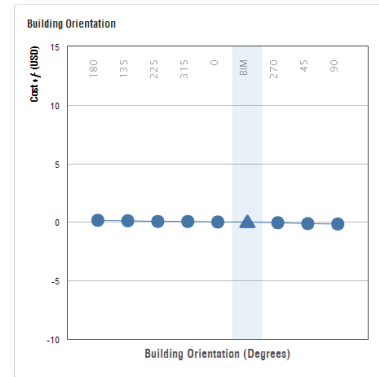
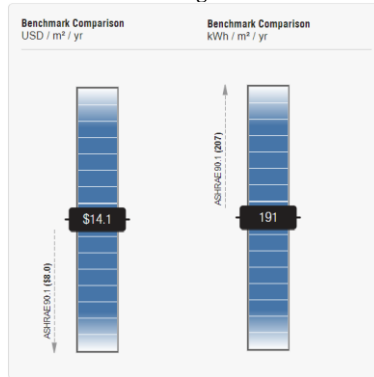


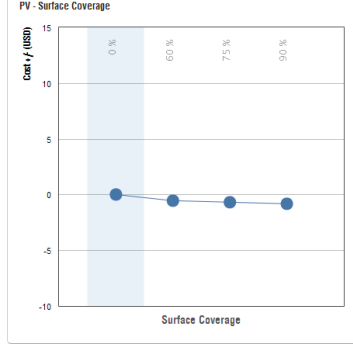
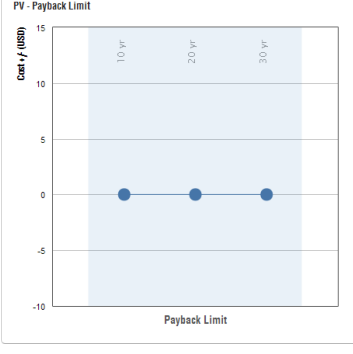
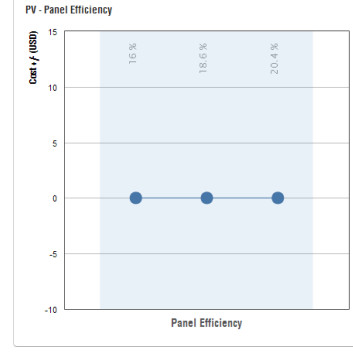
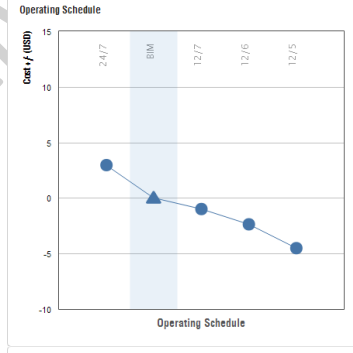
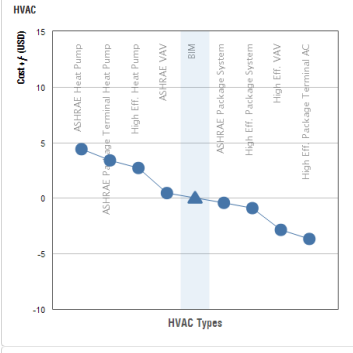
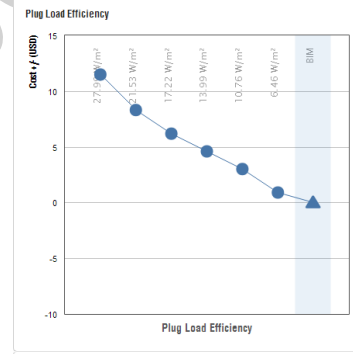
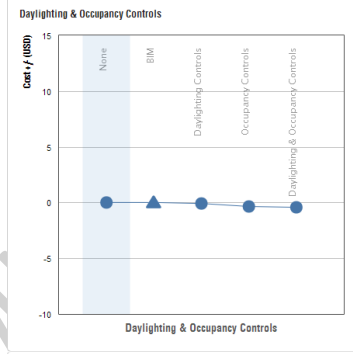
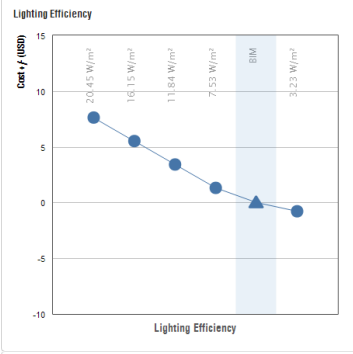
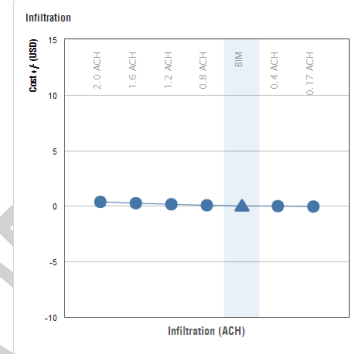
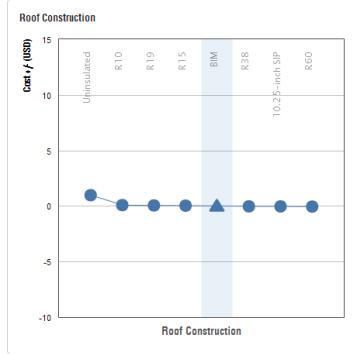
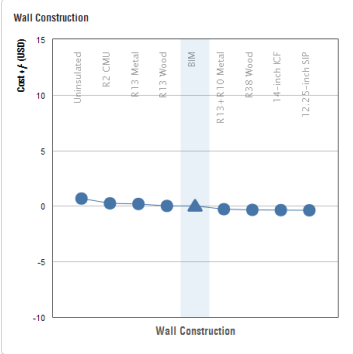
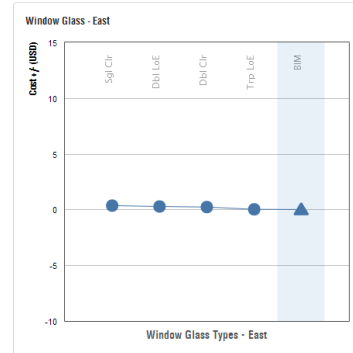
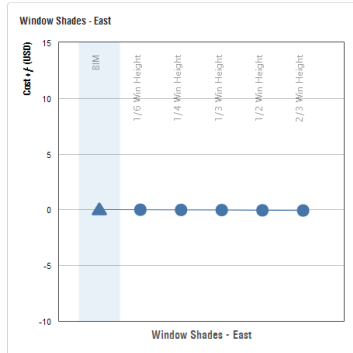
# APPENDIX W

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)



### Existing Mode

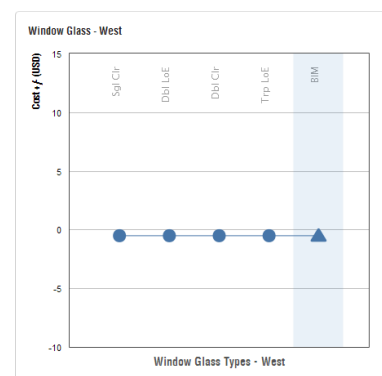
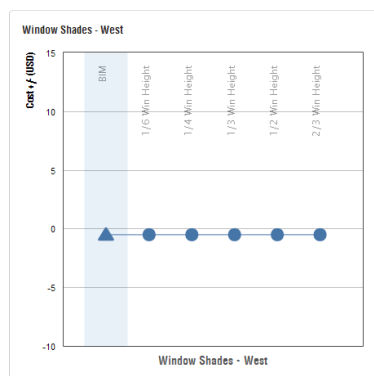
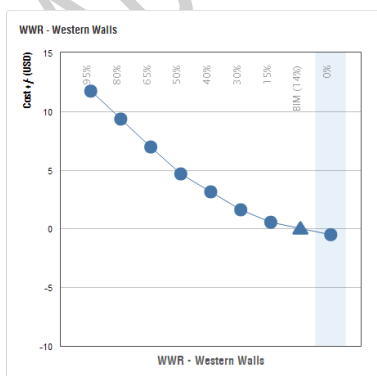
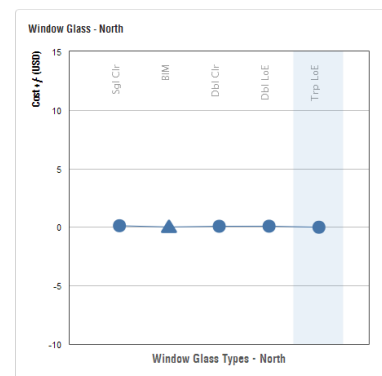
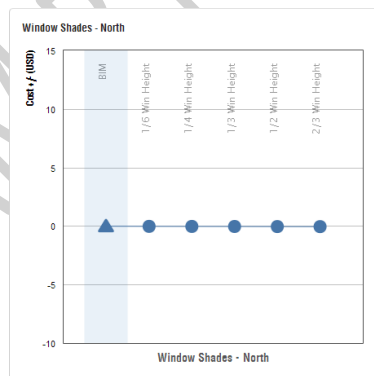
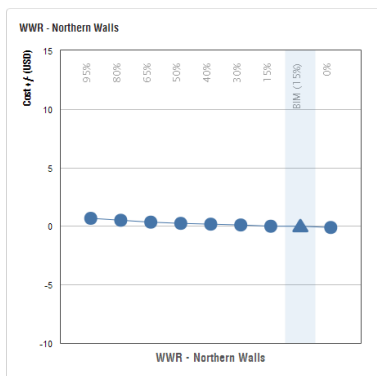
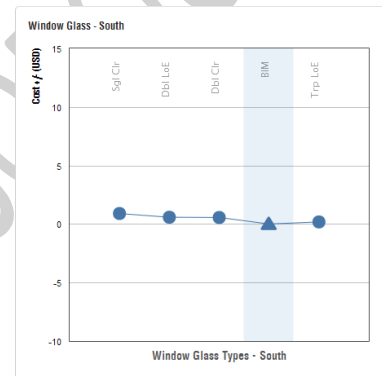
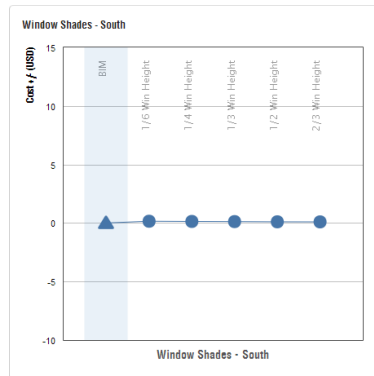
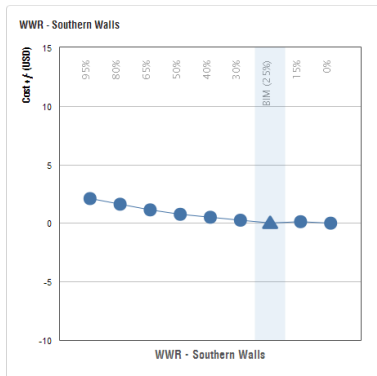
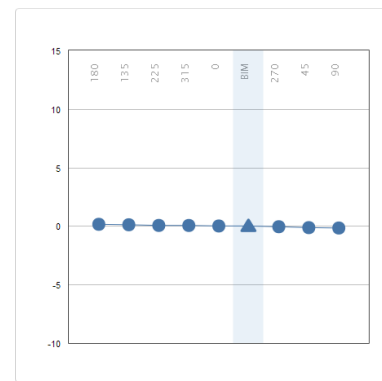
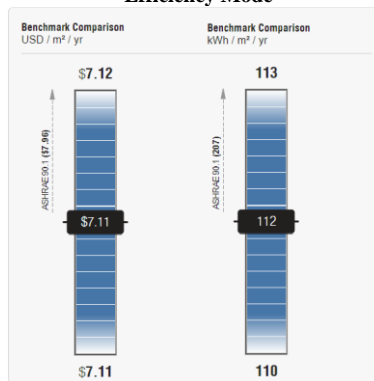


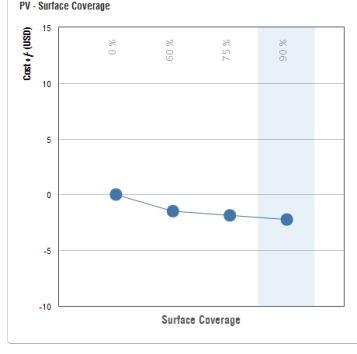
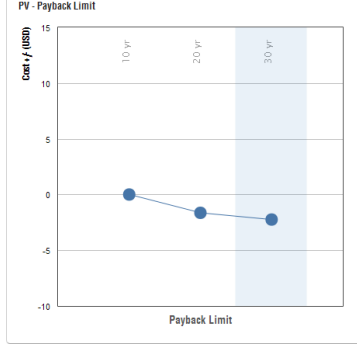
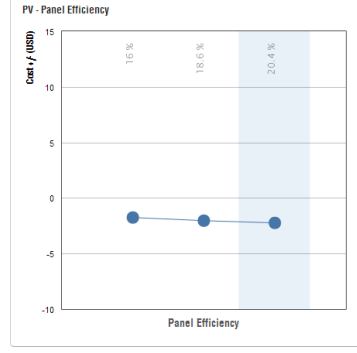
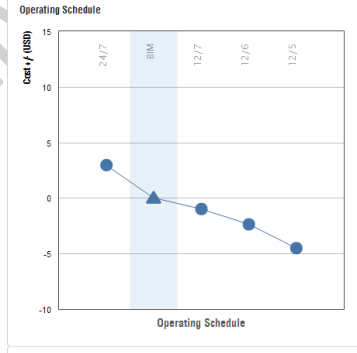
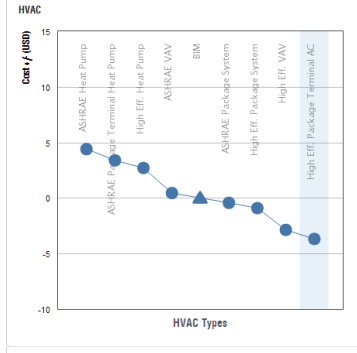
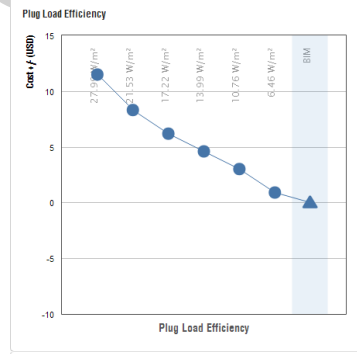
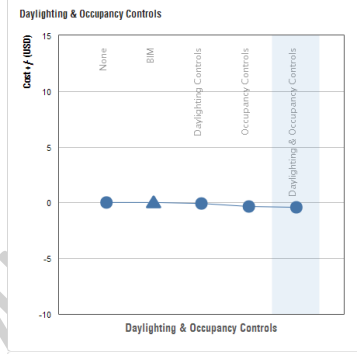
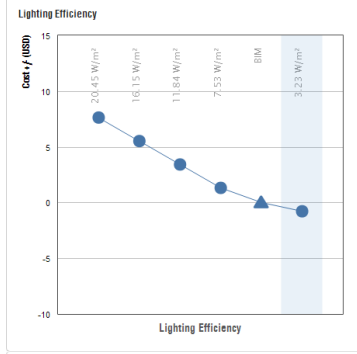
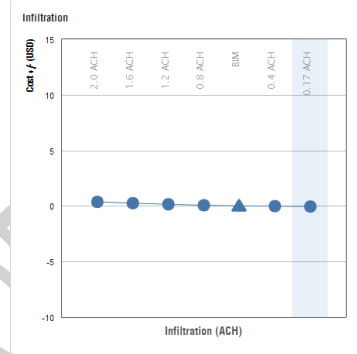
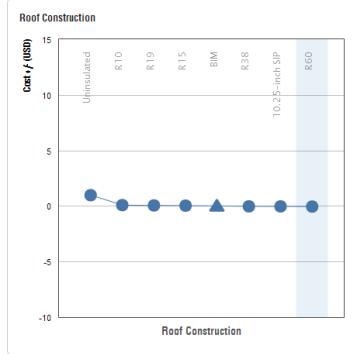
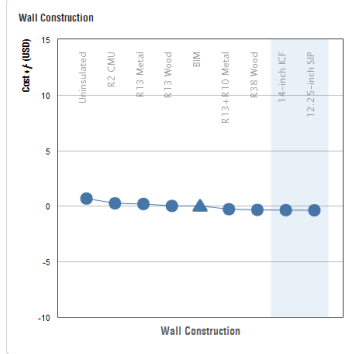
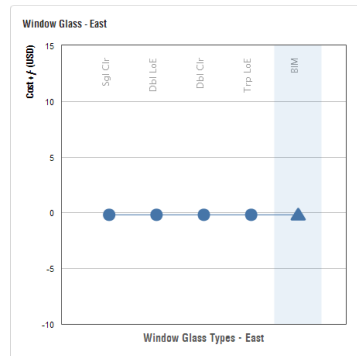
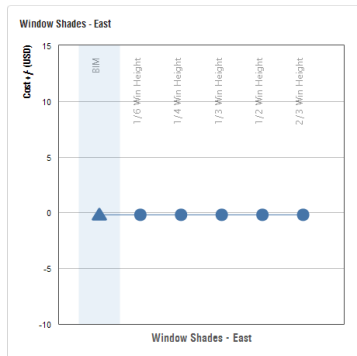
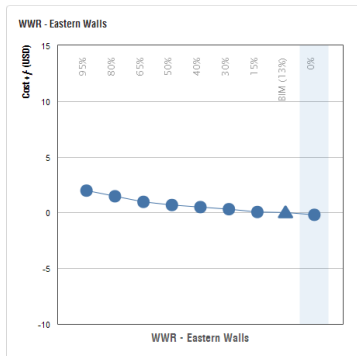


# APPENDIX X

## Instructional Module Slides (slides advance from left to right)

### Efficiency Mode





**APPENDIX**  
**Of**  
**AUTODESK**  
**GREEN BUILDING STUDIO**

ABDULAMIR REZASOHOUSH

## APPENDIX A

## Conceptual Mass / Module-1

AUTODESK  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon  
Beta | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Amir!

My Projects &gt; Conceptual Mass - Present

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Return table to original sort

Actions

								Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>					Potential Energy Savings
Name		Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) (2)	Electric Cost (¢/kWh)	Fuel Cost (¢/MJ)	Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare		
Project Default Utility Rates														Weather Data: GBS_06M12_12_002300		
Project Default Utility Rates		--	--	--	--	\$0.00	\$0.00	--	--	--	--	--	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Conceptual Mass - Present_ASHRAE 90.1-2010	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-116.8	\$0.00	\$0.00	-\$1,215,422	\$13.178	-\$1,202,244	-8,845,866	9,592,422	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Operating Schedule_12/5	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-129.2	\$0.00	\$0.00	-\$873,684	-\$2,368	-\$876,052	-6,358,690	-1,723,782	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_High Eff. VAV	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	9.9	\$0.00	\$0.00	-\$818,934	\$32,081	-\$786,854	-5,960,220	23,351,102	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-127.7	\$0.00	\$0.00	-\$758,569	-\$6,124	-\$764,693	-5,520,880	-4,457,659	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-59.5	\$0.00	\$0.00	-\$643,778	\$7,594	-\$636,184	-4,685,430	5,527,862	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Operating Schedule_12/6	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-76.0	\$0.00	\$0.00	-\$494,177	-\$2,102	-\$496,279	-3,596,630	-1,530,054	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Operating Schedule_12/7	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-36.6	\$0.00	\$0.00	-\$262,439	-\$126	-\$262,566	-1,910,040	-91,814	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_High Eff. Heat Pump	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-51.7	\$0.00	\$0.00	-\$188,440	-\$6,759	-\$195,199	-1,371,470	-4,919,854	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_High Eff. Package System	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-21.6	\$0.00	\$0.00	-\$167,253	\$364	-\$166,889	-1,217,270	264,715	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Min / Max Form_Min Form	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-42.9	\$0.00	\$0.00	-\$158,039	-\$5,549	-\$163,588	-1,150,210	-4,038,850	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Lighting_Efficiency_0.3 W/sf	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-19.1	\$0.00	\$0.00	-\$149,454	\$386	-\$149,068	-1,087,730	281,144	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_ASHRAE VAV	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	101.1	\$0.00	\$0.00	-\$144,961	\$31,689	-\$113,272	-1,055,030	23,066,402	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-17.8	\$0.00	\$0.00	-\$76,595	-\$1,915	-\$78,510	-567,480	-1,393,983	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-16.0	\$0.00	\$0.00	-\$65,526	-\$1,835	-\$67,361	-476,900	-1,335,748	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-8.0	\$0.00	\$0.00	-\$65,768	\$268	-\$65,502	-478,660	193,876	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-15.4	\$0.00	\$0.00	-\$58,135	-\$1,926	-\$60,061	-423,110	-1,402,036	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_65% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-13.9	\$0.00	\$0.00	-\$57,190	-\$1,573	-\$58,763	-416,230	-1,144,857	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-9.0	\$0.00	\$0.00	-\$56,460	-\$335	-\$56,795	-410,920	-243,822	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-10.2	\$0.00	\$0.00	-\$56,000	-\$647	-\$56,647	-407,570	-471,199	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-12.7	\$0.00	\$0.00	-\$54,173	-\$1,388	-\$55,560	-394,270	-1,010,081	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_95% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-12.0	\$0.00	\$0.00	-\$51,699	-\$1,277	-\$52,977	-376,270	-929,543	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_Trip LoE	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-14.8	\$0.00	\$0.00	-\$50,602	-\$2,047	-\$52,649	-368,280	-1,489,878	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Sgl C	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-3.1	\$0.00	\$0.00	-\$52,792	\$1,096	-\$51,695	-384,220	798,078	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Northern Walls_0% - Window Shades - North_No change - Window Glass Types - North_No change	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-20.1	\$0.00	\$0.00	-\$47,516	-\$3,557	-\$51,073	-345,820	-2,589,457	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
HVAC Types_ASHRAE Package System	5/30/2018 11:02 AM	amirsorouh	190,546	-1.7	\$0.00	\$0.00	-\$50,216	\$1,366	-\$48,850	-365,470	994,228	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-5.7	\$0.00	\$0.00	-\$44,953	\$124	-\$44,829	-327,170	90,052	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-7.8	\$0.00	\$0.00	-\$44,199	-\$460	-\$44,659	-321,680	-334,735	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-9.0	\$0.00	\$0.00	-\$43,692	-\$785	-\$44,477	-317,990	-571,396	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																
WWR - Northern Walls_30% - Window Shades - North_2/3 Win Height - Window Glass Types - North_Trip L	5/30/2018 11:01 AM	amirsorouh	190,546	-16.6	\$0.00	\$0.00	-\$41,353	-\$2,861	-\$44,214	-300,970	-2,082,430	--	📊			
Alternate Run of Conceptual Mass - Present																

## Conceptual Mass / Module-1

Page 2/8



## Conceptual Mass / Module-1

Page 3/8

## Conceptual Mass / Module-1

Page 4/8

## APPENDIX A

## Conceptual Mass / Module-1

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-1

Page 6/8

## Conceptual Mass / Module-1

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Conceptual Mass / Module-1

Page 1 of 1 Show ▼



## Conceptual Mass / Module-2



AUTODESK®  
GREEN BUILDING STUDIO®

Downloads | Help | Sign Out

Insight | Project Solon | Classic

My Projects

## Dashboards

## My Profile

**My Account** 

Welcome, Amir!

[My Projects](#) > **Conceptual Mass - Alt. BC-Hor.\_AD-Ver.**

### Run List

Run Charts

Project Defaults

### Details















































### Project Members

Utility Information

Weather Station

[Return table to original sort](#)

Actions ▾

								Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>					
Name		Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (kWh/m²year) <sup>2</sup>	Electric Cost (\$/kWh)	Fuel Cost (\$/MJ)	Electric	Fuel	Energy <sup>3</sup>	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare	Potential Energy Savings	
Project Default Utility Rates																Weather Data: GBS 06M12 12 002300
Project Default Utility Rates		--	--	--	--	\$0.00	\$0.00	--	--	--	--	--	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver., ASHRAE 90.1-2010	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-134.7	\$0.00	\$0.00	-\$1,300,108	\$6,935	-\$1,291,172	-9,462,210	6,503,879	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Operating Schedule_12/5	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-119.8	\$0.00	\$0.00	-\$941,187	\$202	-\$940,985	-6,849,980	147,380	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_High Eff. VAV	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	19.2	\$0.00	\$0.00	-\$862,758	\$36,442	-\$826,316	-6,279,170	26,525,799	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-115.0	\$0.00	\$0.00	-\$795,439	-\$3,680	-\$799,119	-6,789,220	-2,678,605	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-42.7	\$0.00	\$0.00	-\$670,138	\$12,113	-\$658,025	-4,877,280	8,816,969	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Operating Schedule_12/6	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-66.2	\$0.00	\$0.00	-\$533,267	\$602	-\$532,665	-3,881,130	438,367	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Operating Schedule_12/7	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-27.4	\$0.00	\$0.00	-\$286,779	\$2,626	-\$284,153	-2,087,180	1,911,439	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_High Eff. Heat Pump	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-45.3	\$0.00	\$0.00	-\$232,749	-\$4,362	-\$237,111	-1,693,950	-3,175,342	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Min / Max Form_Min Form	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-36.1	\$0.00	\$0.00	-\$187,170	-\$3,406	-\$190,576	-1,362,230	-2,479,166	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_High Eff. Package System	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-22.5	\$0.00	\$0.00	-\$181,647	\$220	-\$181,427	-1,322,030	159,842	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Lighting Efficiency_0.3 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-19.3	\$0.00	\$0.00	-\$160,041	\$347	-\$159,694	-1,164,780	252,255	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_ASHRAE VAV	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	104.8	\$0.00	\$0.00	-\$143,454	\$34,615	-\$108,839	-1,044,060	25,195,699	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-9.8	\$0.00	\$0.00	-\$80,128	\$139	-\$79,989	-583,170	101,117	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-8.4	\$0.00	\$0.00	-\$72,663	\$258	-\$72,404	-528,840	187,893	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-9.7	\$0.00	\$0.00	-\$68,008	-\$285	-\$68,293	-494,960	-207,546	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-9.2	\$0.00	\$0.00	-\$58,758	-\$465	-\$59,223	-427,640	-338,784	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_65% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-8.4	\$0.00	\$0.00	-\$58,564	-\$633	-\$59,097	-426,230	-387,975	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-5.6	\$0.00	\$0.00	-\$56,127	\$445	-\$55,682	-408,490	323,837	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-6.4	\$0.00	\$0.00	-\$55,705	\$201	-\$55,503	-405,420	146,597	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-8.1	\$0.00	\$0.00	-\$53,791	-\$341	-\$54,132	-391,490	-248,554	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_95% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-9.0	\$0.00	\$0.00	-\$52,969	-\$627	-\$53,596	-385,510	-456,543	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-9.2	\$0.00	\$0.00	-\$50,199	-\$788	-\$50,987	-365,350	-573,345	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_Trip LoE	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-8.8	\$0.00	\$0.00	-\$49,906	-\$682	-\$50,588	-383,220	-496,397	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Sgl C	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-1.6	\$0.00	\$0.00	-\$51,267	\$1,389	-\$49,878	-373,120	1,011,122	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-5.9	\$0.00	\$0.00	-\$49,442	\$127	-\$49,315	-359,840	92,724	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	HVAC Types_ASHRAE Package System	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-3.1	\$0.00	\$0.00	-\$50,173	\$921	-\$49,252	-365,160	670,372	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Northern Walls_0% - Window Shades - North_No change - Window Glass Types - North_No change	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-15.5	\$0.00	\$0.00	-\$43,563	-\$2,779	-\$46,342	-317,050	-2,023,025	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Trip LoE	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-7.4	\$0.00	\$0.00	-\$40,315	-\$621	-\$40,935	-293,410	-451,984	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 11:21 AM	amirsoroush	204,554	-4.6	\$0.00	\$0.00	-\$40,848	\$169	-\$40,679	-297,290	122,917	--			
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.																

## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]



## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-2

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-2

<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West 1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	29.0	\$0.00	\$0.00	\$161,338	\$2,349	\$163,687	1,174,220	1,710,066	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South 1/3 Win Height -- Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	26.7	\$0.00	\$0.00	\$169,993	\$1,371	\$171,364	1,237,210	998,054	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South 1/3 Win Height -- Window Glass Types - South_Dbl C	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	24.5	\$0.00	\$0.00	\$172,301	\$690	\$172,991	1,254,010	501,961	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_95% -- Window Shades - North_No change -- Window Glass Types - North_Sgl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	61.5	\$0.00	\$0.00	\$163,131	\$11,406	\$174,537	1,187,270	8,302,449	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_225	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	20.6	\$0.00	\$0.00	\$183,969	-\$819	\$183,150	1,338,930	-596,114	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_45	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	23.2	\$0.00	\$0.00	\$185,347	-\$156	\$185,192	1,348,960	-113,194	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_270	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	23.1	\$0.00	\$0.00	\$190,636	-\$381	\$190,255	1,387,450	-277,177	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South 1/3 Win Height -- Window Glass Types - South_Dbl L	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	21.8	\$0.00	\$0.00	\$193,208	-\$837	\$192,370	1,406,170	-609,585	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	27.6	\$0.00	\$0.00	\$199,811	\$553	\$200,364	1,454,230	402,727	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	26.6	\$0.00	\$0.00	\$201,526	\$222	\$201,748	1,466,710	161,289	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_0.6 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	24.7	\$0.00	\$0.00	\$205,511	-\$447	\$205,064	1,495,710	-325,365	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_90	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	27.1	\$0.00	\$0.00	\$214,020	-\$81	\$213,939	1,557,840	-58,979	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	26.0	\$0.00	\$0.00	\$217,573	-\$533	\$217,040	1,583,500	-388,149	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	28.3	\$0.00	\$0.00	\$225,821	-\$174	\$225,647	1,643,630	-126,770	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	27.2	\$0.00	\$0.00	\$228,713	-\$687	\$228,127	1,664,580	-426,967	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl LoE	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	27.1	\$0.00	\$0.00	\$253,814	-\$1,510	\$252,304	1,847,260	-1,096,849	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	39.4	\$0.00	\$0.00	\$256,436	\$1,774	\$260,210	1,880,800	1,291,410	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South 1/3 Win Height -- Window Glass Types - South_Sgl C	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	48.1	\$0.00	\$0.00	\$258,826	\$4,214	\$263,040	1,883,740	3,067,379	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_0.7 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	32.0	\$0.00	\$0.00	\$264,810	-\$531	\$264,278	1,927,290	-386,649	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	47.9	\$0.00	\$0.00	\$333,005	\$1,461	\$334,467	2,423,620	1,063,766	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	61.7	\$0.00	\$0.00	\$477,271	\$160	\$477,431	3,473,590	116,451	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	60.4	\$0.00	\$0.00	\$484,078	-\$459	\$483,619	3,523,130	-334,125	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Operating Schedule_24/7	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	110.4	\$0.00	\$0.00	\$473,555	\$13,972	\$487,526	3,446,540	10,169,919	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl LoE	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	61.7	\$0.00	\$0.00	\$529,880	-\$1,721	\$528,160	3,856,480	-1,252,369	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	88.4	\$0.00	\$0.00	\$618,064	\$2,587	\$620,671	4,498,430	1,852,766	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.1 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	83.3	\$0.00	\$0.00	\$685,582	-\$1,258	\$684,324	4,989,880	-915,447	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.0 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	83.0	\$0.00	\$0.00	\$685,759	\$1,366	\$684,393	4,990,970	-994,324	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Form_Max Form	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	190.8	\$0.00	\$0.00	\$980,668	\$18,313	\$999,001	7,137,470	13,329,829	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.3 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	127.1	\$0.00	\$0.00	\$1,044,997	-\$1,899	\$1,043,098	7,605,510	-1,382,596	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.5 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	135.2	\$0.00	\$0.00	\$1,106,234	-\$1,936	\$1,104,398	8,051,190	-1,336,386	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.6 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	171.8	\$0.00	\$0.00	\$1,405,437	-\$2,304	\$1,403,133	10,228,800	-1,676,933	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.9 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	188.1	\$0.00	\$0.00	\$1,531,664	-\$2,265	\$1,529,398	11,147,480	-1,648,881	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_2.0 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	232.4	\$0.00	\$0.00	\$1,890,278	-\$2,725	\$1,887,552	13,757,480	-1,983,829	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_2.6 W/sf	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	324.8	\$0.00	\$0.00	\$2,621,155	-\$3,086	\$2,618,069	19,076,820	-2,246,283	--	
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. BC-Hor., AD-Ver.														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Internal Loads_Max Internal Loads	5/30/2018 11:21 AM	amisoroush	204,554	547.1	\$0.00	\$0.00	\$4,298,277	-\$983	\$4,297,295	31,282,950	-715,285	--	

<



## APPENDIX C

## Conceptual Mass / Module-3

AUTODESK  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon | Classic

My Projects | Dashboards | My Profile | My Account | Welcome, Amir!

My Projects &gt; Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical

Run List	Run Charts	Project Defaults	Project Details	Project Members	Utility Information	Weather Station
Actions						
Return table to original sort						
Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year)	Electric Cost (¢/kWh)	Fuel Cost (¢/MJ)
Project Default Utility Rates						
Project Default Utility Rates						
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical_ASHRAE 90.1-2010	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-145.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Operating Schedule_12/5	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-124.5	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_High Eff. VAV	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	33.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-118.4	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-41.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Operating Schedule_12/6	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-69.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Operating Schedule_12/7	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-28.7	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Min / Max Form_Min Form	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-48.3	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_High Eff. Heat Pump	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-47.9	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_High Eff. Package System	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-24.3	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
Lighting Efficiency_0.3 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-19.3	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-17.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-14.9	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Trip LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-15.3	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-14.7	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_1/3 Win Height - Window Glass Types - West_Trip LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-14.8	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_Trip LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-14.2	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_60% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-14.4	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
HVAC Types_ASHRAE VAV	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	120.7	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-11.9	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Dbl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-12.3	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-12.9	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-13.4	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Trip LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-12.7	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_95% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-13.4	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Western Walls_30% - Window Shades - West_2/3 Win Height - Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-9.1	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-10.8	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	-10.0	\$0.00	\$0.00
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical						

## Conceptual Mass / Module-3

[illegible]



### Conceptual Mass / Module-3

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Conceptual Mass / Module-3

Page 4/8

## Conceptual Mass / Module-3

[illegible]

## Conceptual Mass / Module-3

Page 6/8

## Conceptual Mass / Module-3

Page 7/8



## APPENDIX C

## Conceptual Mass / Module-3

<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	28.8	\$0.00	\$0.00	\$205,524	\$917	\$206,441	1,495,810	667,172	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	27.8	\$0.00	\$0.00	\$208,364	\$527	\$208,892	1,516,480	383,956	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	22.8	\$0.00	\$0.00	\$210,550	-\$1,010	\$209,541	1,532,390	-734,881	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 0.6 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	24.8	\$0.00	\$0.00	\$212,062	-\$487	\$211,575	1,543,390	-354,359	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees), 90	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	26.3	\$0.00	\$0.00	\$211,775	-\$42	\$211,732	1,541,300	-30,754	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South_1/3 Win Height -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	45.0	\$0.00	\$0.00	\$209,751	\$5,417	\$215,168	1,526,570	3,943,169	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 65% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	31.6	\$0.00	\$0.00	\$219,290	\$1,204	\$220,495	1,596,000	876,677	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	31.8	\$0.00	\$0.00	\$227,320	\$999	\$228,320	1,654,440	727,514	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	27.5	\$0.00	\$0.00	\$229,120	-\$314	\$228,806	1,667,540	-228,790	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Dbl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	31.2	\$0.00	\$0.00	\$234,510	\$558	\$235,068	1,706,770	406,106	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	32.0	\$0.00	\$0.00	\$267,981	-\$432	\$267,549	1,950,370	-314,270	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	42.4	\$0.00	\$0.00	\$265,097	\$2,671	\$267,768	1,929,380	1,944,490	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 0.7 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	32.2	\$0.00	\$0.00	\$273,344	-\$566	\$272,777	1,989,400	-412,094	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 65% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	42.6	\$0.00	\$0.00	\$276,239	\$2,334	\$278,573	2,010,470	1,698,959	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	44.9	\$0.00	\$0.00	\$276,865	\$2,965	\$279,830	2,015,030	2,158,215	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	43.2	\$0.00	\$0.00	\$333,279	\$452	\$333,731	2,425,610	328,997	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	42.5	\$0.00	\$0.00	\$337,831	\$96	\$337,927	2,458,740	70,093	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	43.6	\$0.00	\$0.00	\$366,716	-\$626	\$366,091	2,668,970	-455,517	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	58.0	\$0.00	\$0.00	\$409,420	\$1,977	\$411,397	2,979,770	1,438,970	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_No change	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	55.1	\$0.00	\$0.00	\$411,821	\$1,061	\$412,882	2,997,240	772,141	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	63.7	\$0.00	\$0.00	\$420,158	\$362	\$420,520	3,057,920	263,303	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl LoE	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	54.5	\$0.00	\$0.00	\$464,380	-\$1,015	\$463,366	3,379,770	-738,673	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Operating Schedule, 24/7	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	114.0	\$0.00	\$0.00	\$489,441	\$15,243	\$504,684	3,562,160	11,095,369	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	80.2	\$0.00	\$0.00	\$531,992	\$3,970	\$535,962	3,871,850	2,889,679	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.1 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	83.7	\$0.00	\$0.00	\$707,464	-\$1,325	\$706,139	5,148,940	-964,548	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 1.0 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	83.4	\$0.00	\$0.00	\$707,614	-\$1,440	\$706,174	5,150,030	-1,048,156	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 1.3 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	127.6	\$0.00	\$0.00	\$1,077,915	-\$2,022	\$1,075,894	7,845,090	-1,471,505	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Min / Max Form_Max Form	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	209.8	\$0.00	\$0.00	\$1,117,761	\$20,254	\$1,138,016	8,135,090	14,742,969	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.5 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	135.7	\$0.00	\$0.00	\$1,141,003	-\$1,958	\$1,139,046	8,304,240	-1,424,006	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 1.6 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	172.3	\$0.00	\$0.00	\$1,446,405	-\$2,450	\$1,445,955	10,541,520	-1,783,204	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.9 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	188.3	\$0.00	\$0.00	\$1,575,619	-\$2,429	\$1,573,190	11,467,390	-1,768,212	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 2.0 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	232.4	\$0.00	\$0.00	\$1,942,409	-\$2,908	\$1,939,503	14,136,890	-2,417,928	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 2.6 W/sf	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	324.0	\$0.00	\$0.00	\$2,687,113	-\$3,321	\$2,683,791	19,556,860	-2,417,542	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
<input type="checkbox"/>	Min / Max Internal Loads_Max Internal Loads	5/30/2018 12:00 PM	amirsorouh	209,854	546.9	\$0.00	\$0.00	\$4,408,192	-\$1,003	\$4,407,189	32,082,910	-730,099	--		
Alternate Run of Conceptual Mass - Alt. ABCD - Vertical															
Page 1 of 1  Show															

## APPENDIX D

## BLOCK A

AUTODESK  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon  
Beta | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Amir!

My Projects &gt; 14-Block A

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Actions

Return table to original sort

								Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>				
Name		Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) (2)	Electric Cost (\$/kWh)	Fuel Cost (\$/MJ)	Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare	Potential Energy Savings
Project Default Utility Rates															Weather Data: GBS 06M12 12 00Z300
Project Default Utility Rates		--	--	--	--	\$0.00	\$0.00	--	--	--	--	--	--		
Alternate Run of 14-Block A															
14-Block A_ASHRAE 90.1-2010		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-126.7	\$0.00	\$0.00	-\$174,850	\$1,657	-\$173,193	-1,272,563	1,206,218	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_High Eff. VAV		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	6.6	\$0.00	\$0.00	-\$126,309	\$4,790	-\$121,519	-919,280	3,486,321	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Operating Schedule_1215		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-133.3	\$0.00	\$0.00	-\$115,549	-\$720	-\$116,268	-840,967	-523,782	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-25.3	\$0.00	\$0.00	-\$103,216	\$2,790	-\$100,426	-751,209	2,030,850	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-126.3	\$0.00	\$0.00	-\$83,491	-\$1,615	-\$85,106	-607,652	-1,175,592	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Operating Schedule_1216		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-78.6	\$0.00	\$0.00	-\$64,287	-\$562	-\$64,848	-467,880	-408,868	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Operating Schedule_1217		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-38.6	\$0.00	\$0.00	-\$33,482	-\$208	-\$33,690	-243,665	-151,186	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_ASHRAE VAV		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	115.7	\$0.00	\$0.00	-\$27,193	\$5,214	-\$21,979	-197,913	3,795,262	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Lighting Efficiency_0.3 W/sf		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-15.5	\$0.00	\$0.00	-\$21,187	\$196	-\$20,991	-154,200	142,765	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_High Eff. Package System		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-16.8	\$0.00	\$0.00	-\$19,662	\$95	-\$19,568	-143,104	68,831	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_High Eff. Heat Pump		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-60.9	\$0.00	\$0.00	-\$14,548	-\$1,704	-\$16,252	-105,881	-1,240,466	--		
Alternate Run of 14-Block A															
HVAC Types_ASHRAE Package System		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-3.1	\$0.00	\$0.00	-\$16,501	\$480	-\$16,021	-120,092	349,389	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-7.6	\$0.00	\$0.00	-\$10,280	\$93	-\$10,186	-74,815	68,027	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-7.1	\$0.00	\$0.00	-\$9,610	\$87	-\$9,524	-69,944	62,985	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Min / Max Form_Min Form		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-4.9	\$0.00	\$0.00	-\$9,569	\$164	-\$9,404	-69,640	119,411	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Min / Max Internal Loads_Min Internal Loads		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-14.5	\$0.00	\$0.00	-\$4,313	-\$375	-\$4,688	-31,391	-273,143	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Building Orientation (Degrees)_180		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	10.6	\$0.00	\$0.00	-\$4,993	\$566	-\$4,427	-36,338	411,967	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Wall Construction_14-inch ICF		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-21.3	\$0.00	\$0.00	-\$3,694	-\$647	-\$4,341	-26,884	-471,055	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Wall Construction_12.25-inch SIP		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-23.4	\$0.00	\$0.00	-\$3,443	-\$731	-\$4,174	-25,058	-531,980	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Min / Max Envelope_Min Envelope		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-25.9	\$0.00	\$0.00	-\$3,259	-\$829	-\$4,089	-23,722	-603,627	--		
Alternate Run of 14-Block A															
WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-3.9	\$0.00	\$0.00	-\$4,044	\$4	-\$4,040	-29,433	2,786	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Wall Construction_R08 Wood		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-23.7	\$0.00	\$0.00	-\$3,271	-\$749	-\$4,020	-23,809	-544,979	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Building Orientation (Degrees)_225		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	10.7	\$0.00	\$0.00	-\$4,410	\$550	-\$3,860	-32,096	400,040	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Wall Construction_R13-R10 Metal		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-14.7	\$0.00	\$0.00	-\$3,284	-\$419	-\$3,703	-23,901	-305,221	--		
Alternate Run of 14-Block A															
WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	2.6	\$0.00	\$0.00	-\$3,079	\$204	-\$2,875	-22,412	148,612	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Building Orientation (Degrees)_270		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	9.6	\$0.00	\$0.00	-\$3,208	\$466	-\$2,742	-23,349	339,194	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Wall Construction_R2 CMU		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	30.9	\$0.00	\$0.00	-\$3,661	\$1,264	-\$2,397	-26,644	920,245	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Building Orientation (Degrees)_135		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	11.2	\$0.00	\$0.00	-\$1,836	\$476	-\$1,360	-13,359	346,472	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Daylighting & Occupancy Control_Daylighting Controls		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-0.6	\$0.00	\$0.00	-\$838	\$7	-\$830	-6,096	5,267	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Infiltration (ACH)_0.17 ACH		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-11.4	\$0.00	\$0.00	-\$422	-\$403	-\$825	-3,070	-293,625	--		
Alternate Run of 14-Block A															
WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	7.3	\$0.00	\$0.00	-\$1,030	\$306	-\$724	-7,499	222,666	--		
Alternate Run of 14-Block A															
WWR - Eastern Walls_0% - Window Shades - East_No change - Window Glass Types - East_No change		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-1.9	\$0.00	\$0.00	-\$462	-\$52	-\$515	-3,363	-38,173	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Infiltration (ACH)_0.4 ACH		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	-3.6	\$0.00	\$0.00	-\$136	-\$128	-\$265	-992	-93,383	--		
Alternate Run of 14-Block A															
Building Orientation (Degrees)_315		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	6.3	\$0.00	\$0.00	-\$417	\$246	-\$171	-3,035	178,729	--		
Alternate Run of 14-Block A															
WWR - Northern Walls_0% - Window Shades - North_No change - Window Glass Types - North_No change		2/21/2018 7:47 PM	amirsoroush	26,637	0.0	\$0.00	\$0.00	-\$31	\$0	-\$31	-224	-345	--		

## BLOCK A

Page 2/8



## BLOCK A

Page 3/8

## BLOCK A

Page 4/8

## BLOCK A

Page 5/8

## BLOCK A

Page 6/8

## BLOCK A

Page 7/8

## APPENDIX D

## BLOCK A

<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	74.4	\$0.00	\$0.00	\$72,198	\$126	\$72,324	\$25,459	91,368	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_65% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	82.7	\$0.00	\$0.00	\$75,287	\$318	\$75,605	\$47,943	231,414	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	69.8	\$0.00	\$0.00	\$76,580	-\$203	\$76,378	\$57,352	-147,456	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.0 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	63.8	\$0.00	\$0.00	\$80,090	-\$546	\$79,543	\$82,895	-397,771	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls_95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	82.8	\$0.00	\$0.00	\$79,671	\$162	\$79,833	\$79,844	118,149	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	101.3	\$0.00	\$0.00	\$82,887	\$723	\$83,610	\$63,263	626,509	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_No change	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	87.7	\$0.00	\$0.00	\$85,234	\$143	\$85,376	\$20,332	103,780	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	84.1	\$0.00	\$0.00	\$86,393	-\$34	\$86,360	\$28,773	-24,452	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls_95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	106.7	\$0.00	\$0.00	\$86,387	\$794	\$87,181	\$28,723	577,951	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_65% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_No change	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	82.0	\$0.00	\$0.00	\$87,685	-\$155	\$87,530	\$38,170	-112,860	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_65% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	80.4	\$0.00	\$0.00	\$88,416	-\$241	\$88,175	\$43,495	-175,490	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls_95% -- Window Shades - East_No change -- Window Glass Types - East_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	83.2	\$0.00	\$0.00	\$89,218	-\$166	\$89,052	\$48,333	-121,184	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.1 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	73.2	\$0.00	\$0.00	\$91,012	-\$598	\$90,414	\$62,388	-435,358	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_65% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	80.4	\$0.00	\$0.00	\$93,927	-\$439	\$93,489	\$83,606	-319,418	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	80.3	\$0.00	\$0.00	\$94,803	-\$474	\$94,329	\$89,979	-344,993	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_No change	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	96.2	\$0.00	\$0.00	\$96,083	\$63	\$96,146	\$99,295	45,790	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	93.8	\$0.00	\$0.00	\$97,143	-\$66	\$97,077	\$707,009	-47,992	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	91.5	\$0.00	\$0.00	\$103,380	-\$371	\$103,009	\$752,401	-270,168	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_65% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	104.9	\$0.00	\$0.00	\$104,095	\$93	\$104,188	\$757,609	67,485	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	121.9	\$0.00	\$0.00	\$110,459	\$485	\$110,945	\$803,926	353,226	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_95% -- Window Shades - South_No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	128.6	\$0.00	\$0.00	\$113,409	\$623	\$114,032	\$25,392	453,501	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.3 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	96.3	\$0.00	\$0.00	\$118,456	-\$740	\$117,715	\$82,122	-538,950	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_No change	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	126.8	\$0.00	\$0.00	\$134,737	-\$209	\$134,528	\$90,622	-152,284	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	125.3	\$0.00	\$0.00	\$136,313	-\$322	\$135,992	\$92,092	-234,216	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.5 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	119.2	\$0.00	\$0.00	\$143,195	-\$830	\$142,365	\$1,042,176	-603,869	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	127.8	\$0.00	\$0.00	\$145,261	-\$554	\$144,707	\$1,057,210	-403,051	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_95% -- Window Shades - West_No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cir	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	155.3	\$0.00	\$0.00	\$153,601	\$155	\$153,756	\$1,117,914	112,817	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_1.6 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	133.5	\$0.00	\$0.00	\$160,520	-\$892	\$159,628	\$1,168,265	-649,016	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_1.9 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	168.5	\$0.00	\$0.00	\$199,139	-\$1,002	\$198,137	\$1,449,339	-729,304	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_2.0 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	184.5	\$0.00	\$0.00	\$216,706	-\$1,049	\$215,657	\$1,577,193	-763,440	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency_2.8 W/sf	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	263.5	\$0.00	\$0.00	\$301,394	-\$1,206	\$300,178	\$2,193,481	-878,075	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Form_Max Form	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	424.8	\$0.00	\$0.00	\$344,518	\$3,145	\$347,663	\$2,507,406	2,289,193	--	
Alternate Run of 14-Block A														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Internal Loads_Max Internal Loads	2/21/2018 7:47 PM	amirsorouh	26,637	483.7	\$0.00	\$0.00	\$512,269	-\$738	\$511,532	\$3,728,306	-536,972	--	
Alternate Run of 14-Block A														



## APPENDIX E

## BLOCK B

AUTODESK  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon  
Beta | Classic

My Projects | Dashboards | My Profile | My Account | Welcome, Amir!

My Projects &gt; 17-Block B

Run List		Run Charts	Project Defaults	Project Details	Project Members	Utility Information	Weather Station										
Return table to original sort																	
Actions																	
								Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>			Carbon Emissions (Mg)	Compare	Potential Energy Savings	
<input type="checkbox"/>	Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) (?)	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)					
Project Default Utility Rates																	
Project Default Utility Rates																	
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	17-Block B_ASHRAE 90.1-2010	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	88.0	\$0.00	\$0.00	-173,669	\$9,746	-163,924	-1,263,970	7,093,736	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_High Eff. VAV	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	17.0	\$0.00	\$0.00	-129,185	\$5,326	-123,859	-940,212	3,676,509	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Operating Schedule_12/5	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-120.5	\$0.00	\$0.00	-121,104	-\$424	-121,528	-881,400	-308,663	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-26.8	\$0.00	\$0.00	-\$109,246	\$2,868	-106,378	-795,094	2,087,577	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-133.7	\$0.00	\$0.00	-\$70,366	-\$2,773	-73,139	-512,123	-2,018,551	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Operating Schedule_12/6	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-62.0	\$0.00	\$0.00	-\$65,223	-\$113	-\$65,336	-474,694	-82,305	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Operating Schedule_12/7	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-15.3	\$0.00	\$0.00	-\$31,603	\$529	-31,075	-230,010	384,733	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency_0.3 W/sf	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-15.9	\$0.00	\$0.00	-\$23,185	\$205	-\$22,980	-168,743	149,563	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_High Eff. Package System	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-15.2	\$0.00	\$0.00	-\$21,248	\$163	-\$21,085	-154,643	118,809	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_ASHRAE VAV	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	120.5	\$0.00	\$0.00	-\$26,448	\$5,736	-\$20,712	-192,489	4,175,144	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_ASHRAE Package System	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	0.7	\$0.00	\$0.00	-\$16,991	\$639	-16,352	-123,663	-465,201	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-7.8	\$0.00	\$0.00	-\$11,479	\$104	-\$11,374	-83,541	75,908	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-7.2	\$0.00	\$0.00	-\$10,500	\$92	-\$10,408	-76,418	66,687	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	HVAC Types_High Eff. Heat Pump	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-77.8	\$0.00	\$0.00	-\$6,063	-\$2,870	-\$8,933	-44,127	-2,089,260	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Min / Max Form_Min Form	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-7.7	\$0.00	\$0.00	-\$8,029	-\$16	-\$8,045	-58,436	-11,920	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Min / Max Internal Loads_Min Internal Loads	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-19.8	\$0.00	\$0.00	-\$4,744	-\$616	-\$5,360	-34,529	-448,136	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Wall Construction_12.25-inch SIP	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-30.7	\$0.00	\$0.00	-\$3,785	-\$1,083	-\$4,867	-27,544	-788,147	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Min / Max Envelope_Min Envelope	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-34.2	\$0.00	\$0.00	-\$3,541	-\$1,229	-\$4,770	-25,772	-894,272	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Wall Construction_14-inch ICF	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-27.2	\$0.00	\$0.00	-\$3,607	-\$951	-\$4,557	-26,249	-691,893	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Wall Construction_R38 Wood	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-30.9	\$0.00	\$0.00	-\$3,346	-\$1,108	-\$4,454	-24,353	-806,256	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Wall Construction_R13+R10 Metal	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-17.2	\$0.00	\$0.00	-\$3,228	-\$568	-\$3,795	-23,490	-413,404	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	3.3	\$0.00	\$0.00	-\$3,426	\$255	-\$3,171	-24,937	185,629	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-2.8	\$0.00	\$0.00	-\$2,960	-\$5	-\$2,965	-21,544	-3,328	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_180	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	6.1	\$0.00	\$0.00	-\$3,153	\$354	-\$2,799	-22,947	257,725	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Northern Walls_0% - Window Shades - North_No change - Window Glass Types - North_No change	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-6.3	\$0.00	\$0.00	-\$1,234	-\$204	-\$1,438	-8,983	-148,621	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls_0% - Window Shades - East_No change - Window Glass Types - East_No change	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-3.3	\$0.00	\$0.00	-\$1,349	-\$83	-\$1,432	-9,819	-60,510	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Infiltration (ACH)_0.17 ACH	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-16.8	\$0.00	\$0.00	-\$595	-\$644	-\$1,238	-4,328	-468,429	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	1.9	\$0.00	\$0.00	-\$1,350	\$123	-\$1,227	-9,826	89,728	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Daylighting & Occupancy Control_Daylighting Controls	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-0.7	\$0.00	\$0.00	-\$1,178	\$14	-\$1,163	-8,571	10,407	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_135	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	7.6	\$0.00	\$0.00	-\$1,050	\$338	-\$712	-7,643	246,221	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	8.7	\$0.00	\$0.00	-\$1,051	\$385	-\$666	-7,650	280,198	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Building Orientation (Degrees)_225	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	8.3	\$0.00	\$0.00	-\$936	\$359	-\$478	-6,067	261,034	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	Infiltration (ACH)_0.4 ACH	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	-5.2	\$0.00	\$0.00	-\$181	-\$202	-\$382	-1,314	-146,849	--				
Alternate Run of 17-Block B																	
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	2/24/2018 11:46 PM	amirsorouh	28,887	0.5	\$0.00	\$0.00	-\$290	\$30	-\$230	-1,894	21,919	--				

## BLOCK B

Page 2/8



## BLOCK B

Page 3/8

## BLOCK B

Page 4/8

## BLOCK B

Page 5/8

## BLOCK B

Page 6/8

## BLOCK B

Page 7/8

## BLOCK B

 AUTODESK. © Copyright 2013 Autodesk, Inc. All rights reserved. [Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#)

Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others.

Version 2018.99.24.86 [DOE-2.2-48]



## APPENDIX F

## BLOCK C

AUTODESK  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon  
Beta | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Amir!

My Projects &gt; 17-Block C

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Actions

Return table to original sort

								Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>				
	Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) <sup>2</sup>	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Electric	Fuel	Energy <sup>3</sup>	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare	Potential Energy Savings
Project Default Utility Rates															
Weather Data: BAS 06M12 12 002300															
	Project Default Utility Rates	--	--	--	--	\$0.00	\$0.00	--	--	--	--	--			
	Alternate Run of 17-Block C														
	17-Block C_ASHRAE 90.1-2010	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-1.5	\$0.00	\$0.00	-\$192,639	\$6,875	-\$185,764	-1,402,030	5,004,022	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Operating Schedule_12/5	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-150.3	\$0.00	\$0.00	-\$131,133	-\$1,140	-\$132,273	-954,389	-829,966	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_High Eff. VAV	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	20.7	\$0.00	\$0.00	-\$133,130	\$5,600	-\$127,530	-968,925	4,076,221	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-46.5	\$0.00	\$0.00	-\$115,523	\$2,345	-\$113,178	-840,776	1,706,892	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-159.4	\$0.00	\$0.00	-\$89,026	-\$3,010	-\$92,036	-647,932	-2,190,842	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Operating Schedule_12/6	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-87.7	\$0.00	\$0.00	-\$73,872	-\$761	-\$74,633	-537,641	-553,915	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Operating Schedule_12/7	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-40.0	\$0.00	\$0.00	-\$38,730	-\$164	-\$38,894	-281,878	-119,285	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Min / Max Form_Min Form	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-26.5	\$0.00	\$0.00	-\$24,340	-\$156	-\$24,497	-177,150	-113,753	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Lighting Efficiency_0.3 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-17.0	\$0.00	\$0.00	-\$22,703	\$153	-\$22,550	-165,234	111,318	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_High Eff. Package System	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-16.2	\$0.00	\$0.00	-\$22,297	\$171	-\$22,126	-162,277	124,204	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_ASHRAE Package System	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	1.6	\$0.00	\$0.00	-\$16,556	\$657	-\$15,899	-120,495	478,326	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-9.9	\$0.00	\$0.00	-\$15,606	\$178	-\$15,429	-113,584	129,295	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_ASHRAE VAV	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	127.2	\$0.00	\$0.00	-\$21,053	\$5,719	-\$15,333	-153,221	4,163,007	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-10.0	\$0.00	\$0.00	-\$12,617	\$65	-\$12,551	-91,825	47,630	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Building Orientation (Degrees)_180	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	0.1	\$0.00	\$0.00	-\$12,964	\$470	-\$12,494	-84,353	342,078	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-8.3	\$0.00	\$0.00	-\$11,217	\$81	-\$11,136	-81,639	59,094	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-10.0	\$0.00	\$0.00	-\$10,166	-\$24	-\$10,190	-73,991	-17,125	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-7.8	\$0.00	\$0.00	-\$10,215	\$65	-\$10,150	-74,342	47,201	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	HVAC Types_High Eff. Heat Pump	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-85.3	\$0.00	\$0.00	-\$6,147	-\$3,106	-\$9,252	-44,736	-2,260,574	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Building Orientation (Degrees)_135	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	0.7	\$0.00	\$0.00	-\$8,355	\$329	-\$8,026	-60,810	239,404	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_65% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	3/7/2018 11:56 AM	amisoroush	28,384	-9.0	\$0.00	\$0.00	-\$7,581	-\$77	-\$7,658	-55,174	-56,090	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-4.1	\$0.00	\$0.00	-\$6,922	\$89	-\$6,833	-50,360	64,847	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	3/7/2018 11:56 AM	amisoroush	28,384	-2.2	\$0.00	\$0.00	-\$6,886	\$160	-\$6,726	-50,118	116,579	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Wall Construction_14-inch ICF	3/7/2018 11:56 AM	amisoroush	28,384	-29.0	\$0.00	\$0.00	-\$5,759	-\$925	-\$6,684	-41,912	-673,343	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Wall Construction_12.25-inch SIP	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-32.9	\$0.00	\$0.00	-\$5,575	-\$1,081	-\$6,656	-40,576	-786,728	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl L	3/7/2018 11:56 AM	amisoroush	28,384	-8.4	\$0.00	\$0.00	-\$6,486	-\$96	-\$6,581	-47,203	-69,544	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Min / Max Envelope_Min Envelope	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-36.0	\$0.00	\$0.00	-\$5,341	-\$1,213	-\$6,554	-38,871	-883,129	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Wall Construction_R13-R10 Metal	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-18.9	\$0.00	\$0.00	-\$5,897	-\$525	-\$6,422	-42,917	-382,425	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Wall Construction_R38 Wood	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-32.9	\$0.00	\$0.00	-\$5,305	-\$1,093	-\$6,399	-38,611	-795,877	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Min / Max Internal Loads_Min Internal Loads	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-14.2	\$0.00	\$0.00	-\$5,245	-\$366	-\$5,611	-38,173	-266,391	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-4.8	\$0.00	\$0.00	-\$4,175	-\$36	-\$4,212	-30,388	-26,365	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_Trip LoE	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	-8.2	\$0.00	\$0.00	-\$3,846	-\$180	-\$4,026	-27,989	-131,092	--		
	Alternate Run of 17-Block C														
	Building Orientation (Degrees)_225	3/6/2018 6:17 PM	amisoroush	28,384	8.3	\$0.00	\$0.00	-\$3,596	\$452	-\$3,144	-26,171	328,748	--		

## BLOCK C

Page 2/8



## BLOCK C

Page 3/8

## BLOCK C

Page 4/8

## BLOCK C

Page 5/8

## BLOCK C

Page 6/8

## BLOCK C

Page 7/8

## APPENDIX F

## BLOCK C

<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	84.9	\$0.00	\$0.00	\$86,594	\$195	\$86,789	630,234	142,172	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 65% -- Window Shades - South, No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	85.8	\$0.00	\$0.00	\$87,799	\$184	\$87,983	638,006	133,872	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 65% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_No change	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	80.9	\$0.00	\$0.00	\$88,951	-\$47	\$88,904	647,387	-34,524	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	80.1	\$0.00	\$0.00	\$91,931	-\$187	\$91,745	668,079	-135,852	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 65% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	81.5	\$0.00	\$0.00	\$92,860	-\$166	\$92,694	675,837	-120,598	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.1 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	75.6	\$0.00	\$0.00	\$98,231	-\$587	\$97,644	714,927	-427,122	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 65% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	81.2	\$0.00	\$0.00	\$98,602	-\$382	\$98,220	717,629	-277,959	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_2/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	115.1	\$0.00	\$0.00	\$98,538	\$939	\$99,477	717,162	683,780	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_No change	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	100.6	\$0.00	\$0.00	\$103,064	\$212	\$103,276	750,105	154,034	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	100.5	\$0.00	\$0.00	\$107,802	\$37	\$107,839	784,587	26,830	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 65% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	107.3	\$0.00	\$0.00	\$108,251	\$288	\$108,539	787,855	209,514	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South, No change -- Window Glass Types - South_No change	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	100.1	\$0.00	\$0.00	\$112,753	-\$155	\$112,598	820,618	-112,648	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South, No change -- Window Glass Types - South_Dbl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	96.3	\$0.00	\$0.00	\$114,065	-\$352	\$113,713	830,169	-256,105	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	98.3	\$0.00	\$0.00	\$114,767	-\$299	\$114,468	835,278	-217,907	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East, No change -- Window Glass Types - East_Dbl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	91.3	\$0.00	\$0.00	\$119,994	-\$759	\$119,236	873,322	-552,155	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South, No change -- Window Glass Types - South_Dbl LoE	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	91.3	\$0.00	\$0.00	\$122,320	-\$843	\$121,478	890,249	-613,256	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West_1/3 Win Height -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	131.0	\$0.00	\$0.00	\$121,124	\$747	\$121,870	881,540	543,499	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East, No change -- Window Glass Types - East_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	119.8	\$0.00	\$0.00	\$129,162	\$22	\$129,184	940,044	16,069	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Eastern Walls, 95% -- Window Shades - East, No change -- Window Glass Types - East_Dbl LoE	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	91.3	\$0.00	\$0.00	\$132,174	-\$1,199	\$130,975	961,966	-872,742	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 1.3 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	101.7	\$0.00	\$0.00	\$131,752	-\$776	\$130,976	958,893	-964,766	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_No change	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	122.4	\$0.00	\$0.00	\$132,760	-\$7	\$132,753	966,230	-5,320	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Southern Walls, 95% -- Window Shades - South, No change -- Window Glass Types - South_Sgl Cr	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	136.6	\$0.00	\$0.00	\$136,281	\$422	\$136,703	991,858	307,006	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Dbl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	124.0	\$0.00	\$0.00	\$138,757	-\$161	\$138,596	1,009,874	-117,287	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Dbl LoE	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	125.7	\$0.00	\$0.00	\$148,098	-\$428	\$147,670	1,077,858	-311,565	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	WWR - Western Walls, 95% -- Window Shades - West, No change -- Window Glass Types - West_Sgl Cr	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	155.0	\$0.00	\$0.00	\$154,824	\$470	\$155,294	1,126,813	341,961	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.5 W/sf	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	123.2	\$0.00	\$0.00	\$158,388	-\$896	\$157,492	1,152,753	-652,445	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 1.6 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	137.6	\$0.00	\$0.00	\$176,980	-\$1,004	\$175,975	1,288,062	-730,996	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Lighting Efficiency, 1.9 W/sf	3/7/2018 11:56 AM	amirsorouh	28,384	168.1	\$0.00	\$0.00	\$214,788	-\$1,175	\$213,613	1,563,231	-855,560	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 2.0 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	183.0	\$0.00	\$0.00	\$233,689	-\$1,276	\$232,413	1,700,794	-928,963	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Plug Load Efficiency, 2.6 W/sf	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	258.3	\$0.00	\$0.00	\$325,035	-\$1,628	\$323,407	2,365,613	-1,185,265	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Form_Max Form	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	452.2	\$0.00	\$0.00	\$391,271	\$3,551	\$394,822	2,847,680	2,584,773	--	
Alternate Run of 17-Block C														
<input type="checkbox"/>	Min / Max Internal Loads_Max Internal Loads	3/6/2018 6:17 PM	amirsorouh	28,384	481.4	\$0.00	\$0.00	\$553,004	-\$1,135	\$551,868	4,024,773	-826,426	--	





AUTODESK<sup>®</sup>

GREEN BUILDING STUDIO<sup>™</sup>

Downloads | Help | Sign Out

Insight | Project Solon | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Amir!

My Projects > 18-Block D

Run List	Run Charts	Project Defaults	Project Details	Project Members	Utility Information	Weather Station										
<div>Actions</div>																
<div>Return table to original sort</div>																
Project Default Utility Rates																
Weather Data: GBS_06M12_12_002300																
<input type="checkbox"/> Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) ⓘ	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Electric	Fuel	Energy ⚡	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)	Compare	<div>Info</div> Potential Energy Savings		
Project Default Utility Rates																
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> 18-Block D_ASHRAE 90.1-2010	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-107.7	\$0.00	\$0.00	-\$189,643	\$2,979	-\$186,664	-1,380,223	2,168,091	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/5	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-142.9	\$0.00	\$0.00	-\$130,006	-\$424	-\$130,430	-946,185	-308,448	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. VAV	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	61.4	\$0.00	\$0.00	-\$127,534	\$6,784	-\$120,750	-928,195	4,938,256	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-31.6	\$0.00	\$0.00	-\$112,552	\$2,924	-\$109,628	-819,155	2,128,093	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_ASHRAE Package Terminal Heat P	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-144.6	\$0.00	\$0.00	-\$102,827	-\$1,463	-\$104,290	-748,375	-1,065,061	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/6	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-83.8	\$0.00	\$0.00	-\$76,232	-\$250	-\$76,482	-554,616	-182,273	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/7	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-39.8	\$0.00	\$0.00	-\$42,901	\$124	-\$42,778	-312,236	89,977	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Min / Max Form_Min Form	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-30.7	\$0.00	\$0.00	-\$33,594	\$114	-\$33,481	-244,501	82,906	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-21.4	\$0.00	\$0.00	-\$24,537	\$119	-\$24,418	-178,581	86,443	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. Heat Pump	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-64.0	\$0.00	\$0.00	-\$20,416	-\$1,550	-\$21,966	-148,586	-1,128,336	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_135	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-9.0	\$0.00	\$0.00	-\$21,888	\$467	-\$21,421	-159,303	340,253	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. Package System	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-18.9	\$0.00	\$0.00	-\$21,046	\$84	-\$20,961	-153,170	61,288	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Lighting Efficiency_0.3 W/sf	3/8/2018 7:12 PM	amirsorouh	25,994	-17.4	\$0.00	\$0.00	-\$20,718	\$125	-\$20,593	-150,785	90,770	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_180	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-7.3	\$0.00	\$0.00	-\$20,165	\$464	-\$19,701	-146,764	337,688	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_ASHRAE Package System	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-5.2	\$0.00	\$0.00	-\$17,258	\$436	-\$16,822	-125,601	317,212	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-15.3	\$0.00	\$0.00	-\$16,646	\$53	-\$16,593	-121,147	38,325	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> HVAC Types_ASHRAE VAV	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	162.6	\$0.00	\$0.00	-\$19,552	\$6,511	-\$13,041	-142,303	4,739,542	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_1/3 Win Height - Window Glass Types - South_Trip L	3/8/2018 7:12 PM	amirsorouh	25,994	-12.6	\$0.00	\$0.00	-\$12,290	-\$8	-\$12,299	-89,450	-6,079	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_225	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-1.7	\$0.00	\$0.00	-\$10,795	\$327	-\$10,468	-78,566	237,960	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_270	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-7.3	\$0.00	\$0.00	-\$10,356	\$111	-\$10,244	-75,368	80,900	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-8.4	\$0.00	\$0.00	-\$10,028	\$59	-\$9,968	-72,981	43,230	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-7.9	\$0.00	\$0.00	-\$9,302	\$54	-\$9,248	-67,702	39,487	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_315	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-8.9	\$0.00	\$0.00	-\$9,087	\$10	-\$9,077	-66,134	7,093	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Wall Construction_R13-R10 Metal	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-20.8	\$0.00	\$0.00	-\$5,932	-\$528	-\$6,459	-43,171	-384,183	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Wall Construction_14-inch ICF	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-26.2	\$0.00	\$0.00	-\$5,391	-\$741	-\$6,132	-39,236	-539,105	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Wall Construction_12.25-inch SIP	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-27.5	\$0.00	\$0.00	-\$5,265	-\$792	-\$6,057	-38,321	-576,591	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Min / Max Envelope_Min Envelope	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-29.5	\$0.00	\$0.00	-\$5,021	-\$871	-\$5,892	-36,540	-634,135	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Wall Construction_R38 Wood	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-27.8	\$0.00	\$0.00	-\$5,034	-\$811	-\$5,845	-36,636	-590,262	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_Dbl C	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-2.3	\$0.00	\$0.00	-\$4,871	\$93	-\$4,778	-35,453	68,049	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_2/3 Win Height - Window Glass Types - South_No ch	3/8/2018 7:12 PM	amirsorouh	25,994	-0.7	\$0.00	\$0.00	-\$4,894	\$152	-\$4,742	-35,615	110,449	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_90	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	3.9	\$0.00	\$0.00	-\$4,837	\$313	-\$4,524	-35,207	227,927	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> Min / Max Internal Loads_Min Internal Loads	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-10.7	\$0.00	\$0.00	-\$4,291	-\$228	-\$4,519	-31,229	-166,254	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-4.7	\$0.00	\$0.00	-\$3,983	-\$24	-\$4,006	-28,985	-17,408	--	<div></div>			
Alternate Run of 18-Block D																
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_30% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_Trip LoE	3/8/2018 2:12 PM	amirsorouh	25,994	-6.5	\$0.00	\$0.00	-\$3,879	-\$92	-\$3,971	-28,235	-66,893	--	<div></div>			

# APPENDIX G BLOCK D

# APPENDIX G BLOCK D

[illegible]



## BLOCK D

Page 3/8

## BLOCK D

Page 4/8

## BLOCK D

Page 5/8

## BLOCK D

Page 6/8

## BLOCK D

Page 7/8

## BLOCK D

**AUTODESK.** © Copyright 2013 Autodesk, Inc. All rights reserved. [Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#)

Portions of this software are copyrighted by James J. Hirsch & Associates, the Regents of the University of California, and others. Version 2018.99.24.86 (DOE-2.2-48)



## APPENDIX H

## LOBBY MIDDLE

AUTODESK®  
GREEN BUILDING STUDIO™Downloads | Help | Sign Out  
Insight | Project Solon  
Beta | Classic

My Projects

Dashboards

My Profile

My Account

Welcome, Amir!

My Projects &gt; Lobby-Middle

Run List

Run Charts

Project Defaults

Project Details

Project Members

Utility Information

Weather Station

Return table to original sort

Actions														Potential Energy Savings	
Name	Date	User Name	Floor Area (m²)	Energy Use Intensity (MJ/m²/year) (?)	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Total Annual Cost <sup>1</sup>			Total Annual Energy <sup>1</sup>			Carbon Emissions (Mg)		Compare
							Electric	Fuel	Energy <sup>2</sup>	Electric (kWh)	Fuel (MJ)				
Project Default Utility Rates														Weather Data: GBS_06M12_12_002300	
Project Default Utility Rates															
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Lobby-Middle_ASHRAE 90.1-2010	5/31/2018 5:55 PM	amisoroush	2,991	55.7	\$0.00	\$0.00	-\$19,166	\$919	-\$18,247	-139,494	668,883	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/5	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-265.0	\$0.00	\$0.00	-\$12,889	-\$625	-\$13,513	-93,804	-454,784	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. Package Terminal AC	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-28.5	\$0.00	\$0.00	-\$11,324	\$290	-\$11,034	-82,418	211,346	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. VAV	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	102.1	\$0.00	\$0.00	-\$9,351	\$756	-\$8,595	-68,056	550,485	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/6	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-177.9	\$0.00	\$0.00	-\$6,507	-\$493	-\$7,100	-48,084	-358,966	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Operating Schedule_12/7	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-105.2	\$0.00	\$0.00	-\$2,649	-\$337	-\$2,986	-19,282	-245,242	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> HVAC Types_High Eff. Package System	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-6.5	\$0.00	\$0.00	-\$2,819	\$75	-\$2,744	-20,513	54,401	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Min / Max Form_Min Form	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-53.3	\$0.00	\$0.00	-\$2,479	-\$130	-\$2,609	-18,043	-94,437	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Lighting Efficiency_0.3 W/sf	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-12.6	\$0.00	\$0.00	-\$2,386	\$34	-\$2,352	-17,364	24,876	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> WWR - Western Walls_0% - Window Shades - West_No change - Window Glass Types - West_No change	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-22.8	\$0.00	\$0.00	-\$1,521	-\$39	-\$1,561	-11,073	-28,467	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> HVAC Types_ASHRAE Package System	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	43.2	\$0.00	\$0.00	-\$1,554	\$233	-\$1,321	-11,314	169,936	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_Daylighting & Occupancy Control	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-7.0	\$0.00	\$0.00	-\$1,302	\$18	-\$1,284	-9,476	13,075	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Min / Max Envelope_Min Envelope	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-155.7	\$0.00	\$0.00	-\$617	-\$618	-\$1,234	-4,488	-449,602	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Wall Construction_12.25-inch SIP	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-94.0	\$0.00	\$0.00	-\$812	-\$357	-\$1,169	-5,909	-259,765	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Wall Construction_14-inch ICF	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-81.9	\$0.00	\$0.00	-\$817	-\$307	-\$1,124	-5,944	-223,561	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_Occupancy Controls	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-5.8	\$0.00	\$0.00	-\$1,079	\$15	-\$1,064	-7,854	11,057	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Wall Construction_R38 Wood	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-95.3	\$0.00	\$0.00	-\$693	-\$367	-\$1,060	-5,045	-266,899	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Wall Construction_R13-R10 Metal	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-50.9	\$0.00	\$0.00	-\$691	-\$184	-\$876	-5,032	-134,172	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Min / Max Internal Loads_Min Internal Loads	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-25.2	\$0.00	\$0.00	-\$608	-\$81	-\$690	-4,429	-59,303	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> WWR - Eastern Walls_0% - Window Shades - East_No change - Window Glass Types - East_No change	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-10.9	\$0.00	\$0.00	-\$592	-\$23	-\$615	-4,309	-16,992	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_90	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-16.2	\$0.00	\$0.00	-\$467	-\$50	-\$517	-3,400	-36,307	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_45	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-1.8	\$0.00	\$0.00	-\$427	\$8	-\$419	-3,109	5,784	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> WWR - Northern Walls_0% - Window Shades - North_No change - Window Glass Types - North_No change	5/31/2018 5:55 PM	amisoroush	2,991	-20.1	\$0.00	\$0.00	-\$314	-\$71	-\$385	-2,287	-51,739	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_Daylighting Controls	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-1.5	\$0.00	\$0.00	-\$262	\$3	-\$259	-1,907	2,252	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_270	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-29.3	\$0.00	\$0.00	-\$71	-\$118	-\$189	-518	-85,777	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Roof Construction_R60	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-61.9	\$0.00	\$0.00	\$88	-\$257	-\$170	638	-187,316	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Infiltration (ACH)_0.17 ACH	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-21.8	\$0.00	\$0.00	-\$73	-\$87	-\$160	-534	-63,203	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Roof Construction_10.25-inch SIP	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-57.7	\$0.00	\$0.00	\$122	-\$241	-\$119	890	-175,778	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Roof Construction_R38	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-58.3	\$0.00	\$0.00	\$137	-\$245	-\$108	996	-177,993	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> WWR - Southern Walls_0% - Window Shades - South_No change - Window Glass Types - South_No change	5/31/2018 5:55 PM	amisoroush	2,991	-0.8	\$0.00	\$0.00	-\$48	-\$2	-\$50	-348	-1,248	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Infiltration (ACH)_0.4 ACH	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	-6.6	\$0.00	\$0.00	-\$20	-\$26	-\$47	-147	-19,251	--			
Base Run															
<input type="checkbox"/> Lobby-Middle	5/31/2018 5:08 PM	amisoroush	2,991	0.0	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	0	0	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Building Orientation (Degrees)_0	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	0.0	\$0.00	\$0.00	\$3	\$0	\$3	23	-42	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Daylighting & Occupancy Control_None	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	0.0	\$0.00	\$0.00	\$3	\$0	\$3	23	-42	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															
<input type="checkbox"/> Wall Construction_R13 Wood	5/31/2018 5:56 PM	amisoroush	2,991	0.1	\$0.00	\$0.00	\$4	\$0	\$5	31	306	--			
Alternate Run of Lobby-Middle															

## LOBBY MIDDLE

Page 2/8



## LOBBY MIDDLE

[illegible]

## LOBBY MIDDLE

Page 4/8

## LOBBY MIDDLE

Page 5/8

## LOBBY MIDDLE

Page 6/8

## LOBBY MIDDLE

Page 7/8

## LOBBY MIDDLE

[illegible]

**THANK YOU FOR TAKING THE TIME TO READ THIS RESEARCH.**

ABDULAMIR REZASOROSH

**END**