علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره۴، بهار۱۳۹۶

بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی پوسته های ساختمان ها بر زمان تاخیر و ضریب کاهش انتقال حرارت(نمونه ی موردی: ساختمان های بلند مرتبه ی شهر همدان)

مهدی شریفی [1]*

mahdisharifi76@yahoo.com

وحید قبادیان [2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۴ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۷/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: راهکارهای صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی به منظور کاهش آلودگی زیستی و بهبود شرایط محیطی، از ضروریات بخش ساختمان می باشد. یکی از بخش های ساختمان که اثر زیادی در مصرف انرژی دارد، پوسته ها هستند. به همین علت بررسی رفتار پوسته ها از اهمیت بالایی برخوردار است. هم چنین جریان حرارت از میان پوسته ها عامل اصلی تغییرات دمای هوای داخل است و به طور مستقیم بر بار گرمایشی و سرمایشی و آسایش حرارتی فضای داخلی موثر می باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی رفتار حرارتی پوسته ها در ساختمان ها و دست یابی به جداره های شفاف با عملکرد مناسب تر در ساختمان های شهر همدان است.

روش بررسی: این مقاله با روش تجربی انجام گرفت و با استفاده از ابزار اندازه گیر محیطی، دمای داخلی و دمای نزدیک پوسته در دو سمت داخلی و خارجی ساختمان های بلند مرتبه با نمای شیشه ای در شهرهمدان، ثبت گردید. ۲ پارامتر زمان تاخیر و ضریب کاهش جریان حرارتی با توجه به داده های به دست آمده تحلیل شد. سپس با روش قیاس عددی و استدلال منطقی رفتار پوسته ها مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: این مقاله نشان داد با توجه به مطلوب بودن زمان تاخیر طولانی تر و ضریب کاهش کمتر در شهر همدان، باتوجه به محاسبه ی میزان زمان تاخیر، شیشه های دو لایه نسبت به شیشه های تک لایه سکوریت به اندازه ۵۰ درصد عملکرد بهتر، هم چنین شیشه های با ضخامت بیشتر و با فاصله میانی بیشتر بین دو جداره در شیشه های دو لایه، نسبت به انواع دیگر شیشه های دو لایه به اندازه ۱۶ درصد عملکرد مناسب تری را در ارتباط با عامل زمان تاخیر جریان حرارت دارا می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق در جهت فهم بهتر رفتار حرارتی پوسته ها و نیز به منظور طراحی مناسب در شرایط اقلیمی شهر همدان می تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: زمان تاخیر، ضریب کاهش، خصوصیات پوسته ها، انتقال حرارت.

۱*- (مسوول مکاتبات): دانشجوی دکترای معماری دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاداسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

۲- عضو هیات علمی دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.4, Spring 2017

Effects of the physical properties of building envelopes on heat transfer timelag and decrement factor (Case study: high-rise buildings in Hamadan)

Mahdi Sharifi [1]*
mahdisharifi76@yahoo.com
Vahid Ghobadian [2]

Abstract

Background and Objective: Strategies for energy saving and optimization of its consumption to reduce environmental pollution and to improve environmental conditions have been the main requirements for building construction. Envelopes are those parts of buildings that have a considerable impact on energy consumption. That is why the study of envelopes behavior is especially important. In addition, heat transfer between the envelopes is the main factor of changes in the internal temperature and affects directly the heating and cooling load and thermal comfort of the interior space. This paper aims to study the thermal behavior of the envelopes in buildings and to achieve transparent envelopes with appropriate function in the buildings of Hamedan.

Method: This study has been conducted using an experimental method. The internal temperature and the temperature near the envelope on both inner and outer sides of high-rise buildings with glazed facades in Hamadan have been registered using the environmental measurement tool. According to the obtained data, two parameters of heat transfer time lag and decrement factor have been analyzed. Then, the behavior of the envelopes has been studied by a numerical analogy and logical reasoning.

Findings: According to the calculation of the time lag, this study shows that in Hamadan, double glazing has a better performance (50%) than single tempered glazing due to the desirability of longer time lag and less decrement factor. In addition, in terms of heat transfer time lag, glasses with higher thickness and more distance between two layers of double glazing have better performance (16%) than other types of double glazing.

Conclusion: The results of this study can be useful to better understand the thermal behavior of the envelopes, as well as to better designing based on the climatic conditions of Hamadan.

Keywords: Time lag, Decrement factor, Properties of envelopes, Heat transfer.

1- PhD Candidate of Architecture, Art and Architecture College of Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.* *(Corresponding Author)*
2- Assistant Professor of Architecture, Art and Architecture College of Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

مقدمه

تامین شرایط آسایشی با استفاده از مصرف انرژی فسیلی باعث بر هم خوردن تعادل اکولوژی می شود و آلودگی محیطی زندگی بشر را به خطر انداخته است. به منظور کاهش اثرات منفی این موضوع، استفاده از منابع تجدید پذیر باید بیشتر گردد. انرژی خورشیدی یک منبع انرژی پاک و تجدید پذیر است که آلودگی ایجاد نمی کند و ساختمان ها بوسیله ی سیستم های فعال و غیرفعال، مدیریت انرژی می گردند. سیستم های فعال به منتقل حرارت، ذخیره و کنترل آن به منظور اصلاح و ذخیره انرژی خورشیدی نیاز دارند. عناصر ساختمانی در سیستم های غیرفعال، حرارت را انتقال و ذخیره می کنند. عناصرساختمانی جرمی مانند دیوارها و کف ها به عنوان ذخایر حرارتی کار می کنند و ذخیره انرژی خورشیدی در دوره ی تابستانی انجام شده و این عناصرساختمانی حرارت را در زمانی که مورد نیاز است مصرف می کنند. تغییرات دمای روزانه در عناصر دیوار غیر نورگذر داخل به تفاوت دمای محیط و فضای داخل بستگی دارد. جذب تشعشع خورشیدی از دیوار غیر نور گذر خارجی جهت رشد تدریجی در توزیع دما در دیوار تا رسیدن به یک حالت تعادل ادامه می یابد. این فرآیند فیزیک حرارتی مصالح در فضای داخلی دیوار خوانده می شود و به نظر می رسد این دوره ی انتقال پروفیل دما بر روی مقاطع عبور از دیوار حرکت سینوسی داشته باشد. این بستگی به ماهیت فیزیک حرارتی مصالح دارد.(۱) از طرفی ذخیره انرژی غیر فعال طی روز می تواند در شب استفاده گردد. به علاوه از کاهش دمای داخلی در زمانی که سیستم حرارتی خاموش است ممانعت می کند. در اقلیم های گرم و خشک و سرد خصوصا در طراحی دیوار ها در زمان تفاوت دما های بیرونی و داخلی این موضوع اثر کمتری دارد. جریان حرارتی پوسته ی ساختمان در رژیم انتقال، تحت اثر آفتاب اتفاق می افتد و روش های عددی و تحلیلی مختلفی برای حل این معادله ارایه گردیده است و این فرم از انتقال را نشان می دهد (۱).

بنابر آمار مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۱، جمعیت ۱۵- ۳۴ ساله ۴۳ درصد کل جمعیت ایران را تشکیل می دهد . این واقعیت یعنی جمعیت جوان کشور در کنار میزان رو به رشد مهاجرت به شهرهای بزرگ، دلیلی بر روند رو به رشد تقاضا برای خانه های جدید و ساختمان های خدماتی و عمومی به ویژه در این شهرها است. از سوی دیگر مصرف انرژی در بخش ساختمان در ایران، ۲/۵۸ برابر متوسط مصرف جهانی می باشد (۲).

هم چنین امروزه کمبود زمین در شهرها از جمله مسایلی است که سیاست شهرسازی را در مقیاس کلان به سمت بلند مرتبه سازی سوق داده است. همدان نیز از جمله شهرهای ایران است که به علت رشد فزاینده ی جمعیت و مهاجرت از استان های همجوار، دارای حجم گسترده ای از ساخت وساز می باشد. بلند مرتبه سازی به عنوان روشی جهت پاسخ گویی به این نیاز روز افزون ارایه گردیده است. طبق آمار منتشره توسط سازمان توانیر، ساختمان ها حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است (۳).

این آمار و ارقام نشان دهنده لزوم صرفه جویی در مصرف سوخت در ایران و وجود پتانسیل بالا در بخش ساختمان های عمومی در راه نیل به هدف یاد شده است. در معماری بومی مناطق سرد که همدان نیز جز این مناطق است، دیوارهای قطور با جرم حرارتی زیاد می توانست تعدیل کننده ی شرایط آسایشی باشد اما با گسترش بلند مرتبه سازی و نما های شیشه ای، اتلاف حرارت از پوسته ها افزایش یافته است. پوسته ساختمان به عنوان واسطه اصلی بین فضای داخل و خارج، نقش قابل توجهی در تعدیل شرایط آب و هوایی و تامین آسایش ساکنین و در نتیجه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی دارد و طراحی و اجرای پوسته های ساختمانی که بتوانند با رفتار حرارتی مناسب بالاترین میزان آسایش حرارتی را در فضای داخل بدون کمک تجهیزات مکانیکی تامین کنند، می توانند تا حدود زیادی سبب صرفه جویی در مصرف انرژی گردید (۳).

در این پژوهش رفتار حرارتی پوسته های ۴ ساختمان بلند مرتبه اداری- خدماتی با نمای شیشه ای و در شرایط واقعی

بررسی شده است. هدف پژوهش ارزیابی کیفیت پوسته ها در ارتباط با دو عامل زمان تاخیر و ضریب کاهش جریان حرارت می باشد. به این منظور داده های محیطی اندازه گیری شده توسط ابزار سنجش محیطی با یک دیگر قیاس شده اند.

سوابق تحقیق

بیشتر پژوهش های پیشین در ارتباط با دو عامل ضریب کاهش و زمان تاخیر پوسته های ساختمانی، بر روی تعیین و کشف خصوصیات فیزیکی حرارتی مصالح و تاثیر مستقیم آن ها بر دو عامل مذکور متمرکز بوده اند و اکثر این مطالعات خصوصیات مصالح غیر شفاف را بررسی کرده اند. به طور مثال آسان و اسنکاتر[1] خصوصیات فیزیک حرارتی را پیدا کردند که روی ضریب کاهش و زمان تاخیر موثر هستند. آن ها زمان تاخیر و ضریب کاهش را برای مصالح ساختمانی غیر شفاف محاسبه کردند. آسان این موضوع را کشف نمود که ضخامت و نوع مصالح اثرات عمیقی روی ضریب کاهش و زمان تاخیر دارد (۴). زینگ جین[2] زمان تاخیر و ضریب کاهش جریان حرارت را در چندین مصالح رایج جهت استفاده در دیوارهای غیر نور گذر بررسی و محاسبه کرد و جداول محاسباتی آن را با توجه به ضریب انتقال حرارت، گرمای ویژه و ظرفیت حرارتی ترسیم نمود. هم چنین روی این مساله بحث کرد که با کاهش ضریب هدایت حرارتی، زمان تاخیر افزایش می یابد و زمانی که ضریب هدایت حرارتی کاهش یابد ضریب کاهش نیز کاهش می یابد. در ادامه روی این موضوع تحلیل و محاسبه کرد که با افزایش ظرفیت گرمایی، زمان تاخیر نیز افزایش می یابد ولی ضریب کاهش، کاهش می یابد (۵).

در پژوهشی دیگر بالاجی[3] پوسته های مختلفی را که از مصالح صلب و غیر نور گذر ساخته شده و از ترکیب مصالحی مثل دیوار آجری، بتن سبک و بتن سنگین به همراه عایق حرارتی به دست آمده، بررسی کرده و زمان تاخیر و ضریب کاهش جریان حرارت را در آن ها محاسبه کرد (۶).

پژوهش های دیگر همان اثرات را روی زمان تاخیر و ضریب کاهش به صورت آزمایشگاهی و تئوری پیدا کرده اند (۱). هم چنین عوامل موثر دیگری که تغییرات مشخص را بر روی دو عامل مذکور ایجاد می کنند مورد بررسی قرار گرفته اند. کونتولون و بیکاس[4] اثرات ضریب جذب بیرونی و اختلاف دما را به وسیله یک مدل شبکه ی دمایی دینامیک مطالعه کردند (۷). کونتولون و ایومورفوپولو[5] اثر جهت گیری دیوار و ضریب جذب خارجی را روی زمان تاخیر و ضریب کاهش بررسی کردند (۸). در مطالعه ای دیگر توسط چون سون[6]، رابطه ی بین زمان تاخیر و ضریب کاهش به دو روش عددی و آزمایشگاهی بررسی گردید. در این بررسی ۱۲ اتاقک نمونه با دوازده نوع پوسته ی صلب مختلف ساخته، در تونل باد کنترل شده آزمایش و نتایج آزمایشگاهی و تئوری با یک دیگر مقایسه و آنالیز شد (۹).

بر اساس نتایج بررسی پژوهش های پیشین، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر خصوصیات پوسته های نورگذر و شفاف ساختمان در شرایط واقعی و با روش سنجش محیطی انجام شده است. اهمیت دیگر این پژوهش بررسی عملکرد حرارتی پوسته های ساختمانی در شرایط اقلیمی شهر همدان است.

تعاریف

ضریب کاهش و زمان تاخیر در پوسته ها

مدت زمانی که طول می کشد تا حرارت از یک سمت جرم حرارتی به سمت دیگر آن برسد، اصطلاحا زمان تاخیر نامیده می شود. بنابراین هر چه ضخامت و مقاومت در برابر انتقال حرارت یک جسم بیشتر باشد، آن جسم دارای زمان تاخیر بیشتری خواهد بود و مقدار کاهش حداکثر دمای سطح داخلی نسبت به حداکثر دمای خارجی ضریب کاهش نامیده می شود (۱۰).

زمان تاخیر و ضریب کاهش دو پارامتر ارزیابی دیوارها هستند (۵). زمان تاخیر بیشتر و ضریب کاهش کمتر در دمای سطحی داخلی و خارجی موثر هستند. زمان تاخیر و ضریب کاهش از خصوصیات با اهمیت رفتار حرارتی هستند که در قابلیت ذخیره

1-Asan, H. and Sancaktar
2-Jin, X., Zhang, X
3-Balaji N.C
4-Kontoleon, K.J. and Bikas, D. K
5-Kontoleon, K.J, and Eumorfopoulou, E.A
6-chun sun

ی گرمـایی مصـالح موثرنـد. آن هـا را مـی تـوان بـه وسـیله خصوصیات فیزیک حرارتی مصالح به دست آورد.

فرمول زمان تاخیر:

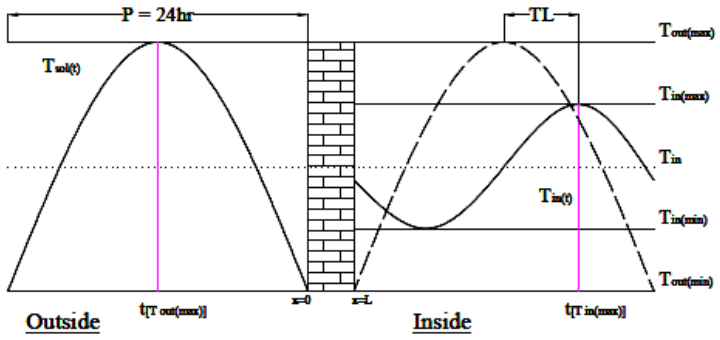
$$\Phi = t_{[Tin\ (max)]} - t_{[Tout\ (max)]}$$

زمانی هستند که دمای سطحی خارجی و داخلی ماکزیمم $t_{[Tin(max)]}$, $t_{[Tout(max)]}$ باشند.

$$DF = \frac{T_{in(\max)} - T_{in(\min)}}{T_{out(\max)} - T_{out(\min)}}$$

فرمول ضریب کاهش:

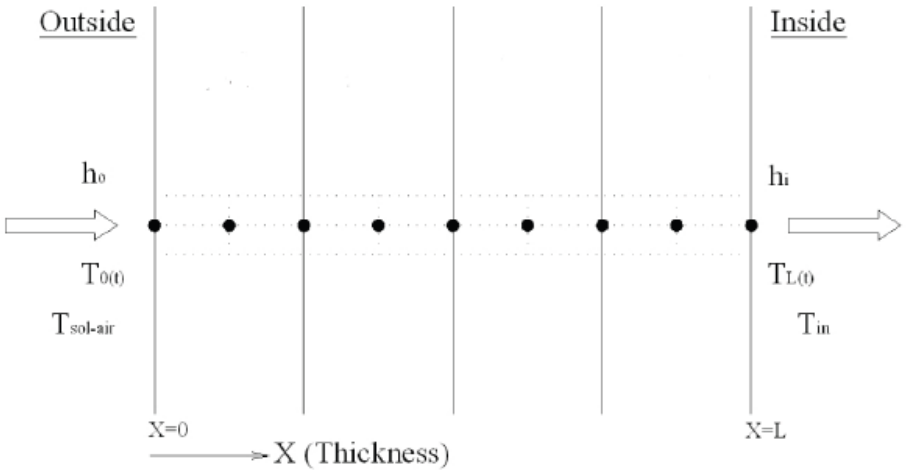
زمانی $T_{in\ (max)}$و$T_{in\ (min)}$ است که دماهای سطحی داخلی مینیمم و ماکزیمم باشد و زمانی $T_{out\ (max)}$ و$T_{out\ (min)}$ است که دماهای سطح بیرونی مینیمم و ماکزیمم باشند.



شکل ۱- زمان تاخیر و ضریب کاهش در رابطه با دماهای خارجی و داخلی

Figure 1– The schematic representation of time lag and decrement factor in relation to the internal and external temperatures

به نظر می رسد انتقال حرارت در دیوارهـا تـک بعـدی باشـد و مقاطع دیوار مرکب از چند لایه با ضخامت ها و ضرایب حرارتی متفاوت هستند معادله اصلی انتقال حرارت ازطریق رسانایی بـه شکل زیر است:



شکل ۲- انتقال حرارت از دیوار

Figure 2-The schematic representation of heat transfer through the wall

کـه در آن k ضـریب هـدایت حرارتـی، ρچگـالی، cp ظرفیـت گرمایی ویژه،∂T اخـتلاف دمـا و $\partial \tau$ اخـتلاف زمـان در جهـت جریان حرارت می باشد.

$$k\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}=\rho cp\frac{\partial T}{\partial t}$$

ضریب جذب بیرونی:

هنگامی که اشعه ای بر روی سطح نور گذری تابیده مـی شـود، بخش های معینی از کل اشعه ی تابیده شده جذب، مـنعکس و منتقل می شود. در سطوح نـور گـذر، مجمـوع ضـریب جـذب، ضریب انعکاس و ضریب انتقال در اجسام نورگذر همیشـه برابـر یک است که توسط رابطه ی زیر بیان می گردد.

a+r+t=1 که در آن **a** ضریب جـذب، **r** ضـریب انعکـاس و **t** ضریب عبور می باشد.

فرضیه ها

خصوصیات پوسته ها از جمله ضخامت، جنس، تعداد لایـه هـا، فواصل و...در زمان تاخیر و ضریب کاهش موثر هستند.

پوسته هایی که زمان تـاخیر بیشـتر و ضـریب کـاهش کمتـری دارند. دارای رفتار حرارتی بهتری هستند.

پوسته های شفافی که دارای شیشه هـای ضـخیم تـر، تعـداد و فواصل بیشتر هستند، زمان تاخیر بیشتری دارند.

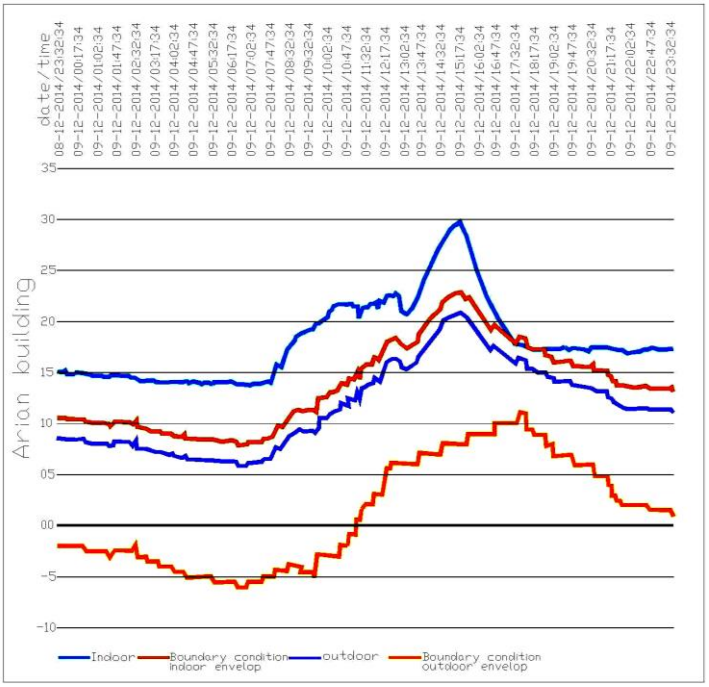
پوسته های شفافی که دارای شیشه هـای ضـخیم تـر، تعـداد و فواصل بیشتر هستند، ضریب کاهش کمتری دارند.

مواد و روش ها

در این پژوهش در ابتدا ۴ سـاختمان نمونـه ی بلنـد مرتبـه در شهر همدان که دارای نماهای شیشه ای و شفاف هستند جهت آزمودن فرضیه ها انتخاب و سپس به روش تجربی و با سـنجش های محیطی رفتار پوسته های آن ها ارزیابی شد. با جمع آوری داده های دمایی این ساختمان ها نمودارهای زمان-دمـای آنهـا ترسیم می گردید. سپس به روش استدلال قیاسی و تحلیلی این نمودار ها مشخص شد که کدام یک از پوسـته هـا دارای رفتـار بهتری از لحاظ دو پارامتر زمان تاخیر و ضریب کاهش هستند.

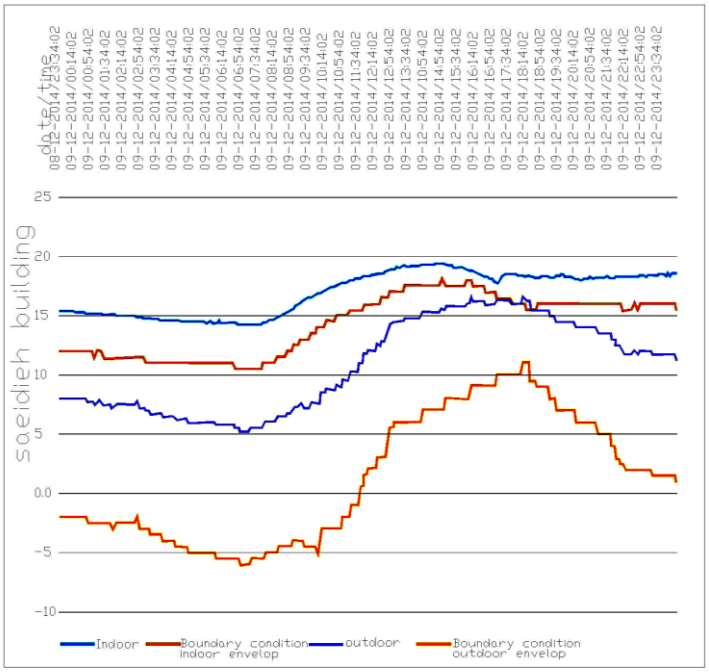
این پوسته های شفاف دارای مشخصات و ویژگی های متفـاوتی از جمله ضخامت، نوع، رنگ، دوجداره، تک جداره بودن، فواصل بین شیشه ها و...هستند. در دوره ی زمانی اوج دمای زمسـتانی با نصب دستگاه های دیتا لاگر[1] دمایی در فضـای داخلـی، روی پوسته ها از داخل[2]، خارج [3]و فضای خـارجی سـعی شـد دمـای لحظه ای این ساختمان ها برداشت گـردد. ایـن سـاختمان هـا عمومـا دارای ارتفـاع یکسـان بـین ۱۲تـا ۱۳ طبقـه بـوده و در شرایطی یکسان از لحاظ ارتفاعی،سمت و سو و... نصب گردیـده اند. در این موضوع سعی شده تا حـد امکـان از دریافـت تـابش آفتاب جلـو گیـری گـردد. چـون دریافـت تـابش آفتـاب باعـث مخدوش شدن اطلاعات مـی گـردد. نمودارهـای زیـر اطلاعـات کسب شده از شرایط دمای این ساختمان ها را نشان می دهد.

1- Data logger
2- Boundary condition indoor envelope
3- Boundary condition outdoor envelope



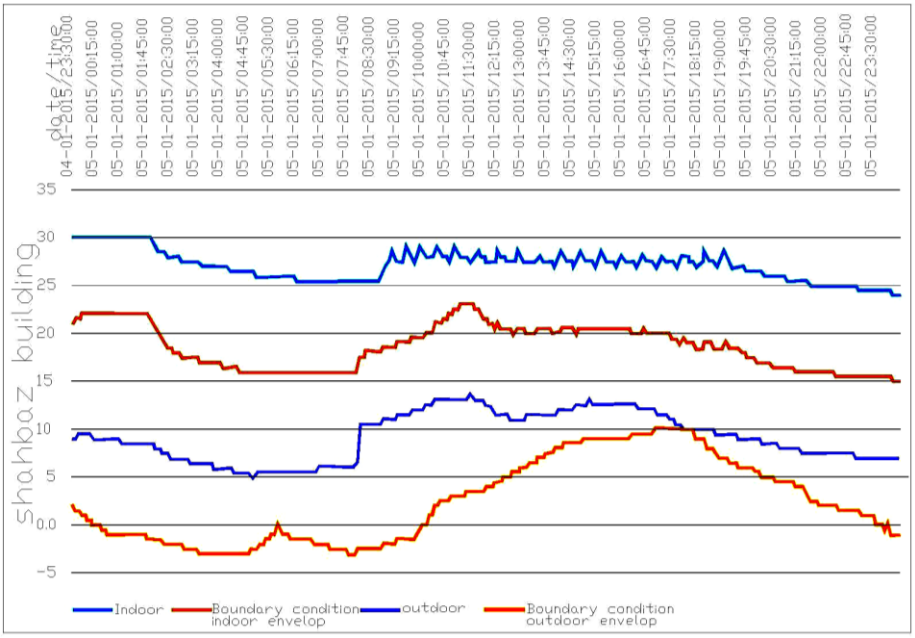
نمودار ۱- دمای لحظه ای در سطوح مختلف ساختمان آرین

Chart 1- Momentary temperature at different surfaces of JahanNama building



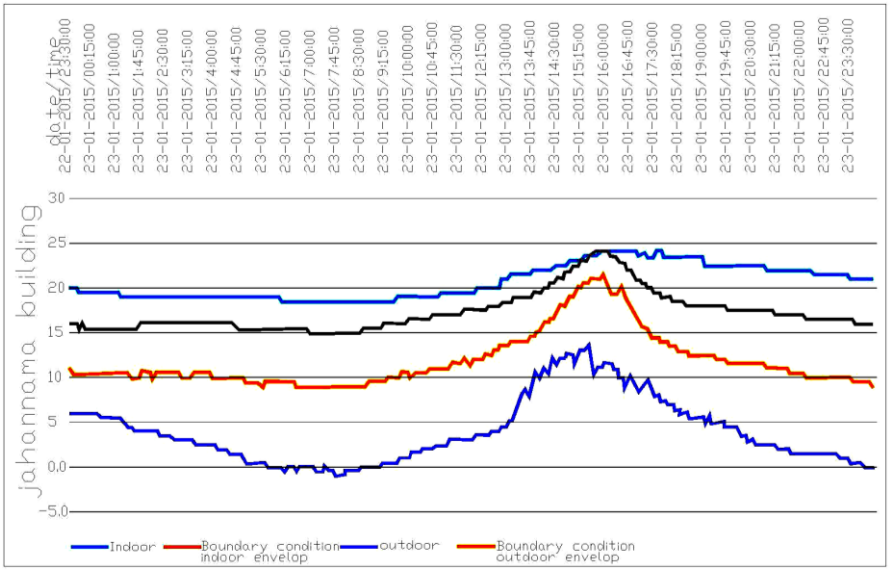
نمودار ۲- دمای لحظه ای در سطوح مختلف ساختمان سعیدیه

Chart 2- Momentary temperature at different surfaces of Arian building



نمودار۳- دمای لحظه ای در سطوح مختلف ساختمان شهباز

Chart 3- Momentary temperature at different surfaces of Shahbaz building



نمودار ۴- دمای لحظه ای در سطوح مختلف ساختمان جهان نما

Figure 4- Momentary temperature at different surfaces of Sa'idiyeh building

یافته ها

همان طور که قبلا بحث گردید از میان پارامترهای اصلی در مورد عمل کرد پوسته ها در انتقال حرارت، دو پارامتر اصلی زمان تاخیر و ضریب کاهش هستند. با ترسیم پروفیل دمای پوسته های ساختمان های مورد نظر در مورد رفتار حرارتی این پوسته ها اختلافاتی مشاهده گردید که می توان به شرح زیر در مورد آن ها اظهار نظر کرد. در مورد ساختمان A (آرین) زمانی که دمای هوای خارجی در ابتدای روز در حدود۲- درجه است دمای روی پوسته از بیرون(B.C outdoor) در حدود ۸/۵۵+ درجه و دمای روی پوسته از داخل(B.C indoor) در حدود ۱۰/۵۵+ درجه و دمای داخلی ۱۵/۱ درجه می باشد. با افزایش

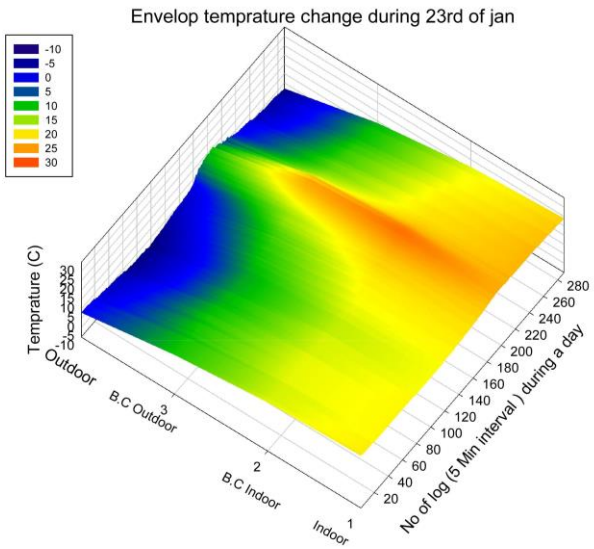
دمای خارجی در طول روز تا مرز۸ + درجه و دمـای داخلـی تـا حد ۲۹/۷+ درجه سانتی گراد مشاهده مـی گـردد کـه اخـتلاف دمای دو طرف پوسته مقدار کمی در حدود ۲+ می باشـد. پـس این پوسته با توجه به شرایط ذکر شده دارای عملکـرد مناسـبی در بحث انتقال حرارت نیست.

ساختمان B(سعیدیه) در شروع برداشت اطلاعات دارای دمـای در حدود ۲- درجه در بیرون است. دمـای پوسـته از داخـل ۸+ درجه و از بیرون ۱۲+ درجه و دمـای داخلـی در حـدود ۱۵,۴+ درجه می باشد. با افزایش دما در داخـل تـا مـرز ۱۹/۴+ درجـه سانتی گراد در طول زمان کوتاهی، دمای سطح پوسته در داخل و خارج به یک نسبت افزایش یافته (۱۷/۵و۱۵/۷۵ درجه) و بـه اختلاف کمی می رسند. که علـت ایـن امـر آن اسـت کـه ایـن پوسته اصلا رفتار حرارتی مناسبی نداشته و حرارت به سرعت از آن عبور کرده و دمای دو طرف پوسته به تعادل رسیده است.

درساختمان C(شهباز) در ابتدای صبح که دما تا ۲+ درجه نیـز افت کرده است، دمای داخلی در حدود ۳۰+ درجـه اسـت. دمـا روی پوسته از خارج در حدود ۹+ درجه و دمای پوسته از داخل در حدود ۲۱+ درجه می باشد. با افزایش دما در طول روز تا مرز ۱۰+ درجه در خارج و دمای داخلی تـا حـدود ۲۸+ درجـه بـاز مشاهده می گردد کـه دمـای پوسـته در خـارج در مـرز ۱۰+ و دمای داخلی پوسته در حدود ۱۹/۵+ درجـه اسـت.این اخـتلاف زیاد ما بین دمای دو طرف پوسته از عملکرد مناسب آن حکایت دارد.

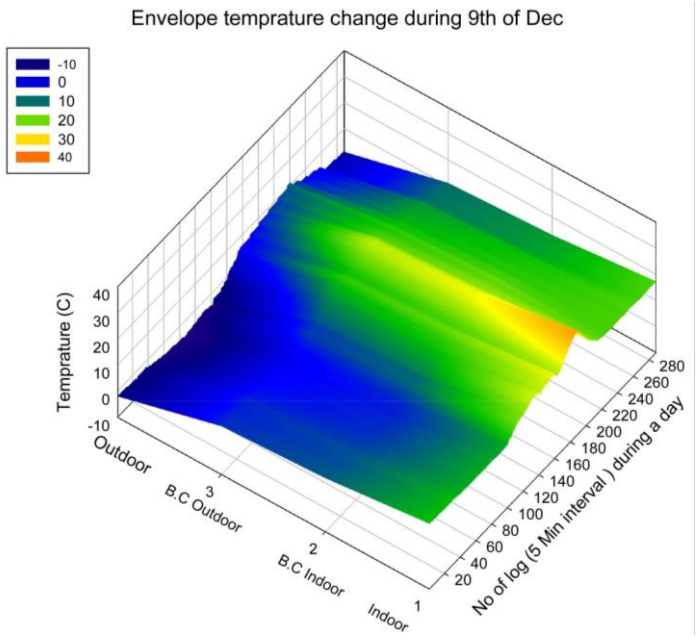
درساختمان D (جهان نما) در زمان ابتدای برداشت (صبح)، دما در فضای خارجی در حدود ۶+ درجه و دمای داخلـی در حـدود ۱۸+ درجه اسـت. دمـای روی پوسـته از خـارج در حـدود ۱۱+ درجه و دمای پوسته از داخل در حدود ۱۶+ درجه می باشد که نشان از اختلاف بالای دما در دو طرف پوسـته دارد. بـا گذشـت زمان و افزایش دما در طول روز تا مرز ۲۴+ درجه در داخل و تا مرز ۱۲+ درجه در خارج، دمای روی پوسته از خـارج در حـدود ۱۷/۵+ درجه و دمای پوسته از داخـل در حـدود ۲۳/۵+ درجـه است که ایـن اخـتلاف در داخـل و خـارج نشـان از عمـل کـرد مناسب در طول زمان برداشت دارد.

نمودار های زیر به صورت سه بعدی وضعیت دمایی بخش هـای مختلف پوسته را در یک دوره ی زمانی ۲۴ ساعته نمـایش مـی دهد که در سطور بالا عمل کرد هر پوسته با توجـه بـه شـرایط دمایی آن ها توضیح داده شد.



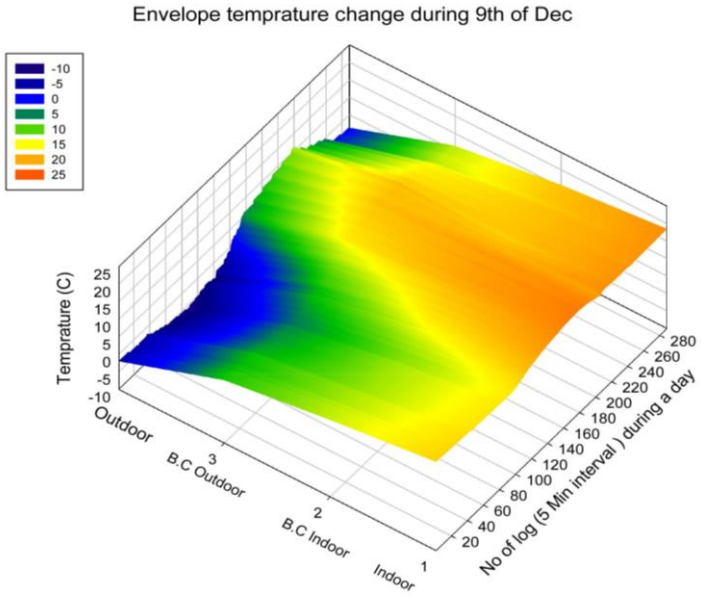
نمودار۵- نمودار سه بعدی دمای لحظه ای سطوح مختلف در یک روز، ساختمان جهان نما

Chart 5- Three-dimensional diagram of momentary temperature of different surfaces in a day, JahanNomabuilding



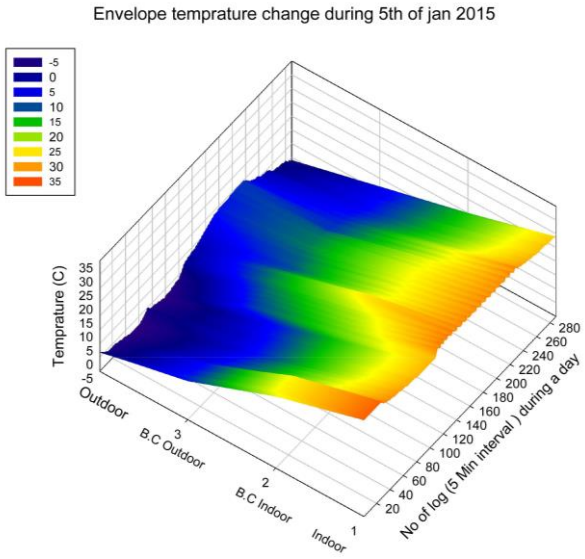
نمودار ۶- نمودار سه بعدی دمای لحظه ای سطوح مختلف در یک روز، ساختمان آرین

Chart 6- Three-dimensional diagram of momentary temperature of different surfaces in a day, Arian building



نمودار۷- نمودار سه بعدی دمای لحظه ای سطوح مختلف در یک روز، ساختمان سعیدیه

Figure 7- Three-dimensional diagram of momentary temperature of different surfaces in a day, Sa'idiyeh building



نمودار۸- نمودار سه بعدی دمای لحظه ای سطوح مختلف در یک روز، ساختمان شهباز

Figure 8- Three-dimensional diagram of momentary temperature of different surfaces in a day, Shahbaz building

در ادامه با روشن شدن وضعیت دمای داخل و خارج و عمل کرد حرارتی پوسته ها به محاسبه ی مقادیر زمان تاخیر و ضریب کاهش طبق فرمول های ذکرشده پرداخته می شود. شایان ذکر است به ذلیل آن که برداشت ها در فصل زمستان بوده و در حالت اتلاف حرارت قرار داشتیم فاصله ی میان نقاط مینیمم به عنوان مقدار زمان تاخیر و ضریب کاهش در محاسبات لحاظ گردیده است. جدول زیر مشخصات پوسته های مورد ارزیابی شده از جمله ضریب انتقال حرارت، چگالی، گرمای ویژه، مقاومت حرارتی و ضریب انتقال حرارت سطحی را ارایه کرده و در انتهای جدول مقادیر زمان تاخیر و ضریب کاهش محاسبه و درج گردیده است.

جدول۱- مشخصات پوسته ها و محاسبه ی زمان تاخیر و ضریب کاهش

Table 1- properties of the envelopes and calculation of time lag and decrement factor

ساختمان	مشخصات پوسته	λیاK w/m.k	ρ kg/m^3	cp J/kg.k	R m^{2}k/w	U w/m^{2}k	Time lag	Decrement factor
A(آرین)	شیشه تک جداره ۶ میلی متری	۱/۱	۲۲۵	۷/۰۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۷۲۳	۵/۱۰۸	۱۰دقیقه	۰/۷۴۹۳۰
B(سعیدیه)	شیشه ی تک جداره سکوریت به ضخامت ۱۰ میلی متری	۱/۱	۲۲۱	۷/۰۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۱۷۶۵	۵/۶۶۶	۲۰ دقیقه	۰/۷۴۲۵
C(شهباز)	شیشه دو جداره به ضخامت ۴ و ۶ میلی-متر و فاصله ی ۸ میلی‌متر از گاز بی اثر	شیشه ۱/۱	شیشه ۲۲۵	شیشه ۷/۰۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۳۴۲۱	۲/۹۲۳	۳۰ دقیقه	۰/۷۱۲۴
		گاز بی اثر ۰/۰۲۵	گاز بی اثر۱/۲۲	گاز بی اثر ۱/۰۱×۱۰$^{-۳}$				
D(جهان نما)	شیشه دو جداره به ضخامت ۴ و ۶ میلی‌متر و فاصله ۱۰میلی متر از گاز بی اثر	شیشه ۱/۱	شیشه ۲۲۵	شیشه ۷/۰۳×۱۰$^{-۴}$	۰/۳۵۸۳	۲/۷۹۱	۳۵ دقیقه	۰/۷۰۹۸
		گاز بی اثر ۰/۰۲۵	گاز بی اثر۱/۲۲	گاز بی اثر ۱/۰۱×۱۰$^{-۳}$				

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد در مورد زمان تاخیر و ضریب کـاهش دو پارامتری که در ارزیابی عمل کرد رفتار حرارتی پوسته ها مـوثر هستند، بررسی صورت گیرد. مشخصات فیزیکی مصالح بـر روی این دو پارامتر موثر هستند. هم چنین بهره گیری از پوسته های با مصالح مختلف و لایـه هـای متفـاوت باعـث تغییـر در رفتـار حرارتی پوسته ها می گردد. بعد از ارزیابی نمودارهای سه بعدی دمای لحظه ای و ترسیم جدول مربوط به آن و محاسبه ی ایـن پارامتر ها مشخص شد نماهایی که دارای ضخامت شیشه ۴ و ۶ میلی متر و فاصله ی ۱۰ میلی متر بین شیشـه هـا هسـتند. در مقایسه با پوسته های تک لایه به اندازه ی ۵۰ درصـد و نسـبت به پوسته های دو لایه با فاصله بین دو لایه ی ۸ میلی متـر بـه اندازه ی ۱۶ درصد عمـل کـرد بهتـری را دارا مـی باشـند. هـم چنین این پوسته دارای زمان تـاخیر بیشـتر و ضـریب کـاهش کمتر بوده است. از نتایج این مقالـه مـی تـوان جهـت طراحـی پوسته های با رفتار حرارتی مناسب تـر بهـره گیـری کـرد. هـم چنین می توان ارزیابی نمود که بررسی صرفا" مقاومت حرارتـی و ضریب انتقال سطحی در به دست آوردن پوسته های با رفتـار حرارتی مناسب کفایت نمی کنـد و بررسـی ایـن دو عامـل نیـز دارای اهمیت ویژه ای است.

منابع

1- Ulgen, K. (۲۰۰۲). Experimental and theoretical investigation of effects of wall’s thermophysical properties on time lag and decrement factor, Energy and Buildings vol ۳۴(۳) pp: ۲۷۳-۲۷۸.

۲- نصـــراللهی. فرشـــاد، ۱۳۹۱، ضـــوابط معمـــاری و شهرسـازی کاهنـده مصـرف انـرژی سـاختمان هـا، نشست کمیته ملی انرژی ایران.

۳- محمد. شقایق،۱۳۹۲، مطالعـه رفتـارحرارتی مصـالح رایج دیوار در ساخت دیوار(مطالعه موردی ساختمان های مسکونی شهر تهـران)، مجلـه هنرهـای زیبـای (معماری وشهرسازی)، جلد۱ شماره :(۱۸)، ص۷۰.

4- Asan, H. and Sancaktar, Y.S. (1998). Effects of Wall's thermophysical propserties on time lag and

5- Decrement factor, Energy and Buildings vol 28(2): 159-166.

6- Jin, X., Zhang, X. et al. (2012). Thermal performance evaluation of the wall using heat flux time lag and decrement factor, Energy and Buildings 47vol(0): 369-374.

7- Balaji N.C, Monto Mani and Venkatarama Reddy B.V. THERMAL PERFORMANCE OF THE BUILDING WALLS, Preprints of the 1st IBPSA Italy conference Free University of Bozen-Bolzano

8- Kontoleon, K.J. and Bikas, D. K. (2007). The effectof south wall’s outdoor absorption coefficient on time lag, decrement factor and temperature variations, Energy and Buildings vol 390 1011–1018.

9- Kontoleon, K.J, and Eumorfopoulou, E.A. (2008).The influence of wall orientation and exterior

10- surface solar absorptivity on time lag and decrement factor in the Greek region, Renewable Energy vol 33: 1652–1664

11- chun sun,shuiming shu,guozhong ding,xiaoqing zhang,xinghua hu(2013),investigation of time lags and decrement factors for different building outside temperatures,energy and building vol 61, 1-7

12- Asan, H. (1998). Effects of wall's insulation thickness and position on time lag and Decrement factor, Energy and Buildings vol 28(3):299-305.