ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(3):179-186

An Analysis of the Function of External Senasir Types and Their Effects on the Wind Flow in the Historical Part of Bushehr

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Bahrani H.R.[1] *Bs,*
Ranjbar E.*[2] *PhD,*
Ahmadi S.[2] *MA*

How to cite this article
Bahrani H.R, Ranjbar E, Ahmadi S. An Analysis of the Function of External Senasir Types and Their Effects on the Wind Flow in the Historical Part of Bushehr.Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018; 8(3):179-186.

[1]Architecture Department, Art & Architecture Faculty, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
[2]Urbanism Department, Art & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Art & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Nasr Bridge, Jalal-Al-Ahmad Highway, Tehran, Iran
Phone: +98 (21) 82884178
Fax: +98 (21) 82883710
e_ranjbar@modares.ac.ir

Article History
Received: October 14, 2018
Accepted: November 23, 2018
ePublished: December 20, 2018

ABSTRACT

Bushehr has a valuable historical texture that is a very rich example of a coherent design with a climate from the macro level location to elements and architectural details. Based on the climatic challenges in the contemporary world, revising samples such as Bushehr can provide a basis for creativity in urban design and contemporary architecture. Given the ever-increasing advances in climate analysis, there is a need for a new insight into the analysis of urban spaces and architecture in the historical context of Bushehr. Senasir is one of the important elements in the climatic function, landscape and identity of the historical context of Bushehr. Most of the previous studies have considered this important element of Bushehr urban architecture from the sight of descriptive researches. The purpose of this paper is Senasir identifying and parametric analyzing to clarify its existential cause in terms of quantitative analysis. In this research, after studying the previous studies based on the content analysis method, the Senasir influence on the flow of winds based on Computational Fluid Dynamics (CFD) in Fluent and Gambit softwares has been investigated.

Senasirs have a significant impact on wind speed and direction change. It introduces Senasir as a thermal comfort producer space in the historical context of Bushehr and its specific climatic conditions, especially in the warmer seasons. The result of this study in the accurate identification of the Senasir's function can be the basis for design creativities tailored to the wind flow in cities in Iran.

Keywords Senasir; Local Architecture; Bushehr; Fluent

CITATION LINKS

[1] Recognizing and Determining the existence reason and functional role of senasir in the historical context of Bushehr [2] The glory of Abu Shahr [3] The survey of elements forming houses and their reasons in the historical fabric of Bushehr [4] Innovations in climatic designing due to the wind flowing through the old Bushehr [5] The Effect of the old architecture of Bushehr on the Culture and architecture of the Persian Gulf countries (A case study of Al-Bustkieh neighborhood in Dubai) [6] Typology of the form and placement of Shanashir in vernacular architecture of Bushehr port, Iran [7] Bushehr architecture in Zand and Qajar era [8] Airflow and radiation impact on moderating heat conditions in the Bushehr houses (Case study: Golshan House) [9] Fluid mechanics [10] An encyclopedic dictionary of Bushehr [11] Double-skin façades in Egypt between parametric and climatic approaches. eCAADe 2013: Computation and Performance - Proceedings of the 31st International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe [12] The art and architecture of Islamic Cairo [13] The potentiality of reflected sunlight through Rawshan screens [14] Space and place concepts analysis based on semiology approach in residential architecture: The case study of traditional city of Bushehr, Iran [15] Patterns of Semi-open spaces in vernacular houses of Dezful, Bushehr and Bandar-e-Lenge considering climate atributes [16] Climatic Patterns of Functional Spaces in Vernacular Houses of Bushehr (By Grounded Theory) [17] Climate adaptive building shells for office buildings in Egypt [18] Surveying in shadowing function of Shenashirs and its correction with shading mask method in Bushehr [19] Introduction to Iranian residential architecture [20] Dictionary of Iranian traditional architecture words [21] Applied analysis with Gambit and Fluent for chemical engineering [22] The yearbook of the meteorological office of Bushehr province [23] Fluid mechanics [24] Engineering fluid mechanics

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تحلیل رفتار گونه‌های شناشیر بیرونی و تاثیر آنها بر جریان باد در بافت تاریخی بوشهر

حمیدرضا بحرانی Bs
گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
احسان رنجبر* PhD
گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سارا احمدی MA
گروه شهرسازی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده
مقدمه: بوشهر بافت تاریخی ارزشمندی دارد که نمونه‌ای بسیار غنی از طراحی همساز با اقلیم از سطح کلان مکان‌یابی تا عناصر و جزییات معماری است. مبتنی بر چالش‌های اقلیمی در جهان معاصر بازکاوی نمونه‌هایی همچون بوشهر می‌تواند زمینه‌هایی برای خلاقیت در طراحی شهری و معماری معاصر را فراهم آورد. با درنظرداشتن پیشرفت روزافزون تحلیل‌های اقلیمی، به بینشی نو در تحلیل فضاهای شهری و معماری در بافت تاریخی بوشهر نیاز است. شناشیر یکی از عناصر مهم در کارکرد اقلیمی، منظر و هویت بافت تاریخی بوشهر است که عمده مطالعات پیشین، این عنصر مهم معماری شهری بوشهر را بیشتر از دریچه پژوهش‌های توصیفی مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف این نوشتار بازشناسی و تحلیل پارامتریک شناشیر برای روشن‌شدن علت وجودی آن از منظر تحلیل‌های کمی است. در این پژوهش، پس از بررسی مطالعات پیشین براساس روش تحلیل محتوا، تاثیر شناشیر بر جریان باد مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) در نرم‌افزارهای فلوئنت و گمبیت مورد بررسی قرار گرفت.
نتیجه‌گیری: شناشیرها تاثیر قابل توجهی بر تغییر سرعت باد و تغییر جهت حرکت باد دارند. این تاثیر شناشیر را به‌عنوان فضای فراهم‌کننده آسایش حرارتی در بافت تاریخی بوشهر و شرایط اقلیمی خاص آن به‌ویژه در فصل‌های گرم معرفی می‌کند. نتیجه این پژوهش در شناسایی دقیق کارکرد شناشیر می‌تواند بستری برای خلاقیت‌های طراحی متناسب با جریان باد در شهرهای ایران باشد.
کلیدواژه‌ها: شناشیر، معماری بومی، بوشهر، فلوئنت

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰۲
*نویسنده مسئول: e_ranjbar@modares.ac.ir

۱- مقدمه

بافت تاریخی بوشهر، آزمایشگاهی برای درک معماری و طراحی شهری اقلیمی است. متناسب با چالش‌های مربوط به تغییر اقلیم در دنیا، که اثرات قابل توجه خود را بر شهرهای ایران نیز گذاشته است، لازم است دوباره به شهرهایی مانند بوشهر رجوعی داشت. بوشهر با بافت ساحلی ویژه‌ای در جنوب ایران ارزش جهانی دارد و این ارزش تاریخی- فرهنگی وابسته به معماری بومی و شهرسازی طبیعت‌گرایانه این بافت شهری است که آن را در مقام یک اثر هنری قرار داده است. ساختار کالبدی بافت تاریخی بوشهر طی زمان و با گسترش شهر شکل گرفته است. فضاها و عناصر شهری هر کدام در جای مناسب خویش استقرار یافته‌اند[1].

ارزش معماری بوشهر به تبعیت آن از شرایط اقلیمی، کالبد به‌هم‌پیوسته شهر و جهت‌گیری صحیح به‌منظور استفاده از باد غالب و استفاده از مصالح بومی است[2]. بناهای بوشهر برخلاف ظاهر یک‌دست و هماهنگ، حاوی عناصر، اجزا، شیوه‌های ساخت و گونه‌های فضایی متنوع و پیچیده هستند[3].

در مطالعه *رنجبر* و همکاران[4] خلاقیت‌های طراحی متناسب با جریان باد به وضوح طراحی شهری و معماری همساز با اقلیم را در بافت تاریخی بوشهر نمایان می‌کند. ارزش این ابداعات زمانی بیشتر آشکار می‌شود که یک پیوستگی عمیق بین فضاهای عمومی و خصوصی در استفاده از جریان بافت وجود داشته باشد. این عامل سبب درهم‌تنیدگی بدون مرز مشخص فضاهای عمومی و خصوصی شده و سیمای منحصربه‌فردی از منظر شهری را در بوشهر ایجاد می‌کند. در واقع سلسله‌مراتبی از طراحی متناسب با جریان باد از بافت تا بنا شکل می‌گیرد[4]. یکی از این عناصر مهم بناهای بوشهر تراس‌های چوبی هستند که در اصطلاح محلی شناشیر یا شناشیل خوانده می‌شوند. در پژوهش‌های پیشین، موارد و کاربردهایی برای شناشیر لحاظ شده است از جمله این کاربردها می‌توان به هدایت جریان باد[5, 6]، امکان استفاده فضاهای خصوصی خانه‌ها از جریان باد فضای عمومی و پیوند فضای خصوص و عمومی به‌واسطه کارکرد اقلیمی[4]، سایه‌بان[7, 8] و ایجادکننده محرمیت[6] اشاره کرد. نگاه به روش پژوهش مطالعات پیشین در بررسی شناشیر حکایت از آن دارد که عمده این مطالعات براساس مطالعات توصیفی یا نهایتاً استدلال منطقی مبتنی بر اصول موضوعه[4] استوار بوده‌اند. به نظر می‌آید براساس تحول سریع روش‌های تحلیل اقلیمی مبتنی بر تحلیل‌های کمی به‌ویژه به کمک دانش مکانیک سیالات در تحلیل عواملی همچون باد (نرم‌افزار فلئنت و گمبیت)، بتوان به دریافتی جدید از کارکرد شناشیر در بافت تاریخی بوشهر دست یافت.

سیال ماده‌ای است که تحت اثر یک تنش برشی هر چند کم و کوچک بی‌وقفه تغییر شکل می‌دهد (مانند هوا). در مکانیک سیالات که یکی از علوم مهندسی است، با فهم خواص سیال، کاربرد قوانین بنیادین مکانیک و ترمودینامیک روبه‌رو هستیم[9].

فلئنت یک نرم‌افزار مهندسی به کمک رایانه در زمینه مکانیک سیالات محاسباتی (CFD) برای مدل‌کردن جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه‌های پیچیده است.این نرم‌افزار امکان تغییر شبکه، به‌صورت کامل و تحلیل جریان با شبکه‌های غیرساخت‌یافته برای هندسه‌های پیچیده را فراهم می‌سازد.

از این رو در این مقاله تلاش شده است در ابتدا نقش شناشیر در منظر شهری بوشهر مورد شناسایی و تدقیق مجدد قرار گرفته و از تحلیل‌های کمی مبتنی بر مکانیک سیالات برای شناسایی رفتار شناشیرها در تعامل با جریان باد استفاده شود. نتایج این پژوهش در ترکیب با مطالعات قبلی می‌تواند بستری مناسب برای بازتولید شناشیر در بافت تاریخی بوشهر متناسب با چالش‌های اقلیمی معاصر باشد.

۲- پیشینه پژوهش

سیدجعفر حمیدی[10] واژه شناشیر را در "فرهنگ‌نامه بوشهر" خود به این صورت توضیح داده است "شناشیر، در عربی شناشیل، بالکن‌های چوبی کرکره‌دار است که جلوی پنجره‌های طبقه فوقانی خانه‌ها قرار دارد؛ شناشیر معمولاً چوبی کرکره‌ای، مشرف بر حیاط یا کوچه است. برای شناشیر کارکردهای زیر بیان شده است:

الف) تعدیل شرایط اقلیمی: گستردگی کاربرد شناشیر در سرزمین‌های مختلف با اقلیم مشابه این نظریه را تقویت می‌کند که شناشیر یک عنصر کنترل‌کننده شرایط آب و هوایی است[6]، که در واقع این عناصر مشبک چوبی مانع از ورود نور مستقیم خورشید به فضا می‌شوند[11-14]. به عبارت دیگر به‌عنوان نوعی فیلتر موجب تصفیه نور می‌شود[15] و از تبادل سریع حرارت جلوگیری می‌کنند[16, 17]. در واقع، شناشیرها فضاهای نیمه‌بازی هستند که به‌صورت تراس‌های چوبی به‌منظور سایه‌اندازی روی بازشوهای

بیرونی و کاهش ورود حرارت به درون خانه‌ها استفاده می‌شوند [7, 8].

در این راستا، محمدی[18] در مقاله "بررسی عملکرد سایه‌اندازی شناشیرها و اصلاح آن به روش نقاب سایه در بوشهر" تحقیقی با هدف اصلاح و بهبود عملکرد سایه‌اندازی شناشیرهای ضلع غربی و با تکیه بر تحقیقات میدانی و شبیه‌سازی رایانه‌ای و داده‌های یک‌ساعته مربوط به تابش خورشید در طول سال انجام داده است و نهایتاً در پایان آن بهبود عملکرد شناشیرهای اصلاح‌شده به روش "نقاب سایه الگی" صورت گرفته است.

کاهش رطوبت در اقلیم گرم و مرطوب از طریق کنترل جریان هوا و هدایت آن به فضاهای داخلی از دیگر کارکردهای اقلیمی شناشیر است که *حسن فتحی* در کتاب خود با عنوان "انرژی طبیعی معماری بومی" به آن اشاره می‌نماید[6, 5]. مطالعه *رنجبر* و همکاران[4] نقشی چندوجهی برای شناشیر را این گونه بیان می‌کند که عناصر خاص نظیر شناشیر و طارمه متناسب با استفاده بهتر از باد در بدنه فضاهای شهری شکل گرفته است که علاوه بر بهبود کیفیت تهویه در خانه به‌دلیل ایجاد برجستگی‌هایی در سطح جداره خارجی موجب افزایش سرعت باد در معابر و کاهش اثر رطوبت می‌شود. شناشیر را می‌توان تلاش فضاهای خصوصی برای استفاده بیشتر از جریان باد فضاهای عمومی بافت دانست. به‌نوعی می‌توان گفت شناشیر، یک درهم‌تنیدگی پیوسته فضای عمومی و خصوصی در استفاده از باد را فراهم آورده و این عملکرد اقلیمی زندگی عمومی را به زندگی خصوصی پیوند می‌زند. شناشیر از شاخصه‌های منحصربه‌فرد بوشهر است که تنوع شیوه ساخت آن تنوع نماهای بافت را نیز فراهم آورده است. شناشیر دارای چند کارکرد مهم است: از یک‌سو مکانی برای استفاده از نسیم و بادهای مطبوع است که از فضای خصوصی اتاق، دسترسی مستقیم و نزدیک به فضای عمومی را منجر می‌شود و از سوی دیگر علاوه بر آن که امکان تماشای فعالیت روزمره در فضای عمومی شهری را فراهم می‌آورد، امکان اتصال و ارتباط اتاق‌ها از بیرون را نیز ایجاد می‌کند.

ب) ایجاد محرمیت: از ویژگی‌های مهم شناشیر، ایجاد ارتباط بصری درون و بیرون خانه به همراه حفظ محرمیت است[6] که در واقع زندگی عمومی را به زندگی خصوصی پیوند می‌دهد، به عبارت دیگر شناشیر یک ارتباط برون‌گرایی و درون‌گرایی در بناهای بافت قدیم بوشهر به وجود آورده است[8] و این خود عاملی است که موجب افزایش امنیت در فضاهای شهری می‌شود[6].

پ) ایجاد فضای واسط: *غلامحسین معماریان* در کتاب "آشنایی با معماری مسکونی ایرانی (گونه‌شناسی درون‌گرا) " شناشیر را به دو گونه مسقف و بدون سقف تقسیم می‌کند و می‌گوید شناشیرها معمولاً در یک یا دو جبهه خارجی ساختمان و در یک، دو، سه یا چهار جبهه داخلی بنا قرار دارند. از شناشیر برای متصل‌کردن فضای دو اتاق یا دو راه رو به یکدیگر و سهولت در رفت و آمد استفاده می‌شود. ارتفاع شناشیر هم‌تراز کف طبقه فوقانی بوده و به‌عنوان راهرو، رفت و آمد را امکان‌پذیر می‌سازد[15, 19].

بنابراین یکی از کارکردهای شناشیر ارتباط حرکتی بین فضاهای مختلف در طبقات بالا بوده است[20]. این فضاهای رابط به‌واسطه ساختار فیزیکی خود، ایمنی را نیز برای ساکنان تامین می‌کنند[7]. همچنین کارکردهای دیگری مانند گونه‌شناسی شکلی و استقراری شناشیر در معماری بومی بوشهر نیز برای این عنصر معماری وجود دارد که به‌دلیل عدم ارتباط با هدف این پژوهش بدان پرداخته نشده است (جدول ۱).

جدول ۱) دلایل استفاده از شناشیر در مطالعات پیشین

مطالعات پیشین/ نظرات
تعدیل شرایط اقلیمی
جلوگیری از ورود مستقیم نور[11-14]
تصفیه نور[15]
جلوگیری از تبادل سریع حرارت[7, 8, 16, 17]
کاهش رطوبت و هدایت باد به سمت فضای داخل[4-6]
ایجاد محرمیت
ایجاد ارتباط بصری درون و بیرون خانه به همراه حفظ محرمیت[6]
پیونددهنده زندگی عمومی و خصوصی[4, 8]
ایجاد امنیت در بافت شهری[6]
ایجاد فضای واسط
عامل ارتباط فضاهای طبقه بالا[15, 19, 20]

نگاه انتقادی به کارکردهای شناشیر چشم‌اندازهای جدیدی را پیش‌رو قرار می‌دهد. پژوهش‌هایی که به کارکرد اقلیمی شناشیر اشاره کرده‌اند، معیار و سنجه‌های دقیقی را برای این موضوع ارایه نداده‌اند. در نقد کارکرد محرمیت شناشیر باید اشاره کرد معماری سنتی بوشهر هم از این اصل مستثنی نیست و ساکنان خانه‌های قدیمی بوشهر با قراردادن کرکره‌هایی به جای پایه‌های شناشیر این ویژگی را به شناشیر افزوده‌اند که این عنصر مانع دید افراد به درون خانه از طریق پنجره‌های مرتفع شود ولی بسیاری از شناشیرهای موجود در بافت این خاصیت را نداشته‌اند و این نکته نیز وجود دارد که چرا در جهت‌هایی که وزش باد وجود ندارد پنجره‌ها نیز شناشیر ندارند که محرمیت‌شان حفظ شود (شکل ۱).

از دیگر کارکردهای بیان‌شده در ارتباط با شناشیر استفاده از آن به‌عنوان فضای رابط است (ایجادکننده ارتباط بین فضاهای خانه در طبقات بالا)، ولی این ویژگی از عوامل اصلی وجود شناشیر به نظر نمی‌آید زیرا در تعداد زیادی از خانه‌های بوشهری در طبقات بالا عقب‌نشینی‌هایی صورت گرفته و بدون وجود شناشیر هم ارتباط بین فضاها به وجود آمده است می‌توان عمارت طبیب، عمارت طاهری، عمارت کازرونی‌ها (ساختمان سازمان میراث فرهنگی)، عمارت حاج‌رییس، عمارت امیریه (شورای شهر کنونی)، تجارت‌خانه ایرانی، عمارت ایرانی و غیره را مثال زد (شکل ۲).

شکل ۱) استفاده از شناشیرهایی که محرمیت ایجاد نمی‌کنند (عمارت حاج‌رییس)

شکل ۲) عقب‌نشینی جداره‌ها برای به‌وجودآمدن فضای ارتباطی، عمارت طاهری (عکس سمت راست)، عمارت طبیب (عکس سمت چپ)

براساس نقد مطالعات پیشین به نظر می‌آید کارکرد اقلیمی به‌ویژه در ارتباط با جریان باد از نقش‌های اصلی شناشیر است ولی روش دستیابی به این نتیجه در مطالعات پیشین مبهم بوده و به گونه دیگری از تحلیل نیاز است. این نکته در مطالعه *رنجبر* و همکاران[4] مورد تاکید قرار گرفته که کنکاش بیشتر در هر عنصر اقلیمی در بوشهر و استفاده از تحلیل‌های کمی بر مبنای برداشت میزان و سرعت باد می‌تواند درکی دقیق‌تر از کارکرد اقلیمی عناصر معماری و شهری بوشهر را فراهم آورد[4]. بنابراین این مقاله مسیری جدید در تحلیل براساس روش‌های علمی دقیق‌تر را پیگیری می‌کند.

۳- روش پژوهش

در یک دهه اخیر مطالعات اقلیمی در معماری و طراحی شهری به‌واسطه تنوع نرم‌افزارها و کمک‌گرفتن از دانش‌های دیگر تحول جدی یافته است. در حوزه تحلیل جریان باد، کمک‌گرفتن از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) دقت تحلیل‌ها را بالا برده است. در این پژوهش از تکنیک مدل‌سازی در نرم‌افزارهای گیبت و فلوئنت که نرم‌افزارهای تحلیلی مکانیک سیالات هستند، استفاده شده است تا بتوان نتایج دقیق و قابل استناد به دست آورد. نرم‌افزار فلوئنت یک نرم‌افزار بسیار انعطاف‌پذیر برای بررسی چگونگی حرکت سیالات، انتقال حرارت و انتقال جرم است. این نرم‌افزار قابلیت پشتیبانی و تحلیل جریان‌هایی با شبکه غیرساخت‌یافته (مش‌های مثلثی، مربعی و غیرهندسی)، برای هندسه‌های پیچیده را فراهم می‌سازد[21] که کمتر برای پژوهش‌های ساخت عناصر معماری از آن بهره برده‌ایم. ارزش نرم‌افزار فلوئنت در تحلیل جریان باد نسبت به دیگر نرم‌افزار در قدرت تحلیل نقطه‌ای است که برای عناصر معماری بسیار کمک‌کننده است.

در این پژوهش علاوه بر تحلیل کمی، ابتدا گونه‌شناسی شناشیرهای بیرونی در بافت تاریخی بوشهر را نیز بررسی کرد و همه گونه‌ها در نرم‌افزار تحلیل شدند. این گونه‌شناسی براساس بازدیدهای میدانی و تحلیل تصاویر تاریخی بوشهر انجام شده است.

۴- بحث و تحلیل

۴-۱- گونه‌شناسی شناشیرهای بیرونی

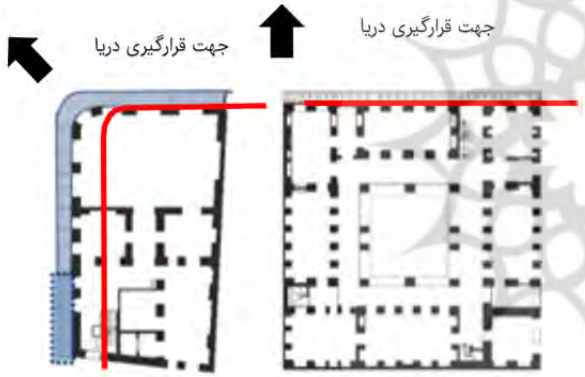
استان بوشهر از نظر تقسیمات اقلیمی در محدوده اقلیم گرم ایران و ناحیه ساحلی با گرمای نسبتاً زیاد و رطوبت زیاد قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های این منطقه به اعتدال هوا و کوتاهی دوره بارش در زمستان و طولانی‌بودن گرمای شدید هوا در تابستان می‌توان اشاره کرد. در نواحی ساحلی که بوشهر هم یکی از این نواحی است اختلاف دمای بین شب و روز و فصول به‌علت نزدیکی به دریا کم است، زیرا رطوبت برخواسته از خلیج فارس مانع از کاهش دما در زمستان و افزایش بیش از حد آن در تابستان می‌شود و زمینه ایجاد شرجی را فراهم می‌آورد که این شرجی بسیار زیاد به همراه دمای نسبتاً زیاد، شرایط زندگی را برای ساکنان بوشهر بسیار سخت می‌کند.

در جدول سالانه سازمان آب و هواشناسی می‌توان مشاهده کرد که در گرم‌ترین ماه‌های سال میانگین حداکثر دمای شبه‌جزیره بوشهر از ۳۴°C تجاوز نمی‌کند[22] که از نظر دمایی نسبت به مناطق مرکزی فلات ایران به شاخصه‌های دمای آسایش نزدیک‌تر است. عاملی که شرایط را برای زندگی در این منطقه سخت و دشوار می‌سازد شرجی و رطوبت بیش از اندازه هوا است. این رطوبت است که مانع از انجام فرآیند تبخیر در سطح پوست و در نتیجه آن مانع از خنک‌شدن بدن می‌شود و تحمل گرمای این منطقه را بسیار دشوار می‌سازد.

بهترین راه حل برای بهبود شرایط در زمانی که هیچ نوع تجهیزات الکتریکی وجود نداشته است استفاده از فرصت‌هایی بوده که در طبیعت وجود دارد مانند استفاده از جریان باد زیرا مهم‌ترین فاکتور آب و هوایی که بر شرایط تهویه اثر می‌گذارد، باد منطقه‌ای است[4].

باد منطقه‌ای به‌دلیل اختلاف در فشار هوای جو، توزیع نابرابر انرژی حاصل از تابشی خورشید و دمای ناشی از آن که باعث ایجاد تفاوت در تراکم هوا می‌شود، موجب جاری‌شدن هوا از نقطه پرفشار به نقطه کم‌فشار شده که تحت عنوان "اثر پیچشی یا اثر کوریولیس" شناخته شده و از گردش زمین، توپوگرافی زمین و چگونگی توزیع آب‌ها و خشکی‌های زمین حاصل می‌شود. این بادها در صدها متر بالاتر از سطح زمین در جریان هستند، به‌طوری که سرعت باد با افزایش ارتفاع و تغییر درجه حرارت پایین به‌آرامی افزایش می‌یابد[4].

با بیان این موضوع نتیجه می‌گیریم که شناشیرها در اکثر موارد در جبهه‌ای از ساختمان ساخته می‌شوند که در مقابل بادهای دریا به ساحل قرار گیرند. ۴۸% شناشیرهای بیرونی رو به غرب و دریا، ۲۶% رو به شمال، ۲۲% رو به جنوب و فقط ۴% رو به شرق هستند[6] (شکل ۳).



شکل ۳) محل قرارگیری شناشیر در پلان خانه‌ها و جهت‌گیری آن نسبت به دریا (عکس سمت راست) پلان عمارت طبیب (عکس سمت چپ) پلان مطب طبیب

شناشیرها به‌طور کلی در ابعاد و گونه‌های مختلف دیده می‌شوند که *هدایت* و *عشرتی*[6] در تحقیق "گونه‌شناسی شکلی و استقراری شناشیر در معماری بومی بندر بوشهر" آنها را به دو گونه اصلی درونی و بیرونی که هر کدام از این گونه‌ها خود در فرم‌های مختلف گروه‌بندی می‌شوند، تقسیم کرده‌اند. این پژوهش بر شناشیرهای بیرونی که در جداره خارجی بنا در فضای عمومی هستند، تمرکز دارد براساس بازدیدهای میدانی و جمع‌آوری اطلاعات شناشیرهای بناهای بافت تاریخی بوشهر و همچنین بررسی تصاویر تاریخی، گونه‌های شناشیر بیرونی را می‌توان در سه دسته بررسی کرد:

دسته اول: این دسته از شناشیرها دارای جداره کرکره‌ای تا ارتفاع زیادی هستند که غالب شناشیرهای باقی‌مانده محسوب می‌شوند و در این مقاله بیش از دیگر شناشیرها مورد بررسی قرار گرفتند. این شناشیرها به‌طور کلی در ابعاد مختلف دیده می‌شوند. عرض آنها از ۶۰سانتی‌متر شروع و در بعضی خانه‌ها به یک‌متر و طول آنها از ۲متر شروع و در بعضی خانه‌ها به ۲۰متر هم می‌رسد ولی در کنار همه این اختلاف‌ها، وجه اشتراک بسیار مهمی دارند. همه این

شناشیرها با هر طولی به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شوند و پره‌ها در این قسمت‌های کوچک‌تر که در شکل ۴ مشاهده می‌شوند، قرار می‌گیرند که عرض این قسمت‌ها هر کدام ۵۰سانتی‌متر است و سطح آن با پره‌ها پوشانده می‌شود. ابعاد پره‌ها نیز ۵۰*۷/۵*۱ سانتی‌متر است که این پره‌ها در فاصله ۴سانتی‌متری از یکدیگر قرار گرفته‌اند (این اندازه‌گیری توسط نگارندگان در ۵ شناشیر که قابل دسترسی بوده‌اند صورت گرفته است و اختلاف‌های ناچیز در نتیجه‌گیری کلی تاثیرگذار نیست؛ شکل ۴).

دسته دوم: ساختار فیزیکی این گروه از شناشیرها شبیه دسته اول است با این تفاوت که ارتفاع جداره پره‌دار آنها کمتر است (شکل ۵).

دسته سوم: این نوع از شناشیرها در بدنه خود کرکره ندارند و تعداد محدودی از آنها در بافت تاریخی بوشهر مشاهده می‌شوند (شکل ۵).

شکل ۴) تقسیم شناشیر به قسمت‌های مساوی کوچک‌تر

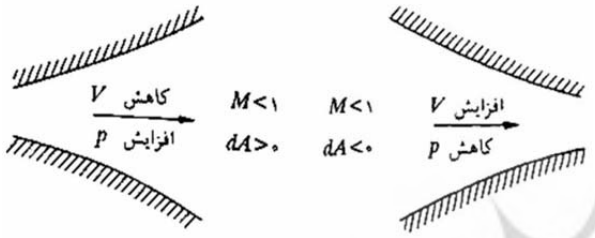
شکل ۵) سمت راست، شناشیر دسته دوم؛ سمت چپ، شناشیر دسته سوم، شناشیر عمارت طاهری

۴-۲- افزایش سرعت جریان باد به‌عنوان عملکرد جدید شناشیر

این پژوهش نقش دیگری با عنوان "افزایش سرعت حرکت باد" را برای شناشیر تعریف می‌کند. تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که باد با عبور از هر کدام از سه دسته بیان‌شده برای شناشیر بیرونی، سرعتش افزایش می‌یابد که حاصل خاصیت نازل‌گونه شناشیرها است. برای تفهیم بهتر تحلیل‌های انجام‌شده روی شناشیرها ابتدا به بیان مبحثی از مکانیک سیالات به نام شیپوره‌ها و نازل‌ها پرداخته و سپس نحوه رفتار هر یک از گونه‌های شناشیر براساس این خاصیت (شیپوره‌ها و نازل‌ها) بررسی می‌شود.

به‌طور کلی، مجراهایی که سطح مقطع متغیر دارند و در آنها سرعت در جهت جریان، افزایش می‌یابد، شیپوره می‌نامند و مجراهایی که در آن سرعت در جهت جریان کاهش می‌یابد، پخش‌کننده (دیفیوزر) می‌نامند[23] (شکل ۶).

سرعت‌هایی که در اغلب موارد عملی با آنها مواجه هستیم، زیر سرعت صوت است بنابراین طبیعی است که شیپوره را مجرای همگرا در نظر بگیریم. اما بیشترین سرعتی را که می‌توان در شیپوره همگرا داشته باشیم، سرعت صوت است، که در خروجی شیپوره به وجود می‌آید. لازم به ذکر است که اگر شیپوره همگرا را با کم‌کردن سطح مقطع امتداد دهیم به امید این که سیال تا سرعت‌های فراصوتی شتاب گیرد، نتیجه‌ای به دست نمی‌آوریم[23]. برای بررسی رفتار هر یک از سه گونه بیان‌شده برای شناشیرها، آنها در نرم‌افزار گمبیت به‌صورت دوبعدی مدل‌سازی (در واقع در تصاویر ارایه‌شده از تحلیل‌های فلوئنت مقطع شناشیرها قابل مشاهده هستند) و در فلوئنت تحلیل شدند. شناشیرهای مدل‌سازی‌شده به‌صورت آزمایشی در برابر جریان بادی با سرعت ۳۵متر بر ثانیه (که این جریان به‌صورت ثابت و یکنواخت در حال وزیدن است و به‌صورت عمود با شناشیرها برخورد می‌کند.) که متوسط بیشینه سرعت باد در بوشهر است (استفاده از جداول هواشناسی)، قرار گرفته است. در تحلیل‌های انجام‌شده عدد لایه مرزی همان پیش‌فرض نرم‌افزار فلوئنت در نظر گرفته شد.



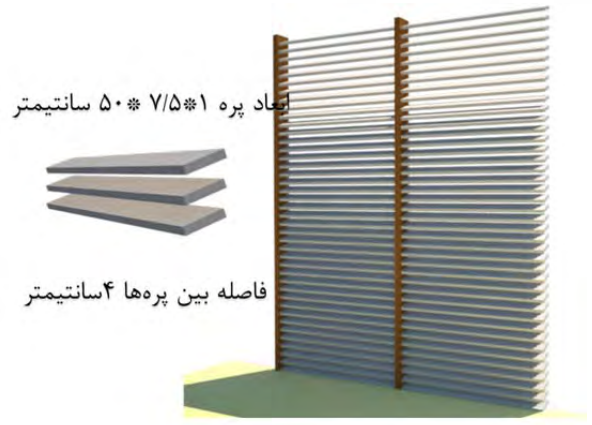
شکل ۶) اثر سطح مقطع در جریان‌های یک‌بعدی[23]

۴-۲-۱- بررسی خاصیت نازل‌گونه دسته اول شناشیرها

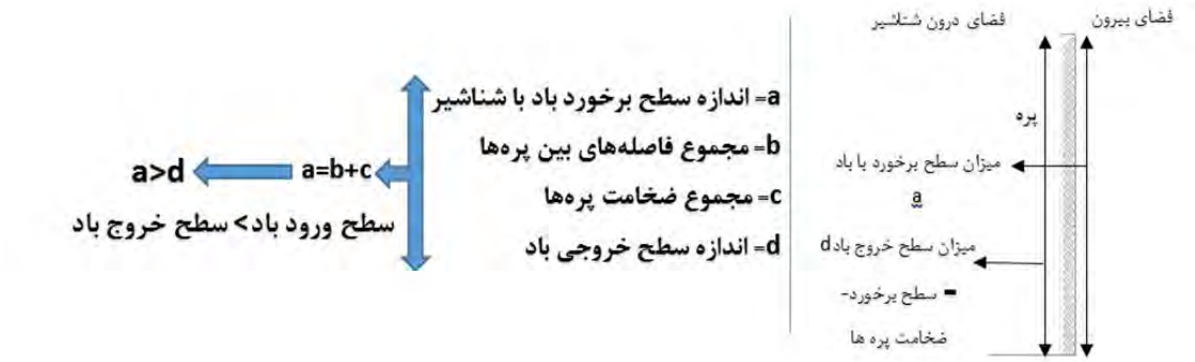
همان‌طور که گفته شد این دسته از شناشیرها دارای جداره کرکره‌ای تا ارتفاع زیادی هستند که در شکل ۷ مدل سه‌بعدی آنها و نحوه قرارگیری پره‌ها قابل مشاهده است.

همان‌طور که در تصویر ۸ و ۹ مشخص است اگر سطح برخورد باد با شناشیر a فرض شود که این سطح شامل ضخامت پره‌های شناشیر (یک‌سانتی‌متر) و فاصله‌های بین آنها (۴سانتی‌متر) است. میزان سطح خروجی باد بعد از گذشتن از شناشیر و ورود به فضاهای پشت آن (فضای داخل خانه) از a کمتر (d فرض شود) است زیرا مجموع ضخامت پره‌ها از آن کم می‌شود (شکل ۸).

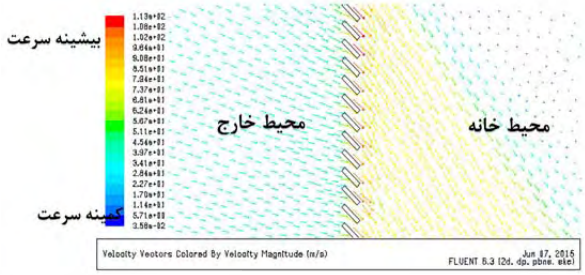
در واقع سطح ورودی باد در جهت ورود به خانه کم می‌شود که این همان خاصیت نازل‌گونه شناشیرها است که باعث افزایش سرعت باد می‌شود.



شکل ۷) مدل سه‌بعدی از ساختار فیزیکی شناشیر



شکل ۸) مقطعی از وضعیت قرارگیری کرکره‌ها در شناشیرهای بیرونی



شکل ۹) مدل شبیه‌سازی‌شده از پره‌های شناشیر دسته اول

مرحله اول: در این مرحله برای اثبات فرضیه خود با نزدیک‌شدن به پره‌های شناشیر دسته اول به دنبال آن هستیم که ببینیم چه اتفاقی برای جریان سیال در لحظه برخورد و ردشدن از شناشیر می‌افتد (شکل ۹).

تحلیل مدل شبیه‌سازی‌شده و نمودار حاصل از آن (شکل ۹): در تحلیل‌های انجام‌شده دو نکته بسیار مهم زیر قابل مشاهده است:

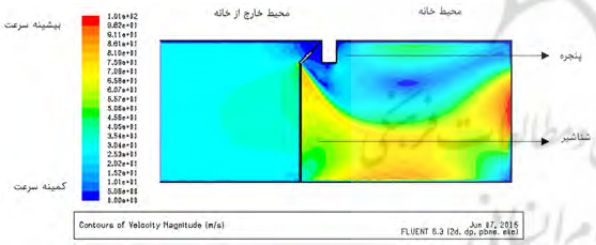
الف) افزایش سرعت جریان سیال (باد): جریان سیال دارای دو مولفه سرعت و فشار است که با یکدیگر رابطه عکس دارند[24] که بیان عددی آن خارج از بحث این مقاله است. در واقع در این تصویر می‌توان دید که پره‌های شناشیر مانند یک شیپوره عمل می‌کنند و باعث می‌شوند که فشار باد کاهش و سرعت آن افزایش پیدا کند. یعنی اگر جریان بادی با سرعت ۳۵متر بر ثانیه در حال وزیدن باشد و با همین سرعت به شناشیر برخورد کند در هنگام خروج طبق شکل ۹ (فلش‌های قرمزرنگ که کانتور خوانده می‌شوند) سرعت آن به ۱۰۲متر بر ثانیه و بعد از فاصله‌گرفتن از شناشیر ما سرعتی معادل ۷۰متر بر ثانیه (فلش‌های زردرنگ) در پشت شناشیر داریم که این خود عامل بسیار مهمی برای تهویه بهتر و کاهش اثر شرجی نسبت به زمانی است که ما شناشیر نداریم.

ب) تغییر جهت جریان (شکل ۹): همان‌طور که در نمودار خروجی از فلوئنت می‌توان دید که جهت حرکت جریان باد پس عبور از شناشیر تغییر می‌کند و این اتفاق بسیار مهمی است که دلیل انجام آزمایش دوم در ارتباط با شناشیر دسته اول است.

مرحله دوم: در این مرحله شناشیر و بخشی از فضای پشت آن را مدل‌سازی و تحلیل کردیم تا رفتار سیال پس از عبور از شناشیر در فضای پنجدری را مشاهده کنیم. لازم به ذکر است که شرایط آزمایش همانند مرحله اول در نظر گرفته شده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)

تغییر جهت جریان (شکل ۱۱): همان‌طور که در نمودار خروجی از فلوئنت می‌توان دید جهت حرکت جریان باد پس عبور از شناشیر تغییر می‌کند که این اتفاق بسیار مهمی است زیرا ارتفاع خانه‌های بوشهری بلند در نظر گرفته می‌شود (در بعضی از عمارت‌ها حدود ۴/۵متر) ولی حضور انسان نهایتاً تا ارتفاع دومتری است و این تغییر جهت جریان باعث هدایت باد به سمت جایی که انسان حضور دارد، می‌شود. در واقع شناشیر موجب استفاده بهینه و حداکثری از جریان باد در جایی که انسان حضور دارد، می‌شود.

شکل ۱۰) شناشیر برداشت‌شده برای مدل‌سازی در فلوئنت، شناشیر عمارت طبیب



شکل ۱۱) مدل شبیه‌سازی‌شده از کل شناشیر دسته اول، محیط پشت آن

۴-۲-۲- بررسی خاصیت نازل‌گونه دسته دوم شناشیرها

همان‌طور که قبلا هم بیان شد ساختار فیزیکی این دسته شبیه دسته اول است با این تفاوت که ارتفاع جداره پره‌دار آن کمتر است (شکل ۱۲).

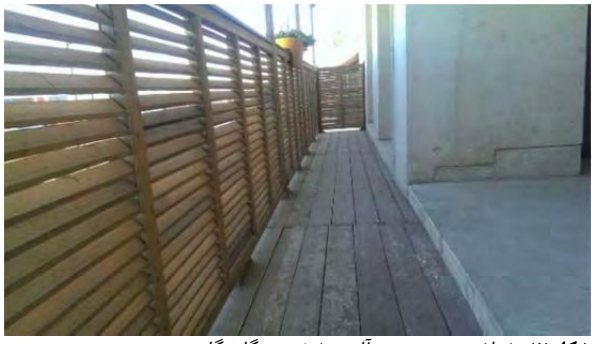
مرحله اول: در این مرحله با نزدیک‌شدن به پره‌های شناشیر به دنبال آن هستیم که ببینیم چه اتفاقی برای جریان سیال در لحظه برخورد و ردشدن از شناشیر می‌افتد (شکل ۱۳).

تحلیل مدل شبیه‌سازی‌شده و نمودار حاصل از آن (شکل ۱۳): در تحلیل‌های انجام‌شده دو نکته بسیار مهم زیر قابل مشاهده است:

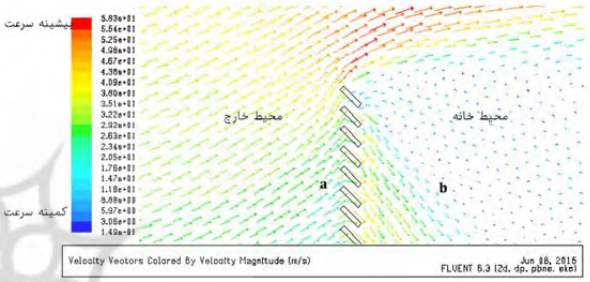
الف) تغییر جهت جریان در نقطه a: همان‌طور که در نمودار خروجی از فلوئنت می‌توان دید جهت حرکت جریان باد پس برخورد با شناشیر و قبل از عبور از آن به سمت بالا تغییر می‌کند. در نقطه a لحظه‌ای که باد به شناشیر برخورد می‌کند فشار سیال افزایش

می‌یابد و باعث می‌شود که جهت جریان به سمت بالای شناشیر تغییر کند در حقیقت شناشیر مانند یک سد در برابر جریان عمل می‌کند که این اتفاق بسیار مهمی است که دلیل انجام آزمایش در مرحله دوم در این پژوهش است.

ب) کاهش سرعت جریان سیال (باد) در نقطه b.



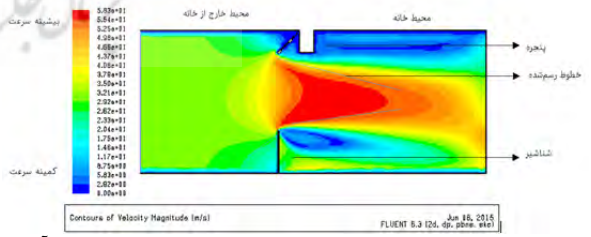
شکل ۱۲) شناشیر دسته دوم (آلبوم شخصی نگارندگان)



شکل ۱۳) مدل شبیه‌سازی‌شده از پره‌های شناشیر دسته دوم

مرحله دوم: در این مرحله شناشیر و بخشی از فضای پشت آن را مدل‌سازی و تحلیل کردیم تا رفتار سیال را پس از عبور از شناشیر در فضای پنجدری مشاهده کنیم و لازم به ذکر است که شرایط آزمایش همانند مرحله اول در نظر گرفته شده است (شکل ۱۴).

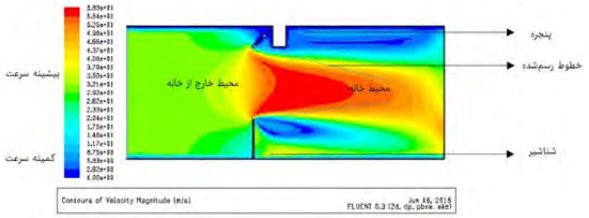
افزایش سرعت جریان باد: همان‌طور که از نمودار حاصل (شکل ۱۴) و خطوط دستی رسم‌شده مشخص است شناشیر با تنگ‌کردن دهنه ورودی جریان موجب افزایش سرعت در فضاهای پشت خود می‌شود (همان خاصیت نازل‌گونه) در واقع در این حالت پره‌های شناشیر مانع ورود باد و هدایت آنها به سمت بالا می‌شوند.



شکل ۱۴) مدل شبیه‌سازی‌شده از کل شناشیر دسته دوم، محیط پشت آن

۴-۲-۳- بررسی خاصیت نازل‌گونه دسته سوم شناشیرها

همان‌طور که قبلا بیان شد این نوع از شناشیرها در بدنه خود کرکره ندارند و تعداد محدودی از آنها در بافت تاریخی بوشهر مشاهده می‌شود. در تحلیل‌های انجام‌شده روی این دسته می‌بینیم که رفتاری کاملاً مشابه با دسته دوم دارند به همین دلیل از بیان تحلیل مجدد آن پرهیز می‌کنیم و فقط نمودار تحلیل‌شده این دسته را قرار می‌دهیم (شکل ۱۵).



شکل ۱۵) مدل شبیه‌سازی‌شده از کل شناشیر و محیط پشت آن

مجموع تحلیل‌ها به وضوح عملکرد شناشیر در افزایش سرعت باد را نشان می‌دهد. این افزایش سرعت در ارتباط با رطوبت بیش از اندازه بوشهر قابل توجیه است زیرا عاملی اصلی در پایین‌آوردن آسایش حرارتی است و شرایط زندگی را برای ساکنان بوشهری دشوار ساخته است. تهویه هوا به‌حدی در بافت تاریخی بوشهر اهمیت دارد که از نوع شهرسازی تا کوچک‌ترین عناصر معماری را تحت تاثیر خود قرار داده است. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که اندیشیدن به عنصر شناشیر و چگونگی طراحی آن چه میزان بر فراهم‌آوردن آسایش حرارتی موثر بوده است.

بافت تاریخی بوشهر به‌علت عدم تمرکز مدیریت شهری بر حفاظت از بافت در حال تخریب روزافزون است. این موضوع به‌ویژه در مورد شناشیرهای بافت بیشتر دیده می‌شود. ازبین‌رفتن شناشیرها و دسترسی محدود به نمونه‌های اصیل شناشیرها از محدودیت‌های این پژوهش بود.

پیشنهاد می‌شود نمونه این پژوهش در ارتباط با دیگر عناصر اقلیمی بافت تاریخی بوشهر مانند طارمه و همچنین در مقیاس فضاهای شهری همچون میدانچه‌ها و گذرها نیز انجام شود.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با اتکا بر تحلیل‌های کمی دریافتی جدید از شناشیر را ارایه می‌دهد. به‌طور کلی وقتی سطح مقطع عبوری جریان سیال قابل تراکم با سرعت فروصوت در جهت جریان کاهش یابد موجب افزایش سرعت و کاهش فشار سیال می‌شود (طبق قانون شیپوره‌ها و نازل‌ها). در شناشیر هم این اتفاق رخ می‌دهد و باد با عبور از شناشیر سرعتش افزایش می‌یابد. اتفاق دیگری که برای باد با عبور از شناشیر می‌افتد، تغییر جهت آن است. در واقع شناشیر باد را به سمت کف اتاق‌های طبقه بالا هدایت می‌کند و این دقیقاً همان جایی است که انسان حضور دارد. به‌طور مختصر می‌توان گفت شناشیر موجب افزایش سرعت باد و تغییر جهت آن به سمت بخشی از فضا که انسان در آن حضور دارد، می‌شود. به تعبیری شناشیر فراهم‌آورنده فضایی برای دستیابی به آسایش حرارتی است. گونه‌های مختلف شناشیر این عملکرد افزایش سرعت و تغییر جهت را به شیوه خود انجام می‌دهند:

دسته اول: الف) جریان باد با عبور از شناشیر سرعتش افزایش می‌یابد، ب) جهت جریان باد بعد از عبور از شناشیر به سمت کف خانه تغییر مسیر می‌دهد.

دسته دوم: الف) جریان باد قبل از گذشتن از پره‌ها تغییر جهت داده و حالت قیفی‌شکل را در بالای پره‌ها تشکیل می‌دهد که باعث افزایش سرعت جریان می‌شود، ب) جهت جریان باد بعد از عبور از شناشیر به سمت وسط فضا تغییر مسیر می‌دهد.

دسته سوم: الف) جریان باد قبل از گذشتن از پره‌ها تغییر جهت داده و حالت قیفی‌شکل را در بالای پره‌ها تشکیل می‌دهد که باعث افزایش سرعت جریان می‌شود، ب) جهت جریان باد بعد از عبور از شناشیر به سمت وسط فضا تغییر مسیر می‌دهد.

این پژوهش درکی جدید از عملکرد شناشیر در کنار مطالعات قبلی را پیش‌رو قرار داده و به‌نوعی افزایش سرعت به جریان باد را بر نقش‌های دیگر مقدم می‌داند زیرا اجرای شناشیر از لحاظ فنی مشکل و هزینه‌بردار بوده و به دنبال دست‌یافتن به هدفی مهم معماران بوشهر باید دشواری طراحی و اجرا را می‌پذیرفته‌اند. این موضوع در پیش‌آمدگی طبقه اول در معابر نیز دیده می‌شود. روش تحلیل در این پژوهش و نتایج به‌دست‌آمده این موضوع را پیش‌رو قرار می‌دهد که در ادراک سازگاری اقلیمی در سنت معماری و طراحی شهری اقلیمی ایرانی باید راه‌های جدیدی پیموده شود تا خلاقیت‌های طراحی همساز با اقلیم به‌درستی فهمیده شود. این دریافت نو از تلاش شناشیر برای افزایش هر چه بیشتر جریان باد می‌تواند به مدد تکنولوژی‌های جدید، راهکاری جدیدی برای آسایش حرارتی در فضاهای شهری و معماری بوشهر را فراهم آورد.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.
تاییدیه‌اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.
تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.
سهم نویسندگان: حمیدرضا بحرانی (نویسنده اول)، نگارنده مقاله/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی (۳۵%)؛ احسان رنجبر (نویسنده دوم)، نگارنده مقاله/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی (۳۳%)؛ سارا احمدی (نویسنده سوم)، نگارنده مقاله/روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۳۲%)
منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

منابع

1- Bahrani HR, Sepehriahrami A. Recognizing and Determining the existence reason and functional role of senasir in the historical context of Bushehr. Bagh e Nazar. 2018;15(58):77-88. [Persian]
2- Rasaee Kashouk S. The glory of Abu Shahr. Bushehr: Shorou'; 2005. [Persian]
3- Hedayat A, Tabaian SM. The survey of elements forming houses and their reasons in the historical fabric of Bushehr. Archit Hot Dry Clim. 2013;(3):35-54. [Persian]
4- Ranjbar E, Pourjafar MR, Khaliji K. Innovations in climatic designing due to the wind flowing through the old Bushehr. Bagh e Nazar. 2010;7(13):17-34. [Persian]
5- Karimi B. The Effect of the old architecture of Bushehr on the Culture and architecture of the Persian Gulf countries (A case study of Al-Bustkieh neighborhood in Dubai). Hoviat e Shahr. 2013;6(11):85-96. [Persian]
6- Hedayat A, Eshrati P. Typology of the form and placement of Shanashir in vernacular architecture of Bushehr port, Iran. J Res Islam Archit. 2017;4(13):40-61. [Persian]
7- Gholamzadeh F. Bushehr architecture in Zand and Qajar era. Borazjani H, Tabriznia M, editors. Tehran: Abad Boom; 2014. [Persian]
8- Nikghadam N. Airflow and radiation impact on moderating heat conditions in the Bushehr houses (Case study: Golshan House).Iran Assoc Archit Urban. 2017;7(12):29-46. [Persian]
9- Shames I.H. Fluid mechanics. Tehran: Noorpardazan; 2000. [Persian]
10- Hamidi J. An encyclopedic dictionary of Bushehr. Tehran: Ministry of Culture and Islamic Guidance; 2002. [Persian]
11- Etman O, Tolba O, Ezzeldin S. Double-skin façades in Egypt between parametric and climatic approaches. eCAADe 2013: Computation and Performance - Proceedings of the 31st International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe. Delft: TU Delft Publication; 2013. p. 459-65.
12- Yeomans R. The art and architecture of Islamic Cairo. Cairo: American University in Cairo Press; 2006.
13- Aljofi E. The potentiality of reflected sunlight through Rawshan screens. International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece. Santorini: Heliotopos Conferences; 2005. p. 817-22.
14- Parsaee M, Parva M, Karimi B. Space and place concepts analysis based on semiology approach in residential architecture: The case study of traditional city of Bushehr, Iran. HBRC J. 2015;11(3):368-83.
15- Nikghadam N. Patterns of Semi-open spaces in vernacular houses of Dezful, Bushehr and Bandar-e-Lenge considering climate atributes. Honar-HA-YE-Ziba. 2013;3(18):54-69. [Persian]
16- Nikghadam N. Climatic Patterns of Functional Spaces in Vernacular Houses of Bushehr (By Grounded Theory). Bagh e Nazar. 2015;12(32):77-90. [Persian]
17- Elkhatieb M, Sharples S. Climate adaptive building shells for office buildings in Egypt. Proceedings of SBE16 Dubai, 17-19 January, 2016, Dubai, UAE. Dubai: British University in Dubai; 2016.
18- Mohammadi A. Surveying in shadowing function of Shenashirs and its correction with shading mask method in Bushehr. Archit Hot Dry Clim. 2012;(2):53-63. [Persian]
19- Memariyan GH. Introduction to Iranian residential architecture. Tehran: Iran University of Science and Technology; 1997. [Persian]
20- Fallahfar S. Dictionary of Iranian traditional architecture words. Tehran: Kavosh Pardaz; 2009. [Persian]
21- Marahel A. Applied analysis with Gambit and Fluent for chemical engineering. Esmaeel Beygi M, Jafari Jozani Y, editors. Tehran: Kiyan; 2016. [Persian]
22- Meteorological Office of Bushehr Province. The yearbook of the meteorological office of Bushehr province.
Bushehr: Department of Meteorology of Bushehr Province; 2014. [Persian]
23- Nabhani N. Fluid mechanics. 2nd Volume. 2nd Edition. Tehran: Sharif University of Technology; 2007. [Persian]
24- Ghaheri A. Engineering fluid mechanics. Tehran: Monfared; 1988. [Persian]