Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی / شماره دهم / بهار ۱۳۹۵ / سال چهارم

بررسی سرعت و فشار حرکت باد در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان با بهره‌گیری از شبیه‌سازی CFD*

محمد ابراهیم زارعی **
دانشیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا همدان (نویسنده مسئول)
نغمه بهبودی ***
دانشجوی دکترای باستان‌شناسی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ دریافت مقاله:۹۵/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی:۹۵/۰۳/۱۹

چکیـــــده:

استفاده از نیروی باد در منطقه‌ی سیستان، طی دوره‌های مختلف تاریخی و به ویژه در دوره‌ی قاجار مورد توجه قرار گرفته است. یکی از آثار دوره‌ی قاجار، سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، در روستای ورمال از توابع شهرستان هامون است که با بهره‌گیری از نیروی باد برای کاربردهای مختلف، منجر به طراحی و ایجاد معماری منحصربه‌فردی شده است. از مهم‌ترین ویژگی‌های ممتاز، در طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی این قلعه، به کارگیری عالمانه‌ی نیروی باد جهت خنک‌سازی، تهویه‌ی طبیعی هوا، آب‌باد و سایر امور مرتبط است. با توجه به وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی منطقه سیستان که در سرعت‌های مختلف می‌وزد؛ تطبیق وزش بادهای ۱۲۰ روزه با معماری قلعه‌ی مذکور، مسأله اصلی پژوهش می‌باشد. بنابراین سؤال پژوهش به این صورت مطرح می‌گردد که چگونه طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، برای تأمین کاربردهای مختلف از نیروی باد، با جهت، سرعت و فشار حرکت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان منطبق شده است؟ بر این اساس، هدف پژوهش این است که با بهره‌گیری از توانایی شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) وضعیت طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، با جهت، سرعت و فشار حرکت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان را مورد بررسی قرار دهد. روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است. آمار هواشناسی ۵۲ ساله جهت تطبیق با اقلیم دوره‌ی قاجار و اطلاعات معماری موجود سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ جمع‌آوری شدند؛ با نرم‌افزار (Revit) رویت، حجم توده‌ی معماری طراحی شد و نرم‌افزار UrbaWind-Meteodyn برای آماده‌سازی استفاده گردید. انجام عملیات (CFD) با استفاده از نرم‌افزار انسیس فلوئنت (Ansys Fluent)، در ساختمان‌های بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال جهت شبیه‌سازی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. نتایج خروجی‌های شبیه‌سازی با سرعت و فشارهای مختلف ۳، ۶ و ۱۵ متر بر ثانیه (m/s) و حداکثری ۱۲۰ کیلومتر در ساعت (km/h) از سطح زمین تا ارتفاع ۲ برابر در قلعه‌ی مذکور نشان می‌دهد که طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال با سرعت و فشار حرکت بادهای غالب ۱۲۰ روزه‌ی سیستان در جهت شمال و شمال‌غربی تطبیق مناسبی دارد؛ به گونه‌ای که فضای حیاط مرکزی به عنوان یک هواکش طبیعی با عبور جریان باد، باعث کاهش محسوس سرعت و فشار حرکت باد در فضاهای داخلی شده است و طراحی اصولی و متناسب با شرایط آب و هوایی و تمهیدات معماری در دوره‌ی قاجار در هنگام عبور باد با سرعت زیاد، از آسیب به معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال جلوگیری نموده است.

واژه های کلیدی:سیستان، سرعت و فشار باد، سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، دوره‌ی قاجار.

*مقاله‌ی حاضر مستخرج از رساله‌ی دکتری تحت عنوان «بررسی و تحلیل سکونتگاه‌های قلعه‌ای خاندان محلی منطقه‌ی سیستان ایران در دوره‌ی قاجار» در رشته‌ی باستان‌شناسی گرایش دوران اسلامی، دانشگاه بوعلی سینا همدان است.

** me-zarei@basu.ac.ir *** behboodi50@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

مقدمه

استفاده از نیروی باد در دوره‌های گذشته تاکنون مورد توجه ایرانیان بوده است؛ به طوری که در سال‌های اخیر نیز برخی از پژوهشگران این مهم را مورد تأکید قرار داده‌اند. باد در روی زمین عامل مهمی برای تبادل دما، رطوبت و انتقال ذرات معلق از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر است (رازجویان ۱۳۷۹، ۳). طراحی و ساخت ساختمان، شیوه‌ی حرکت باد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چرخش بنا به سمت بادهای مناسب یا چرخش آن مخالف بادهای مزاحم، نحوه‌ی استفاده درست را از نیروی باد نشان می–دهد. در این میان منطقه‌ی سیستان در شرق ایران به علت طولانی بودن زمان وزش بادهای مختلف، به ویژه بادهای ۱۲۰ روزه، قدرت و سرعت قابل توجه و تداوم این بادها در طول سال به «سرزمین باد» معروف شده است. با توجه به تجربیات ارزشمند مردم سیستان در استفاده از نیروی باد، بدون شک در معماری باستانی منطقه، آثاری وجود دارد که می‌توانند به عنوان بستری از تجربه، با فناوری‌های نوین ترکیب شوند و پیشرفت‌های مضاعفی در جهت کاربردی نمودن یافته–های باستانی ارائه نمایند. امروزه ابزارهای متنوعی جهت شبیه–سازی طرح‌های علمی در علوم مختلف مورد استفاده قرار گرفته که بسیار سودآور است؛ یکی از این تکنیک‌ها، شبیه‌سازی با روش CFD[1] می‌باشد که در فناوری‌های روز دنیا توانمندی‌های بسیاری را در اختیار محققان قرار داده است. در مقاله‌ی حاضر، با استفاده از شبیه‌سازی به روش CFD و توسط برنامه‌های نرم‌افزاری UrbaWind–Meteodyn و Ansys Fluent به بررسی سرعت و فشار حرکت باد در سکونتگاه قلعه‌ای قاجاریه، ورمال پرداخته شده است. امروزه آثار فیزیکی به جای مانده از سکونتگاه قلعه‌ای ورمال سیستان می‌تواند مؤید به کارگیری عالمانه و استفاده مناسب و منحصر به فرد از نیروی باد باشد. بر اساس موارد بالا و علم به این که آثار معماری موجود سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در حال حاضر قابل بررسی و استناد است؛ پرسش تحقیق به صورت زیر مطرح می‌گردد:

چگونه طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، برای تأمین کاربردهای مختلف از نیروی باد، با جهت، سرعت و فشار حرکت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان منطبق شده است؟

پیشینه‌ی تحقیق شبیه‌سازی CFD در محوطه‌های تاریخی

در زمینه‌ی موضوعات، مسائل و کاربردهای جریانات باد و هوا در علوم باستان‌شناسی و معماری دوران تاریخی پژوهش‌های متعددی انجام شده است، منتهی پژوهش‌هایی که با استفاده از شبیه‌سازی CFD انجام شده‌اند؛ بیشتر به واسطه‌ی پیشرفت نرم–افزارها و سخت‌افزارهای رایانه‌ای طی دهه‌ی اخیر، توسعه یافته‌اند و تطبیق آنها با سایت‌های باستانی عینی‌تر و واقعی‌تر است. هوانگ[2] و همکاران در سال ۲۰۱۵، به شبیه‌سازی سه‌بعدی از میدان جریان هوا در دهانه‌ی کوره‌های انفجاری، در سایت ذوب آهن‌شویی کوان‌گو از قرن ۹ تا ۱۳ م. در چین پرداختند و با استفاده از روش CFD جریان هوا را در کوره‌ها شبیه‌سازی نمودند (هوانگ و همکاران ۲۰۱۵، ۴۴–۵۸). داگوستینو و کان گدو درسال ۲۰۱۴ با استفاده از مدلسازی CFD، جهت بررسی شرایط کیفیت تهویه‌ی هوا در یک ساختمان تاریخی واقع در جنوب ایتالیا به تجزیه و تحلیل مناسبی دست یافتند. هدف از این بررسی، پیدا کردن یک راه حل برای حفاظت از ساختمان بوده است (داگوستینو[3] و کان گدو[4] ۲۰۱۴، ۱۸۱–۱۹۳). یاسا[5] و همکاران در سال ۲۰۱۴، جهت بررسی حد مطلوب آسایش دمایی، ساختمان–های تاریخی مدرسه‌ی قونیه را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این بررسی ضمن اشاره به وضعیت ساختمان‌های تاریخی، شرایط سایت را با توجه به روابط ریاضی مؤثر مورد تحلیل قرار داده و سپس به شبیه‌سازی CFD پرداختند (یاسا و همکاران ۲۰۱۴، ۱– ۱۰). کورگ ناتی[6] و پرینو[7] در سال ۲۰۱۳، با بکار گیری CFD به بهینه‌سازی سیستم تهویه‌ی اتاق سنا رومی در پالازو مداما، در شهر تورین (ایتالیا) پرداختند (کورگ ناتی و پرینو ۲۰۱۳، ۶۲– ۶۹).. بالوکو[8] و گرازینی[9] در سال ۲۰۰۹، با استفاده از شبیه‌سازی CFD، الگوهای جریان هوا، توزیع و سرعت دمای هوا را، در یک ساختمان تاریخی در شهر پالرمو در ایتالیا، مورد بررسی قرار دادند. از مزایای استفاده از تکنیک شبیه‌سازی در این پژوهش، بررسی فرآیند تهویه و حرکت هوا و الگوی جریان هوا در داخل ساختمان بوده است و نتایج سرعت هوا، درجه حرارت با مقادیر تجربی

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

مورد آزمون مقایسه قرار گرفت (بالوکو و گرازینی ۲۰۰۹، ۳۱۳– ۳۱۸). اشرف حسین[۱۰] و ال. شیشینی[۱۱] در سال ۲۰۰۹ به بررسی تأثیر جریان باد در میزان آسیب‌پذیری اهرام باستانی منطقه‌ی جیزه در مصر، به ویژه مجسمه ابوالهول پرداخته و برای بررسی از یک چارچوب محاسباتی با تکنیک شبیه‌سازی CFD استفاده نموده‌اند (اشرف حسین و ال. شیشینی ۲۰۰۹، ۳۸۹– ۴۱۰). تابور[۱۲] و همکاران، در سال ۲۰۰۵، به شبیه‌سازی محاسباتی از جریانات هوا در کوره‌های بادی سریلانکا پرداخته و نشان دادند که آهن به طور گسترده در کوره‌های بادی کم‌عمق و با کیفیت بالا تولید شده است (تابور و همکاران ۲۰۰۵، ۷۵۳– ۷۶۶). عطروش و فیاض در سال ۱۳۹۴، با هدف بررسی عناصر کنترلی جریان سیال در فضاهای داخلی معماری سنتی ایران به ویژه ارسی‌های خانه‌ی زینت الملک شهر شیراز، از شبیه‌سازی CFD استفاده نمودند (عطروش و فیاض ۱۳۹۴، ۲۶–۱۹). حزبئی و همکاران در سال ۱۳۹۳، با بررسی شوادون‌های شهر دزفول، شرایط تأثیرگذار در تهویه‌ی شوادون‌ها را مورد تحلیل قرار داده، اثر تهویه‌ی طبیعی را در گونه‌های مختلف شناسایی و سپس به مدلسازی CFD پرداخته‌اند (حزبئی ۱۳۹۳، ۴۸–۳۷). هادیان‌پور و همکاران در سال ۱۳۹۲، با تحقیق بر چگونگی بهره–برداری برودتی شوادون‌ها در بناهای سنتی دزفول، با استفاده از نرم‌افزار مدلسازی انرژی Design Builder به بررسی عملکرد ترمودینامیکی فضاها، جهت ایجاد آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی پرداخته‌اند و در نهایت شبیه‌سازی CFD انجام شده است (هادیان‌پور ۱۳۹۲، ۲۳–۱۱). رهایی در سال ۱۳۹۲، الزامات فرهنگی در معماری بازار قدیم دزفول، جهت تهویه‌ی طبیعی را مورد بررسی قرار می‌دهد و با روش ترکیبی، در مرحله‌ی اول با استفاده از یک راهبرد تجربی، متغیرهای مستقل تأثیرگذار، شناسایی و سپس اطلاعات با استفاده از راهبرد شبیه‌سازی CFD مورد تحلیل قرار داده است (رهایی ۱۳۹۲، ۴۶–۳۹). همچنین رهایی و همکاران در سال ۱۳۹۲، به بررسی عناصر منحصربه‌فرد معماری بازار قدیم دزفول می‌پردازند و ضمن شناسایی ویژگی‌های کالبدی آنها، توجیهی بر علل شکل‌گیری، لزوم بر قراری و هدایت جریان دائمی هوا در فضاهای داخلی را مورد بررسی قرار دادند؛ بدین منظور با روش CFD نتایج جریانات هوای داخلی در نمونه‌های انتخابی شبیه‌سازی شده است (رهایی و همکاران ۱۳۹۲، ۶۳–۵۵). محسن و محمد مزیدی در سال ۱۳۸۷، بادگیر باغ دولت‌آباد یزد را با استفاده از نرم‌افزارهای CFD مورد بررسی قرار دادند و توانستند وضعیت توزیع دما، فشار و سرعت هوا را در طول ستون بادگیر بدست آورند (مزیدی ۱۳۸۷، ۴۶–۳۹). محمودی و مفیدی در سال ۱۳۹۰، مشخصات کالبدی ۵۴ بادگیر در شهر یزد را بررسی نمودند، در این تحقیق با روش CFD و با استفاده از نرم افزار انسیس فلوئنت توانستند به تحلیل عددی بپردازند (محمودی و مفیدی ۱۳۹۰، ۹۱–۸۳). تجربیات جهانی و ملی نشان می‌دهد در علوم باستان‌شناسی ایران، نیاز به پژوهش–های جامع‌تری برای بررسی و شناخت وضعیت سایت‌های باستانی با استفاده از فناوری‌ها و تکنیک‌های جدید همانند CFD دارد.

روش تحقیق

روش تحقیق مقاله‌ی حاضر، توصیفی– تحلیلی و مبتنی بر مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است. حجم توده‌ی معماری سکونتگاه قلعه‌ای ورمال با نرم‌افزار Revit طراحی شد. داده‌ها و اطلاعات میدانی طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به طور مستقیم از سایت مذکور جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور پیدا کردن سرعت و فشار حرکت بادهای غالب (۱۲۰ روزه‌ی سیستان) و جهت تطبیق با اقلیم دوره‌ی قاجار، داده‌های هواشناسی (۵۲ ساله) از سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ م. اخذ گردید و از میانگین سرعت ۷ متر بر ثانیه (m/s)[۱۳] به بالا، ماه‌های (مه تا سپتامبر) انتخاب و محاسبات به روش آماری انجام شده است. از نرم‌افزار UrbaWind–Meteodyn برای آماده‌سازی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال جهت ورود به نرم‌افزار شبیه‌سازی استفاده گردید همچنین شبیه‌سازی و تحلیل عملیات دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) با استفاده از نرم‌افزار انسیس فلوئنت Ansys Fluent، در ساختمان‌های بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال انجام شد.

مبانی نظری پژوهش

به سبب وجود نعمت طبیعی باد از روزگاران قدیم تاکنون در منطقه‌ی سیستان و تداوم آن، استفاده از نیروی باد همواره

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

مورد توجه قرار گرفته است.

باد در این منطقه، در اغلب روزهای سال می‌وزد. باد ۱۲۰ روزه، باد قوس، باد هفتم یا باد گاوکش و باد پنجک از جمله مهمترین بادهای منطقه‌ی سیستان می‌باشند (موسوی‌حاجی و همکاران ۱۳۸۹، ۸۸)؛ که از میان آنها باد ۱۲۰ روزه از همه معروفتر بوده و باد غالب منطقه است که از اوایل خرداد ماه تا اواخر شهریور ماه (۴ ماه معادل ۱۲۰ روز) می‌وزد و محدوده‌ی وزش آن از خراسان جنوبی تا سیستان است (گندمکار ۱۳۸۹، ۶۸). در برخی منابع این باد معروف به باد لوار است؛ دنباله‌ی بادهای موسمی هندوستان ذکر شده که از طریق افغانستان و خصوصاً در بیابان‌های این دو کشور قدرت یافته و با عبور از نواحی کم‌ارتفاع افغانستان چون دشت ناامید وارد کشور ایران می‌شود (سلیقه ۱۳۸۲، ۱۱۰). بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان اثرات قابل توجهی بر محیط طبیعی و همچنین فعالیت‌های انسان در جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان دارد (حسین زاده ۱۳۷۶، ۱۲۰). شدت این بادها آنچنان است که اثر بادهای شرقی (بادهای نامطلوب) را از بین می‌برند و تأثیر این بادها در طراحی توده و فضاهای معماری نیز بسیار جالب توجه است (عباس‌زاده و همکاران ۱۳۹۳، ۵۸). مسعودی در سده‌ی چهارم ه. ق در مورد سرزمین سیستان می‌نویسد: «سیستان دیار باد و ریگ است و همان شهر است که گویند باد آنجا آسیاها را می‌گرداند و آب را از چاه کشیده، باغ‌ها را سیراب کند و در همه‌ی دنیا شهری نیست که بیشتر از آنجا از باد سود برد و خدا داناتر است» (مسعودی۱۳۷۰، ۶۷۷). شرایط وزش باد (جهت و سرعت باد) عاملی است که تأثیرات زیادی بر آسایش حرارتی انسان دارد. حرکات افقی هوا موجب می‌شود تا اختلافات مربوط به دما، رطوبت و فشار که در جهات افقی جو وجود دارد؛ از بین رفته و هوا به حالت تعادل در آید. بنابراین باد تعدیل‌کننده‌ی مهمی در طبیعت است. میزان سرعت باد به دلیل تأثیری که بر دمای هوا می‌گذارد؛ مهم است (هدایت و ضیایی ۱۳۹۱، ۲). با بررسی جهت بادها در منطقه‌ی سیستان مشخص شده که جهت باد غالب (۱۲۰ روزه) در فصل بهار (۹۰ درصد) با سرعتی بین ۱۰ تا ۳۰ متربرثانیه و در فصل تابستان (۸۰ درصد) با سرعتی بین ۲۰ تا ۳۰ متربرثانیه و در فصل پاییز (۶۰ درصد) با سرعتی بین ۱۵ تا ۲۵ متربرثانیه و در فصل زمستان (۷۰ درصد) با سرعتی بین ۱۵ تا ۲۵ متربرثانیه از سمت شمال‌غرب می‌وزند (طاوسی و همکاران ۱۳۹۱، ۲۳). بر این اساس، طراحان، شهرسازان و معماران دوران گذشته به منظور برخورداری از نسیم خنک هوا، مجموعه‌ی بناها را در جهت وزش بادهای غالب (۱۲۰ روزه) در جهت شمال غرب به جنوب شرق بنا نموده‌اند که می–توان بطور نمونه شهر تاریخی زاهدان کهنه در حوزه‌ی زهک سیستان (قرون پنجم تا نهم هجری قمری) را معرفی نمود که از همه‌گونه تمهیدات اقلیمی و سازگاری محیطی منطبق با باد برخوردار بوده است (موسوی‌حاجی و همکاران ۱۳۸۹، ۹۳). همچنین بافت شهر زابل در منطقه‌ی سیستان به طور متراکم، محصور و پیوسته احداث شده و گذرهای اصلی شهر به گونه‌ایست که دقیقاً بر اساس دریافت بادهای ۱۲۰ روزه (در راستای شمال غربی–جنوب‌شرقی) شکل یافته است (عباس‌زاده و همکاران ۱۳۹۳، ۵۸). در مقاله‌ی حاضر تلاش شده که نشان دهد چگونه با بهره‌گیری از نیروی بادهای ۱۲۰ روزه برای کاربردهای مختلف، منجر به طراحی و ایجاد معماری منحصر به فرد در سکونتگاه قلعه‌ای ورمال شده است. بنابراین، با توجه به نظریات مطرح شده بالا، و روش CFD که مبنا و اصول نظری روش‌های انجام عملیات شبیه‌سازی در نرم‌افزار موجود است و کاربردهای فراوان در شبیه‌سازی اصول دینامیک هواپیما، خودرو، صنایع و... دارد و در مقدمه مورد اشاره قرار گرفت– شبیه‌سازی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، ارتباط معماری با اقلیم و به ویژه کاربرد نیروی باد در معماری را تبیین و ارائه می‌نماید.

موقعیت جغرافیایی، تاریخی و وضعیت معماری سکونتگاه قلعه‌ای ورمال

سکونتگاه قلعه‌ی قاجاریه ورمال (تصویر ۱) در روستای ورمال از توابع شهرستان هامون در منطقه سیستان واقع شده است. پرسی سایکس انگلیسی در سال‌های ۱۸۹۷–۱۸۹۰ م. در بازدید از منطقه سیستان، موقعیت ورمال را حدود ۲/۵ کیلومتری دریاچه هامون و ۲۹ کیلومتری مقابل کوه خواجه مشخص نموده است (احمدی ۱۳۷۸، ۴۶۳). سرچارلز ادوراد بیت از اعضاءکنسولگری بریتانیا در حدود سال‌های ۱۸۹۴ تا ۱۸۹۷ م. اواخر حکومت ناصرالدین شاه قاجار در سفرنامه

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

خود به شرح و توصیف سیستان پرداخته است و می‌نویسد از روستای ورمال که تقریباً یکصد خانوار جمعیت داشته آذوقه مورد نیاز سفر را فراهم آورده است (ییت ۱۳۶۵، ۸۵). ساوج لندور باستان‌شناس و جهانگرد انگلیسی در سال ۱۹۰۲ م. به توصیف سکونتگاه قلعه‌ای ورمال پرداخته؛ با شرح معماری خانه–ها، ورمال را سرزمینی دارای آب خوب و فراوان معرفی کرده است (احمدی ۱۳۷۸، ۶۸۲). میرزا موسی‌خان کارگزار معروف به نائب‌الوزراء در حدود سال‌های ۱۸۷۰–۱۸۷۲م. از طرف دولت ایران، در جریان حکمیت انگلستان، جهت تعیین مرزهای ایران و افغانستان در سیستان حضور داشته؛ گزارش کرده است که فردریک گلداسمید انگلیسی به همراه هیأت خود بعد از ورود به سه‌کوهه با همراهی حاجی عبدالله خان شهرکی از قریه ورمال در نزدیکی کوه خواجه بازدید نموده است (میرزا موسی‌خان کارگزار ۱۳۸۳، ۵۲) و (پیری ۱۳۸۹، ۹۳). ذوالفقارکرمانی، به دستور ناصرالدین‌شاه به همراه هیأتی برای تعیین حدود مرزی ایران و افغانستان و کشیدن نقشه، به سیستان رفته است و در مورد ورمال می‌نویسد: ورمال دو فرسخی سمت مغرب سه‌کوهه واقع شده است و قریه‌ی معتبری می‌باشد؛ قلعه و ارگ هم دارد (کرمانی ۱۳۷۴، ۱۴۰). لازم به ذکر است، به سبب اهمیت تاریخی منطقه‌ی ورمال و سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در منابع مختلف تاریخی به توصیف آن پرداخته شده است. سکونتگاه قلعه‌ای ورمال یکی از مهم‌ترین قلعه‌های دوره‌ی قاجار در منطقه‌ی سیستان است که دارای ویژگی‌های منحصر به فردی‌است، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها، به کارگیری نیروی باد برای کاربردهای مختلف است که منجر به طراحی و ساخت معماری منحصر به فرد در قلعه‌ی مذکور شده است. این بنا دارای نقشه‌ای نامنظم می‌باشد که از نظر ساختار کلی از سه بخش تشکیل شده است. شامل بخش مرکزی که اصلی‌ترین بخش قلعه است؛ نیروی باد در این بخش به خوبی مورد استفاده قرار گرفته و تطبیق معماری با باد در این پژوهش نیز تأکید بر این بخش داشته است.

تصویر ۱. نمای جبهه‌ی جنوب شرقی، بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۳)

دومین بخش قلعه، در شمال و شمال‌غربی واقع شده است که مشتمل بر تعدادی از ساختمان‌ها با کاربری‌های متنوع است. از جمله دارای دو حیاط است که با توجه به فضای مستقل یکی از حیاط‌ها و وضعیت معماری پیرامون آن به نظر می‌رسد در مراسم خاصی مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

سومین بخش قلعه، در سمت جنوب و جنوب‌غربی واقع است که شامل مجموعه‌ای از ساختمان‌ها و حیاط‌ها است. با توجه به وضعیت سلامت سازه‌ها به نظر می‌رسد نسبت به سایر بخش‌ها در دوره‌ی جدیدتری ساخته شده است.

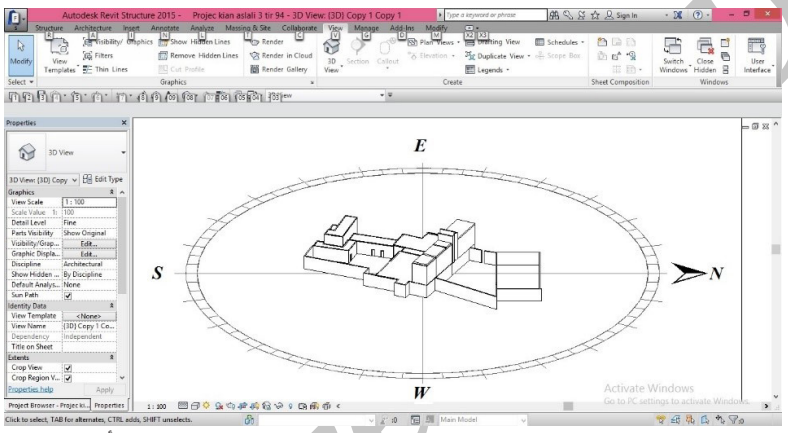
بررسی سیستم تهویه و بادگیر در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال

مهمترین و اصلی‌ترین بخش معماری سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، از نظر نوع بکارگیری سیستم‌های تهویه‌ی هوا به مانند بادگیر، آس–باد، کانال‌ها و تقسیم‌بندی مناسب فضاها، در بخش مرکزی بنا گردیده است. راه ورودی به این بخش از طریق درگاهی با ۱۲۰ سانتی‌متر عرض که در

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

منتهی‌الیه جنوب‌شرقی بنا واقع است و از طریق یک دالان کم‌ارتفاع به شکل L به حیاط مرکزی منتهی می‌شود. حیاط بخش مرکزی، دارای نقشه‌ی چهارگوش نامنظم است که در سه طرف آن مجموعه‌ی از ساختمان‌ها احداث شده است (تصویر ۲). در دو ضلع غربی و شرقی حیاط، اتاق‌ها در یک طبقه و در ضلع شمالی و شمال‌غربی آن، ساختمان‌ها در دو طبقه ساخته شده‌اند. پوشش سقف اکثریت اتاق‌ها در تمامی اضلاع این بخش، به صورت طاق‌های گهواره‌ای است. مجموعه‌ی ساختمان‌های مهم این بخش به ویژه از نظر بکارگیری سیستم–های تهویه‌ی هوا، بادگیر و کانال‌ها در ضلع شمالی و شمال‌غربی واقع گردیده است. تالارهای پذیرایی در این ضلع، با تزئینات گچبری با طرح‌های هندسی جالب به اشکال دالبری ملاحظه می‌شود. نقشه‌ی تالار پذیرایی در طبقه همکف (طبقه اول) ضلع شمالی، به صورت چلیپایی است و با توجه به احداث آن در مرکزیت ساختمان به عنوان یک فضای تقسیم‌کننده از یک طرف به اتاق پذیرایی همجوار و از سوی دیگر به طبقه زیرین آس‌باد منتهی می‌شود.



تصویر ۲. حجم توده‌ی معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در نرم‌افزار Revit (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۴)

دریچه‌ی کانال‌های ورودی هوا، به طور تکی به ابعاد ۲۵ در ۳۵ سانتی‌متر، جفتی ۱۸ در ۳۸ سانتی‌متر و چهارتایی دو تای وسطی دارای ابعاد ۱۵ در ۳۳ و دو تای جانبی ۱۵ در ۳۰ سانتی‌متر، در تالار و اتاق پذیرایی طبقه همکف می‌باشند (تصویر ۳).

تصویر ۳. دریچه‌ی کانال‌های هوا در داخل اتاق و تالار پذیرایی به صورت جفتی و چهارتایی، در طبقه همکف، بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۴)

هوای مطلوب از طریق کانال‌های ورودی هوا به فضای تالار و اتاق پذیرایی هدایت می‌شده است. در مقابل کانال‌های ورودی هوا، در تالار پذیرایی طبقه‌ی همکف، منافذ کوچک مشبک نه‌تایی و چهارتایی قرار گرفته است که به عنوان سیستم تهویه‌ی هوا در ساختمان عمل می‌کرده و هوای گرم داخل را به بیرون هدایت می‌نموده است (تصویر ۴). علاوه بر این، منافذ مذکور عملکردهای دیگری به مانند تأمین روشنایی و نوعی تزئین نیز داشته است.

تصویر ۴. آس‌باد سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در بخش مرکزی، مکان قرارگیری پره‌های چوبی (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۴)

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

در گوشه‌ی ضلع شرقی حیاط مرکزی، از طریق پلکان‌های خشتی، به طبقه دوم ساختمان مرکزی هدایت می‌شویم. در این طبقه اتاق‌های پذیرایی با نقشه‌ی مستطیل شکل با پوشش‌های طاقی با مصالح خشت و گل احداث شده است که فضاهای داخلی و نمای خارجی اتاق‌ها با طاقچه‌های مستطیل شکل تزئین شده است. در حد فاصل اتاق‌های پذیرایی در بخش میانی طبقه دوم، آس‌باد (آسیای بادی) قلعه به صورت دو طبقه واقع گردیده است. اتاق آس‌باد در طبقه‌ی زیرین (طبقه‌ی همکف) مکان آرد کردن غلات و در طبقه‌ی دوم محل پروانه، پره‌های چوبی و خرپل افقی بوده است که امروزه به جزء اتاق طبقه همکف و دیوارها و ستون‌های خشتی طبقه‌ی دوم، آثار چوبی بطور کامل از بین رفته است (تصویر ۴)

با توجه به دیوارهای جانبی و زاویه‌ی ورودی باز آس‌باد در طبقه‌ی دوم که در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه انحراف، رو به جهت شمال‌غربی دارد؛ به نظر می‌رسد که برای استفاده از بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان –که از جهت شمال‌غربی می‌وزد– طراحی شده است و به گونه‌ای است که به راحتی باد را هدایت می‌کرده و تهویه‌ی هوا را در مجموعه‌ی ساختمان و حیاط تأمین می‌نموده است.

بعضی از محققان عقیده دارند که بادهای ۱۲۰ روزه که هم‌زمان با برداشت محصول گندم در منطقه می‌وزیده؛ علت اختراع آسیای بادی (آس‌باد) در سیستان بوده است (حیدری مکرر و همکاران ۱۳۸۰، ۱۱). جهت‌گیری ساختمان‌های بخش مرکزی، استفاده مناسب از باد در آس‌باد و گردش هوا از طریق کانالها، در هر دو طبقه کمک مؤثری در تهویه‌ی هوا و خنک نمودن فضاهای داخلی در ایام گرم سال گردیده است؛ بنابراین آس‌باد به غیر از آرد کردن غله، برای خنک‌سازی محیط و تهویه‌ی هوا کاربرد داشته است. چنانکه جی. پی. تیت نیز در کتاب خود اشاره نموده است که آسیای بادی به دو منظور مورد مصرف قرار می‌گرفته است. یکی برای آرد کردن غله و دیگری برای رساندن هوا به اتاق‌ها و خنک نگهداشتن اتاق‌های داخلی است (تیت ۱۳۶۲، ۱۳۳). بادگیرهای یکسویه (یک‌طرفه)، یکی از جالب‌ترین فناوری–های بومی و سنتی منطقه‌ی سیستان است که به طور عالمانه جهت تهویه‌ی هوا و خنک‌سازی، سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در بخش مرکزی اجرا شده‌اند. بادگیرها در دو نوع قابل ملاحظه هستند. نوع اول به صورت روزنه‌های مشبک ۵ تایی مربع‌شکل در ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر و مستطیل‌شکل در ابعاد ۲۵ در ۹۰ سانتی‌متر و به عمق حدود ۱۲۰ سانتی‌متر در میانه‌ی دیوارهای شمال و شمال غربی و نوع دوم به صورت دریچه‌های مستطیل شکل ۵ تایی بر روی لبه‌ی پشت بام، هر دو نوع بادگیر در نمای–خارجی، پشت ساختمان بخش مرکزی واقع گردیده‌اند (تصویر ۵).

تصویر (۵) A؛ بادگیرهای نمای خارجی، پشت ساختمان بخش مرکزی در لبه‌ی پشت بام، B؛ بادگیرها در بخش میانی دیوارها به صورت منافذ مشبک مربع و مستطیل شکل و C؛ ورودی جریان باد در آس‌باد (نگارندگان، ۱۳۹۴)

یکی از مشخصه‌های اصلی بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان، سرعت زیاد وزش آنها، بیش از ۱۵ کیلومتردرساعت است؛ در مواردی به ۷۰ تا ۱۲۰ کیلومتربرساعت نیز رسیده است (میرلطفی و همکاران ۱۳۹۱، ۴۶). به سبب آنکه استفاده از نیروی باد در سرعت‌های زیاد مشکلاتی ایجاد می‌نماید؛ دریچه‌ی بادگیرها با ابعاد و ارتفاع کم طراحی و ساخته شده‌اند و از آنجایی که معمولاً بادگیرها در پشت بام احداث می‌شوند؛ موقعیت مکان‌گزینی بادگیرها، در میانه‌ی دیوارهای شمال و شمال غربی بسیار منحصربه‌فرد می–باشد (بادگیرهای نوع اول). در هنگام وزش باد با سرعت زیاد، هوا از دریچه‌های ورودی، عبور نموده و وارد کانال‌ها –که در دیوارهای داخلی ساختمان با زوایا و انحناهای خاص طراحی شده– اند– می‌شود. بدین ترتیب با شکست جریان باد و کاهش سرعت باد، هوای ملایم از دیوارهای رو به باد، وارد فضاهای

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

داخلی از جمله تالارهای پذیرایی طبقه اول (همکف) و دوم می‌شده‌است. همچنین وجود فضاهای خالی حد فاصل دریچه‌های ورودی و ابتدای کانال‌های داخلی (تصویر ۶) –همانطور که در بادگیر مستطیل شکل میانه‌ی دیوار (تصویر ۵، قسمت B)، نزدیک ورودی حیاط، ملاحظه می‌شود– این فضاهای خالی با اتصال به کانال‌های انشعابی جهت هدایت جریان هوا به سایر اتاق‌ها کاربرد داشته و همچنین به نظر می‌رسد مکانی برای نصب و انباشت پوشال‌های خار و خاشاک باشند. علاوه بر این، در مواقع خشکی شدید هوا با پاشیدن آب بر روی پوشال‌ها و ساخت نوعی کولر طبیعی، هوای مرطوب و خنک وارد بخش‌های مختلف ساختمان می‌شده‌است؛ البته کاربردهای دیگری مانند جلوگیری از ورود گرد و غبار، حشرات و پرندگان، نیز داشته است.

تصویر ۶. فضاهای خالی حدفاصل دریچه‌های ورودی و ابتدای کانال‌های داخلی یکی از بادگیرها، در اتاق پشت بادگیر (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۴)

لازم به ذکر است عملکرد سیستم این نوع بادگیر، به خارخانه‌ها یا خیشخانه –که از ابداعات مردم سیستان جهت اقامت در تابستان هستند– شباهت زیادی دارند. چنانکه محمد حسین بن خلف تبریزی در سال ۱۰۶۲ ه.ق می‌نویسد: خیشخانه، خانه‌ای باشد که اطراف آن را از خارشتر برآورند و از بیرون پیوسته آب بر آن پاشند و از درون باد کنند؛ به جهت دفع گرما و این در سیستان متعارفست (خلف تبریزی ۱۳۶۱، ۸۰۳). با توجه به اینکه بخش–های زیادی از دیوارهای داخلی طبقه‌ی دوم، ویران شده است؛ مشخص نیست که سیستم آب‌پاشی پوشال‌ها چگونه عمل می–کرده است؛ اما با عنایت به شباهت این نوع بادگیر با خارخانه‌ها و توضیحات صفی‌نژاد در کتاب مبانی جغرافیای انسانی، چنین آمده است که گاهی صاحبان خارخانه منبع آبی در بام خارخانه قرار داده و توسط لوله مقدار آب مورد نیاز بر روی خار و خاشاک ریخته و آنها را مرطوب می‌نمایند (صفی‌نژاد ۱۳۶۶، ۲۴۱). بر این اساس، معماران سیستانی با طراحی مناسب بادگیرها در قلعه‌ی ورمال، توانستند از نیروی باد جهت تهویه‌ی هوا و خنک‌سازی در ایام گرم سال و امور دیگر زندگی بطور شایسته بهره‌برداری نمایند.

داده‌ها و اطلاعات پایه برای شبیه‌سازی اثر باد بر سکونتگاه قلعه‌ای ورمال

داده‌های هواشناسی (جهت و سرعت باد) و داده‌های معماری (فضا و حجم توده) بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال به منظور مهیاسازی و انجام عملیات شبیه‌سازی CFD انتخاب شدند. از آنجا که آمار هواشناسی منطقه سیستان از ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ میلادی در دسترس بود و قلعه با ایستگاه هواشناسی زابل از نظر فاصله و گرادیان (شیب و ارتفاع) مطابق اصول آب‌وهواشناسی و نظر متخصصان[۱۴] رشته، تفاوت چندانی نداشت؛ بنابراین تطبیق و تعمیم داده‌ها و اطلاعات مذکور با لحاظ نمودن حد پایین و حد بالا (دامنه‌ی تغییرات) برای دوره‌ی قاجار (دوره‌ی ساخت قلعه ورمال) قابل تعمیم می‌باشد. در جدول ۱ و نمودار ۱ نمونه‌ای از وضعیت داده‌های هواشناسی مورد استفاده در سکونتگاه قلعه‌ای ورمال قابل ملاحظه است.

جدول ۱. بیشترین میانگین سرعت باد (m/s)، طی سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ میلادی* (مأخذ: سازمان هواشناسی کشور و محاسبات نگارندگان ۱۳۹۴)

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۵	۵	۵	۵	۸	۹	۱۷	۱۱	۷	۶	۵	۴

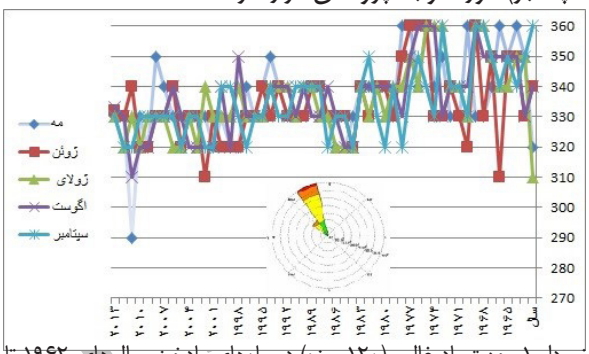
* از آنجا که برداشت آمار هواشناسی بر اساس الگوی سازمان هواشناسی جهانی است و تبدیل ماه‌ها به ماه‌های شمسی باعث ایجاد خطا می‌گردد؛ بنابراین آمار به میلادی قید شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

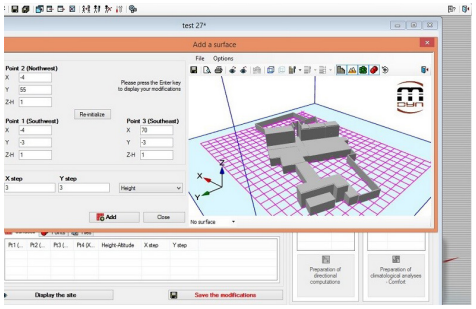
مطابق جدول ۱، سکونتگاه قلعه‌ای ورمال به سبب اینکه وضعیت دما (گرمای طاقت‌فرسا، ماه‌های اردیبهشت تا شهریور) و نیاز کاربردهای متنوع باد (آس‌باد، تهویه هوا و...) و هم‌زمانی با شروع بادهای غالب (بادهای ۱۲۰ روزه سیستان) از میانگین سرعت ۷ متر بر ثانیه به بالا، ماه‌های (مه تا سپتامبر) انتخاب شدند. در ادامه نمودار ۱، متناسب با پنج ماه (ماه‌های مه تا سپتامبر) مورد توجه پژوهش قرار گرفته است.



نمودار ۱. جهت باد غالب (۱۲۰ روزه) در ماه‌های بادخیز، سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ میلادی (مأخذ: سازمان هواشناسی کشور و ترسیم نگارندگان ۱۳۹۴)

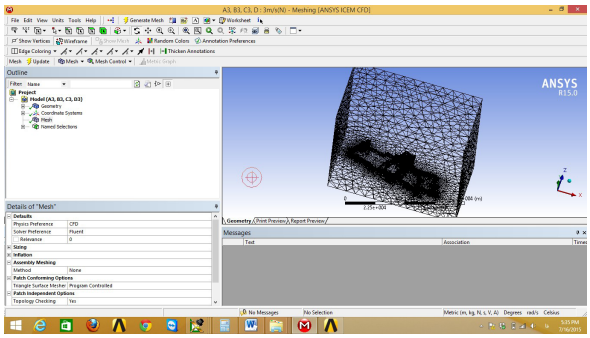
نتایج شبیه‌سازی CFD سرعت و فشار حرکت باد در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال

خروجی‌های شبیه‌سازی سرعت و فشار حرکت باد در ارتفاعات مختلف بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال بر اساس باد غالب (بادهای ۱۲۰ روزه) در ماه‌های (مه تا سپتامبر) در نرم‌افزار انسیس فلوئنت اجراء شدند و نتایج تحلیلی به روش‌های مختلف ارائه گردید. گویاترین خروجی‌ها به صورت تحلیل اثر باد بر سازه-های معماری بخش مرکزی به صورت تصویری، در سرعت و فشارهای ۳، ۶، ۱۵ متر بر ثانیه و ۱۲۰ کیلومتر در ساعت در جهات شمال و شمال غربی اجراء شده است.



تصویر ۷. شبکه‌بندی، جهت مهیاسازی اجرای محاسبات فرمول‌های باد و عملیات شبیه‌سازی در نرم‌افزار UrbaWind-Meteodyn در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۴)

تصویر ۷ انجام عملیات شبکه‌بندی را جهت مهیاسازی اجرای محاسبات فرمول‌های باد و عملیات شبیه‌سازی در نرم‌افزار UrbaWind-Meteodyn نشان می‌دهد؛ سپس مش‌بندی در نرم‌افزار Ansys Fluent انسیس فلوئنت انجام شد؛ مش‌بندی از نوع مثلثی غیرساختار یافته است و به دلیل نامنظم بودن شکل از مش‌بندی آناستراکچر استفاده شده است (تصویر ۸).



تصویر ۸. مش‌بندی با نرم‌افزار Ansys Fluent در بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال

تصویر ۹، نمونه‌ای از مراحل اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت و فشار حرکت باد ۳، ۶ و ۱۵ متر بر ثانیه (m/s)، از جهت شمال و شمال غربی را نشان می‌دهد؛ در تصویر A سرعت باد از جهت شمال، قسمت حداقلی و افت سرعت محدوده‌ی حیاط مرکزی را در بر می‌گیرد (رنگ آبی) و قسمت حداکثری سرعت باد، بالای آس‌باد (رنگ قرمز، بیش از ۱۱ متر) را شامل می‌گردد. همچنین قابل ملاحظه است با توجه به خطوط کانتور فضای حیاط مرکزی به عنوان یک هواکش طبیعی با عبور جریان باد، باعث کاهش محسوس سرعت و فشار حرکت باد در فضاهای داخلی شده است و با توجه به سیستم مکش هوا در اصطلاح معماران (بده و بستان)، بازشوهای ورودی رو به حیاط، جریان هوای آرام را به فضای داخلی اتاق‌ها می‌کشانده است؛ به عبارتی حیاط مرکزی نقش تهویه را ایفا نموده است. تصویر B نیز فشار حرکت باد (رنگ قرمز) از جهت شمال را در قسمت پشت آس‌باد نشان می‌دهد که مؤید طراحی و ساخت صحیح آس‌باد بر اساس اصول دینامیک و چرخش بهتر پره‌های آس‌باد می‌گردد. در نتیجه با وزش

Archive of SID

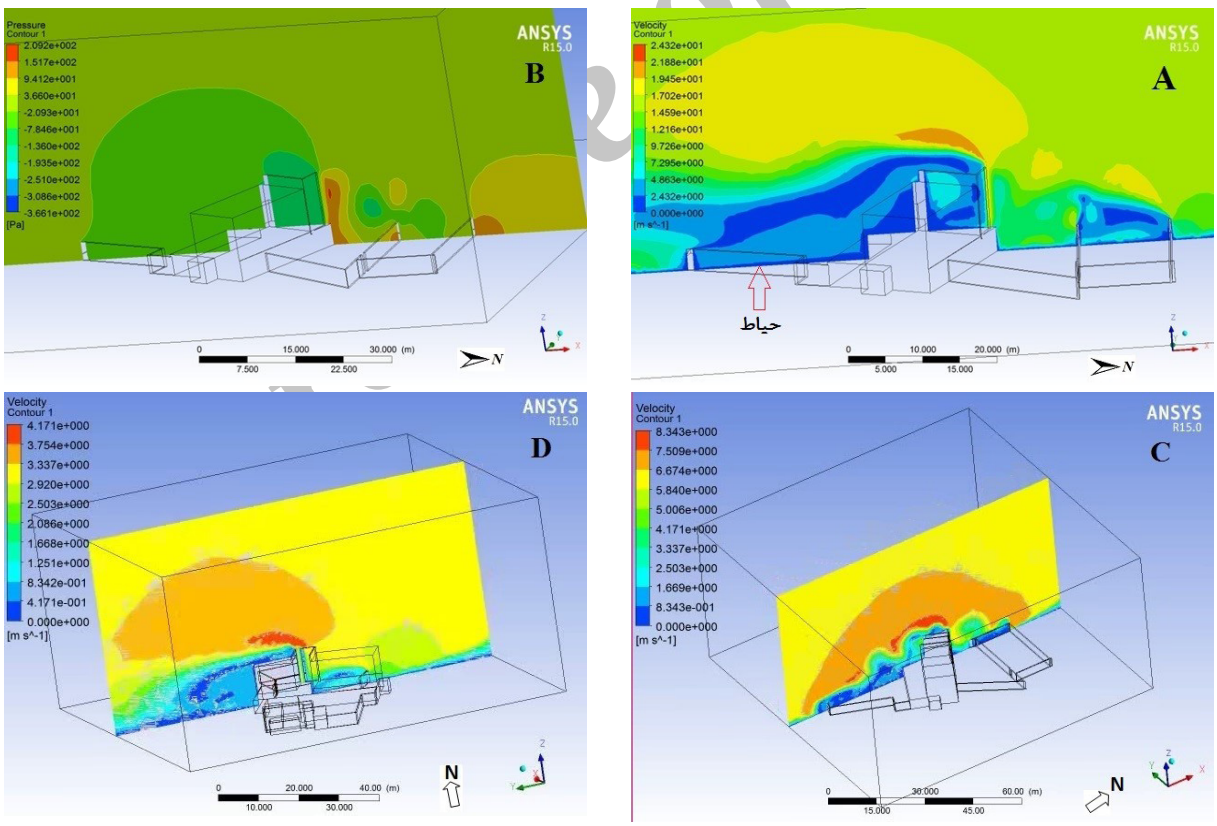
www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

باد و با توجه به زاویه‌ی ورودی باز آس‌باد –که در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه انحراف رو به جهت شمال غربی دارد– کاربردهای متنوع از آس‌باد از جمله خنک‌سازی ساختمان و آرد نمودن غلات حاصل می‌گردیده‌است.

تصویر C سرعت باد در ۶ متربرثانیه از جهت شمال‌غربی و تصویر D سرعت باد در ۳ متربرثانیه از جهت شمال‌غربی، وضعیت نیمرخ ساختمان‌های بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال، با باد غالب (بادهای ۱۲۰ روزه سیستان) را نشان می‌دهند. با ملاحظه‌ی خطوط کانتورها از سطح زمین تا ارتفاع ۱۱ متری سازه و بیشتر (بیش از دو برابر ارتفاع قلعه)، جریانات سرعت و فشار باد را می‌توان جهت تطبیق صحت طراحی معماری در دوره‌ی قاجار با جهت باد از شمال غربی را مشخص نمود.

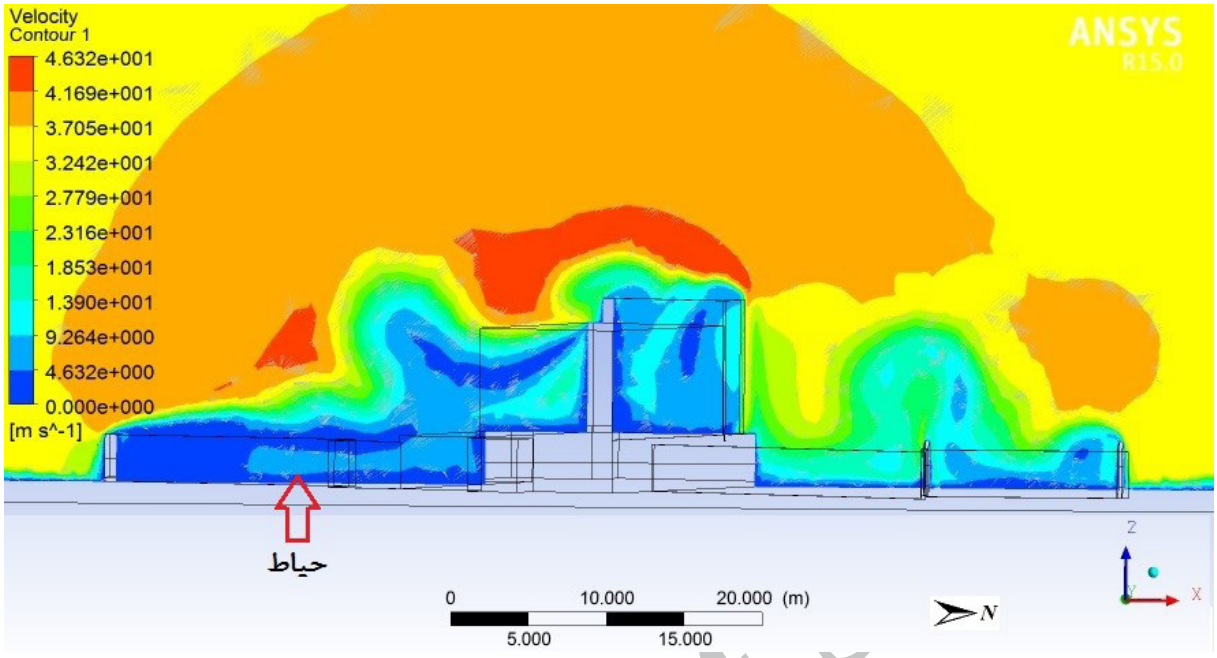
تصویر ۱۰، نمونه‌ای از اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت حداکثری باد (km/h) ۱۲۰ کیلومتردرساعت از جهت شمال‌غربی را نشان می‌دهد. از آنجایی که دریافت باد با توجه به گرادیان باد، هر چه ارتفاع بالا می‌رود؛ اصطکاک کمتر می‌شود و سرعت باد افزایش می‌یابد –همچنانکه در شکل مشخص است (رنگ قرمز، ارتفاع بیش از ۱۱ متر، در محدوده‌ی آس‌باد)– در این قسمت با عبور باد از آس‌باد، سرعت جریان باد افزایش یافته است. بنابراین، قابل ذکر است سرعت حداکثری باد، گاه باعث ایجاد خسارت و آسیب–هایی به شبکه‌ی بادگیرها و تأسیسات آس‌باد می‌شده است. در چنین مواقعی سازگاری‌هایی منطبق با وضعیت بادهای ۱۲۰ روزه در سکونتگاه قلعه‌ای ورمال در بخش مرکزی طراحی و ساخته شده است که می‌توانسته سرعت‌های زیاد وزش باد را کنترل نماید؛ از جمله قفل نمودن پایه‌های آس‌باد و مسدود نمودن مجاری ورودی بادگیرها، کانال‌ها و منافذ مشبک تهویه‌ی هوا. تصاویر مذکور (۹ و ۱۰) از تصاویر متحرک مستخرج شده است که فرآیند آن در هنگام اجرای عملیات شبیه‌سازی، واقعیت موجود را بهتر تبیین و تأیید می‌نماید.



تصویر ۹. نمونه‌ای از مراحل اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت و فشار حرکت باد ۳، ۶ و ۱۵ متربرثانیه. A: سرعت باد ۱۵ متربرثانیه از جهت شمال، B: فشار حرکت باد ۱۵ متربرثانیه از جهت شمال، C: سرعت باد ۶ متربرثانیه از جهت شمال‌غربی و D: سرعت باد ۳ متربرثانیه از جهت شمال‌غربی
(مأخذ: نگارندگان– مستخرج از تصاویر متحرک شبیه‌سازی نرم‌افزار Ansys Fluent ۱۳۹۴)

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018



تصویر ۱۰. نمونه‌ای از مراحل اجرای عملیات شبیه‌سازی سرعت حداکثری باد ۱۲۰ km/s کیلومتر در ساعت، از جهت شمال‌غربی
(مأخذ: نگارندگان- مسترج از تصاویر متحرک شبیه‌سازی نرم‌افزار Ansys Fluent ۱۳۹۴)

لازم به توضیح است عملیات شبیه‌سازی در فشارها و سرعت‌های مختلف با سناریوهای مختلف اجراء گردید؛ اما با توجه به هدف و پرسش پژوهش، تنها خلاصه‌ای از برخی خروجی‌ها در مقاله حاضر ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

تجربیات جهانی نشان می‌دهد طی دهه‌ی اخیر انجام فعالیت‌های علمی محاسباتی شبیه‌سازی CFD در سایت‌های باستانی به واسطه‌ی پیشرفت سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری رایانه‌ای افزایش یافته است. در ایران نیز این گونه پژوهش‌ها در باستان‌شناسی مراحل مقدماتی را می‌پیماید.

بر اساس یافته‌های حاصل از برداشت میدانی و شواهد بکارگیری باد در فضاهای مختلف بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال و اطلاعات هواشناسی سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۴ میلادی و بهره-گیری از قابلیت‌های نرم‌افزاری عملیات شبیه‌سازی CFD، جهت تحلیل اثر باد بر سازه‌های معماری، سرعت و فشارهای ۳، ۶، ۱۵ متر بر ثانیه (m/s) و ۱۲۰ کیلومتر در ساعت (km/h) انتخاب شدند و مورد آزمون قرار گرفتند. با توجه به اینکه آمار هواشناسی ۵۲ ساله‌ی اخیر (جدول ۱ و نمودار ۱)، مطابق با اصول آب‌وهواشناسی، تفاوت چندانی با وضعیت هواشناسی دوره‌ی قاجار (دوره‌ی‌ساخت قلعه) نداشته است؛ می‌تواند قابل تعمیم باشد. با توجه به اطلاعات هواشناسی، باد غالب (بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان) در ماه‌های اردیبهشت تا شهریورماه (ماه مه تا سپتامبر) از جهات شمال و شمال‌غربی با تداوم به سکونتگاه قلعه‌ای ورمال می‌وزیده‌است. عملیات شبیه‌سازی اجرا شده در این پژوهش، تأثیر مستقیم اثر باد از جهت شمال و شمال‌غربی را در گستره‌ی کامل ساختمان‌های بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال از سطح زمین تا ارتفاع ۱۱متری سازه و بیشتر (بیش از دو برابر ارتفاع قلعه) مورد ملاحظه قرار داده است؛ به طوری که جریانات سرعت و فشار باد را بتواند به منظور تطبیق صحت طراحی معماری سازه در دوره‌ی قاجار با وضعیت واقعی موجود (آثار باقیمانده در سال-های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، نمونه شکل‌های ۱، ۳، ۴، ۵ و ۶)، کشف نماید و نشان دهد.

خروجی یافته‌های عملیات شبیه‌سازی، سناریوهای متنوعی ارائه نموده است که در مقاله‌ی حاضر تنها بخشی از خروجی‌ها نشان داده شده است؛ ضمن آن بسیاری از

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

نتایج قابل مشاهده در نرم‌افزار انسیس فلوئنت به صورت تصاویر متحرک با عبور از مقطع کل سازه در جهت شمال و شمال‌غربی وضعیت شبیه‌سازی را به طرز بهتر و بارزتری نمایش می‌دهد. برای نمونه تصویر A9 نشان می‌دهد که فضای حیاط مرکزی به عنوان یک هواکش طبیعی با عبور جریان باد، باعث کاهش محسوس سرعت و فشار حرکت باد در فضاهای داخلی شده است. تصویر B9 نیز مؤید طراحی عالمانه‌ی معماری دوره‌ی قاجار در طراحی و ساخت صحیح آس–باد بر اساس اصول دینامیک سیالات محاسباتی است. تصویر ۱۰ نمونه‌ای از اجرای عملیات شبیه‌سازی با سرعت حداکثری باد ۱۲۰ کیلومتر در ساعت را نشان می‌دهد. طراحی اصولی و متناسب با شرایط آب و هوایی و تمهیدات معماری در دوره‌ی قاجار به نحوی است که هنگام عبور باد با سرعت زیاد، از آسیب به بخش‌های مختلف معماری سکونتگاه قلعه‌ای ورمال جلوگیری نموده است؛ به ویژه محدوده‌ی آس‌باد و بادگیرهای بخش میانی دیوارها که با کنترل باد، با وجود سرعت و فشار زیاد حداکثری جریان باد (از طبقه دوم تا ارتفاع ۱۱ متری در تصویرهای ۴، قسمت C تصویر ۵ و قسمت قرمز رنگ شبیه‌سازی شده‌ی تصویر ۱۰) از دوره‌ی ساخت تاکنون تقریباً سالم باقی مانده است. با توجه به موارد ذکر شده بالا و نتایج تصویرهای ۹ و ۱۰ و خروجی‌های شبیه‌سازی CFD، طراحی و ساخت معماری بخش مرکزی سکونتگاه قلعه‌ای ورمال با سرعت و فشار بادهای غالب (۱۲۰ روزه‌ی سیستان) در جهت شمال و شمال‌غربی تطبیق مناسبی دارد.

پی‌نوشت

۱. CFD دینامیک سیالات محاسباتی Computational Fluid Dynamic

۲. Huang

۳. D'Agostino

۴. Congedo

۵. Yasa

۶. Corganati

۷. Perino

۸. Balocco

۹. Grazzini

۱۰. Ashraf Hussein

۱۱. EL– Shishiny

۱۲. Tabor

۱۳. هر متر بر ثانیه معادل ۳/۶ کیلومتر در ساعت است.

۱۴. برای اطلاعات بیشتر در زمینه‌ی مدت زمان دیده‌بانی لازم برای تهیه‌ی میانگین عناصر اقلیمی و تطبیق و تعمیم داده‌های و اطلاعات هواشناسی به منابع زیر می‌توان مراجعه نمود:

کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول. ۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی، سازمان سمت: صص ۲۱ و ۳۹۲.

Landsberg, H.E, and W.C Jocobs. 1951. Applied Climatology (in: Compendium of Meteorology). Bostony: Mass.

قدردانی

از جناب آقای علیرضا خسروی رئیس محترم میراث فرهنگی شهرستان زابل برای تخصیص مدارک علمی، متون تاریخی و اطلاعات بسیار ارزنده در زمینه‌ی معماری دوره‌ی قاجار سیستان تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از جناب آقای دکتر غلامعلی خمر عضو هیأت علمی دانشگاه زابل و شهردار سابق شهر زابل به واسطه تلاش‌های ارزنده در جهت احیای دانش آس‌بادهای سیستان و طراحی و ساخت نمونه‌ی جدید آن در شهر زابل و از جناب آقای دکتر اکبر کیانی عضو هیأت علمی دانشگاه زابل به واسطه‌ی همکاری در بررسی میدانی آثار معماری ورمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

منابع

۱. احمدی، حسن. ۱۳۷۸. *جغرافیای تاریخی سیستان، سفر با سفرنامه‌ها، جلد دوم*. ناشر مؤلف.

۲. پیری، محمد. ۱۳۸۹. *تاریخ سیستان در عصر قاجار*. مشهد: انتشارات سنبله.

۳. تیت، جی. پی. ۱۳۶۲. *سیستان تاریخ حدود و ثغور جغرافیایی- آثار باستانی و ذکر ساکنین آن*. به اهتمام رئیس‌الذاکرین غلامعلی. مشهد: چاپخانه سعید، انتشارات اداره حفظ و احیای میراث فرهنگی اداره کل ارشاد اسلامی سیستان و بلوچستان.

۴. حزبئی، مرتضی، زهرا ادیب، و فرشاد نصراللهی. ۱۳۹۳. تهویه‌ی طبیعی در شوادون‌های شهر دزفول با بهره‌گیری از مدلسازی CFD. *باغ نظر* ۱۱(۳۰): ۴۸-۳۷.

۵. حسین‌زاده، سیدرضا. ۱۳۷۶. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان. *فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی* (۴۶): ۱۰۳- ۱۲۷.

۶. حیدری مکرر، حمید، محمودرضا میرلطفی، غلامعلی خمر، و خدارحم بزی. ۱۳۸۰. *سیستان خاستگاه آسیاهای بادی در جهان*. چاپ روابط عمومی دانشگاه زابل.

۷. خلف تبریزی، بن محمدحسین. ۱۳۶۱. *برهان قاطع، جلد دوم*. به اهتمام معین محمد. تهران: انتشارات امیرکبیر.

۸. رازجویان، محمود. ۱۳۸۶. *آسایش در پناه باد*. تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

۹. رهایی، امید. ۱۳۹۲. هویت فرهنگی و اثرات آن بر روش‌های بومی تهویه‌ی طبیعی بازار قدیم دزفول، راسته صنعتگران. *باغ نظر* ۱۰ (۲۴): ۴۶-۳۹.

۱۰. رهایی، امید، شقایق سیستانی کرم‌پور، و علی رهایی. ۱۳۹۲. عناصر کالبدی معماری ایرانی- اسلامی بازار قدیم دزفول و ویژگی‌های آن‌ها در هدایت جریان هوا. *فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی* (۱۳): ۶۳-۵۵.

۱۱. سلیقه، محمد. ۱۳۸۲. توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل. *مجله جغرافیا و توسعه* ۱ (۲): ۱۰۹- ۱۲۱.

۱۲. صفی‌نژاد، جواد. ۱۳۶۶. *مبانی جغرافیای انسانی با اشاراتی به جغرافیای انسانی ایران*. تهران: انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۱۳. طاوسی، تقی، محمد سلیقه، و نعمت‌اله صفرزایی. ۱۳۹۱. بررسی پارامترهای برداری باد و نقش آن در طوفان‌های گرد و غباری سیستان ایران. *جغرافیا و پایداری محیط* (۲): ۱۹- ۳۰.

۱۴. عباس زاده، شهاب، قاسم ذوالفقاری، و محمدعلی پژوهان‌کیا. ۱۳۹۳. بررسی نقش باد در آرایش ساختار فضایی-کالبدی شهرهای مناطق گرم و خشک- گرم و مرطوب، نمونه‌ی موردی: شهرهای زابل و بوشهر. *مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک* ۴ (۱۵): ۵۳- ۶۹.

۱۵. عطروش، علی، و ریما فیاض. ۱۳۹۴. تأثیر ارسی‌ها بر جریان هوا در فضای داخلی، مطالعه موردی: خانه زینت الملک شیراز. *نشریه‌ی علمی- پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران* (۹): ۲۶-۱۹.

۱۶. کارگزار، میرزا موسی خان. ۱۳۸۳. *روزنامه سفر سیستان*. تصحیح عباس اویسی و برات دهمرده. زاهدان: انتشارات تفتان.

۱۷. کاویانی، محمدرضا، و بهلول علیجانی. ۱۳۷۱. *مبانی آب و هواشناسی*. تهران: سازمان سمت.

۱۸. کرمانی، ذولفقار. ۱۳۷۴. *جغرافیای نیمروز*. به کوشش عزیزالله عطاردی. تهران: ناشر عطارد.

۱۹. گندمکار، امیر. ۱۳۸۹. تعیین گستره افقی باد سیستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای. *فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی* ۳ (۱۰): ۶۷- ۷۶.

۲۰. محمودی، مهناز، و سید مجید مفیدی. ۱۳۹۰. بررسی چگونگی تأثیرگذاری پلان معماری بادگیرها در کاهش دمای محیط. *مجله‌ی علوم و تکنولوژی محیط زیست* ۱۳ (۱): ۹۱-۸۳.

۲۱. مزیدی، محسن، و محمد مزیدی. ۱۳۸۷. تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم‌های سرمایشی انفعالی در مناطق گرم و خشک. *نشریه انرژی ایران* ۱۱ (۲۸): ۴۶-۳۹.

۲۲. مسعودی، ابوالحسن علی بن حسین. ۱۳۷۰. *مروج الذهب، جلد اول و دوم*. ترجمه‌ی ابوالقاسم پاینده. تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.

۲۳. موسوی‌حاجی، سیدرسول، رضا مهرآفرین، و جواد علایی مقدم. ۱۳۸۹. بررسی ویژگی‌های محیطی شهر تاریخی زاهدان کهنه. *مجله‌ی جغرافیا و توسعه* ۸ (۲۰): ۹۶-۷۹.

۲۴. میرلطفی، محمود رضا، مرتضی توکلی، و میثم بندانی. ۱۳۹۱. بررسی تطبیقی وضعیت استقرار جهات جغرافیایی مسکن روستایی و مصرف انرژی در منطقه سیستان. *مجله‌ی مسکن و محیط روستا* (۱۳۸): ۵۲-۳۹.

۲۵. هادیان‌پور، محمد، ماریا کردجمشیدی، و مجید منصورپور. ۱۳۹۲. بررسی چگونگی بهره برداری برودتی از شوادون‌ها و پتانسیل آن‌ها برای استفاده در معماری امروز. *دوفصلنامه علمی- تحلیلی هنر و فن* (۱): ۲۳-۱۱.

۲۶. هدایت، اعظم، و مسعود ضیایی. ۱۳۹۱. تحلیل نقش باد در شکل‌گیری سیمای بافت تاریخی بوشهر. در *دومین همایش ملی انرژی باد و خورشید*، تهران، سوم اسفند ۱۳۹۱، صص ۹-۱.

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

۲۷. بیت، چارلز ادوارد. ۱۳۶۵. *سفرنامه‌ی خراسان و سیستان*. ترجمه‌ی قدرت‌الله روشنی زعفرانلو و مهرداد رهبری. تهران: انتشارات یزدان.

References

1. Abbaszadeh Shahab, Ghasem Zolfaghari, and Mohammad Ali PaJhohankia. 2014. Study Role of Wind in Structural Special-Fabric Cities in the Hot and Humid Regional, Case study: Zabol and Bushehr Cities. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* (4) 15: 53-69.
2. Ahmadi, Hassan. 1999. *Historical Geography of Sistan: Travel with Itineraries, Vol. II*. Moalef Publishing.
3. Ashraf S. Hussein, and El-Shishiny Hisham. 2009. Influences of Wind Flow over Heritage Sites: A Case Study of the Wind Environment over the Giza Plateau in Egypt. *Environmental Modelling & Software* 24 (3): 389-410.
4. Atravesh, Ali, and Rima Fayaz. 2015. Impact of Oresi on Indoor Air Flow Space; Case Study: Home of Ziynat almelk Shiraz. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism Society* (9): 19-26.
5. Balocco, Carla, and Giuseppe Grazzini. 2009. Numerical Simulation of Ancient Natural Ventilation Systems of Historical Buildings, A case study in Palermo. *Cultural Heritage 10* (2): 313-318.
6. Corgnati, Stefano Paolo, and Marco Perino. 2013. CFD Application to Optimise the Ventilation Strategy of Senate Room at Palazzo Madama in Turin (Italy). *Cultural Heritage 14* (1): 62-69.
7. D'Agostino, Delia and Congedo, Paolo Maria. 2014. CFD Modeling and Moisture Dynamics Implications of Ventilation Scenarios in Historical Buildings, *Building and Environment* 79 (September 2014): pp.181-193.
8. Gandomkar, Amir. 2011. Determine the Scope of Horizontal Wind Sistan using Cluster Analysis. *Physical Geography 3* (10): 67-76.
9. Hadianpour, Mohammad, Jamshidi, Maria kord and mansourpour, majid. 2013. Investigation on Exploitation of Shavadoon Cooling Potentialities for Using in Today's Architecture. *Honar-va-Fan 1* (1): 11-23.
10. Hazbei, Morteza, Zahra Adib, and Farshad Nasrollahi. 2014. Natural Ventilation Effect on Shavadoons in Dezful by Applying CFD Modeling, *Bagh-e-Nazar 11* (30): 37-48.
11. Hedayat, Azam, and Masood Ziyaee. 2012. Analaysis and Role of the Wind in the Formation Landscape of the Historic Fabric of Bushehr city. *In Second National Conference on Wind and Solar Energy*, 1-9. Tehran.
12. Heidari Mokarr, Hamid, Mahmoud Reza Mirlotfi, Gholamali Khammar, and Khodarahm Bazi. 2001. *Sistan Origin of the Windmill in the Worl*d. Public Relations Office of University of Zabol Publishing.
13. Hossin Zadeh, Seyed Reza. 1997. 120-day Winds of Sistan. *Geographical Research* (46): 103- 127.
14. Huang Xing, Qian Wei, Wei Wei, Guo Jingning, Liu Naitao. 2015. 3D Numerical Simulation on the Flow Field of Single Tuyere Blast Furnaces: A Case Study of the Shuiquangou Iron Smelting Site Dated from the 9th to 13th Century in China. *Archaeological Science 63* (2015): 44-58.
15. Kargozar, Mirza Mosa Khan. 2004. *The Newsletter of Sistan Trip*. Correctied by Abbas Ovisi and Barat Dahmardeh. Zahedan: Taftan.
16. Kaviani, Mohammad Reza, and Bohlol Alijani. 1992. *Principles of Climatology.* Tehran: SAMT Organisation.
17. Kermani Zolfaghar. 1995. *Geography of Midday*. By Efforts of Azizoallah Atarodi. Tehran: Atarod.
18. Khalaf Tabrizi, ben Mohammad Hossein. 1982. *Borhane Ghateh, Vol. 2*. By Efforts of Moein Mohammad. Tehran: Amir Kabir.
19. Landsberg, H.E and W.C. Jocobs. 1951. *Applied Climatology (in: Compendium of Meteorology)*. Bostony: Mass.
20. Mahmoudi, Mahnaz, and Seyed Majid Mofidi. 2011. Investigation of Architecture of Wind-Tower's Plan on the Environmental Temperature Reduction. *Journal of Environmental Science and Technology 13* (1): 83-91.
21. Masoudi, AbolHassan Ali Iben-e Hossein.1991. *Moravej al- Zahab, Vol. 1 and 2*. Translated by Abolghasem Payandeh. Tehran: Elmi va Farhangi Publishing Corporation.
22. Mazidi, Mohsan, and Mohammad Mazidi. 2008. The Numerical Analysis of Performance of Wind Towers as Passive Cooling Systems in Hot, Arid Regions. *Iranian Journal of Energy 11* (28): 39-46.
23. Mirlotfi, Mahmoud Reza, Morteza Tavakkoli, and Meisam Bandani. 2012. The comparative study of the geographical directions of rural housing and energy consumption in Sistan. *Housing and Rural Environment* (138): 39-52.
24. Mousavi Haji, Seyid Rasool, Reza Mehrafarin, and Javad Alaiee Moghadam. 2011. Review the Environmental Characteristics of Historical City of Zahedan-e-Kohne. *Geography and Development 8*(20): 79-96.
25. Piri, Muhammad. 2010. *The History of Sistan in Qajar Era*. Mashhad: Sonboleh.
26. Rahaei, Omid. 2013. Cultural Identity and Its Effects on Indigenous Methods of Natural Ventilation Passage of Metal Smiths in Dezful's Old Bazzar. *Bagh-e-Nazar 10* (24): 39-46.
27. Rahaei, Omid. Shaghayegh Sistani Karampoor, and Ali Rahaei. 2013. Physical Elements of Iranian-Islamic Architecture in Dezful Ancient Bazaar & their Features in Airflow Directing. *Journal of Studies On Iranian- Islamic City* (13): 55-63.

Archive of SID

www.SID.ir

28. Razjouyan Mahmmod. 2007. *Wind and Comfort: Design with Climate.* Tehran: University of Shahid Beheshti Printing and Publishing Center.
29. Safi Nejhad Javad. 1987. *Principles of Human Geography, with Reference to Human Geography of Iran*. Tehran: University of Tehran Press.
30. Salighe, Mohammad. 2004. Considering the Wind in Physical Shape of the City of Zabol. *Geography and Development 1* (2): 109-121.
31. Tabor G.R., Molinari D., and G. Juleff. 2005. Computational Simulation of Air Flows through a Sri Lankan Wind-Driven Furnace. *Archaeological Science 32* (5): 753-766.
32. Tate G. P. 1983. *Sistan A Memoir on the History Topography, Ruins and People of the Country*, -Date Geographical Boundaries- Ancient Monuments and Listed its Inhabitants. By Efforts of Raeis al-Zakerin GholamAli. Mashhad: Saeed Printery, Publisging of Preservation and Restoration Cultural Heritage Office in Islamic Training Office of Sistan and Balochestan.
33. Tavoosi Taghi, Mohammad Saligheh, and Nematollah Safarzaei. 2012. Evaluation of Vector Parameters of Wind and Its Role in Dust Storm in Iran's Sistan. *Geography and Sustainability of Environment* (2): 19-30.
34. Yasa Enes, Fidan Guven, and Mustafa Tosun, 2014. Analysis of Historic Buildings in Terms of their Microclimatic and Thermal Comfort Performances, Example of Konya Slender Minaret Madrasah. *Architectural Engineering Technology 3* (3): 1-10.
35. Yeit, Charles Edward. 1986. *Itineray of Khorasan and Sistan.* Translated by Ghodrat Allah Roshani Zafaranlo and Mehrdad Rahbari. Tehran: Yazdan.
36. URL: I.R. of Iran Meteorological Organization. 2015. www.irimo.ir.

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

Journal of Reasearch in Islamic Architecture / No.10 / Spring 2016

Investigating the Speed and Pressure of the Wind in the Central Part of Varmal Castle Settlement in Sistan, Using CFD Simulation Method

Mohammad Ebrahim Zarei*
Associate Professor Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
Naghmeh Behboodi **
PhD Student in Archaeology, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 06/04/2016 Accepted: 08/06/ 2016

Abstract

Applying wind energy in Sistan region has been taken into consideration during different historical periods, especially during Qajar period. Varmal castle settlement which is located in Varmal village-environs of Hamoun County-is a Qajar period structure that has used wind power for various applications that resulted in a unique design and architecture. Applying wind power wisely for cooling, natural air conditioning, windmills and other related purposes are among the most important distinguishing features of the design and architecture of the central part of this castle.

The central part of Varmal castle settlement has an irregular plan. Because of the castle's historical importance and the castle settlement of Varmal, various historical sources have described it. Varmal castle settlement is one of the main Qajar period castles in Sistan area that, in terms of general structure, has been made of three parts including the central part which is the main part of the castle. The wind energy has been used well in this part, and adapting the architecture with the wind is applied on this part. The second part of the castle is located to the north and northwest of the castle and includes a number of buildings with various applications. It has two yards that, regarding the separate space of one of the yards and the architecture of its surrounding appears to be used for particular ceremonies. The third part is located to the south and southwest of the castle and includes buildings and yards. Regarding the good condition of the structures, it seems to be made more recently than other parts.

Based on precious experiences of Sistani people about using the wind energy, undoubtedly there are buildings in the ancient architecture of the region that, as an experienced model, can be combined with modern technology to provide progress in the application of ancient findings. The Wind of 120 Days, the Qous wind, the seventh or the bull-killer wind and Panjak wind are the most important winds of Sistan region among which the Wind of 120 Days is the most famous and the dominant wind which blows from early June to late September (4 months, about 120 days).

Considering "The Wind of 120 Days" in Sistan region that blows with various speeds, the main question of the present research was to match the architecture of this castle with this wind. Therefore, the research question was: how is the design and structure of the central part of Varmal castle

* me-zarei@basu.ac.ir **Behboodi50@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jria.iust.ac.ir at 10:15 IRST on Wednesday March 7th 2018

settlement matched with the speed and pressure of "The Wind of 120 Days" in Sistan to benefit from various applications of wind energy?

Today, various tools have been applied for simulating scientific plans in different sciences that are quite profiting. One such technique is simulation with Computational Fluid Dynamics (CFD) that has provided researchers with many capabilities.

Global experiences indicate that, during recent decade conducting CFD scientific-computational activities in ancient sites have increased due to the progress of software and hardware systems. Such research in archeology is still in its early stages in Iran. Thus, the aim of the present research was to investigate the status of the design and architecture of the central part of Varmal castle settlement with the direction, speed and pressure of Sistan's Wind of 120 Days, using CFD simulation methods. This research has adopted a descriptive-analytical methodology based on documents and library resources and field studies. In order to be matched with Qajar period, 52-year meteorological data were collected, and available architectural data of the years 2014 and 2015 were also gathered. The architecture mass was designed using Revit software, and UrbaWind-Meteodyn software was used for preparation. Using Ansys Fluent software, CFD was run for simulation in the buildings of the central part of Varmal castle settlements. The results of simulation outputs with various speeds and pressures (3, 6 and 15 m/s) and maximum 120 km/h from the earth's surface up to 2 times the altitude in the above castle show that: the design and architecture of central part of Varmal castle settlement matches well with the speed and pressure of "The Wind of 120 Day" toward north and northwest in such a way that as a natural air conditioner, the central yard's space causes tangible reduction in the speed and pressure of the wind in internal spaces, and principled design which suited the climate and architectural schemes during Qajar period has prevented from damage to the architecture of the central part of Varmal castle settlement when the wind blew with high speed.

Keywords: Sistan, speed and pressure of the wind, Varmal castle settlement, Qajar period.

Archive of SID

www.SID.ir