اندیشه جغرافیایی
سال یازدهم، شماره بیست و یکم، بهار و تابستان ۱۳۹۸
دانشگاه زنجان
مقاله شماره۰ ۱۵

Geographic Notion
Vol.۲۱. Spring and Summer 2019
Zanjan University
No۱۵۰

تأمین انرژی ساختمان در شهر تبریز با توجه به تغییر اقلیم بر مبنای مدل ANP

عطا غفاری[۱]، بهروز سبحانی[۲] خدیجه میکائیلی[۳]، فاطمه قویدل[۴]

چکیده

محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار به شمار می آید. با توجه به کاهش و پایان یافتن انرژی‌های تجدیدناپذیر و آلودگی‌های زیست محیطی نشأت گرفته ازآن‌ها، انرژی‌های تجدیدپذیر که همیشگی و طبیعی و کم هزینه هستند جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند. از سویی نیز مساله تغییر اقلیم و گرم شدن کره‌ی زمین و تغییرات آب و هوایی مستمر در جهان، محیط زیست شهری را تحت تأثیر خود قرار داده است و ممکن است این شرایط محیطی بر روی محیط داخلی و عملکرد انرژی برای حفظ آسایش حرارتی داخل ساختمان تأثیر بگذارد. به سبب اهمیت این موضوع، در این پژوهش طراحی مطابق با اقلیم مورد تحقیق قرار داده شد. روش تحقیق در این پژوهش توصیفی – تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی-های میدانی است. در این پژوهش به جهت بررسی تعیین معیارهای اقلیمی مهم و مطرح در طراحی اقلیمی شهر تبریز، داده-های هواشناسی ایستگاه تبریز در طول دوره‌ی آماری ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ جمع‌آوری شد. بعد از تعیین معیارهای مؤثر در طراحی اقلیمی به منظور وزن‌دهی معیارها از مدل ANP استفاده گردید. سپس وزن نهایی هر معیار تعیین و الویت‌بندی آن‌ها انجام شد. بدین صورت که از بین ۴۰ معیار در نظر گرفته شده در این مطالعه، ۱۵ معیار برگزیده شد که در این میان معیار استفاده از حرارت خورشید بالاترین رتبه را کسب کرد که سایر معیارها را نیز تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان را با حداقل رساندن مصرف سوخت فسیلی می‌تواند فراهم آورد.

واژگان کلیدی: انرژی، تحلیل چند معیاره (ANP)، تغییر اقلیم، طراحی اقلیمی، شهر تبریز.

[۱] – دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۲] – دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۳] – دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۴] – کارشناس ارشد آب و هواشناسی کاربردی، اردبیل **Email**:fatemeh_ghavidel_۶۳@yahoo.com

مقدمه

توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به اینکه منابع کنونی دنیا رو به زوال می‌باشد امری اجتناب‌ناپذیر است (لی و همکاران[۱]، ۲۰۱۲: ۳۸۵). نقطه‌ی آغازین رعایت ضوابط طراحی اقلیمی، دستورالعمل‌های طرح‌های جامع و تفصیلی شهری است که متاسفانه نادیده گرفته می‌شود (شیخ بیگلو و محمدی، ۱۳۸۹: ۶۲). از سویی نیز عدم توجه به اقلیم منطقه و طراحی یک نوع ساختمان برای انواع مناطق آب و هوایی، کاری است که امروزه معماری مدرن به آن دست زده است و در پی توجه به فاکتورهای بومی، محله-ای، منطقه‌ای و اقلیمی محدوده‌ی زندگی خود نیست (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲). با استفاده از استراتژی‌های وابسته به آب و هوا، تکنیک‌های ساخت و ساز و نوع استفاده از ساختمان، به طور طبیعی می‌توان آسایش محیطی را برای کاربران آن محل فراهم نمود (آل عذری و آل رواهی[۲]، ۲۰۱۲: ۱). از سویی زمان نشان‌دهنده‌ی آن است که طراحی ساختمان نیاز به در نظر گرفتن عملکرد فعلی و آینده‌ی ساختمان با هدف انطباق و انعطاف پذیری آن نسبت به تغییرات محیط زیست می‌باشد (گوآن[۳]، ۲۰۰۹ : ۲). گستردگی مشکل گازهای گلخانه‌ای به حدی است که بشر نیاز دارد به سرعت از استفاده‌ی گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوخت‌های فسیلی، به سمت وابستگی‌های بیشتر به انرژی تجدید شونده‌ی پاک حرکت کند (نوروزیان ملکی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱-۲۰). گرم شدن کره‌ی زمین و تغییرات آب و هوایی مستمر در جهان، محیط زیست شهری را تحت تأثیر خود قرار داده است و ممکن است این شرایط محیطی بر روی محیط داخلی و عملکرد انرژی برای حفظ آسایش حرارتی داخل ساختمان تأثیر بگذارد (وایلد[۴]، ۲۰۱۲: ۳). در نهایت به منظور طراحی ساختمان هوشمند و بیوکلیماتیک، نیاز به شناخت آب و هوای منطقه برای رسیدن به آسایش حرارتی، حرف اول را می‌زند (پوروحیدی و اوزدنیز[۵]، ۲۰۱۳: ۶) تا در این صورت نیاز به انرژی برای گرمایش و

---

[۱] Li & et al
[۲] Al-Azri & Al-Rawahi
[۳] Guan
[۴] Wilde
[۵] Ozdeniz

سرمایش ساختمان به حداقل برسد (نجفی و شاهدی، ۱۳۹۶: ۱ و گالینلی و همکاران[۱]، ۲۰۱۷: ۳۹۱). توجه به تهویه‌ی طبیعی ساختمان (لوماس و همکاران[۲]، ۲۰۰۷) و استفاده‌ی مطلوب از انرژی خورشیدی، ساختمان را به یک بنای فعال در تامین انرژی خود مبدل می‌سازد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱). شهر تبریز به عنوان یک کلان شهر، از یک سو با رشد سریع جمعیت و نیاز فزاینده به مسکن روبروست که این امر منجر به رشد آپارتمان سازی و ایجاد شهرک های جدید شده است و از سوی دیگر، مشکلاتی چون آلودگی هوا و کمبود انرژی، بر لزوم رعایت اصول پایداری در این بخش تأکید می کنند. در این راستا بررسی عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی در ساختمان ضروری به نظر می رسد (یاوری، ۱۳۸۹: ۳). منطقه‌ی مورد مطالعه در این پژوهش جزو مناطق سردسیر بوده و تأمین هزینه‌ی انرژی به دلیل مصرف یا تقاضای زیاد آن، همواره مشکلاتی را به همراه داشته است (جهانبخش و عدالت دوست، ۱۳۹۱: ۶). از این رو، بررسی و شناخت دقیق انرژی خورشیدی و دیگر عناصر و عوامل کالبدی اقلیمی به عنوان بهترین منابع انرژی جهان در منطقه مورد مطالعه برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح انرژی و دستیابی به آینده‌ای مطمئن امری ضروری است.

توی[۳] و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای را بر اساس شاخص ترمو هیگرومریک[۴] به منظور تعیین آسایش زیست اقلیمی در سه زمین متفاوت روستایی، شهری و جنگلی-شهری در شهرستان ارزروم که یک نوع آب و هوای قاره‌ای شدید غالب بر آن است ارائه نموده-اند. این شاخص به بررسی ارتباط رطوبت و دما با آسایش اقلیمی منطقه می‌پردازد. آقبوولا[۵] (۲۰۱۱) به اهمیت اقلیم در معماری و طراحی نیجریه پرداخته است. وی طراحی ساختمان‌های ترکیبی، استفاده از انرژی خورشیدی و تهویه‌ی طبیعی را برای

---

۱ Gallinelli & et al
۲ Lomas & et al
۳ Toy & et al
٤ ThermoHygrometric (THI)
٥ Agboola

نیجریه پیشنهاد می‌نماید. تانی و همکاران[۱] (۲۰۱۲) با یک بازبینی به اصلاح دمای شهری با شرایط آب و هوای گرم و مرطوب با استفاده از طراحی مناظر طبیعی[۲] پرداخته‌اند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که شیوه‌های طراحی مناظر طبیعی از طریق فعل و انفعال پوشش گیاهی طبیعی در مناطق استوایی گرم و مرطوب قابل اجراست. لنور[۳] و همکاران (۲۰۱۳) به طراحی سایه‌ی خورشیدی به منظور بررسی آسایش حرارتی و بصری در مناطق گرمسیری پرداختند و مقاله‌ی خود را بنا بر روش شبیه‌سازی با هدف کمک به بهینه‌سازی طراحی ساختمان‌های غیر فعال انجام دادند. کاستیلا[۴] و همکاران (۲۰۱۴) پژوهشی را در مورد کنترل آسایش حرارتی از طریق یک استراژی غیر خطیMPC : A در یک ساختمان زیست‌اقلیم انجام داده‌اند. سانگ[۵] و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر اقلیم مسکن بر راحتی انسان از نظر جسمی و روانی انجام داده‌اند. دین و بروتاس[۶] (۲۰۱۷) نیز به بررسی ارزیابی تغییرات اقلیم و تاثیر آن بر آسایش مسکن در انگلستان پرداخته‌اند. یاوری و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر ارتفاع ساختمان در میزان مصرف انرژی را مطالعه نموده‌اند. نتیجه‌ی این تحقیق حاکی از آن است که ساختمان‌های ۳-۴ طبقه بهینه‌ترین حالت از نظر میزان مصرف انرژی است. حسینی (۱۳۹۲) به مطالعه‌ی نوع اقلیم شهر ارومیه بر مبنای شاخص‌های اولگی، ماهانی و اوانز پرداخته است که نتیجه‌ی آن ارائه‌ی راهکارهای اقلیمی مناسب برای طراحی مسکن در شهر ارومیه بوده است. پور خباز و همکاران (۱۳۹۲) برای آنالیز تناسب اراضی کشاورزی دشت قزوین از مدل ANP استفاده نموده‌اند. کیانی و همکاران (۱۳۹۳) اولویت‌بندی تعیین راهبردهای توسعه فضای عمومی شهر زابل را با مدل ANP صورت داده‌اند. نظم‌فر و روشن رودی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل سلسله‌مراتبی AHP و تحلیل شبکه ANP به ارزیابی سنجش سطح پایداری توسعه در محلات منطقه‌ی ۹ شهر مشهد پرداخته‌اند. کلانتری خلیل آباد و

---

۱ Thani & et al
۲ landscape
۳ Lenoir& et al
۴ Castilla & et al
۵ Song
۶ Din & Brotas

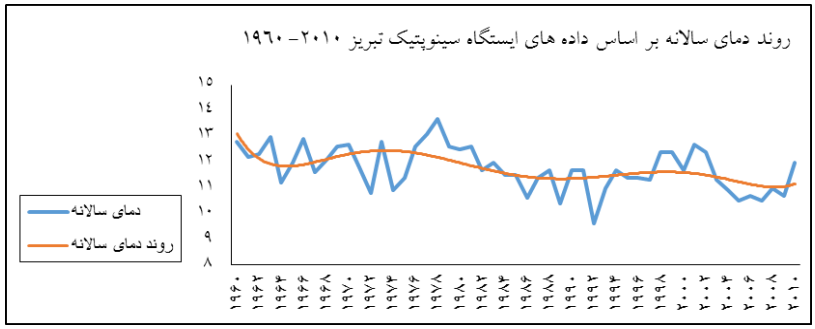
همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای معماری همساز با اقلیم مسکن روستایی استان سمنان را در سه پهنه‌بندی انجام دادند. در همین راستا محمدزاده و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی کیفیت معماری – اقلیمی مساکن روستای روشنق در استان اردبیل بعد از زمین‌لغزش سال ۱۳۵۷ پرداخته‌اند. این پژوهش‌ها و سایر فعالیت‌های صورت گرفته در طی سال‌های اخیر، رویکرد توجه به طراحی اقلیمی را بیش از پیش نموده است. از سویی دیگر نیز قابلیت مدل ANP برای تصمیم‌گیران مرتبط با مسایل مختلف، نمایان شده است. این در حالی است که در تصمیم‌گیری معیارهای مهم طراحی اقلیمی تاکنون از این روش استفاده نشده است. لذا استفاده از این مدل در این پژوهش یک نوآوری بوده است که امید است برای انتخاب مهمترین معیارهای قابل استفاده در معماری اقلیمی مورد توجه قرارگیرد. در کشور ایران، صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاربرد انرژی‌های پایدار در حال حاضر، هیچ‌گونه نقشی در فرهنگ ساختمانی نداشته است (شمس و خداکرم، ۱۳۸۹: ۹۳). با این وجود، براساس پیشینه‌ی مطرح شده، در تحقیق حاضر نیز سعی بر این بوده است که تأثیر اقلیم بر روی معماری شهر تبریز با استفاده از روش ANP که یکی از بهترین فنون برجسته تصمیم گیری چند معیاره [۱] است پرداخته شود تا بر اساس نتایج کسب شده از این روش، بتوان پاسخ این سوال که مؤلفه‌های محیطی و کالبدی تأثیرگذار در تأمین انرژی ساختمان در شهر تبریز کدامند، دست یافت.

شرایط آب و هوایی شهر تبریز

در بررسی ویژگی‌های حرارتی منطقه‌ی مورد مطالعه، میانگین متوسط ماهانه‌ی دما و بارندگی سالانه در دوره‌ی اقلیمی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ مورد مطالعه قرار گرفته است که در شکل ۱ طی نموداری روند دما آورده شده است که با توجه به آن‌ها به وزن‌دهی در مدل پرداخته شد. میانگین دمای ماهانه در تبریز روند کاهشی و افزایشی زیادی به خود

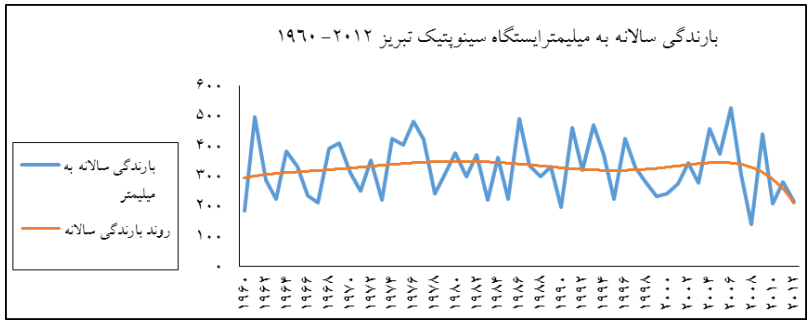
[۱] Multi Criteria Decision Making

دیده است ولی در طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است که در شرایط تغییر اقلیم افزایش دما حتی به مقدار نا محسوس هم نگران کننده است.



شکل ۱- روند دمای ماهانه‌ی ایستگاه سینوپتیک تبریز ۲۰۱۰- ۱۹۶۰

طبق داده‌های بارندگی سالانه که از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ از ایستگاه سینوپتیک تبریز گرفته شده در شکل ۲ قابل مشاهده است که روند بارش سیر نزولی داشته، این خود نشان دهنده‌ی تغییر عناصر اقلیمی از جمله دماست زیرا باران به دما بستگی زیادی دارد.



شکل ۲- روند بارندگی ماهانه‌ی ایستگاه سینوپتیک تبریز در دوره‌ی آماری ۲۰۱۰- ۱۹۶۰

با توجه به شرایط آب و هواشناسی منطقه‌ی مورد مطالعه، بر طبق روش طبقه‌بندی بلور و دومارتن تبریز آب و هوایی نیمه‌خشک دارد، طبقه‌بندی آمبرژه تبریز را یک منطقه خشک سرد معرفی نموده و دکتر کریمی نیز نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیارسرد معرفی کرده است. البته نتایج برخی طبقه‌بندی‌های دیگر از جمله هانسن و

ضریب اعتدال و بارات به ترتیب معتدله گرم، فوق معتدل و نیمه مرطوب می‌باشد. البته چیزی که نمایان‌تر است اینست که شهر تبریز نیز مانند دیگر مناطق از کره زمین به نتایج تغییر اقلیم که گرمایش است دچار شده است و بایستی به پدیده‌ی تغییر اقلیم که امروزه به بحثی مهم تبدیل شده است توجه ویژه نمود. ازدیاد دمای جهانی چالش عظیمی برای نسل‌های آینده است که قطعا با آن مواجه خواهند شد زیرا هر سال تولید گازهای گلخانه‌ای به میزان ۲ درصد افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه بیش از ۶۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای بر اثر استفاده از امکانات تاسیسات حرارتی و برودتی و روشنایی در بناها به وجود می‌آید، پیش بینی تمهیداتی برای کاهش آثار منفی آن بر اقلیم جهانی ضروری است و بایستی همه منخصصان از جمله معماران و شهرسازان به آن توجه داشته باشند (فرشچی، رفیعه: ۸۸).

مواد و روش

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی– تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی واستفاده از ابزار پرسشنامه بوده است؛ بدین‌گونه که پرسشنامه به دست دانشجویان و اساتید مرتبط با رشته‌های اقلیم و معماری در دانشگاه رسانده شده تا دیدگاه آنان در مورد طراحی اقلیمی بررسی گردیده و معیارهای مهم اقلیمی موثر بر معماری ساختمان‌ها بر اساس نظرات آن‌ها شناسایی شده و مطالعه شود. بر این اساس ابتدا مهم‌ترین مسایل اولویت‌های طراحی اقلیمی با استفاده از منابع و پرسشنامه و مطالعات کتابخانه‌ای استخراج شد. سپس با توجه به ویژگی‌های ANP[۱] و ویژگی‌های اقلیمی شهر تبریز، داده‌ها و اطلاعات اولیه طبقه‌بندی و به تبع آن مدل مفهومی ANP تهیه و در نرم‌افزار Super Decision اجرا شد. در نهایت مواد و نرم‌افزارهایی که در فرایند این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته شامل آمار و اطلاعات مربوط به متوسط دمای روزانه، دمای بیشینه و کمینه، متوسط رطوبت نسبی ماهانه، رطوبت بیشینه و کمینه

۱- Analytic network Process

و بارش از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۲، نرم‌افزار های Excel و MATLAB ۲۰۱۰ برای محاسبات کمی، نرم‌افزار Super Decision برای انجام مدل ANP می‌باشد.

روش ANP و ویژگی‌های آن

توماس ال ساعتی[۱] در سال ۱۹۹۶ روشی را برای تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه کرده است که این روش فرآیند تحلیل شبکه یا به اختصار ANP نامیده شده و هدف از ارائه آن ساختن مدلی می‌باشد که از طریق آن بتوان مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چند معیاره را به صورت اجزای کوچک‌تر تجزیه نمود و به واسطه مقداردهی معقولانه به اجزای ساده‌تر و سپس ادغام این مقادیر، تصمیم‌گیری نهایی را انجام داد. این روش، شکل توسعه‌یافته‌ای از روش AHP[۲] است (صاحب نسب و پور صفوی،۱۳۹۳). ANP نیز یک مقیاس اندازه گیری نسبی مبتنی بر مقایسه زوجی را به کار می گیرد و مسئله تصمیم-گیری را با به کارگیری دیدگاه سیستمی توام با بازخورد، نیز مدل‌سازی می‌کند (کیانی و سالاری سردری، ۱۳۹۰). ساختار بنیادین مدل تحلیل شبکه‌ای، تاثیر شبکه‌ای خوشه‌ها و گره‌های درون شبکه‌هاست (ساعتی، ۱۹۹۹: ۱۲). این ارتباط عبارت از ارتباط یک خوشه با خوشه‌های دیگر یا ارتباط عناصر یک خوشه با یکدیگر می‌باشد (دا سیلوا و همکاران[۳]، ۲۰۰۹: ۷).

بحث

در این تحقیق مدلی که برای تعیین روابط بین عناصر استفاده می شود، دیماتل[۴] می‌باشد که از طریق پرسشنامه این امر صورت گرفت. مراحل کلی تعیین روابط با مدل دیماتل به صورت زیر می باشد:

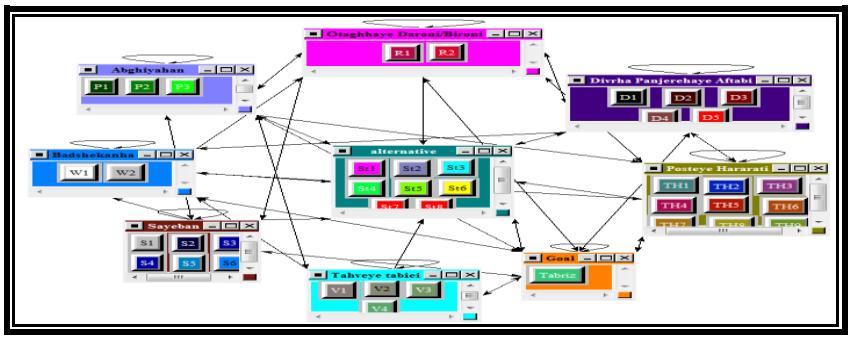
۱- تهیه‌ی پرسشنامه‌ی مربوط به دیماتل برای تعیین ارتباطات بین عناصر و گزینه ها

۲- Saaty
۳- Analytic Hierarchy Process
۳ Da Silva & et al
٤ Dematel

۲- محاسبه‌ی نتایج پرسشنامه از طریق وارد نمودن اطلاعات بدست آمده در برنامه-های Excel و Matlab

۳- اعمال نتایج به دست آمده در عناصر و خوشه ها.

شکل ۳ نمونه‌ی مدل را در نرم افزار Super Decisions نشان می‌دهد، خط‌هایی که هر خوشه را به دیگری وصل نموده است نشان از ارتباط هر خوشه با خوشه‌ی دیگری بوده و حلقه‌ای که بر روی هر خانه مشخص است ارتباط معیارهای آن خوشه را با یکدیگر نشان می‌دهد که در شکل به خوبی هویداست.



شکل ۳- نمای کلی از خوشه‌ها و عناصر طراحی اقلیمی در مدل ANP، (منبع: نگارندگان)

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود عنصر D۱ با عناصر D۳، D۴ و D۵ ارتباط دارد و ارتباط آن‌ها نشان داده شده است. سپس بر اساس این ارتباط‌ها، وزن‌دهی آغاز می-شود که در جدول ۱ آورده شده است.

شکل ۴- نمونه‌ای از ارتباط بین معیارها

بطوری‌که در جدول ۱، عدد۱ مشخص‌کننده‌ی اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص کننده اهمیت فوق العاده بیشتر یک عنصر است. مقادیر متقابل نیز در مقایسات معکوس در نظر گرفته می‌شوند (مهدیزاده، ۱۳۹۱: ۱۳۹).

جدول ۱: مقیاس اصلی اعداد مستقل (مهدیزاده، ۱۳۹۱: ۱۳۹)

شرح	تعریف	شدت اهمیت
دو عنصر اهمیت یکسانی دارد.	اهمیت یکسان	۱
	اهمیت ضعیف	۲
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر برتری متوسطی دارد.	برتری متوسط	۳
	برتری مثبت متوسط	۴
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر برتری زیادی دارد.	برتری زیاد	۵
	برتری مثبت زیاد	۶
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر برتری بسیاری دارد.	برتری بسیار زیاد	۷
	برتری مثبت بسیارزیاد	۸
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر برتری فوق العاده دارد.	برتری فوق العاده زیاد	۹

مقایسات زوجی در ANP توسط یک بستر ماتریسی بیان می‌شوند و یک بردار محلی می‌تواند به عنوان یک تخمین از اهمیت متناسب بین عناصر یا خوشه مشتق شود که توسط رابطه زیر محاسبه می شود:

رابطه(۱): $A * W = \lambda_{max} * w$

بطوری‌که A ماتریس مقایسات زوجی، W بردار ویژه و λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه-ی ماتریس A . اگر مقایسه زوجی به طور کامل سازگار است، ماتریس A دارای رتبه ۱ و λ_{max} مساوی n خواهد بود (گورنر[۱]، ۲۰۱۲: ۱۹۶).

نمونه‌ای از جدول وزن‌دهی به معیارها در جدول ۲ آمده است. این وزن‌دهی بر اساس جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعه‌ی کتابخانه‌ای و همچنین از طریق پرسشنامه بوده

[۱] Gorner

که نگارنده به دست دانشجویان و کارشناسان اقلیمی و معماری سپرده و براساس دیدگاه و نظرات آن‌ها به وزن‌دهی پرداخته است.

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول وزن‌دهی به معیارها (منبع: نگارندگان)

در وزن‌دهی به معیارها نسبت به معیار دیگر، ارتباط آن‌ها با یکدیگر بررسی می‌شود. همانطور که در جدول ۲ دیده می‌شود آلترناتیو نسبت به دیوارهای آفتابی نمره‌ی بیشتری می‌گیرد. در ادامه روش نیز از آنجایی که عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند، خود آن‌ها می‌توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیرمعیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند.

وزن نسبی هر ماتریس براساس مقایسه زوجی محاسبه می‌شود، وزن‌های حاصل در سوپر ماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند. بعد از طی مراحل وزن‌دهی و بر اساس نتایج ماتریس‌های غیروزنی، وزنی و حدی، نمرات نهایی هر کدام از عناصر مشخص می‌شود که نتایج در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳: وزن معیارهای مورد بررسی در طراحی اقلیمی ساختمان، منبع: نگارندگان

معیارها	وزن ها	معیارها	وزن ها
St۱	۰,۲۳۰۸۸	S۱	۰,۰۴۶۵۴
St۲	۰,۴۶۴۱۵	S۲	۰,۱۹۸۲۴
St۳	۰,۱۳۶۰۹	S۳	۰,۳۴۹۷۶
St۴	۰,۰۰۶۰۹	S۴	۰,۲۲۲۴۴
St۵	۰,۰۶۴۸۱	S۵	۰,۰۹۴۱۹
St۶	۰,۰۳۰۹۲	S۶	۰,۰۸۸۸۵
St۷	۰,۰۴۰۴۷	D۱	۰,۰۵۲۴۵
St۸	۰,۰۲۶۶	D۲	۰,۲۵۱۶۳
P۱	۰,۳۴۸۷۳	D۳	۰,۲۱۴۴۹
P۲	۰,۴۷۰۱۹	D۴	۰,۲۱۲۷۸
P۳	۰,۱۸۱۹۸	D۵	۰,۲۶۸۶۵
TH۱	۰,۱۰۰۵۱	W۱	۰,۲۹۱۵۰
TH۲	۰,۱۰۸۸۳	W۲	۰,۷۰۸۵۰
TH۳	۰,۱۴۳۹۳	V۱	۰,۴۷۵۹۷
TH۴	۰,۱۳۲۴۳	V۲	۰,۳۳۹۹۵
TH۵	۰,۰۲۳۳۵	V۳	۰,۱۰۲۸۹
TH۶	۰,۱۳۸۲۰	V۴	۰,۰۸۱۱۹
TH۷	۰,۲۲۴۸۵	R۱	۰,۵۴۳۲۵
TH۸	۰,۰۷۸۹۶	R۲	۰,۴۵۶۷۵
TH۹	۰,۰۴۸۹۴	-	-

نتایج بدست آمده از مدل

طبق جدول ۳ نمرات معیارها به تفکیک هر خوشه در ذیل شرح داده شده است:

۱. در خوشه‌ی آب و گیاهان هیچ‌کدام از معیارها نمرات قابل قبولی را دریافت نکردند و بر همین اساس می‌توان گفت: که این معیارها برای طراحی اقلیمی ساختمان‌ها به خصوص در شهر تبریز که جزو شهرهای با زمستان سرد و تابستان معتدل می‌باشد الزامی نیست.

۲. در خوشه‌ی بادشکن‌ها هر دو معیار را می‌توان قابل قبول و مهم در طراحی اقلیمی دانست. هرچند معیار شکل و نحوه‌ی قرارگیری ساختمان به منظور کاهش تلاطم باد در زمستان (W۲) با نمره‌ی ۰/۷۰ از معیار استفاده از شکل زمین، ساختمان‌های مجاور و گیاهان برای حفاظت در برابر باد زمستانی ($W_۱$) مهمتر می‌باشد؛ ولی معیار ($W_۱$) در شهر تبریز به دلیل ساخت و ساز انبوهی که اخیراً به سبب افزایش جمعیت شاهد است، خواه و ناخواه اجرا می‌شود. در این خوشه نیز معیار جهت قرارگیری ساختمان نسبت به جهت باد غالب که جهت شرقی دارد و نائب غالب که از جهت شمال‌شرقی می‌وزد (بر گرفته از گلباد شهر تبریز) می‌توان گفت، دارای ارزش بالایی برای طراحی ساختمان‌ها می-باشد.

۳. در خوشه‌ی پوسته‌ی حرارتی، انتخاب مصالح با ظرفیت حرارتی بالا برای کنترل جریان حرارتی و ذخیره حرارت خورشید ($Th_۷$) با وزن ۰/۲۲ بالاترین رتبه را در بین ۸ معیار دیگر این خوشه دریافت نموده است. مصالح ساختمانی قسمت‌های نشیمن یک خانه که در زمستان در مقابل تشعشع خورشیدی می‌باشند، به منظور امکان جذب و ذخیره‌ی هرچه بیشتر انرژی خورشیدی باید تیره رنگ و دارای ظرفیت حرارتی حجمی بالا باشند. آجر با ظرفیت گرمایی ویژه‌ی ۰/۲ و با ظرفیت حرارتی (kj/m۳.k) ۱۳۴۰ مهمترین گزینه‌ی پیشنهادی بعنوان مصالح کاربردی در شهر تبریز است که دارای آب و هوای سرد زمستانی می‌باشند (واقفی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳). معیار تقسیم ساختمان به دو قسمت سرد و گرم ($Th_۳$) نیز جزو معیار با رتبه‌ی بالای این خوشه محسوب می‌شود. این معیار نیز می‌تواند تا حد بسیار زیادی با صرف هزینه‌ی کم در صرفه‌جویی بالایی از انرژی دخیل باشد.

۴. در خوشه‌ی دیوارهای رو به آفتاب، به ترتیب معیارهای افزایش پنجره‌های رو به جنوب ($D_۵$) و قرارگیری ساختمان به منظور بهره‌گیری از آفتاب زمستان ($D_۲$) به ترتیب با نمرات ۰/۲۶۸۶۵ و ۰/۲۵۱۶۳ بالاترین وزن را در مدل ANP به خود اختصاص داده-اند.با توجه به اینکه دیوارهای جنوبی بیشترین دریافت انرژی را در فصل زمستان به خود

اختصاص داده بودند، بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که مدل برای این خوشه، مهمترین و کارا ترین معیار را انتخاب کرده است که گواه این قضیه، اطلاعات بدست آمده از تفسیر دیوارهاست. استفاده از دیوارهای خورشیدی و کلکتورهای روی بام بر روی سطوح رو به جنوب ($D_۳$) با وجود نمره‌ی کمتر نسبت به سایر معیارها، ولی جزو گزینه‌های مطرح در طراحی اقلیمی می‌باشد؛ جذب بیشینه‌ی انرژی خورشید با طول موج ۰/۳ تا ۲/۵ میکرون و نهایتاً استفاده از گرمای ذخیره شده در ساختمان ویژگی اصلی یک کلکتور است. شهر تبریز با دریافت ۴۶۲/۷ کالری بر سانتی‌متر مربع در روز یکی از مناطقی است که پتانسیل بالایی برای انرژی خورشیدی دارد(صابری‌فر، ۱۳۸۹: ۴۶).

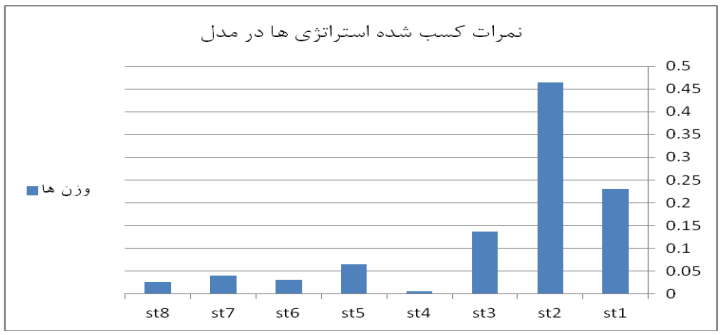
۵. طراحی مناطق نیمه محافظت شده در خارج بنا جهت اعتدال آب و هوا در تمام طول سال ($R_۱$) باوزن ۰/۵۴ و تعبیه‌ی نواحی آفتاب‌گیر در ساختمان برای استفاده‌ی حداکثری از انرژی خورشید ($R_۲$) با وزن ۰/۴۵، جزو معیارهای تأیید شده برای طراحی اقلیمی است که در خوشه‌ی اتاق‌های رو به آفتاب گنجانده شده است.

۶. با وجود قابل قبول نبودن ۵ معیار از خوشه‌ی سایبان، ولی معیار شکل و جهت دادن به ساختمان به منظور کاهش آفتاب تابستان ($S_۳$) تنها معیار قابل تأیید در طراحی اقلیمی شهر تبریز می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی شهر تبریز بر اساس یک طراحی اقلیمی مناسب شرایط آب و هوایی این شهر، با شکل قرارگیری ساختمان مطابق با مسیر حرکت خورشید و توجه به دریافت انرژی در تمام سطوح دیوارها و سایر عوامل دیگر، شرایط آسایش با حداقل نیاز به وسایل سرمایش و گرمایش فراهم می‌شود. تأمین سایه برای دیوارهایی که رو به آفتاب تابستانی هستند ($S_۴$) و ایجاد سایه برای پنجره‌های رو به آفتاب تابستان ($S_۶$) نیز می‌تواند از گزینه‌هایی باشد که برای خنک نمودن و سایه-اندازی بر روی ساختمان استفاده کرد. این سایبان‌ها می‌توانند طبیعی (گیاهان و درختان) باشند و یا از کرکره یا سایبان‌های متحرک و یا ثابت استفاده نمود و تا حد زیادی به خنک سازی ساختمان بدون نیاز به وسایل مکانیکی کمک کرد.

۷. در نهایت در خوشه‌ی تهویه‌ی طبیعی، معیار استفاده از ناهمواری‌های روی زمین، ساختمان‌های مجاور و گیاهان جهت بهره‌گیری بیش‌تر از نسیم تابستان (V_1) و شکل و جهت دادن به بدنه‌ی ساختمان برای به حداکثر رساندن استفاده از نسیم تابستان (V_2) بالاترین نمره را در بین سایر معیارها به ترتیب با وزن ۰/۴۷ و ۰/۳۳ به خود اختصاص داده‌اند. نصب درب‌ها و پنجره‌ها در جهتی که نسیم‌های تابستانی به راحتی وارد شوند (V_3) نیز جزو اصولی است که می‌توان در انجام معماری ساختمان به آن توجه کرد. بهتر است درب‌ها و پنجره‌ها در جهتی غیر از جهات شرقی و غربی و شمالی قرار گیرند، به دلیل اینکه این سه جهت در فصل تابستان بیشترین حرارت خورشیدی را دریافت می‌نمایند و سبب می‌شوند برای خنک سازی اتلاف انرژی بیشتری صورت گیرد.

شکل ۳، استراتژی هایی را که به نظر مهمترین عوامل در گرمایش و سرمایش ساختمان در فصول مختلف سال می‌باشد نشان می‌دهد. معیار استفاده از خورشید (St_2) بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است. استفاده از انرژی خورشیدی در همه‌ی زمینه‌ها صورت می‌گیرد، چه در استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا، چه در جهت‌گیری ساختمان در دریافت حرارت حداکثری خورشید در زمستان، چه در استفاده از کلکتور خورشیدی مطرح می‌باشد. این معیار جزو مهمترین معیارهایی است که سایر معیارها را نیز تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد. هرچند پس از این معیار در این خوشه، با اختلاف تقریباً قابل توجهی، معیار کاهش جریان هدایتی حرارت (St_1) و کاهش نفوذ هوا (St_3) بالاترین نمرات را دارند، ولی باید گفت معیار کاهش جریان هدایتی حرارت نیز از استفاده از انرژی خورشیدی بهره می‌گیرد. چرا که بایستی برای دستیابی به این معیار از مصالح و عایق‌های حرارتی استفاده کرد که ضمن ضخامت و نوعشان، به طور مستقیم و غیر مستقیم در معرض آفتاب قرار گیرند. همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از برودت زمین (St_4) کمترین نمره را داشته است. این معیار به سبب اینکه ساختمان‌سازی رو به چند طبقه سازی آورده است دیگر اهمیت خود را از دست می‌دهد. کاهش جذب حرارت از خورشید (St_5) نیز جزو معیاری است که نمره‌ی چهارم را در بین آلترناتیوها

(استراتژی) آورده که برای دستیابی به این استراتژی باید از خوشه‌ی سایبان‌ها استفاده شود و تمهیدات مطرح شده در آن مد نظر قرار گیرد. استفاده از برودت تبخیری ($St_{۷}$)، استفاده از تهویه‌ی هوا ($St_{۶}$) و استفاده از برودت تابشی ($St_{۸}$) نیز به نوبه‌ی خود در فصل تابستان کارایی پیدا می‌کنند، ولی به جهت سرما و مصرف سوخت بالا در فصل زمستان این شهر، استراتژی‌های مطرح در طراحی اقلیمی این شهر مربوط به فصول سرد شهر تبریز می‌باشد.



شکل ۳- نمودار نمرات کسب شده‌ی استراتژی‌ها در مدل ANP

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات شرایط آب و هواشناسی که از ایستگاه سینوپتیک تبریز به دست آمد یک دید کلی نسبت به طراحی اقلیمی این شهر حاصل شد و معیارهایی که در معماری مطابق با اقلیم مهم بودند به عنوان معیارهای اصلی بر گزیده شدند که در پژوهش حاضر، با وجود تعداد بالای معیارها (در حدود ۴۰ معیار)، نتایج معقولی از مدل کسب می‌شود. در واقع استفاده از ساختار ANP در مسائل واقعی برای تصمیم‌گیری‌های چند معیاره با کاهش هزینه و زمان، حل مشکلات با دقت زیاد، انعطاف‌پذیری و انتخاب بهترین راه حل موثر می‌باشد بدین ترتیب می‌توان این مدل را برای انتخاب عناصر و عوامل اقلیمی موثر در معماری منطقه کاربردی دانست. همچنین با توجه به تحقیقات ذکر شده، نتایج حاصل از این پژوهش نیز ضرورت توجه به اقلیم منطقه را در معماری ساختمان در پی داشت بدین صورت که معیارهای خوشه‌ی بادشکن‌ها و معیار شکل و

نحوه‌ی قرارگیری ساختمان به منظور کاهش تلاطم باد در زمستان (W۲) را می‌توان قابل قبول و مهم در طراحی اقلیمی دانست. در خوشه‌ی پوسته‌ی حرارتی نیز دو معیار انتخاب مصالح با ظرفیت حرارتی بالا برای کنترل جریان حرارتی و ذخیره حرارت خورشید ($Th_۷$) و تقسیم ساختمان به دو قسمت سرد و گرم ($Th_۳$) بالاترین رتبه را کسب کردند. در خوشه‌ی دیوارهای رو به آفتاب، به ترتیب معیارهای افزایش پنجره‌های رو به جنوب ($D_۵$) و قرارگیری ساختمان به منظور بهره‌گیری از آفتاب زمستان ($D_۲$) و استفاده از دیوارهای خورشیدی و کلکتورهای روی بام بر روی سطوح رو به جنوب ($D_۳$) جزو معیارهای تأیید شده برای طراحی اقلیمی است. با وجود قابل قبول نبودن ۵ معیار از خوشه‌ی سایه‌بان، ولی معیار شکل و جهت دادن به ساختمان به منظور کاهش آفتاب تابستان ($S_۳$) را می‌توان در طراحی لحاظ کرد. در خوشه‌ی آلترناتیو (استراتژی‌ها)، معیار استفاده از خورشید ($St_۲$)، معیار کاهش جریان هدایتی حرارت خورشید ($St_۱$) و کاهش نفوذ هوا ($St_۳$) بالاترین نمرات را دارند. بنابراین بر اساس آن‌چه گفته شد می‌توان به این نتیجه رسید که مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به شکل قابل قبولی معیارهای مهم در طراحی اقلیمی شهر تبریز را با توجه به اینکه عوامل را از نظر وابستگی به هم در نظر می‌گیرد سطح‌بندی نمود و به نتایج قابل توجه و معقولی دست یافت.چنانچه این معیارها در معماری ساختمان‌های شهر تبریز، که جزو کلانشهرهای مهم کشور می‌باشد مطرح شوند، با توجه به افزایش چشمگیر جمعیت و به دنبال آن، افزایش مصرف انرژی و و کمبود انرژی، می‌تواند راهکار مهمی برای معماری باشد تا آسایش حرارتی با مصرف حداقل انرژی تأمین شود. ضمن آن که این عمل به پاک‌تر شدن هوای این شهر کمک نموده و تا حدودی به کندتر شدن تاثیر تغییر اقلیم در این شهر خواهد انجامید.

مآخذ

۱. احمدی، وحیده، پیله‌چیان، عارفه، طالبی، فریده (۱۳۹۲)، انطباق طراحی خانه‌های مسکونی متناسب با اقلیم و معماری بومی (نمونه‌ی موردی: محله‌ی پایین خیابان در مشهد) ، همایش معماری و شهرسازی و توسعه‌ی پایدار، ص ۲.

۲. اسدی، لادن، کامران‌فر، بهناز، محمدی، ریحانه (۱۳۸۸)، کاربرد سامانه‌های خورشیدی در ساختمان به منظور بهینه‌سازی انرژی در معماری پایدار، مجموعه مقالات اولین همایش ملی معماری پایدار، ۱۲-۱.

۳. پورخباز، حمیدرضا، جوانمردی، سعیده، یاوری، احمدرضا، فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۲)، کاربرد روش تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: دشت قزوین)، محیط‌شناسی، سال سی و نهم، صص ۱۶۴-۱۵۱.

۴. جهانبخش، سعید و عدالت دوست، معصومه (۱۳۹۱)، ارزیابی استفاده انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان‌ها و نواحی مسکونی آذربایجان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ، ش مقاله ۷۴۴، صص ۷۶-۴۹.

۵. حسینی، سارا (۱۳۹۲)، معماری همساز با اقلیم ارومیه بر مبنای روش های اولگی، ماهانی اوانز، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی، صص ۱۲ – ۱.

۶. شمس، مجید و خداکرمی، مهناز (۱۳۸۹)، بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد (مطالعه‌ی موردی: شهر سنندج) ، فصلنامه‌ی جغرافیایی آمایش محیط، شماره‌ی ۱۰، صص ۱۱۴-۹۱.

۷. شیخ‌بیگلو، رعنا و محمدی، جمال (۱۳۸۹)، تحلیل عناصر اقلیمی باد و تابش با تاکید بر طراحی شهری مطالعه‌ی موردی شهر اصفهان، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۳، ص ۶۲.

۸. کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۸۶). مبانی آب و هواشناسی، چاپ سیزدهم، انتشارات سمت، صص ۵۷، ۶۵، ۷۳، ۸۵).

۹. کلانتری خلیل آباد، حسین، کاظمی، سید محمد، حیدری، علی اکبر، طباطباییان، مریم، حقی، مهدی (۱۳۹۵)، فناوری‌های بومی و معماری همساز با اقلیم بررسی موردی: مسکن روستایی در سه پهنه‌بندی در استان سمنان، فصلنامه علمی-پژوهشی نقش جهان، شماره ۶-۱، صص ۷۹-۶۵.

۱۰. کیانی،اکبروسالاری سردری، فرضعلی(۱۳۹۰)، بررسی و ارزیابی اولویت های منظر فضاهای عمومی شهر عسلویه با استفاده از مدل ANP، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، ص ۲۸.

۱۱. کیانی، اکبر، سالاری سردری، فرضعلی، حاتمی، مریم، تیموری، سمیه (۱۳۹۳)، اولویت-بندی تعیین راهبردهای توسعه فضای عمومی شهر زابل (مدل فرآیند تحلیل شبکه)، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۲۵، صص ۸۲-۶۵.

۱۲. صابری فر، رستم (۱۳۸۹)، پتانسیل بهره‌مندی از انرژی خورشیدی در خراسان جنوبی، نشریه‌ی اقتصاد انرژی، شماره‌ی ۱۳۱-۱۳۲، ص ۴۶.

۱۳. صاحب نسب، سیدستارو پور صفوی، سیدمسعود (۱۳۹۳)، تعیین نقاط روستاشهری با استفاده از مدل های ANP و AHP، همایش ملی نظریه های نوین در معماری و شهرسازی, ص ۴.

۱۴. صفایی پور، مسعود و طاهری، هما (۱۳۸۹)، بررسی تاثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری: مطالعه‌ی موردی شهر لالی، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال اول، شماره دوم، ص ۱۰۸.

۱۵. مالچفسکی، یاچک (۱۳۸۵). سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، مترجم: اکبر پرهیزگار و عطا غفاری گیلانده، انتشارات سمت، ص ۱۵۵.

۱۶. محمدزاده، رحمت، رضائی، ناهیده، محمدزاده، نگار (۱۳۹۶)، ارزیابی کیفیت معماری – اقلیمی مساکن پس از سانحه‌ی روستای روشنق استان اردبیل، بعد از زمین‌لغزش سال ۱۳۵۷، دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره یازدهم، صص ۱۱۹-۱۰۵.

۱۷. مهدیزاده، جواد (۱۳۹۱). تحلیل مخاطرات اقلیمی در شهر تبریز با استفاده از منطق فازی و مدل ANP، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل.

۱۸. نجفی، احمد و شاهدی، بهرام (۱۳۹۶)، بررسی آسایش حرارتی و معماری متاثر از اقلیم بر اساس شاخص ماهانی شهر چادگان، سومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری، شهرسازی، ص ۱.

۱۹. نظم‌فر، حسین و روشن رودی، سمیه (۱۳۹۳) ، ارزیابی سنجش سطح پایداری توسعه در محلات منطقه‌ی ۹ شهر مشهد بر اساس مدل‌های سلسله‌مراتبی و تحلیل شبکه، جغرافیا و آمایش شهری – منطقه‌ای، شماره ۱۵، صص ۶۸-۴۹.

۲۰. نورزیان ملکی، سعید،حسینی، سیدباقر، رضایی، محمود (۱۳۹۰). معماری در عصر تغییر اقلیم، مسکن ومحیط روستا، جلد ۲۹، شماره ۱۲۹، صص ۳۱- ۲۰.

۲۱. واتسون، دانلد و کنت، لب (۱۹۸۳). طراحی اقلیمی، اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان ،(مترجم وحید، قبادیان و محمد فیض مهدوی,) انتشارات دانشگاه تهران.

۲۲. واقفی، محمد، منتخب، فاطمه، نظیر، سعیده، ادیب، آرش (۱۳۸۹) ، مقایسه‌ی انواع بتن‌های سبک عایق با رویکرد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اولین کنفرانس بین‌المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره‌ی آب شرب، گیلان، ایران، ص ۳.

۲۳. یاران، علی و مهران فر، ارس (۱۳۹۲) ، الگوهای مناسب اقلیمی در بافت های مسکونی کم ارتفاع (بررسی تطبیقی شهرهای با اقلیم معتدل: واشنگتن دی. سی، ریچموند، ویرجینیابیچ، آنتالیا، رشت، سئول، نی گاتا) ، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، ص ۴.

۲۴. یاوری، معصومه، شاهد، مهلقا، سینگری، مریم (۱۳۸۹) ، بررسی تأثیر ارتفاع در میزان مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی با رویکردی به توسعه ی پایدار(نمونه ی موردی: ساختمان های مسکونی شهرک رشدیه تبریز) ، نخستین همایش توسعه شهری پایدار، ص ۸-۱.

۲۵. Agboola,O.P.,(۲۰۱۱), Importance of climatetoarchitectural design in ni nigeria, Journal of Environmental Issues and Agricalture in Developing Countries,volume ۳ Nomber۱, pp ۱۵-۲۸.

۲۶. da Silva. Amanda Cecília S., Nascimento. Leila Paula A. S., Ribeiro. Joana Ramos., Belderrain. Mischel Carmen N. (۲۰۰۹), ANP And Ratings Model Applied To Supplier Selection Problem, Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process.

۲۷. Din, A., Brotas, L. (۲۰۱۷), Assessment of climate change on UK dwelling indoor comfort, Energy Procedia, Volume ۱۲۲, pp ۲۱-۲۶.

۲۸. Gallineli, P., Camponovo, R., Guillot, V.(۲۰۱۷), City Feel – Micro Climate Monitoring for Climate Mitigation and Urban Design, Energy Procedia, Volume ۱۲۲, p ۳۹۱.

۲۹. Gorner, A., (۲۰۱۲), Comparing AHP and ANP: An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company, International Journal of Business and Social Science, p ۱۹۶.

۳۰. Guan, L. (۲۰۰۹), Global warming: impact on building design and performance, In: Encyclopedia of Energy and Engineering and Technology ۱;,pp ۱-۶.

۳۱. Karsak, E.,Ertugrul, S., Alptekin, S., Emre, S. (۲۰۰۲), Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach, Computers & Industrial Engineering ۴۴. ۱۷۱-۱۹۰ pp.

۳۲. Komar Upadhyay, A. (۲۰۰۷), Understanding climate for energy efficient or sustainable design, IAHS World Congress on Housing Science, Melborne, ۱-۱۲ pp.

۳۳. Lenoir, Aurélie., ory ,Shaan C., Michael, Donn., Garde, François. (۲۰۱۳), Optimisation Methodolgy for the design of solar shading for thermal and visual comfort in tropical climates, ۱۳th Conference of

International Building Performance Simulation Association, pp۳۰۸۶ – ۳۰۹۵.

۳۴. Lomas, Kevin J., Cook, Malcolm J., Fiala, Dusan. (۲۰۰۷), low energy architecture for a severe US climate: Design and evaluation of a hybrid ventelation strategy, Energy and Buildings, ۳۹, ۳۲-۴۴ pp.

۳۵. M. Castilla, J.D., Álvarez, J.E., Normey-Rico, F. Rodríguez, (۲۰۱۴),Corrected Proof, Thermal comfort control using a non-linear MPC strategy: A real case of study in a bioclimatic building, Journal of Process Control, In Press. Pp ۷۰۳-۷۱۳.

۳۶. N. Al-Azri, Y. Zurigat., N. Al-Rawahi. (۲۰۱۲), Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design in Muscat-Oman, International Conference on Renewable Energies and Power Quality , (pp. ۱-۷). Santiago de Compostela (Spain).

۳۷. Li, L., Wang, P., Wang, H., Zhang, M. (۲۰۱۲), Green building materials evaluation and empirical research based on the regional endowment, AASRI Procedia, ۳۸۱-۳۸۶ pp.

۳۸. Pourvahidi, P., Ozdeniz, M. B, (۲۰۱۳), Bioclimatic analysis of Iranian climate for energy conservation in architecture, Scientific Research and Essays Vol. ۸(۱), pp ۶-۱۶.

۳۹. Saaty, Thomas L. (۱۹۹۹). Fundamentals of the Analytic Network Process, Kobe Japan, p ۱۲.

۴۰. Song, C., Liu, Y., Zhou, X., Liu, j. (۲۰۱۵), Investigation of Human Thermal Comfort in Sleeping Environments Based on the Effects of Bed Climate, Procedia Engineering, Volume ۱۲۱, pp ۱۱۲۶-۱۱۳۲.

۴۱. Toy, S., Yilmaz, H. (۲۰۰۷), Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey Original Research Article, Building and Environment, Volume ۴۲, Issue ۳, March, pp ۱۳۱۵-۱۳۱۸.

۴۲. Thani, Sh., Khalizah, S.O., Nik, M., Nik, H., Idilfitri, S. (۲۰۱۲), Modification of Urban Temperature in Hot-Humid Climate through Landscape Design Approach: A review, ASIA Pacific International Conference on Environment-Behaviour Studies, pp ۴۳۹ – ۴۵۰.

۴۳. Turner, L. (۲۰۰۳), Climate and architecture Report for honors section ۸of MET۱۰۱۰ Introduction to the atmosphere Florida State University. ۱p.

۴۴. Wilde P., Coley D. (۲۰۱۲), The implications of a changing climate for buildings. Building and Environment ۱-۷.