دو فصلنامه علمی دانش‌های بومی ایران، سال هشتم، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص ۱ تا ۵۲
نوع مقاله: پژوهشی doi.org/10.22054/qjik.2021.57919.1247

نقش دالان‌های جریان باد در ارتقاء تاب‌آوری در شهرهای کهن کویری

(مطالعه موردی: شهر یزد)

مهجبین ردایی* ، اسماعیل صالحی** ، شهرزاد فریادی***
محمدرضا مثنوی**** ، لعبت زبردست*****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۰

چکیده

غفلت از شاخص‌های بنیادین اکولوژیک شهری منجر کاهش تاب‌آوری در برابر تغییر شرایط محیطی می‌شود. سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیک کهن نتایج چندین هزاره مداخلات در سیمای سرزمین و ذخیره‌گاهی ارزشمند از تجربیات موفق و ناموفق است که می‌تواند به‌عنوان محرک یا بازدارنده تصمیمات در فرایندهای برنامه‌ریزی آتی عمل نماید. هدف مطالعه حاضر استنتاج اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بردالان‌های جریان باد و ارائه راهبردهای ساختاری-عملکردی در شبکه‌های اکولوژیک شهرهای کهن کویری (شهر یزد به‌عنوان مورد مطالعاتی) به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری است. روش تحقیق بر مبنای تحلیل محتوای ادبیات موضوع، به بازبینی اهمیت دالان‌های اکولوژیک در ارتقاء تاب‌آوری شهری، استنتاج اصول عقلانیت اکولوژیک می‌پردازد و سپس با تحلیلی اکتشافی، اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر شبکه‌های دالانی جریان باد در شهر یزد، در سه مقیاس کلان (شهری-فراشهری)، میانی (محله‌ای) و خرد (بناهای ساختمانی) بازشناسی می‌شود. نتایج مطالعه حاکی از آن است که الگوهای ساختاری-عملکردی، موقعیت قرارگیری و جهت‌گیری، تناسبات و نظم هندسی، اتصالات و ارتباطات، جنس و رنگ مصالح، تنوع ساختاری-عملکردی و ترکیب ساختاری-عملکردی در دالان‌های جریان باد و راهبردهای بازآفرینی ساختاری-عملکردی مبتنی بر عقلانیت اکولوژیک در شبکه‌های دسترسی و دالان‌های شهری از اهمیت قابل‌توجهی در ایجاد شبکه‌های اکولوژیک و ارتقاء تاب‌آوری برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: دالان‌های اکولوژیک، اکولوژی شهری، تاب‌آوری، شهر کویری، عقلانیت اکولوژیک

* دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران. m.radaei@ut.ac.ir
** دانشیار برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). tehranssaleh@ut.ac.ir
*** دانشیار برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران. sfaryadi@ut.ac.ir
**** استاد برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران. masnavim@ut.ac.ir
***** استادیار برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران. lzebardast@ut.ac.ir

۱- مقدمه

برای اولین بار در تاریخ، بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند (Young & Lieberknecht, 2019). در بسیاری از شهرها بافت‌های باارزش تاریخی در پی شهرسازی مدرن نه‌تنها ویژگی‌های باارزش خود را که برخاسته از بطن فرهنگ و جامعه و شرایط اکولوژیک بود ازدست داده‌اند، بلکه هیچ کیفیت باارزشی که قابلیت تداوم و بروز ویژگی‌های جدید را دارا باشد در آن‌ها به وجود نیامده است (Soflaei et al., 2017). بحران فضاهای شهری فاقد کیفیت زندگی که از چالش‌های محیط‌زیستی همچون آلودگی هوا، کمبود آب، آلودگی آب، تغییرات شرایط اقلیمی، شکاف عمیق بین انسان و طبیعت و متمایز شدن شرایط بومی و طبیعی رنج می‌برند (Martens & Raza, 2010)، معضلی است که در طی دهه‌ها گریبان‌گیر جامعه بشری است.

فعالیت‌های انسانی مسبب تخریب، به هم خوردن اکوسیستم طبیعی و تغییر در الگوها و فرایندهای اکولوژیک هستند و شهرها را در برابر مخاطرات طبیعی و انسانی و کاهش آسایش محیطی آسیب‌پذیر ساخته‌اند. یکی از این مخاطرات مهم در کاهش آسایش محیطی، تهویه نامناسب و بروز پدیده‌های گردوخاک است که معمولاً در شهرهای مناطق خشک و نیمه‌خشک، به دلیل تغییر شرایط اقلیمی، فقر پوشش گیاهی و نیز وزش بادهای سطحی قوی، رایج است (Kurosaki & Mikami, 2003; Wang et al., 2005). بر این اساس بسیاری از محققین معتقدند که در عصر حاضر عدم توازن یا تعادل بین شبکه‌های شهری و الگوهای طبیعی، و تسلط شبکه‌های شهری بر شبکه‌های اکولوژیک آسیب‌پذیر (Cook & van Lier, 1994) کاهش خدمات اکوسیستمی، آسایش محیطی و کیفیت زندگی را برای انسان رقم می‌زند.

مطالعات حاکی از آن است که نادیده گرفتن شاخص‌های بنیادین اکولوژیک شهری از قبیل نسبت توده به فضا، تراکم ساختمان، ارتفاع ساختمان، ویژگی‌های شبکه معابر و میزان فضای سبز شهری و ...، باعث می‌شود تا شهر پس از برنامه‌ریزی‌های اقتضایی به مناطق مقاوم در برابر جریان باد تبدیل شوند، مسیرهای جریان اصلی باد مسدود شده، شرایط

تهویه شهر کاهش یابد و در نهایت مانعی بزرگ برای کیفیت بهینه هوا، توسعه سالم و منظم شهرها شکل می‌گیرد (Gao & Zhao, 2018). لذا توسعه شهری نیاز به رویکردهای جدید جسورانه همراه با مفاهیم بنیادین اکولوژیک در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دارد (Young & Lieberknecht, 2018).

پتانسیل کلی تهویه یک شهر به شرایط آب‌وهوایی، جغرافیایی، مورفولوژی و ساختار کالبدی- فضایی شهر بستگی دارد. شبیه‌سازی با دینامیک سیالات محاسباتی ثابت کرده است که عوامل مختلفی ازجمله تراکم ساختمان‌ها، ارتفاع ساختمان، تراکم نواحی مصنوع در جهت باد، جهت‌گیری خیابان‌ها و دسترسی‌ها، توزیع فضایی و جزئیات طراحی در فضاهای باز شهری، میادین، فضای سبز و دالان‌های اکولوژیک (طبیعی یا نیمه‌طبیعی) در دریافت جریان باد و تهویه هوای شهری تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارند (Yin & Zhan, 2016).

نظر به اینکه عقلانیت اکولوژیک به‌عنوان مفاهیم بنیادین برای پایداری هم‌زمان اجتماعی و اکولوژیک از طریق مداخلات برنامه‌ریزی‌شده (Patten, 2014)، منجر به سازگاری محیط‌های مصنوع با بستر اکولوژیک شده، و زمینه‌ای را برای حداقل میزان ورودی (منابع، انرژی، داده‌ها...) و حداقل هزینه کنترل، حفظ، نگهداری، ترمیم و بازسازی اکوسیستم شهری فراهم می‌آورد، در نهایت به خلق ساختار و عملکرد پایدار برای نسل‌ها می‌پردازد (Xaing, 2014). عقلانیت اکولوژیک با ایجاد ترکیب‌بندی، آرایش فضایی، ارتباط و تنوع عملکردی لکه‌ها و دالان‌های اختلاطی در شبکه سازه‌های آبی کهن، توانسته است زمینه‌ای را برای ایجاد شبکه‌های اکولوژیک و پایداری سیماهای سرزمین شهری ایجاد نماید (ردایی و همکاران، ۱۳۹۹). ازاین‌رو شهرهای تاب‌آور با برنامه‌ریزی و طراحی مبتنی بر مفاهیم تکامل‌یافته اکولوژی شهری تحقق می‌یابد (Xiang, 2014).

تقریباً نیمی از استان یزد را اراضی بیابانی پوشانده که همواره با شرایط سخت دما و عدم رطوبت کافی روبرو است و معرض فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار است. سالانه به‌طور متوسط ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم در مترمربع، یعنی معادل ۶۰ هزار تن یا بیش از ۵۰ هزار مترمکعب گردوغبار بر شهر ۱۵ هزار هکتاری یزد فرومی‌ریزد. مساحت کانون‌های

فوق بحرانی تولید گردوغبار و ریزگردها در طول ۴۰ سال گذشته در این استان از ۱۰۰ هزار هکتار به بیش از ۳۰۷ هزار هکتار افزایش‌یافته است (اداره کل مدیریت بحران استان یزد، ۱۳۹۶). اضمحلال فرایندهای اکولوژیک، تخریب سیمای سرزمین، و تغییر الگوهای تعامل محیط طبیعی- مصنوع در شهر کویری یزد، مشکلات متعددی نظیر انواع آلودگی‌های محیط‌زیستی و کاهش کیفیت زندگی شهری را رقم‌زده است و شهر به‌طور فزاینده در حال روبه‌رو شدن با کاهش مناطق باارزش اکولوژیک و خدمات اکوسیستمی است (ردایی و همکاران، ۱۳۹۹).

نظر به اینکه بادها به‌صورت اتفاقی در شهر توزیع نمی‌شوند، بلکه بر اساس چگونگی نظم‌دهی بلوک‌های ساختمانی و دالان‌های خیابانی در شهر جاری می‌شوند (Givoni, 1998)، همچنین فاکتورهایی نظیر ارتفاع بناها و ترکیب فضاهای مصنوع با فضاهای سبز بخصوص در مناطق کویری همراه با طوفان‌های شدید می‌تواند میزان حجم گردوغبار بین ۲۰-۳۰٪ و گاهی مواقع تا ۸۰٪ کاهش دهد (Lakcevic & Darbinian, 1978)، لذا ادراک و بازآفرینی اصول و معیارهای مؤثر بر کیفیت و زیست‌پذیری بافت‌های تاریخی شهرهای کهن کویری در طی قرون متمادی (که در این مطالعه تحت عنوان عقلانیت اکولوژیک مطرح می‌شود)، به‌عنوان رویکردی نوین در برخورد با مسائل و مشکلات شهری، می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد و یک موضوع مهم در پژوهش و برنامه‌ریزی استراتژیک این شهر محسوب شود. ازاین‌رو سؤالات پژوهش را می‌توان به‌صورت زیر مطرح نمود:

۱- قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر مورفولوژی شبکه معابر و ساختار کالبدی- فضایی دالان‌های جریان باد در شهر کویری یزد در برابر بادهای مطلوب و نامطلوب چیست؟

۲- دالان‌های جریان باد در شهر کویری یزد چگونه تاب‌آوری شهری را در برابر مخاطرات طبیعی همچون طوفان‌های شن تأمین می‌نمودند؟

۳ - راهبردهای مبتنی بر عقلانیت اکولوژیک به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری شهرهای کویری معاصر به‌منظور رویارویی با اثرات نامطلوب طوفان‌های شن و کاهش آسایش محیطی چیست؟

در پی پاسخ به سؤالات پژوهش، هدف مطالعه حاضر استنتاج اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک در الگوهای ساختاری- عملکردی دالان‌های جریان باد در شهر یزد، تطبیق اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک استنتاجی با شاخص‌های تاب‌آوری و ارائه راهبردهای مناسب به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری شهرهای کویری معاصر به‌منظور رویارویی با اثرات بادهای نامطلوب و کاهش آسایش محیطی است.

۲- پیشینه پژوهش

مرور بر مطالعات پیشین، بر تأثیر چیدمان ساختمان‌های بلندمرتبه مسیر جریان باد تأکید دارد، که اگر یک ساختمان بلندمرتبه در مقابل یک ساختمان کوتاه مرتبه قرار گیرد، سرعت و فرکانس باد را تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب کاهش سرعت باد در نقطه بحرانی، شتاب جریان باد در گوشه ساختمان پایین ساختمان بلندمرتبه، افزایش سرعت و شتاب باد و ایجاد گرداب گسترده در اطراف سطح پیاده‌رو در فضای بین دو ساختمان و قرار گرفتن ساختمان کوتاه در سایه باد می‌شود. ازاین‌رو چینش و آرایش فضایی بناها می‌تواند اثرات ثانویه دیگری ازجمله تغییر سرعت و جریان باد در منطقه عابر پیاده، کاهش آسایش محیطی در پیاده‌روهای بین ساختمان‌ها، گسترش و رقت آلاینده‌ها و حتی اثر منفی بر تابش خورشید داشته باشد (Givoni, 1998; Coirier & Kim, 2006; Aldeberky, 2005; Tse et al., 2013).

گائو[1] و همکاران (۲۰۱۲) بر این مهم تأکیددارند که الگوی معماری (شکل کوچه‌ها و خیابان‌ها، عرض معابر، فضاهای باز، فضاهای بسته (و ویژگی‌های هواشناسی (سرعت باد و جهت باد) در تأمین آسایش محیطی در مناطق شهری اهمیت شایانی دارند.

راجاگوپالان[2] و همکاران (۲۰۱۴) با هدف بررسی تأثیر پیکربندی فضایی نواحی شهری بر جریان باد، بامطالعه شهر مائور در مالزی به این نتیجه رسیدند، که پیکربندی فضایی شهر

1. Gao
2. Rajagopalan

و شبکه هندسی معابر مؤثرترین عامل در توزیع باد و سرعت باد نواحی مختلف شهری می‌باشد.

چائو[1] (۲۰۱۴) در مطالعات خود مطرح می‌نماید که دالان‌های جریان هوا، استفاده از خصوصیات باد همچون فشار، جهت و سرعت باد به‌منظور ایجاد تهویه شهری، انتقال هوای تازه حومه شهر به داخل شهر، تعادل میزان اکسیژن شهری، کاهش میزان گردوخاک و ریزگردها و بهبود میکرو اقلیم شهری، نقش اساسی دارد.

چو[2] و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود بیان می‌نمایند که رعایت اصولی نظیر مکان‌یابی صحیح سکونت‌گاه‌ها، جهت‌گیری مناسب خیابان‌ها، وجود فضاهای باز، جهت‌گیری، تراکم و نظم ساختمان‌ها با توجه به شرایط توپوگرافی، تقاضای منطقه‌ای و ویژگی‌های باد غالب، استفاده از مصالح بومی، جای‌گیری درهای اصلی و بازشوها در بخش عرضی سایت طراحی توسط مردم باستان اهمیت زیادی در تاب‌آوری در برابر شرایط سخت اقلیمی دارد. محققین مطالعاتی را در مورد فشردگی بافت شهری و عمق دالان‌های شهری انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که طراحی شهری فشرده با دالان‌های عمیق برای مناطق گرم مناسب است چراکه تماس جداره‌های ساختمان را با محیط اطراف کاهش داده و میزان دریافت تشعشات خورشیدی را کاهش می‌دهد و از سویی دیگر ایجادکننده دالان‌های کم‌عرض است که درصورتی‌که با دیوارهای بلند ترکیب شود، میزان سایه‌اندازی را افزایش داده و آسایش محیطی را تأمین می‌کند (Johansson, 2006)، از سویی دیگر، عامل دید به آسمان عامل دیگری است که کاهش آن در مناطق گرم و خشک زمینه‌ای را برای ارتباط کمتر با محیط بیرونی فراهم نموده و دریافت تشعشعات خورشیدی، کاهش می‌یابد (Boucheriba & Bourbia, 2010). همچنین عامل پوشش گیاهی در محور دالان‌های جریان باد و تأثیر قابل‌توجه آن در تأمین کیفیت هوای محیط توسط ارل[3] (۲۰۱۲) مورد تأکید قرارگرفته است.

1. Chao
2. Chu
3. Erell

بنتلی[1] و همکاران (۱۳۸۲) در بخشی از کتاب محیط‌های پاسخده با عنوان خرد اقلیم، تأکید دارند به‌منظور دست یافتن به بالاترین حد ممکن ارتقاء محیطی، استفاده از تجربه تونل باد پیشنهادشده است در فرهنگ ما ایرانیان باد به‌عنوان موهبت طبیعی در قالب مذهب، سنت و آیین‌ها، مراسم و هنرهای غنی ایران مثل ادبیات و موسیقی، افسانه‌ها و اسطوره‌ها به نمایش گذاشته‌شده است. بسیاری از محققین در مطالعه خود بر تأثیر باد در شرایط اقلیمی منطقه، زندگی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، هنری، ادبیات، موسیقی و معماری ایران تأکید دارد (فرهادی، ۱۳۷۸؛ دولت یاری، ۱۳۹۲).

همان‌گونه که رنجبر و همکاران (۱۳۸۹) و زینالی و همکاران (۱۳۹۶) و در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که سرعت وزش باد در سطح شهری و محله‌ای با جهت‌گیری کوچه‌ها، خیابان‌ها، ارتفاع و تراکم ساختمان، پراکنش ساختمان‌های مرتفع تغییرات قابل‌توجهی پیدا می‌کند و جهت‌گیری ساختمان‌های مرتفع در مقابل باد غالب منجر به ممانعت از جریان باد، تشدید آلودگی و ایجاد جزایر حرارتی در منطقه می‌شود. استفاده از باد در شهرهای کویری ایران به علت وجود بادهای پرغبار همواره ممکن نیست. اما اگر باد مطلوبی وجود داشته باشد، باید طراحی و برنامه‌ریزی شهری به‌گونه‌ای باشد که از بادهای مطلوب به‌غایت استفاده شود و اثرات منفی بادهای نامطلوب را بکاهد. قبادیان (۱۳۷۷)، توسلی (۱۳۸۱) و کسمایی (۱۳۸۴) به بررسی ویژگی‌های اقلیمی مناطق گرم و خشک و ارائه اصول شهرسازی و معماری به‌منظور سازگاری با شرایط اقلیمی منطقه پرداخته‌اند.

مرور بر مطالعات انجام‌شده بر اهمیت جریان باد در شکل‌گیری ویژگی‌های فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی، هنری، موسیقی و ادبیات و معماری مردم ایران تأکید دارد. نقش هندسه شهر، چینش و آرایش فضایی بناها، الگوی معماری بناها، جهت‌گیری دالان‌های جریان هوا در تأمین تهویه هوای شهر، کاهش جزایر حرارتی و افزایش آسایش محیطی شهروندان بسیار است. درحالی‌که کمتر مطالعه بر نقش مورفولوژی شبکه معابر و ساختار کالبدی- فضایی شهرهای کویری بر کاهش اثرات نامطلوب طوفان‌های شن در شهرهای

1. Bentley

کویری پرداخته است. شرایط سخت اقلیمی، عدم وجود بارش، رطوبت، پوشش گیاهی در مناطق کویری منجر به بروز طوفان‌های شن و کاهش کیفیت هوا می‌شود. ازاین‌رو شناخت اصول و قواعد حاکم بر مورفولوژی شبکه معابر و ساختار کالبدی- فضایی شهرهای کویری در جهت خلق شبکه‌های اکولوژیک جریان هوا و تاب‌آوری شهری از اهمیت شایانی برخوردار است.

۳- مبانی نظری

۳-۱- تاب‌آوری

شهر ماهیتی است با مرزهای جغرافیایی مشخص و سرنوشت مشترک که از محیط‌های طبیعی، مصنوع و اجتماع انسانی تشکیل‌شده است و هر بخش بر سایر بخش‌ها تأثیرگذار بوده و از آنها تأثیر می‌پذیرد (Norris et al., 2008). تاب‌آوری عبارت است از ظرفیت سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک در تأمین خدمات مطلوب اکوسیستمی در مواجهه با نوسانات محیط‌زیست، بهره‌برداری انسان، جذب اختلالات، حفظ بازخوردها، فرایندها و ساختارهای لازم و ذاتی سیستم (Folke et.al., 2005; Adger et al., 2005; Russo et al., 2012; Rutter, 2012; Southwick & Charney, 2012).

تاب‌آوری دیدگاه منحصربه‌فرد، به‌منظور شناسایی پاسخ‌های سیستمی در مقابل وقایع طبیعی و یا اختلالات انسانی فراهم می‌آورد (Downes et al., 2013; Folke, 2016). ازاین‌رو با اصلاح ساختار شهری می‌توان عملکردهای اکولوژیک را در شهرها ارتقاء و در نهایت تاب‌آوری را در محیط‌زیست‌های شهری بهبود بخشید (Alberti & Marzluff, 2004). مک پیرسون[1] و همکاران (۲۰۱۴) به اهمیت ارتقاء خدمات اکوسیستمی در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به‌منظور بهبود تاب‌آوری سیمای سرزمین شهری اشاره می‌نمایند.

1. McPhearson

مرور بر ادبیات تاب‌آوری نشان داد که خصوصیات (اصول) متنوعی در جهت دستیابی به تاب‌آوری شهری حاکم است این خصوصیات عبارت‌اند از: استحکام[۱]، ثبات[۲]، انعطاف-پذیری[۳]، کارآمدی[۴]، ظرفیت هماهنگی[۵]، افزونگی[۶]، تنوع[۷]، ظرفیت پیش‌بینی[۸]، استقلال[۹]، وابستگی متقابل[۱۰]، همکاری[۱۱]، چابکی[۱۲]، سازگاری[۱۳]، خودسازماندهی[۱۴]، خلاقیت[۱۵]، کارآیی[۱۶] و عدالت (Sharifi & Yamagata, 2016; Tyler & Moench, 2012)[۱۷]. آهرن[۱۸] (۲۰۱۲) پنج شاخص طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای ایجاد تاب‌آوری شهری مطرح می‌کند که عبارت‌اند از: افزونگی، تنوع، چند عملکردی بودن سیستم شهری، شبکه‌های اکولوژیکی شهری و ارتباط یا اتصالات، طراحی تطبیقی یا سازگار با تغییرات، وی همچنین بر ترکیب اصول اکولوژیکی و شهرسازی برای دستیابی به تاب‌آوری شهری تأکید می‌کند.

در ایران محققانی همچون زیاری و همکاران (۱۳۹۲)، قرایی و همکاران (۱۳۹۶) معتقدند که شاخص‌های سنجش تاب‌آوری مکانی- فضایی شهری مستقیماً مربوط به ابعاد فیزیکی و محیط‌زیستی سیستم شهری بوده و در ارتباط با مؤلفه‌های اصلی سازمان فضایی شهر قرار می‌گیرد. سازمان فضایی شهر شامل عناصر اصلی ساخت شهر می‌شود که

1. Robustness
2. Stability
3. Flexibility
4. Resourcefulness
5. Coordination capacity
6. Redundancy
7. Diversity
8. Foresight capacity
9. Independence
10. Interdependence
11. Collaboration
12. Agility
13. Adaptability
14. Self-organization
15. Creativity
16. Efficiency
17. Equity
18. Ahren

عبارت‌اند از راه‌های اصلی، ساختمان‌های اصلی شهر با کاربری‌های متنوع در مقیاس عملکردی شهر، فضاهای عمومی، سبز و باز شهری (Godschalk, 2003). ازاین‌رو شاخص‌های کالبدی- فضایی تاب‌آوری که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرارگرفته و سایر شاخص‌ها را به‌نوعی تحت پوشش قرار می‌دهد عبارت‌اند از: ساختار سلسله‌مراتبی، سازگاری، تنوع، ارتباطات و اتصالات، افزونگی و پودمانگی (Sharifi & Yamagata, 2016; Meerow et al., 2016; Grafakos et al., 2016; Feliciotti et al., 2016) که هریک از شاخص‌های مذکور به‌تفصیل توضیح داده می‌شود.

۳-۱-۱- سازگاری: سازگاری به معنای ظرفیت لازم به‌منظور انطباق و پاسخ‌گویی مناسب در برابر تغییرات پیش‌آمده از محرک‌های محیطی و فرآیندهای درونی است (Folk et al., 2010: 1) در حقیقت، سازگاری فرآیندی که به‌طور کامل نسبت به حالت قبلی تغییری ایجاد نشده باشد، نیست بلکه فرایندی است که توسط آن می‌توان از مزایا و امکانات تغییر استفاده نمود تا به توسعه‌های بیشتری دست‌یافت. بر این اساس کارهولم[1] و همکاران (۲۰۱۳) بر این عقیده‌اند که سازگاری را می‌توان معادل مفهوم انعطاف‌پذیری دانست که شامل امکان تغییر ساختارهای فضایی و ساخته‌شده در طول زمان است و می‌تواند منجر به ارتقاء تاب‌آوری شود (Wikström, 2013).

۳-۱-۲- تنوع: تنوع در موضوع تاب‌آوری در دو منظر تنوع فضایی مرتبط با توزیع فضایی عناصر ساختاری و تنوع عملکردی همراه با کاربری‌های مختلط معنا می‌یابد (Suáreze et al., 2016). بر این اساس ایجاد فضاها و دالان‌های چند عملکردی با کاربری‌های مختلف، می‌تواند تاب‌آوری را ارتقاء بخشد (Sharifi & Yamagata, 2016). همچنین ترکیبی از ویژگی‌های تنوع و ارتباطات منجر به ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی و شبکه‌های ارتباطی شده که می‌تواند در کاهش تأثیرپذیری نسبت به اختلالات و تنش‌های محیطی مؤثر باشد.

---

1. Kärrholm

۳-۱-۳- افزونگی: این شاخص، ویژگی است که نوعی بیمه در مقابل آسیب را از طریق وجود مسیرهای متعددی که در حال انجام عملکردهای مشابه و یا پشتیبان هستند فراهم می‌کند (Ahren, 2011: 342). تفاوت این شاخص با شاخص تنوع در آن است که شاخص تنوع، انواع مختلف از عناصر شهری را شامل می‌شود، حال‌آنکه شاخص افزونگی، تعدد عناصر شهری از یک نوع مانند تعدد راه‌های اصلی شهری یا دالان‌های جریان هوا را شامل می‌شود.

۳-۱-۴- اتصالات و ارتباطات: ریزدانگی پهنه شهر، در شهرهای فشرده منجر به افزایش ارتباطات شده که در صورت ایجاد شبکه یکپارچه و متصل خیابان‌های شهری، موجبات افزایش تاب‌آوری شهری را فراهم می‌آورد. بلوک‌های شهری در ابعاد بزرگ با تشکیل تعداد کمتر راه‌های ارتباطی، مانع نفوذپذیری به پهنه شهری هستند که این امر در کاهش تاب‌آوری بی‌تأثیر نیست (Feliciotti et al, 2016). مجاورت و ارتباط لکه‌ها- دالان‌ها که نقش مکمل یکدیگر را دارند، زمینه‌ای را برای ارتقاء فرایندهای اکولوژیک در سیمای شهر یزد ایجاد می‌نموده است و پیوستگی این لکه‌ها از طریق دالان‌ها در ماتریس طبیعی و مصنوع شهر، موجب ارتقاء، حفظ یکپارچگی شهر و جریان‌های اکولوژیک می‌شده است (ردایی و همکاران، ۱۳۹۹)

۳-۱-۵- ساختار سلسله‌مراتبی: اصل سلسله‌مراتب نقش بسیار مهمی در تعریف اجزا و کل یک مجموعه ایفا نموده و به آن‌ها هویت می‌بخشد. به‌بیان‌دیگر این اصل یکی از معیارهایی است که می‌تواند در تعریف نظم حاکم بر مجموعه‌ها و ارتباط بین اجزای آن‌ها و همچنین ارتباط هر یک از اجزاء با کل مجموعه و همچنین تعریف مختصات هر جزء ایفای نقشی بنیادین را عهده‌دار باشد (Naghizadeh, 1997). ساختار سلسله‌مراتبی ایجادکننده نفوذپذیری در محیط‌های داخلی شهری است (Stead & Marshall, 2001). این ساختار بخصوص در شهرهای ارگانیگ و تاریخی مشهود است که زمینه‌ای را برای افزایش انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری در برابر تغییرات و تنش‌های محیطی ایجاد می‌کند (Salat & Bourdic, 2012).

اصل سلسله‌مراتب ارتباط قلمروهای مختلف محیط زندگی را از عمومی تا خصوصی (عمومی، نیمه عمومی، نیمه‌خصوصی، و خصوصی) تعریف و تعیین می‌کند. سلسله‌مراتب در مسیرهای جریان باد (بزرگراه‌ها، بلوارها، خیابان‌های شهری، خیابان‌های محلی، کوچه‌ها، پیاده راه‌ها، بن بست‌ها) و یا گره‌های توزیع جریان باد (میدان‌های شهری، میدان محلی، فلکه) تجلی اصل سلسله‌مراتب در دالان‌های جریان باد است که ارتباط فراشهر را با فضاهای شهری و بناها برقرار می‌کند، از سویی دیگر بادگیرها، هرنوها، ارسی‌ها و بازشوها،... در فضای داخلی بنا سلسله‌مراتب درونی بنا را شکل داده و در نهایت منجر به ارتباطات فضایی فراشهر، شهر، فروشهر و بناها می‌شود. این سلسله‌مراتب پویا بر جهت، سرعت، میزان انتقال، توزیع و نفوذپذیری جریان باد، قدرت حمل گردوغبار و میزان تهویه طبیعی فضا تأثیرگذار بوده، کیفیت و تاب‌آوری محیط را رقم می‌زند.

۳-۱-۶- پودمانگی: به این معنی است که یک سیستم از بخش‌های عملکردی جداگانه‌ای تشکیل‌شده که می‌تواند هر بخش به‌طور مستقل تکامل یابد. این معیار روی ساختار یک سیستم و تقسیم شدن آن به بخش‌های مختلف متمرکز است (Schouten et al., 2012). پودمانگی به‌عنوان بخش بخش شدن سیستم در فضا، زمان یا ساختار کالبدی-فضایی تعریف می‌شود که این عدم پیوستگی در توزیع فضایی- زمانی منجر به ارتقاء تاب‌آوری می‌شود(Levin & Lubchenco, 2008; Gunderson et al., 2010).

در سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک تاب‌آور بخش‌های مختلف به‌وسیله گره‌هایی به یکدیگر مرتبط شده‌اند، درنتیجه به هنگام بروز اختلالات این گره‌ها قابلیت تفکیک و بخش‌پذیری سیستم را دارند. ازاین‌رو اختلالات به‌سرعت در کل سیستم انتشار نمی‌یابد. وجود خیابان‌ها، معابر، کوچه‌ها به‌عنوان دالان‌های جریان باد، تقاطع‌ها، میدان‌ها، میدانچه‌ها، حیاط‌های مرکزی به‌عنوان لکه‌ها و گره‌های باارزش اکولوژیکی هر یک با توجه به فرم، آرایش فضایی و جهت‌گیری می‌توانند عملکردهای متنوعی همچون تشدید سرعت جریان باد، کاهش سرعت جریان باد، توزیع جریان باد، افزایش رطوبت باد، ته‌نشست خاک را ایفا نموده و در مجموع با خلق سیستم مدولار در جهت ارتقاء تاب‌آوری شهری حائز اهمیت باشند.

۳-۲- دالان‌های اکولوژیک، منشأ ارتقاء تاب‌آوری شهری

دالان‌های اکولوژیک شهری نماد تمدن شهر اکولوژیک هستند (Peng et al., 2017). این دالان‌ها نوعی سیمای سرزمین اکولوژیک با آرایش فضایی خطی یا نواری هستند که دارای عملکردهای یکپارچه اکولوژیکی، اجتماعی، فرهنگی و... می‌باشند و به‌عنوان استراتژی حفاظت جهانی معرفی شده‌اند (Jongman et al., 2004). در چارچوب شبکه‌های اکولوژیک فضاهای نقطه‌ای و خطی به‌عنوان گره‌ها و راهروهای اکولوژیک تعریف می‌شوند، که نقش بنیادینی در ارتباطات اکولوژیک و ایجاد زیرساخت‌های اکولوژیک ایفا می‌نمایند (Peng et al., 2017).

شبکه‌های اکولوژیکی (طبیعی و مصنوع) در محیط شهر نظیر پوشش گیاهی، پهنه‌های آب، جویبارها، دالان‌های جریان آب و باد، جریان‌های انرژی، فضاهای باز، سبز و جنگل‌های مصنوع، کانال‌های زهکشی، راه‌های آب، شبکه دسترسی‌ها، سبز راه‌ها و سایر شبکه‌های انسان‌ساخت (Jim & Chen, 2003; Fabos, 2004; Turner, 2006; Woolley, 2004; Cranz & Boland, 2004; Jongman & Pungetti, 2004; Maruani & Cohen, 2007; TPL, 2006) ، از منظر درهم‌تنیدگی شبکه‌های طبیعی و مصنوع، حصول تعاملات اکولوژیکی و تاب‌آوری در محیط شهری اهمیت زیادی دارند.

رویکرد اکولوژی شهری، شهرها را به‌عنوان سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک معرفی می‌نماید که زیرسیستم‌های تشکیل‌دهنده آن شامل زیرسیستم‌های بیوفیزیکی (اکولوژیکی)، اجتماعی و اقتصادی است. زیرسیستم‌های بیوفیزیکی شامل الگوها و عملکردهای بیوفیزیکی است که الگوی این زیرسیستم‌ها به چگونگی ترکیب و توزیع فضایی عناصر طبیعی و مصنوع شهر اشاره دارد. به‌طوری‌که هرگونه تغییر، حذف یا نابودی عناصر ساختار اکولوژیک بستر، به تغییر یا ایجاد اختلال در فرایندهای طبیعی و خدمات اکوسیستمی انجامیده و از این طریق پایداری و تاب‌آوری شهر را متأثر می‌سازد (Alberti & Marzluff, 2004). بنابراین تقویت شبکه‌های اکولوژیک، ارتباط و پیوستگی آنها در جهت ارتقاء تاب‌آوری شهری از اهمیت زیادی برخوردار است.

ارتباطات میان لکه‌ها و دالان‌های اکولوژیک در ماتریس طبیعی و مصنوع شهر، موجب ارتقاء و حفظ یکپارچگی شهر و جریان‌های اکولوژیک می‌شود. از سوی دیگر پیوستگی کم سیستم‌های طبیعی باعث خرددانگی، جداسازی، و انزوای عناصر سیمای سرزمین شده و آثار چشم‌گیری بر فرایندهای اکولوژیکی می‌گذارد (Forman et al., 2003). در صورت تنوع در سیستم، اجزای سیستم در زمان وقوع اختلالات می‌توانند جایگزین و یا جبرانی برای یکدیگر باشند. بر این اساس تنوع پایین در سیستم باعث آسیب‌پذیری بیشتر و از بین رفتن کارکردها می‌شود. افزونگی عناصر پایه منظر سبب می‌شود که در صورت بروز اختلال، چنانچه برخی از اجزاء از بین رفتند، دیگر عوامل بتوانند جایگزینی برای آن باشند (Schouten et al., 2012).

مجاورت لکه‌های با کارکردهای اکولوژیکی مکمل سبب ارتقاء فعالیت‌های زمین و فرایندهای حیاتی اکوسیستم می‌شود (Colding, 2007). ازلحاظ پودمانگی چنانچه عملکرد شهری توسط سیستمی غیرمتمرکز یا توزیع‌شده انجام شود، نسبت به اختلال تاب‌آوری بالاتری از خود نشان می‌دهد. بنابراین طراحی مدولار و توزیع منظم لکه‌ها و دالان‌ها در کل سیستم به تاب‌آوری سیستم می‌انجامد (Schouten et al., 2012). استراتژی تنوع و چند عملکردی بودن یکی از راه‌حل‌هایی است که از طریق عملکردهای درهم‌تنیده، ترکیبی و بهبود قابلیت افزونگی حاصل می‌شود. این قابلیت در سیستم‌های اکولوژیک به افزایش خدمات اکوسیستمی در شهرها منجر می‌شود و تاب‌آوری را ارتقاء می‌دهد.

۳-۳- عقلانیت حاکم بر دالان‌های اکولوژیک در شهرهای کویری

دالان‌های جریان باد در شهرهای کویری نوعی از دالان‌های اکولوژیک با عملکرد چندگانه هستند. فرم و ساختار شهری همچون خصوصیات کالبدی محیط‌های مصنوع ازجمله آرایش فضایی، شکل، اندازه و...، پارامترهای مهمی هستند که از دالان‌های اکولوژیک تأثیر پذیرفته و آنها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. ازاین‌رو دالان‌ها و

شبکه‌های اکولوژیک از فاکتورهای حائز اهمیت در تجزیه‌وتحلیل آب‌وهوای شهر، اقلیم خرد محلی، خدمات اکوسیستم، شرایط اکولوژی، برنامه‌ریزی و طراحی شهری (Coutts et al., 2007; Middel et al., 2014; Stewart & Oke, 2012) هستند. شبکه اکولوژیک، شامل سیستمی به‌هم‌پیوسته از عناصر طبیعی و شبه طبیعی در اکوسیستم شهری و سیمای سرزمین است که ضمن حفظ و نگهداری، یا ترمیم فرایندهای اکولوژیک، ضامن فرصت‌های مناسبی برای استفاده پایدار از منابع طبیعی است (Bennett & Wit, 2001).

به‌طورکلی مفهوم شبکه اکولوژیک به‌عنوان یکی از اصول بنیادین عقلانیت اکولوژیک در پی فرایندهای توسعه انسانی در محیط‌های طبیعی و تکه‌تکه شدن تدریجی آن نمایان می‌شود و به همین دلیل لازم است که طراحان و برنامه‌ریزان، این مفهوم را به‌منظور استفاده از یک راهبرد فضایی بهینه در مقیاس‌های مختلف و نیز محیط‌های شهری استفاده کنند. عقلانیت اکولوژیک رویکردی منشعب از ایده‌ها، قواعد، استراتژی‌های اثبات‌شده ازلحاظ تاریخی و وابسته به زمینه است، که تعامل و تکامل متقابل سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیک را شکل می‌دهد (Xiang, 2014; Young, 2016). عقلانیت اکولوژیک در سازه‌های آبی قنات به‌عنوان توانایی جامع انسانی در دستیابی به هماهنگی و سازگاری با طبیعت با استفاده از انتخاب‌ها و تصمیمات مناسب در یک شیوه رفتاری سیتماتیک و تاب‌آور شکل‌گرفته و منجر به خلق شبکه‌های اکولوژیک شهری شده است (ردایی و همکاران، ۱۳۹۹).

ازاین‌رو آنچه به ذهن متبادر می‌شود این است که مورفولوژی و ساختار کالبدی-فضایی شهرهای کهن می‌تواند برگرفته از نوعی عقلانیت باشد که با حداقل میزان تأثیر منفی، تعادل عملکردی بهینه را با محیط طبیعی برقرار نماید. سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک کهن تجربیات ارزشمندی را ارائه می‌دهند، چرا که نتایج چندین هزاره مداخلات در شهری و اکوسیستم‌های طبیعی، ذخیره‌گاهی ارزشمند از تجربیات موفق و ناموفق است که از آن می‌تواند به‌عنوان محرک یا بازدارنده تصمیمات در فرایندهای برنامه‌ریزی آتی عمل نماید (Bishop & Xaing 2014; Kuei-Hsien & Tuan, 2014;

Yan et al., 2014). عقلانیت اکولوژیک قابلیت ارائه چارچوبی برای برنامه‌ریزی در کلیه جنبه‌های زیرساخت‌های شهری مانند فضای باز، کاربری اراضی، حمل‌ونقل، سازه‌ها و سیستم‌های آبی را دارد. به عبارتی عقلانیت اکولوژیک در فرایندهای حاکم بر محیط‌های مصنوع، خدمات اکولوژیک محلی و منطقه‌ای قابل‌اجرا می‌باشد و حیات محیط‌های طبیعی و توسعه پایدار شهری را پشتیبانی می‌کند (Lieberknecht, 2019).

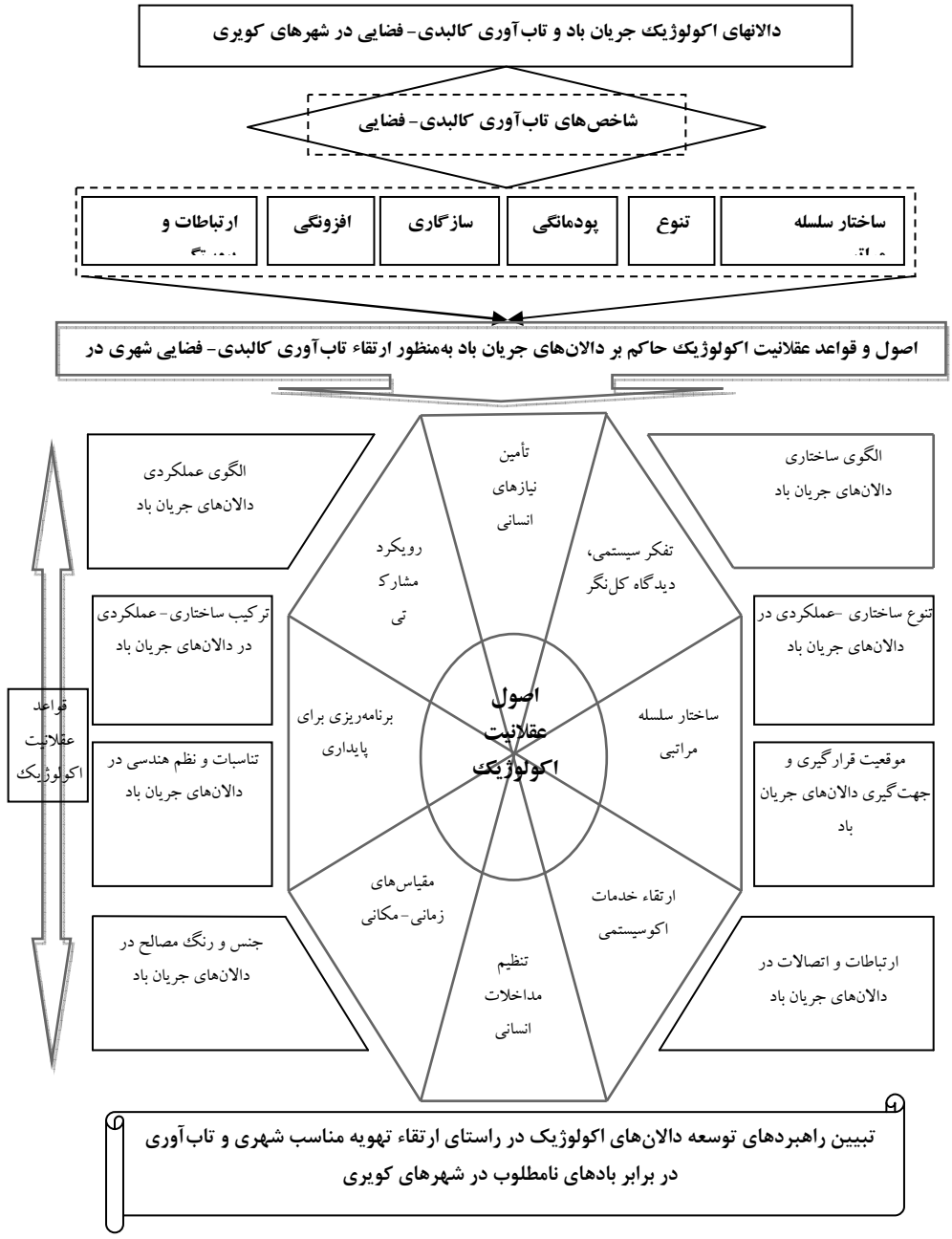
عقلانیت اکولوژیک با مشارکت در فرایندهای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، سعی در ایجاد حداکثر مزایای اجتماعی-اکولوژیک با حداقل هزینه را دارد (Xaing, 2014; Young et al., 2014). ازاین‌رو یادگیری فرهنگ، تکنولوژی، اصول و قواعد حاکم بر شهرهای کهن یکی از راه‌های دستیابی به استفاده مناسب و توسعه پایدار مناطق شهری و سیمای سرزمین می‌باشد (Xiang, 2014). این‌چنین رویکردی می‌تواند متمرکز بر حفظ ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های شهری در جهت ارتقاء پایداری و یا پاسخ به بحران‌های بی‌سابقه همچون خشکسالی، تغییر شرایط اقلیمی و یا فجایع طبیعی در جهت ارتقاء تاب‌آوری شهری باشد (Che et al., 2014; Laconte, 2014; Song & Li 2014). مرور بر مطالعات ژنگ[1] و همکاران (۲۰۱۸)، مک پیرسون[2] و همکاران (۲۰۱۶)، ژیانگ[3] (۲۰۱۴،۲۰۱۹) حاکی از آن است که مهم‌ترین اصول بنیادین در تفکر عقلانیت اکولوژیک عبارت است از:

- تأمین نیازهای انسانی
- تفکر سیستمی، دیدگاه کل‌نگر، ارتباطات و بازخوردها
- رویکرد مشارکتی
- ساختار سلسله مراتبی و حفظ مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی
- ارتقاء خدمات اکوسیستمی
- تنظیم مداخلات انسانی در فرایندهای اکوسیستمی

1. Zheng
2. McPhearson
3. Xiang

- برنامه‌ریزی برای ایجاد ساختار و عملکرد پایدار

شبکه‌های اکولوژیک به‌عنوان یکی از اصول بنیادین عقلانیت اکولوژیک می‌توانند منشأ ارتقاء تاب‌آوری شهری باشند. مهم‌ترین شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی-فضایی نظیر ساختار سلسله‌مراتبی، سازگاری، تنوع، ارتباطات و اتصالات، افزونگی و پودمانگی در شبکه‌های اکولوژیک شهری می‌توانند بر بهبود خدمات اکوسیستمی (نظیر جریان ماده، انرژی جریان آب، جریان باد و...) تأثیر گذاشته و با ارتقاء خدمات تأمین‌کنندگی، تنظیم‌کنندگی، حمایت‌کنندگی و فرهنگی- تفریحی، تاب‌آوری شهری را در برابر ناملایمات طبیعی و انسانی ارتقاء بخشند. در شهرهای کویری شرایط سخت اقلیمی همچون عدم بارندگی و رطوبت، اختلاف دمای زیاد شب و روز، تبخیر زیاد، عدم پوشش گیاهی همراه با بروز طوفان‌های شن آسایش محیطی ساکنان این مناطق را کاهش می‌دهد. ازاین‌رو چارچوب نظری پژوهش (شکل ۱) بر اهمیت عقلانیت اکولوژیک حاکم بر مورفولوژی و ساختار کالبدی- فضایی دالان‌های جریان باد در شهرهای کویری در برابر بادهای مطلوب و نامطلوب و تأثیر آن بر تاب‌آوری شهری به‌منظور تأمین آسایش محیطی تأکید دارد.



شکل ۱- چارچوب نظری تحقیق

۴- مواد و روش‌ها

۴-۱- روش تحقیق

در ایـن پژوهـش هـدف، بازشناسـی اصـول عقلانیـت اکولوژیـک در شـبکه‌هـای دالانـی جریان باد در شهر کویری یزد اسـت. روش تحقیـق بـر مبنـای تحلیـل محتـوای ادبیـات موضوع، به تبیین تاب‌آوری، بررسی اهمیـت دالان‌هـای اکولوژیـک در ارتقـاء تـاب‌آوری شهری و تبیین عقلانیت اکولوژیـک و اسـتنتاج اصـول عقلانیـت اکولوژیـک مـی‌پـردازد و سـپس با تحلیـلی اکتشـافی، اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر شبکه‌های دالانی جریان بـاد در شـهر یـزد، بازشناسـی مـی‌شـود. بررسـی‌هـا در سـه مقیـاس کـلان (شـهری- فراشهری)، میانی (محله‌ای) و خرد (بناهای ساختمانی) با توجه به گستره مطالعـاتی صـورت می‌پذیرد. در مقیاس کلان به بررسی کلی بادهای غالب شهر یزد و جهت آنها، مسیر جریان دالان‌های هوا از فراشهر تا شهر پرداخته می‌شود. در مقیاس میـانی بـه بررسـی نحـوه توزیـع جریان باد و تهویه شهر در محدوده محلات تاریخی شهر یزد پرداخته مـی‌شـود. در مقیـاس خرد ویژگی‌های ساختاری بناهای کهن در بافـت تـاریخی در جهـت حـداکثر بهـره‌وری از جریان باد مطلوب و تهویه طبیعی فضای داخلی بنا مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

روش گـردآوری اطلاعـات در بخـش مبانـی نظـری پژوهـش، کتابخانـه‌ای و در بخـش مطالعـات میدانـی از روش پیمایشـی، مشـاهده تحلیلـی و ثبـت اطلاعـات اسـتفاده می‌شود. سـاختار پژوهـش از چهار بخـش تشـکیل مـی‌شـود: در بخـش ابتدایـی مفـاهیم تاب‌آوری، شاخص‌های تاب‌آوری، عقلانیت اکولوژیـک و اصـول عقلانیـت اکولوژیـک مـورد بررسـی قـرار می‌گیرد، در بخـش بعـدی، ضـمن تحلیـل دالان‌هـای جریـان بـاد، بـه استنتاج اصول و قواعد حاکم در ساختار و عملکرد این دالان‌ها در مقیـاس‌هـای مطالعـاتی، پرداخته می‌شود. در مرحلـه سـوم بـه تطبیـق قواعـد اسـتنتاجی بـا شـاخص‌هـای تـاب‌آوری پرداخته می‌شود، و در نهایت به ارائه راهبردهای ساختاری-عملکـردی مبتنـی بـر عقلانیـت اکولوژیک برای دالان‌های جریان باد در جهت تهویه بهینـه و ارتقـاء تـاب‌آوری شـهرهای کویری معاصر پرداخته می‌شود.

۴-۲- قلمرو مکانی- زمانی

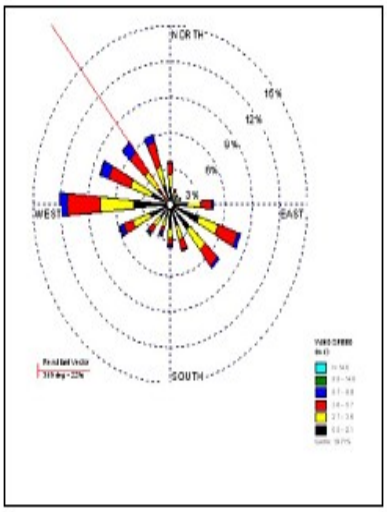
استان یزد با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و مساحت تقریبی ۷۲۱۵۶ کیلومترمربع می‌باشد. عامل اصلی خشکی استان، دور بودن از دریاهای آزاد، دریاچه‌های داخلی، بادهای رطوبت‌زای دریایی و بالطبع کمی مقدار بارندگی، غالب بودن سیستم پرفشار جنب‌حاره‌ای، بالا بودن میزان تبخیر و عدم برخورداری از سفره‌های آب وسیع می‌باشد. منشأ طوفان‌ها در یزد معمولاً سامانه‌های مدیترانه‌ای، جنوب غربی مدیترانه‌ای-سودانی و شمال شرقی می‌باشد که عمدتاً با توجه به عدم پوشش گیاهی و یا کم بودن تراکم پوشش گیاهی در مسیر حرکت آنها موجب می‌شود تا حمل خاک و شن خسارت‌های سنگینی به تأسیسات زیربنایی، فضاهای سبز، واحدهای مسکونی، کشاورزی و دامی وارد نماید (ابرقویی، ۱۳۸۴).

اثر هدایتی درهٔ توپوگرافی اردکان-یزد تأثیر بسیار زیادی در کانالیزه شدن این بادهای شدید از سمت شمال و غرب در محدوده شهرهای اردکان و میبد، و افزایش سرعت آن به سمت غرب در محدودهٔ شهر یزد دارد. به‌صورتی که این روند تغییرات با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نیز مطابقت دارد. علت دیگر رخداد این پدیده وجود گرادیان فشار بین این منطقه و اطراف آن است که خود سبب ایجاد بادهای شدید همراه با پدیده گردوغبار در منطقه می‌شوند(امیدوار، ۱۳۸۵). در کلیه ایستگاه‌های استان یزد فراوانی بادهای فرساینده در فصل بهار بسیار حائز اهمیت است. کاهش دید افقی در شدیدترین طوفان گردوغبار استان یزد بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر و جهت اصلی طوفان‌های گردوغبار در استان غرب و جنوب غرب است.

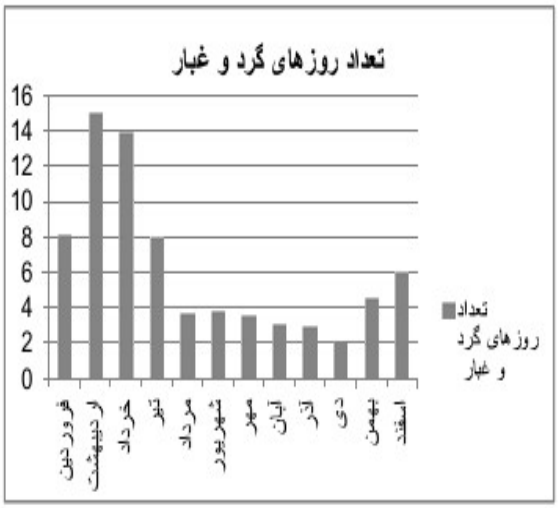
بررسی گلبادهای سطح زمین در منطقه نشان می‌دهد که وزش بادهای غالب در ماه‌های آذر و دی، از جنوب شرق بوده و سرعت آن به بیش از ۱۶ نات[1] می‌رسد. بیشترین

۱- ک واحد اندازه‌گیری سرعت برای جریان باد و اجسام شناور در آب است. این واحد معادل ۱۸۵۲ متر در ساعت است و هرچند یک واحد استاندارد نیست، به‌طور قابل‌توجهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

درصد باد آرام در فصل پاییز (آبان با ۵۸ درصد) بوده و جهت بادهای غالب، شمال غـرب، غرب و جنوب شرق است. وزش بادهای شدید و طوفان‌های ماسه در منطقه یزد در ماه‌های اسفند تا خرداد) در ابتدای دوره گرم سال و انتقال فصل از اسفند به بعد) به شکل حـادتری درمـی‌آیـد. ۶۰ درصـد از بادهـای شـدید و همـراه بـا گردوغبـار در مـاه‌هـای اردیبهشـت و فروردین رخ می‌دهد و همچنین طوفان‌هایی کـه دیـد افقـی را بـه صـفر کـاهش داده و نیـز شدیدترین طوفان‌ها در ماه اردیبهشت اتفاق می‌افتد (کسمایی، ۱۳۸۲)



شکل ۲- گلباد متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک یزد



شکل ۳- فراوانی طوفان‌های گردوغبار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر یزد در طی دوره ۱۰ ساله (۸۷-۹۷)

مأخذ: اداره کل هواشناسی استان یزد، ۱۳۹۷

بررسی سالانه پارامتر باد در ایستگاه یـزد نشـان مـی‌دهـد کـه بیشـترین بـاد وزیـده شـده سرعتی بین ۰/۵ تا ۲/۱ متر بر ثانیه (۲-۸ کیلومتر در ساعت) داشـته اسـت. همچنـین بررسـی گردوغبار موجود در استان یزد نیز نشان می‌دهد که بیشترین روزهای طوفـانی و گردوغبـار یزد نیز در فصل بهار و در طی ماه‌های فـروردین الـی خـرداد رخ‌داده اسـت. وزش بادهـای

سیاه در استان یزد به دلیل برخورداری از اقلیم خشک امری عادی به شمار می‌آید. باد غالب در استان یزد عموماً باد شمال غربی است که به‌خصوص از اواسط بهار تا اوایل پاییز می‌وزد. بادهای جنوب شرقی و غربی در مراتب اهمیت بعدی قرار دارند. جهت چیره باد در شش ماه اول سال، شمال غربی و در چهار ماه از سال (آبان تا بهمن) جنوب شرقی است.

۴-۳- مقیاس‌های مطالعاتی

۴-۳-۱- مقیاس کلان: ارتباط شهر یزد با فراشهر

مکان‌گزینی و شکل‌گیری شهر یزد با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک، در دامنه کوه، یکی از مناسب‌ترین

مکان‌گزینی ها می‌باشد که با محیط طبیعی خود تلفیق‌شده است. از طرف دیگر حالت پیاله‌ای کوه‌های اطراف به‌صورت یک عایق طبیعی عمل می‌نماید. جریان باد در کنار منابع آبی عاملی در شکل‌گیری گذرهای اصلی در هسته یزد بوده است. به‌نحوی‌که غالب گذرها در راستای جنوب شرقی- شمال غربی می‌باشد. طبیعی به نظر می‌رسد که معابر به گردش باد در دل بافت کمک می‌کنند. بادگیر بناها نیز به سمت باد مطلوب جهت‌گیری شده است. مکان‌گزینی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی تابع جهت شیب و جریان آب قنات بوده است. نظم گیاه به‌صورت لکه‌ای (باغ‌ها و فضای سبز)، و به‌صورت دانه‌ای (حیاط مرکزی و گودال باغچه بناها) در این اقلیم تأثیر زیادی در تلطیف محیط داشته است. مسیر آب قنات بعد از آبیاری شهر به‌صورت سلسله‌مراتبی به زمین‌های کشاورزی می‌رسیده و از طرفی دیگر شیب طبیعی دشت نیز آب‌های سطحی را به سمت زمین‌های کشاورزی هدایت می‌کرده است.

سازمان فضایی اولیه شهر یزد که بافت تاریخی شاهدی بر آن است، ساختاری متحدالمرکز، فشرده و ارگانیک دارد. سازمان فضایی شهر یزد در قبل از اسلام، همانند اکثر شهرهای ایران قلعه‌ای بوده که آثار و بقایای آن در محلات تاریخی همچون فهادان

قابل‌مشاهده است. رشد و توسعه فضایی-کالبدی شهر یزد، تا دهه ۱۳۴۰ ارگانیک، آرام، موزون و متعادل بوده و در نتیجه اکولوژی شهر ساختی سیستمی، سازمند و منسجم داشته است؛ اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که ناهنجاری‌های ساختاری در الگوی طراحی، ساخت شهری و الگوی استقرار جمعیت، موجب تضادها و تعارض‌هایی در شهر شده است و ساختار متعادل شهر به یک ساخت اکولوژی قطاعی نامتعادل و ناپیوسته تبدیل‌شده است (شماعی، ۱۳۸۹).

ازاین‌رو از مرکز به سمت حاشیه شهر، این ساختار انبساط بیشتری پیدا می‌کند و از فرم ارگانیک به شطرنجی، از ساختاری منسجم به غیرمنسجم، از سلسله‌مراتب تعریف‌شده به عدم تعریف سلسله‌مراتب تغییر شکل می‌دهد. در نتیجه، جز در بافت مرکزی و تاریخی شهر و تا حدودی بافت میانی، سازمان فضایی متخلخلی در بافت‌های بیرونی شهر به وجود آمده است و سازمان فضایی شهر را ازهم‌گسیخته است (مهندسین مشاور آرمانشهر، ۱۳۸۸: ۵۶ ج ۷). باغ-محلات در شهر یزد به‌موازات ایجاد هسته اولیه به‌صورت آبادی‌هایی جدا از شهر شروع به شکل‌گیری کردند و آنچه امروزه تحت این عنوان شناخته می‌شود، همین آبادی‌ها هستند که به‌مرورزمان به شهر ملحق شده‌اند. این باغ-محلات، محله‌هایی هستند با تمام ویژگی‌های یک محله با این تفاوت که باغ و به‌طورکلی طبیعت نقش یک عنصر اصلی از کل سیستم را بر عهده دارد. به‌طورکلی این‌گونه محلات بر اساس عوامل اکولوژیکی آب، خاک، و گیاه شکل‌گرفته‌اند و علاوه بر اینکه اقتصاد محله بر پایه همین باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی استوار بوده، ارکان اجتماعی، فرهنگی، کالبدی، بهبود کیفیت فضایی و... نیز از آن تأثیر می‌گرفته است.

به‌عنوان نمونه می‌توان به محلات کسنویه، مهدی‌آباد، مریم‌آباد، نعیم‌آباد یزد و...اشاره کرد. ولی تفاوت این محلات با بافت قدیم وجود باغ‌ها، مزارع و زمین‌های بایری است که امروزه فرصت ساخت‌وسازهای جدید قانونی یا غیرقانونی را به وجود آورده است. در طی ۵ دهه گذشته، شکل‌گیری محلات متعدد به‌ویژه در جنوب، غرب و شرق شهر یزد، نه‌تنها گسترش شهر را به دنبال داشت، بلکه فاصله مکانی شهر را با آبادی‌ها و باغ-محلات

حاشیه‌ای کم کرده و آنها را در آستانه پیوستن به شهر و تشدید رشد شهری قرار داده است. امروزه جهات غالب توسعه شهر یزد به دور از مناطق مرکزی و با شکل‌گیری شهرک‌های حاشیه‌ای در جهات غرب، شمال غرب، جنوب غرب و جنوب رقم خورده است (عزیزی و آراسته، ۱۳۹۰: ۱۵-۵).

۴-۳-۲- مقیاس میانی: بافت تاریخی شهر یزد

فضا هادی باد و توده مانع باد می‌باشد (رنجبر، ۱۳۸۹: ۲۶). در شهر یزد، بافت تاریخی بسیار متراکم؛ فضای شهری کاملاً محصور؛ کوچه‌های باریک و نامنظم و بعضاً پوشیده با طاق؛ ساختمان‌های متصل‌به‌هم؛ استقرار مجموعه‌های زیستی با توجه به جهت آفتاب و باد است، خط آسمان گنبد دار، رابطه بازشوها با گذر، اندک، تعداد طبقات ساختمان، دوطبقه، فضای باز محدود است و جریان باد به‌شدت وابسته به هندسه و تناسبات گذر است. بافت متراکم و محصور اشاره به کاهش امکان ورود بادهای نامطلوب به شهر دارد و فشردگی به همراه جداره‌های بلند، تابش آفتاب را کاهش می‌دهد. در بافت جدید شهری شکل‌گیری ساختمان‌ها به‌موازات یکدیگر یک کانال یا کریدور باز برای انتقال جریان باد در شهر را تشکیل می‌دهند. کریدورهای کم فرض‌تر و همراه با ساختمان‌های مجاور مرتفع، حرکت باد را کانالیزه کرده و سرعت آن را افزایش می‌دهد. کانالیزاسیون جریان‌های هوا به‌وسیله مسیرهای مستقیم خیابانی به وجود می‌آید (سلیقه، ۱۳۸۲).

باد درصورتی‌که در گذری موازی با جهت خود وارد شود و درصورتی‌که طول گذر بیش از ۴۰ متر باشد شدت بیشتری یافته و اصطلاحاً کانالیزه می‌گردد. کانالیزه شدن باد به‌خودی‌خود موجب ناراحتی نمی‌شود، مگر اینکه باد نامطلوب را کانالیزه کند (جناب، ۱۳۷۳: ۱۱۵). زمانی این اثر نامطلوب کاهش می‌یابد که تغییراتی در وضعیت استقرار ساختمان، جهت و عرض دالان جریان باد ایجاد شود. خیابان‌هایی که به‌خصوص جهتی غربی-شرقی دارند (ناشی از توسعه شهر در بخش جدید شهری) و منطبق بر جهت وزش باد غالب غربی هستند (باد همراه با گردوغبار در شهر یزد)، اثرات بیشتری از وزش بادها

دریافت می‌کنند و درصورتی‌که ساختمان‌های طرفین خیابان تعداد طبقات بیش‌تری داشته باشند، کانالیزه کردن جریان باد منجر به هدایت بیشتر باد به سایر قسمت‌های شهر شده و اثرات نامطلوبی بر کیفیت هوای شهر ایجاد می‌کند. عامل دیگری که بر کانالیزاسیون باد تأثیر دارد ارتفاع جداره‌ها است. ارتفاع جداره خود تابع عرض گذر یا دالان و به عبارتی نسبت خود با عرض است. البته اگر نسبت عرض گذر به ارتفاع جداره کمتر از یک‌به‌دو باشد، و یا اگر این نسبت بیش از پنج به دو باشد، تأثیر افزایش سرعت باد یا کانالیزاسیون بادها ناچیز است، اما در بین نسبت بیشتر از ۰/۵ و کمتر از ۲/۵ بر سرعت باد افزوده می‌شود (سلیقه، ۱۳۸۲: ۱۱۵). در محلات و در جداره میدان محله ساختمان‌هایی مرتفع‌تر (تکیه، مسجد، سردر بازار و...) وجود داشته است (قبادیان، ۱۳۸۲: ۸۶) و گذرهای اصلی ازیک‌طرف و یا بیشتر به میدان می‌رسیده‌اند.

همچنین گذرهای فرعی نیز با میدان در ارتباط بوده‌اند. بادهایی که از گذرهای اصلی همسو با باد به میدان می‌رسیدند در میدان به گذرهای فرعی شهر تقسیم می‌شدند. قرارگیری ساختمان‌های مرتفع در جداره میدان‌ها باعث جذب بادهای بالای سطح شهر و توزیع آن در شهر می‌شود. در واقع ساختمان بلند در بافت شهری همانند بادگیر عمل کرده و باد را به درون شهر می‌کشاندند (رنجبر، ۱۳۸۹: ۲۷)، تا زمینه‌ای را برای تهویه مناسب شهر ایجاد نمایند. بازار اکثراً همراه با سقف‌های گنبدی برای ایجاد پناه در برابر بادهای نامطلوب و طوفان‌ها، و سوراخ‌های در سقف جهت ایجاد جریان طبیعی باد و تهویه مناسب، و دریافت نور مطلوب بوده است، مسقف بودن آنها افزایش ایجاد سایه‌اندازی و ایجاد آسایش حرارتی را ایجاد می‌نموده است. جهت‌گیری مناسب بازارها در جهت باد مطلوب و منتهی شدن آنها به میدان‌ها امکان جریان هوا در این دالان‌ها را فراهم نموده و باعث تهویه مناسب می‌شده است. همچنین گذرهای فرعی (دالان‌های جریان باد فرعی) منتهی به میدان‌ها و میدانچه‌ها (به‌عنوان گره‌هایی از این شبکه اکولوژیک) به‌منظور توزیع جریان باد عمل نموده و شکل ارگانیک و پیچ‌درپیچ آنها منجر به کاهش سرعت جریان باد و قدرت انتقال خاک می‌شده است.

۴-۳-۳- مقیاس خرد: بناهای کهن در بافت تاریخی شهر یزد

کلیه بناها در بافت تاریخی به‌صورت کاملاً درون‌گرا و محصور؛ دارای حیاط مرکزی و اغلب آنها دارای زیرزمین، ایوان و بادگیر است. کف ابنیه و خصوصاً حیاط، پایین‌تر از سطح معابر؛ ارتفاع اتاق‌ها نسبتاً زیاد؛ طاق‌ها غالباً قوسی و گنبدی؛ دیوارها نسبتاً قطور است (قبادیان، ۱۳۸۲). به‌منظور استفاده از تهویه طبیعی در بناهای کهن یزد از راهکارهای متنوعی استفاده‌شده است: بادخور[1]، بادخان[2]، بادگیر، نماهای دوپوسته[3]، سامانه تلفیقی خنک‌کننده با بادگیر، بازشوهای رو به حیاط مرکزی و ..... بادخور برج‌های بلندی در بناهای کویری است به‌منظور تأمین جریان هوای خارج به سمت داخل بنا به‌منظور کاهش دما و برقراری آسایش حرارتی که دهانه‌های ورودی بادخور روبه جهت باد غالب قرار می‌گیرد و در هنگامی‌که باد جریان ندارد، این برج‌ها عملکرد تهویه دودکش را دارند (Ettouney, 2008: 247).

بادخان‌ها اغلب به شکل مربع یا مستطیل همراه با یک یا چنددهانه هستند که به‌عنوان عنصر مستقل با بخشی از پوشش سقف در بناهای کهن مناطق کویری به کار گرفته می‌شدند. اساس کار بادخان ترکیبی از عملکرد تهویه دودکشی (حرکت هوای گرم به سمت بالا و جایگزین هوای سرد از سمت پایین) و تهویه یک‌طرفه باد (انتقال هوای گرم از دهانه بادخان به‌وسیله باد) انجام می‌پذیرد. ازاین‌رو چنانچه عمل تهویه هوا را به دم و بازدم تشبیه نماییم، بادخان معادل بازدم و بادخور معادل عمل دم می‌باشد (McCarthy, 1999). ساختار کامل‌تری در معماری شهر یزد بکار رفته است که بادگیر نام دارد و عملکرد ورود هوای خنک و خروج هوای گرم را به‌طور هم‌زمان و ترکیبی به انجام می‌رساند.

سامانه تلفیقی خنک‌کننده با بادگیر، سامانه‌ای است که تبخیر آب که فرایندی گرماگیر است باعث خنک شدن هوای مجاور شده، چگالی آن نیز می‌افزاید و منجر به ته‌نشست

1. Wind scop, Wind catcher
2. Wind tower
3. double-skin facades

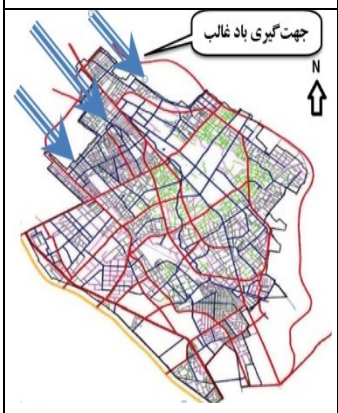
گردوغبار می‌شود. همانند حوض‌خانه. همچنین ترکیب نهر آب زیرزمینی یا قنات و بادخان، سامانه‌ای را در معماری این شهر به وجود آورده است که دمای هوای داخل را تا پانزده درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد (Boustani, 2009). در این سامانه بادخان در بالای ساختمان قرار گرفته و دریچه آن در جهتی قرار می‌گیرد که مقابل جریان باد غالب نباشد. بنابراین در مجاورت دریچه بادخان فشار کمتری وجود دارد که باعث مکش هوای بادخان به بیرون می‌شود. بر این اساس هوای گرم ساختمان خارج‌شده و هوای خنک کانال قنات از دریچه‌ای به داخل ساختمان کشیده می‌شود تا جایگزین گردد. سقف‌های گنبدی شکل در معماری کهن بافت تاریخی، جهت پوشاندن سطوح وسیع نظیر مساجد، بازارها، بناهای مسکونی و... مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

گنبد دوپوسته نقش ارزنده‌ای در کاهش تبادل حرارتی بین داخل و خارج بنا داشته و هوای راکد بین دوپوسته نقش عایق حرارتی را ایفا می‌کرده است. بر اساس اصل برنولی، هنگامی‌که وزش و جریان باد در اطراف یک گنبد وجود دارد، سرعت جریان باد حین عبور از سطح گنبد افزایش می‌یابد، بنابراین هم‌زمان با افزایش سرعت، فشار سطحی باد کاهش خواهد یافت. در جهتی که وزش باد وجود دارد، ناحیه پرفشار و در سمت دیگر به‌طور نسبی ناحیه کم‌فشار به وجود می‌آید. رأس گنبد ناحیه‌ای است که هنگام وزش باد از جهات مختلف، در سطح آن همیشه فشار کمتری وجود دارد. بنابراین با تعبیه دریچه‌ای در رأس گنبد و فشار کمتر، باعث مکش هوای زیر گنبد می‌شود. بر این اساس جریان همرفت و صعود هوای گرم در زیر گنبد به همراه مکش ناشی از اصل برنولی، باعث خروج هوای گرم در زیر گنبد می‌شود (Faghih & Bahadori, 2009: 207-208). این ویژگی در سقف گنبدی برخی از بناها مثل چهارسوق بازارها و کاروان‌سراهای سنتی و ... نیز وجود داشته و تهویه طبیعی را به وجود می‌آورده است.

۵- یافته‌های پژوهش

با توجه به بررسی مقیاس‌های مطالعاتی قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر دالان‌های جریان باد استنتاج شده و در مرحله بعد به تطبیق قواعد استنتاجی با شاخص‌های تاب‌آوری پرداخته می‌شود. جدول ۱ قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر دالان‌های جریان باد در مقیاس کلان (الگوی بافت شهری، جهت‌گیری دالان‌های جریان باد، ساختار سلسله‌مراتبی دالان‌های جریان باد، ارتباطات و اتصالات در دالان‌های جریان باد)، جدول ۲ قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر دالان‌های جریان باد در مقیاس میانی (ناهمواری در جداره دالان‌های جریان باد، فرم دالان‌های جریان باد، تغییرات ارتفاعی جداره دالان‌های جریان باد، تغییرات عرض ساختمان‌ها در جداره دالان‌های جریان باد، لکه‌های اکولوژیک شهری، چیدمان دالان‌های جریان باد، مصالح در جداره دالان‌های جریان باد، طراحی سازه‌های ترکیبی در دالان‌های جریان باد) و جدول ۳ قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر دالان‌های جریان باد در مقیاس خرد (جهت‌گیری بناها، جهت‌گیری پنجره‌ها و بازشوهای بنا، اندازه پنجره‌ها و بازشوهای بنا، لکه‌های اکولوژیک خرد مقیاس مانند حیاط مرکزی، درون‌گرایی بنا، قرارگیری ساختمان‌ها پایین‌تر از سطح معابر، تعداد طبقات ساختمان، سقف‌های گنبدی شکل، طراحی ارسی، تابش بند، سازه‌هایی نظیر بادگیر، ترکیب سقف گنبدی و بادگیر) را تشریح می‌کند.

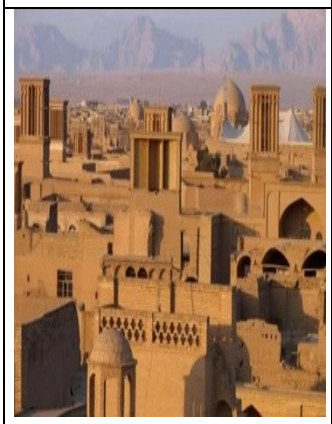
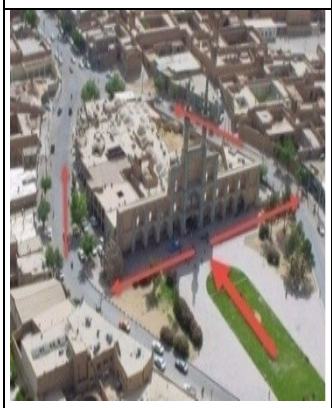
جدول ۱- تحلیلی بر الگوی ساختاری-عملکردی دالان‌های جریان باد در مقیاس‌های کلان (شهر و فراشهر) در شهر کویری یزد

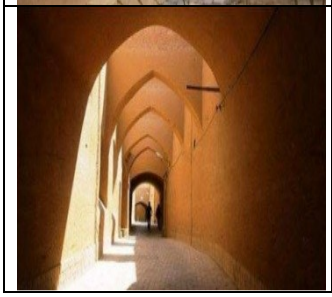
	الگوی ساختاری - عملکردی دالان‌های جریان باد		تصویر
تحلیلی بر الگوی ساختاری - عملکردی دالان‌های جریان باد در مقیاس کلان (شهر و فراشهر)	الگوی بافت شهری	در بافت متراکم مجموع مساحت سطوح خارجی ساختمان‌ها که در ارتباط با هوای بیرون قرار دارند، به حداقل می‌رسد. تراکم بالای بافت و ایجاد فضاهای باز محصور از نفوذ بادها و توفان‌های شدید به درون ساختمان‌ها جلوگیری می‌کند و همین امر میزان دریافت انرژی خورشید را کاهش می‌دهد و در تأمین آسایش حرارتی نقشی بسزا دارد.	
	جهت-گیری کریدورهای جریان باد	شبکه‌های ارتباطی به‌عنوان دالان‌های جریان باد به‌منظور جلوگیری از وزش بادهای گرم و طوفانی معمولاً به‌صورت شمالی-جنوبی طراحی‌شده و جهت قرارگیری بناها با کمی انحراف به‌صورت شمال شرقی-جنوب غربی است. این جهت یا رون را اصطلاحاًرون راسته می‌گویند. قرارگیری بناها در این رون باعث استفاده حداکثر از بادهای مساعد و در امان ماندن از شدت تابش خورشید می‌شود.	
	ساختار سلسله‌مراتبی دالان‌های جریان باد	کاهش عرض معابر از خیابان اصلی تا رسیدن به درب خانه‌ها، طراحی تقاطع‌ها، میدان‌ها و یا میدانچه‌ها و گذرهای پیچ‌درپیچ و ارگانیک گویای سلسله‌مراتب در گره‌ها و دالان‌های جریان باد است که با الگویی انشعابی، خود متشابه، غیرخطی و پیچیده به دریافت و توزیع جریان باد در شهر، و تهویه مناسب می‌پردازد و ضمن کاهش سلسله‌مراتبی سرعت باد توان حمل بار را کاهش داده و غبار آن را فروکش می‌کند.	

	لکه‌های اکولوژیک فراشهری	پراکنش و توزیع مناسب زیرساخت‌های سبز در اطراف شهر، بسترهای طبیعی و نیمه‌طبیعی مانند اراضی کشاورزی، باغات، کمربند سبز به‌عنوان بادشکن در مناطق کویری عمل نموده و پیوستگی و ارتباط لکه‌ها و دالان‌های سبز از فراشهر تا فروشهر، بسط دهنده شبکه‌های اکولوژیک شهری است.	
	ارتباطات و اتصالات در دالان جریان باد	معمولاً فضاهای سبز، پارک‌های شهری، پیاده‌راه‌ها، بخش مهمی از دالان‌های اکولوژیک شهری را تشکیل می‌دهند که از طریق ایجاد ارتباط بین سیمای سرزمین طبیعی و محیط مصنوع می‌تواند خدمات اکوسیستمی (تأمین‌کنندگی، تنظیم‌کنندگی، حمایت‌کنندگی، تفریحی، میراثی - فرهنگی و زیبایی‌شناختی) را ارتقاء بخشد.	

جدول ۲- تحلیلی بر الگوی ساختاری-عملکردی دالان‌های جریان باد در مقیاس میانی (محلات شهری) در شهر کویری یزد

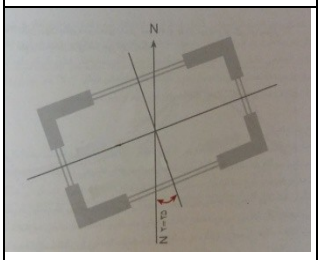
	الگوی ساختاری - عملکردی دالان‌های جریان باد		تصویر
	ناهمواری در جداره دالان‌های جریان باد	پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی ساختمان‌ها در جداره دالان‌های جریان باد بر عرض دالان‌های جریان باد تأثیر گذاشته و به‌عنوان ناهمواری در جداره عمل می‌نماید. سرعت بادها در برخورد با سطح ناهمواری که در جداره دالان ایجاد می‌شود، دچار افت و کاهش می‌شود و همین امر بر قدرت حمل ذرات خاک تأثیر منفی گذاشته و منجر به ته‌نشست خاک می‌شود.	

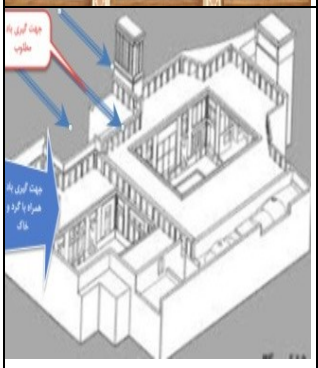
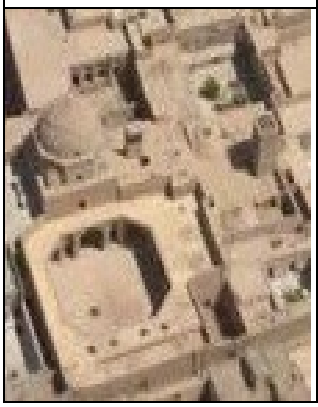
تحلیلی بر الگوی ساختاری – عملکردی دالان‌های جریان باد در در مقیاس میانی (محلات شهری)	فرم دالان‌های جریان باد	کوچه‌های باریک و زیگزاگی شکل منجر به کاهش اثر بادهای شدید، ایجاد فضاهای سایه و خنک در تابستان، و همچنین فضاهایی گرم در زمستان می‌شود. اهمیت بهره‌گیری از جریان باد را در شکل فضاهای عمومی، گذرهای اصلی و محصوریت شدید گذرها می‌توان مشاهده کرد. ایجاد خیابان‌های مستقیم و موازی برای عبور جریان هوا و تهویه، و کوچه‌های بن نبست و کاهش سطوح در معرض هوا از طریق اتصال دسته‌ای ساختمان‌ها به یکدیگر به‌منظور کاهش اثر بادهای نامطلوب طراحی شده‌است.	
	تغییرات ارتفاعی جداره دالان جریان باد	نحوه قرارگیری ساختمان‌های بلند در مقابل جریان باد در رابطه با ساختمان‌های کوتاه اطراف آنها تأثیر عمیقی بر الگوی جریان باد در شهر دارد. ساختمان‌های بلند به علت برخورد با جریان باد منطقه‌ای در بالای خیمه اقلیمی شهر، میزان جریان بیشتری را اطراف خود ایجاد می‌کند. در پشت جبهه رو به باد این ساختمان‌ها در یک منطقه، فشار بسته ایجادشده سبب مکش هوا به سمت پایین و ایجاد جریان باد در سطح زمین می‌شود.	
	تغییرات عرض ساختمان‌ها در جداره دالان باد	ساختمان‌های برج مانند (عرض کم و ارتفاع زیاد)قسمت عمده‌ای از جریان باد را به اطراف منحرف می‌کنند. هر چه میزان عرض بیشتر شده و ساختمان‌ها به سمت صفحه‌ای شدن پیش روند، میزان انحراف جریان باد بیشتر می‌شود. در این حالت میزان جریان بادی که در قسمت پشت به باد ساختمان در نزدیکی ارتفاع بام ایجاد می‌شود، نسبت به حالت برج مانند بیشتر است. لذا عرض ساختمان رو به باد یک معیار مهم در الگوی جریان باد است.	

	لکه‌های اکولوژیک شهری	وجود پوشش گیاهی و درختی در فضاهای باز شهر و سطح معابر بر رطوبت موجود در محیط، تعدیل هوا و کاهش انتشار گردوغبار تأثیرگذار است. آرایش و نوع چیدمان فضایی درختان (به‌صورت پیوسته، پراکنده، پوشش‌های سبز نواری و یا لکه‌ای)، به‌عنوان فاکتورهای تأثیرگذار بر کیفیت و آسایش محیطی در مقیاس‌های مختلف می‌باشد.	
	چیدمان دالان‌های جریان باد	گذر یا فضای ارتباطی بین توده و چیدمان گذرها در جریان بادها مؤثرند. بافت شهری متراکم که بیشتر تحت تأثیر گذرهای باریک و پیچ‌درپیچ با راسته‌های کوتاه شکل می‌گیرد، در توزیع باد و در نتیجه کاهش توان حمل غبار آن نقش اساسی دارد. به‌نحوی‌که باد با ورود به مسیرهای پرپیچ‌وخم در کوچه‌های مختلف توزیع‌شده و در پی توزیع، همراه با کاهش سرعت، توان حمل غبارش نیز کاسته می‌شود و غبار باد فرونشسته و باد تصفیه می‌گردد.	
	مصالح در جداره دالان جریان باد	نوع مصالح با توجه به ویژگی‌هایی نظیر ظرفیت حرارتی، ضریب انتقال حرارت، آلبیدو[1]، ضریب انعکاس و... می‌توانند در میزان گرمایش سطوح مداخله کرده و بر آسایش حرارتی و محیطی تأثیرگذار باشند. به‌عنوان‌مثال استفاده از گل، کاه‌گل و مشتقات آن به دلیل ظرفیت حرارتی بالا با توجه به شرایط اقلیمی شهر یزد در دالان‌های جریان باد اهمیت زیادی دارد.	
	سازه‌های ترکیبی در دالان جریان باد	طراحی سازه‌هایی نظیر ساباط در معابر و گذرها به‌عنوان یک عنصر اقلیمی به‌صورت مانعی در برابر تابش مستقیم نور آفتاب و محافظی در برابر وزش بادهای نیمه استوایی مناطق گرم و خشک بوده و به‌عنوان نوعی بادشکن عمل می‌نموده است. همچنین ساباط‌ها جهت استحکام بناها و جلوگیری از رانش دیوارها مدنظر قرار داشته است.	

۱- آلبیدو به معنی درصد بازتاب نور از سطح یک جسم است. مقادیر این کمیت می‌تواند از صفر (تاریک مطلق) تا یک (روشن مطلق) تغییر پیدا کند. آلبیدو را گاه با درصد و گاه با یک عدد اعشاری کوچک‌تر از یک نشان می‌دهند.

جدول ۳- تحلیلی بر الگوی ساختاری-عملکردی دالان‌های جریان باد در مقیاس خرد (ساختمان‌ها) در شهر کویری یزد

	الگوی ساختاری - عملکردی دالان‌های جریان باد		تصویر
تحلیلی بر الگوی ساختاری - عملکردی دالان‌های جریان باد در مقیاس خرد (ساختمان)	جهت- گیری بناها	جهت‌گیری بناها، به‌عنوان ابتدایی‌ترین اصل در برنامه‌ریزی و طراحی شهرهای با اقلیم گرم و خشک به شمار می‌رود. در یزد جهت‌گیری بناها در بافت قدیم به سمت شمال شرقی- جنوبی غربی بوده است تا حداکثر سطح بنا در حیاط مرکزی از باد مطلوب بهره‌مند شود.	
	جهت‌گیری پنجره‌ها و بازشوهای ساختمان	جهت و اندازه پنجره‌ها و بازشوهای ساختمان تأثیر فراوانی در دریافت میزان گردوخاک دارند. جهت بازشوها معمولاً به سمت حیاط مرکزی است. بازشوها رو به فضای نسبتاً مرطوب و معتدل حیاط طراحی می‌شوند. به‌جز در کوچک ورودی، ارتباط فضای زیست داخل با فضای خارج تا حد امکان قطع‌شده و یک میکرو اقلیم کوچک و مناسب برای آسایش انسان در اقلیم گرم و خشک منطقه طراحی می‌شود.	
	اندازه پنجره ها و بازشوهای بنا	در اقلیم گرم و خشک، اندازه پنجره‌ها کوچک و تعداد آن‌ها اندک است.. گشودگی‌های به‌عنوان تهویه طبیعی قابل‌انعطاف عمل می‌نماید و نوسانات دمای روزانه کنترل می‌کند. به‌منظور استفاده از اثر دودکشی در خنک‌سازی ساختمان، گشودگی‌های تهویه در ارتفاعات مختلف قرار دارند. گشودگی‌های تهویه به‌گونه‌ای در دیوار و بام قرار می‌گیرند که حرکت هوا بر فراز گرم‌ترین سطوح درونی مانند سقف ممکن باشد. گشودگی خروجی معمولاً از گشودگی ورودی هوا بزرگ‌تر است تا با ایجاد اختلاف فشار امکان جریان هوا به سمت بیرون ممکن گردد.	

	ارسی	در خانه‌های بومی این منطقه با توجه به اینکه تمام بازشوها به سمت حیاط مرکزی باز می‌شوند برای بهره‌مندی بهتر از باد مطلوب و نور خورشید در داخل درهای چوبی، پنجره‌های کوچکی تعبیه شده است که در صورت لزوم در اوقاتی از سال صرفاً پنجره‌های تعبیه‌شده در درها جهت تهویه هوا و ورود باد مطلوب به داخل اتاق گشوده شود.	
	حیاط مرکزی	در یزد محور طولی حیاط‌ها به سمت شمال شرقی – جنوب غربی جهت‌گیری شده است. این نوع جهت‌گیری فضای خانه را از بادهای نامطلوب مصون می‌دارد. ایجاد یک حیاط مرکزی در وسط ساختمان و تعبیه حوض آب و تعبیه باغچه، باعث افزایش رطوبت در فضای زیستی شده و میزان گردوخاک محیط را کاهش می‌دهد. حیاط مرکزی چون واحه‌ای طبیعی با ترکیب نور، آب، باد و گیاه در شرایط نامطلوب محیطی، آسایش را برای ساکنان فراهم می‌آورد.	
	درون‌گرایی بنا	در شهر یزد ابنیه مسکونی درون‌گرا هستند و ارتباط بسیار کمی با محیط بیرون دارند. همین امر ساختمان‌ها را در مقابل شرایط اقلیمی نامناسب، گرمای شدیدی هوا، طوفان‌ها و بادهای نامطلوب مصون می‌دارد. ازاین‌رو به واسطهٔ درون‌گرایی و پشت کردن به فضاهای باز بیرون ایمنی در مقابل بادهای نامطلوب و طوفان ایجاد می‌شده است.	

	قرارگیری ساختمان‌ها پایین‌تر از کف	در بافت سنتی هیچ بازشو یا پنجره‌ای بـه بیـرون خانه باز نشده و تنها بازشویی که با بیرون ارتباط داشته در ورودی است که آن‌هم به‌طور مستقیم و بلا واسطه به بخش‌های بیرونی ساختمان منتهـی نشده و از طریق دالان‌های نسبتاً بلند و هشتی‌هـا این درها به حیاط خانه منتهی می‌گردیده‌اند. یکی از عمده ویژگی‌های مساکن در منـاطق خشـک، پایین‌تر بودن سطح حیاط‌های مسکونی نسبت به معابر شهری است که خود نتیجه عوامل مختلفی همچون مقابله با نیـروی زلزلـه و کـاهش تبـادل حرارتی بین دالان و خارج ساختمان و ایمنی در برابر بادهای نامطلوب و طوفان است.	
	سقف‌های گنبدی شکل	کاربرد ارزنده طاق‌های گنبدی، ارتفاع زیـاد زیـر گنبد از کف اتاق یا سالن است. بر اساس جریان همرفت، هوای گرم و سبک به بالا صعود نموده و به سمت زیر گنبد حرکت می‌کند. تعبیه دریچه در زیـر گنبـد باعـث خـروج هـوای گـرم و جایگزین شدن هوای خنک‌تر می‌شـود. بنـابراین تهویه طبیعی بر اساس جریان همرفت در این نوع طاق‌ها وجود دارد.	
	ترکیب سقف گنبدی و بادگیر	در معماری برخی از مناطق، ترکیب بادگیر و گنبد سامانه موفق‌تری را به وجود آورده است. جریان باد در ارتفاع بالاتر توسط دهانه بادگیر دریافـت شده و به فضای داخلی منتقل می‌شـود. بنـابراین اختلاف فشار و جریان هوای ورودی به جریـان همرفت زیر گنبد کمک نموده و خروج هوای گرم از رأس و دریچه‌های جانبی گنبد، تهویه طبیعی را به وجود می‌آورد. کاربرد این ترکیب در طراحی برخی از آب‌انبارها نیز باعـث خنـک شـدن آب می‌شود.	

	طبقات ساختمان	قرارگیری بخشی از ساختمان در دل خاک و پایین‌تر از سطح زمین نوعی مصونیت در برابر بادهای نامطلوب را برای بنا ایجاد نموده است. وجود حیاط مرکزی عمیق و گودال باغچه موجب می‌شود تا در طول شب، حیاط مانند یک مرداب عمل کند و هوای خنکی که از بالا به آن وارد می‌شود را در خود انباشته نماید. نسیم‌های ملایم باوجود حیاط‌های مرکزی، بدون تأثیرپذیری از جهت وزش باد، در فضاها جریان دارد. این نسیم‌ها با وزیدن از بالای ساختمان، فشار هوا را در بالای ساختمان و نیز در حیاط کاهش می‌دهند و این کاهش فشار موجب چرخش هوا در فضاهای داخلی و حرکت آنها به سمت بیرون و ایجاد تهویه می‌شود.	
	تابش بند	تابش بند یا تووش بند یا آفتاب شکن، تیغه‌هایی به عرض ۶-۱۵ سانتیمتر است که گاهی ارتفاعی تا حدود ۵ متر داشته و به کمک گچ و نی ساخته می‌شود. عملکرد اصلی آن کنترل نور و جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب به فضای داخلی اتاق است. البته این پیش‌آمدگی و عقب‌نشینی بازشو ضمن تعدیل و هدایت جریان هوا به داخل بنا، زمینه‌ای را برای کاهش میزان دریافت گردوغبار و طوفان فراهم می‌نماید.	
	سازه‌های نظیر بادگیر	احداث بادگیر در ساختمان‌های کهن یزد با عمل تهویه طبیعی نقش بسیار مهمی را در فراهم نمودن محیط مناسب در فصل تابستان ایفا می‌کند. بادگیر شبیه به دودکشی رابط فضای فوقانی پشت‌بام و فضاهای درونی ساختمان است. جهت وزش بادهای مطلوب تعیین‌کننده شکل و جهت بادگیرها است. بادگیر، بادهای غالب تابستانی را گرفته و ضمن عبور از کانال و کاهش سرعت آن و همچنین عبور از حوض آب از گردوغبار آن کاسته می‌شود و به درون تالار، زیرزمین و... هدایت می‌شود.	

۵-۱- تطبیق قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر الگوی ساختاری-عملکردی دالان‌های جریان باد در بافت تاریخی شهر یزد با شاخص‌های تاب‌آوری

با توجه به یافته‌های پژوهش، مطالعه حاضر در قالب دو بخش ۱-تطبیق قواعد عقلانیت اکولوژیک با شاخص‌های تاب‌آوری، ۲-تدوین راهبردهای ساختاری-عملکردی شبکه‌های اکولوژیک شهرهای کویری به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری، قابل‌بحث است. در جدول شماره ۴ به تطبیق قواعد عقلانیت اکولوژیک استنتاجی از تحلیلی الگوی ساختاری-عملکردی دالان‌های جریان باد (حاصل از جداول ۱، ۲، ۳)، با شاخص‌های تاب‌آوری پرداخته‌شده است. شاخص‌های تاب‌آوری سازگاری (آ)، تنوع (ب)، افزونگی (پ)، اتصالات و ارتباطات (ت)، ساختار سلسله‌مراتبی (ث)، پودمانگی (ج) در جدول شماره ۴ به‌اختصار با حروف لاتین زیر نمایش داده‌شده است.

جدول ۴-تطبیق قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر الگوی ساختاری- عملکردی دالان‌های جریان باد با شاخص‌های تاب‌آوری

قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر الگوی ساختاری- عملکردی دالان‌های جریان باد		شاخص‌های تاب‌آوری					
	قواعد	ج	ث	ت	پ	ب	آ
الگوی ساختاری دالان‌های جریان باد	- سقف‌های گنبدی و دوپوسته برای ایجاد انعکاس تابش خورشید و کاهش سرعت باد و دریافت خاک	*	-	-	*	*	*
	- معابرگهگاه سرپوشیده برای افزایش سایه‌اندازی، کاهش دریافت حرارت و طوفان	-	*	*	*	*	*
	- ایجاد گذرها، معابر و دالان‌های پیچ‌درپیچ، باریک و زیگزاگی برای کاهش تابش و تصفیه طوفان	-	*	*	*	*	*
	- تغییر عرض دالان‌های جریان هوا، کاهش سرعت باد و ته‌نشست ذرات گردوخاک است	-	*	*	*	*	*
	- کاهش عرض دالان‌های جریان باد به‌صورت سلسله‌مراتبی به‌منظور کاهش سرعت باد و تصفیه باد	-	*	*	*	*	*
	- ساختار سلسله‌مراتبی گره‌های ارتباطی مانند تقاطع‌ها، میدان‌ها و میدانچه‌ها به‌منظور توزیع جریان باد	-	*	*	*	*	*

	– سلسله‌مراتب در طراحی فضاهای سبز و فضای باز از فرا شهر تا فرو شهر						
الگوی عملکردی دالان‌های جریان باد	– بافت فشرده و درون‌گرا به‌منظور کاهش دریافت حرارت و باد نامطلوب – ایجاد فضای باز محدود، محصوریت فضایی، دالان‌های اصلی و فرعی متعدد و گهگاه محصور -دالان‌های فرعی متنوع و متعدد (معابر، بازارها و...) منتهی به گره‌های جریان باد (میدان‌ها، میدانچه ها و...) به‌منظور توزیع جریان هوا و تهویه طبیعی – کانالیزه کردن باد مطلوب و توزیع آن در شهر به‌منظور تهویه طبیعی – ترکیب ساختارهای متنوع، نظیر بادگیر با حوض‌خانه، آب‌انبار، برای تعدیل حرارت و ترسیب خاک -ترکیب عملکردهای متنوع (نظیر بازار با عملکرد انتقال جریان باد، عملکرد اقتصادی، اجتماعی و...) – تقسیم، توزیع، تلطیف و تصفیه جریان هوا و...	❋ ❋ – – - — _	– ❋ ❋ – ❋ ❋ ❋ ❋	– ❋ ❋ – ❋ ❋ ❋ ❋	❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋	– ❋ ❋ – ❋ ❋ ❋ ❋	❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋
موقعیت قرارگیری و جهت‌گیری	– ایجاد معابر و دالان‌های جریان باد ارتباطی هم‌راستا با باد مطلوب و مانع در برابر جریان باد نامطلوب – قرارگیری درب ساختمان‌ها پایین‌تر از سطح معابر به‌منظور مصونیت در برابر طوفان – شکل‌گیری ساختمان‌های چندطبقه و قرارگیری در دل خاک به‌منظور مصونیت در برابر حرارت و طوفان – توسعه بافت شهری در جهت باد مطلوب – قرارگیری بازشوها به داخل حیاط مرکزی وعدم ایجاد بازشو به معابر و فضاها بیرونی بنا – طراحی محور طولی حیاط مرکزی در جهت بهره‌گیری بهینه از باد مطلوب	– ❋ ❋ – – – –	❋ ❋ – ❋ ❋ ❋ –	❋ – – ❋ ❋ ❋ –	❋ – ❋ – ❋ ❋ ❋	❋ – ❋ – ❋ ❋ –	❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋ ❋
تناسبات و نظم هندسی دالان‌های جریان باد	– تناسبات در طول، عرض و ارتفاع دالان‌های جریان باد به‌منظور توزیع مناسب باد، کاهش حرارت دریافتی و تصفیه جریان باد – استفاده از کلاه‌فرنگی، هرنو و...در سقف و دیوار برای تهویه فضای داخلی مکان‌های سرپوشیده – ضخامت زیاد جداره دالان‌های جریان باد برای استحکام، عایق حرارتی، و...	– ❋ ❋ –	❋ ❋ – ❋	❋ ❋ – –	❋ ❋ ❋ ❋	❋ ❋ – ❋	❋ ❋ ❋ ❋

	– تغییر عرض و ارتفاع ساختمان‌ها مؤثر بر سایه‌اندازی، کانالیزه کـردن جریان باد، تصفیه باد و... – اندازه کوچک و تعـداد انـدک پنجـره‌هـا و بازشـوها و تنـوع آن در تابستان نشین و زمستان نشین بنا						
ارتباطات و اتصالات دالان‌های جریان باد	– پراکنش غیرمتمرکز معابر، میدان‌ها، میدانچه، گره‌ها و دالان‌ها جریـان باد – ارتباط بهینه گره‌ها و دالان‌های جریان باد از فرا شهر تا فرو شهر – ارتباط و پیوستگی زیرساخت‌هـای سـبز بـه‌عنـوان ترسـیب کننـده گردوغبار جریان‌های باد و تلطیف هوا – پیوستگی معابر، خیابان‌ها، میدان‌ها و میدانچه‌ها بـه‌عنـوان گـره‌هـا و دالان‌های جریان باد	– – – –	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ ❊
مصالح ساخت در دالان‌های جریان باد	– مصالح بادوام، پایدار و قابل بازیافت به‌منظور کاهش تأثیر نـامطلوب بر محیط‌زیست – رنگ‌های روشن مصالح به‌منظور افزایش انعکاس حرارتی و کاهش دریافت حرارت – مصالح با ظرفیت حرارتی بالا در معابر، بازارهـا و سـایر دالان‌هـای جریان باد	❊ – ❊	– – –	– – –	❊ ❊ ❊	– – –	❊ ❊ ❊
تنوع ساختاری –عملکردی در دالان‌های جریان باد	–ساختار متنوع جریان باد در بنا برای تهویه مناسب فضای داخلی مانند کلاه‌فرنگی و بادگیر و... – گره‌ها و دالان‌های جریان بـاد متنـوع بـرای تهویـه مناسـب فضـای شهری و جلوگیری از جزایر حرارتی – دالان‌های ارتباطی با قابلیت افزونگی به‌منظور ایجاد ارتباط و توزیـع جریان باد مطلوب – دالان‌های مانع با قابلیـت پودمـانگی بـه‌منظـور انقطـاع جریـان بـاد نامطلوب	❊ – – ❊	❊ ❊ ❊ –	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊ –	❊ ❊ ❊ ❊
ترکیب ساختاری – عملکردی در دالان‌های جریان باد	– طراحی خیابان‌ها، معابر، بازارها، و...در نقش دالان‌هـای جریـان بـاد برای تهویه، تردد، تصفیه هوا و... – ترکیب دالان‌های جریان باد، جریان آب، فضاهای سـبز در باغـات، کوچه‌ها و معابر، خیابان‌ها و... – طراحی سازه‌هایی نظیر ساباط، بادگیر و...برای مکش، انتقـال، تغییـر جهت، تغییر سرعت جریان باد	– – ❊	❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊	❊ ❊ ❊

۵-۲- تدوین راهبردهای ساختاری و عملکردی شبکه‌های اکولوژیک شهرهای کویری به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری

حاکمیت اصول عقلانیت اکولوژیک در بستری از زمان، مکان، شرایط اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی رخ‌داده است و قابلیت پاسخ‌گویی به نیازهای انسانی، سازگاری با شرایط محیطی، اقلیمی و حداقل تأثیرات منفی بر فاکتورهای اکولوژیکی برای قرن‌ها ایجاد نموده است (ردایی و همکاران، ۱۳۹۹). چگونگی پیکربندی، اتصال و پیوستگی عناصر پایه‌ای سیمای سرزمین مبین کیفیت عملکرد سیمای سرزمین، خصوصاً عملکردهایی همچون جریان‌های آب و باد خواهد بود (Turner, 1989; Forman, 1995). به‌گونه‌ای که به خلق شبکه‌های اکولوژیک بیانجامد. شبکه اکولوژیک می‌تواند با یک هدف خاص و یا با اهداف چندگانه وجود داشته باشد ولی آن‌گونه که از نام آن‌هم برمی‌آید، پیوستگی و انسجام چنین شبکه‌ای بر پایه فرآیندهای اکولوژیکی می‌باشد. ازآنجاکه این اتصال با حضور متعادل دالان‌ها، یا لکه‌های کوچک مجاورِ هم[۴] محقق می‌شود (Johnson & Hill, 2002)، بنابراین توزیع گره‌ها و دالان‌های اکولوژیک، برای اتصال و پیوستگی در ساختار شبکه، اهمیت بسزایی دارد. برای ایجاد، تقویت و یا ترمیم شبکه‌های اکولوژیکی در مناطق شهری لازم است ملاحظاتی پیرامون ارتباط بین لکه‌ها، و دالان‌های طبیعی، نیمه‌طبیعی یا مصنوع با بستر اکولوژیک منطقه صورت گیرد.

ازاین‌رو باید از انقطاع دالان‌های طبیعی، فضاهای باز و سبز درون شهر و محلات شهری جلوگیری شود، ارتباطات اکولوژیکی بین لکه‌ها و دالان‌های طبیعی و مصنوعی شهری، احیا و بازسازی گردد، اتصالات و ارتباطات بین لکه‌ها و دالان‌های سبز طبیعی و مصنوعی ایجاد و یا تقویت شود و در نتیجه ساختار شبکه‌ای شکل گیرد. این ساختار شبکه‌ای در محیط‌های شهری نظیر شهر یزد می‌تواند به ارائه عملکردهای اکولوژیک، اجتماعی، فرهنگی و زیبایی‌شناسی در قالب اتصال مردم و طبیعت و اتصال داخل و حومه شهر جلوه کند و از فراشهر تا فروشهر بسط یابد. لکه‌ها یا گره‌های اکولوژیک نظیر باغ‌ها، تقاطع‌ها، میدان‌ها، میدانچه‌ها، حیاط‌های مرکزی و... از عناصر بنیادی شبکه اکولوژیک

محسوب می‌شوند که با ویژگی‌های عملکردی خود شامل تقسیم، توزیع، تلطیف و تصفیه جریان هوا و... نقشی غیرقابل جایگزین در ساختار و عملکرد شبکه‌های اکولوژیک را ایفا می‌نماید و تضمین کننده خدمات اکوسیستمی در سطح وسیع هستند. همچنین دالان‌های اکولوژیک با جهت‌گیری و ویژگی‌های ساختاری خود می‌توانند نقشی دوگانه را به‌صورت دالان‌های مانع و دالان‌های ارتباطی ایفا نمایند.

دالان‌های مانع به‌طورکلی با جهت‌گیری عمود بر جریان باد نامطلوب، مانعی برای جریان هوا و باد هستند که می‌تواند در کاهش آسیب‌پذیری در برابر حوادث و وقایع طبیعی و غیرطبیعی، ممانعت در برابر طوفان‌های شن و گردوخاک در نواحی شهری مؤثر باشد.دالان ارتباطی کانال‌های مهمی را در جریان باد و تهویه مناسب فراهم می‌کند. دالان‌های ارتباطی با اتصال گره‌های اکولوژیک منجر به کاهش اثرات جزیره‌ای و افزایش ارتباطات و پیوستگی اکولوژیک در سیمای سرزمین می‌شود. ازاین‌رو راهبردهای توسعه ساختاری و عملکردی شبکه‌های اکولوژیک شهرهای کویری به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری شرایط سخت آب‌وهوایی مناطق کویری در شکل ۴ به تصویر کشیده شده است.

شکل ۴- راهبردهای توسعه ساختاری و عملکردی شبکه‌های اکولوژیک شهرهای کویری به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری شرایط سخت آب‌وهوایی مناطق کویری

بحث و نتیجه‌گیری

پیامدهای ناشی از تغییرات شرایط اقلیمی، به‌ویژه در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای، طی سال‌های اخیر مشکلات زیادی را همراه داشته که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بخش‌های مختلف جامعه را تحت تأثیر قرار داده است. یکی از مهم‌ترین این پیامدها افزایش وقوع بلایای جوی-اقلیمی نظیر سیل، خشکسالی، چرخندهای حاره‌ای، طوفان گردوغبار و... است، که شایع‌ترین آنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران خشکسالی و بروز طوفان‌های شن و گردوغبار است. سختی شرایط آب‌وهوایی، وزش بادهای شدید، طوفان‌های گردوغبار در مناطق کویری کیفیت زندگی را نامطلوب و زیست‌پذیری را برای ساکنان این مناطق دشوار می‌نماید.

عامل باد به‌صورت یک فاکتور غالب و شکل‌دهنده بر منابع طبیعی این ناحیه حکمفرما است. وجود ماسه‌های روان که یکی از آشکارترین آثار فرسایش بادی است، در این مناطق فراوان دیده می‌شود. ماسه‌های روان می‌توانند تا شعاع نسبتاً وسیعی از اطراف خود را تحت تأثیر قرار دهند. به‌ویژه با ظهور طوفان‌های شدید، شهرهای این مناطق ساعت‌ها در تاریکی فرو می‌روند. پیشینیان در این مناطق به‌منظور حصول سکونت‌گاه‌های تاب‌آور با بهره‌گیری از مفهوم عقلانیت اکولوژیک و خلق شبکه‌های اکولوژیک، محیط طبیعی و مصنوع را به گونه با یکدیگر پیوند داده‌اند تا بیشترین تاب‌آوری را با توجه به شرایط سخت محیط فراهم آورند.

در این مطالعه ضمن بررسی الگوهای ساختار-عملکردی دالان‌های جریان باد در شهر کویری یزد به استنتاج اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک حاکم بر این دالان‌ها و ارائه راهبردهای ساختاری-عملکردی در شبکه‌های اکولوژیک شهرهای معاصر کویری به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری در برابر شرایط نامطلوب آب‌وهوایی و طوفان‌های شدید پرداخته شد. نتایج بررسی در سه مقیاس کلان (شهری-فراشهری)، میانی (محله‌ای) و خرد (بناهای ساختمانی) حاکی از آن است که قواعدی نظیر الگوی ساختاری، الگوی عملکردی، موقعیت قرارگیری و جهت‌گیری، تناسبات و نظم هندسی، اتصالات و

ارتباطات، جنس و رنگ مصالح ساخت، تنوع ساختاری-عملکردی و ترکیب ساختاری-عملکردی در دالان‌های جریان باد از اهمیت شایان توجهی در ایجاد شبکه‌های اکولوژیک جریان باد و ارتقاء تاب‌آوری در برابر شرایط سخت محیطی و طوفان‌های شدید در مناطق کویری برخوردار است.

با توجه به این‌که بقای انسان وابسته به تطبیق وی و سکونتگاه‌هایش با شیوه‌های پایدار حیات است، در این راه باید از برنامه‌ریزی و طراحی مکان‌هایی که بازتاب‌دهنده ارتباط متقابل هوا، خاک، آب، زندگی و فرهنگ باشند و به ما در احساس و ادراک این ارتباطات کمک نمایند، بهره گرفت. ایجاد دید جامع و یکپارچه و ارائه مجموعه راهبردهای برگرفته از اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک که به حل مسائل شهری و بهبود دائمی در شرایط اقتصادی، کالبدی، اجتماعی و اکولوژی بافت شهری دستخوش تغییر کمک نماید، می‌تواند به بازآفرینی مکان‌هایی که ساختار و عملکردی پایدار، معنادار، ماهرانه و هوشمندانه دارند، کمک نماید.

خلق سکونتگاه‌ها و فضاهای شهری با حفظ ویژگی‌های ارزشی بافت کهن همراه با تجلی ویژگی‌های جدید متناسب با نیاز روز و تعریف مجدد ارزش‌های کهن برای پاسخ‌گویی به نیازهای معاصر نوعی معاصر سازی اصول و قواعد عقلانیت اکولوژیک برای تحقق شهرهای اکولوژیک و تاب‌آور است. امید که کاربست اصول و قواعد مستخرج، بتواند مسیری را در جهت پیوند فرایندهای اکولوژیک در محیط مصنوع هموار سازد و به طراحی و خلق فضاهای شهری بیانجامد که تجلی‌بخش فرایندهای اکولوژیک، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و تأمین‌کننده کیفیت محیطی برای کاربران خود باشند.

منابع

–امیدوار، کمال. (۱۳۸۵)، بررسی و تحلیل همدیدی توفان‌های ماسه در دشت یزد–اردکان، *طرح پژوهشی دانشگاه یزد*: ۱۲۶–۱۳۱.

–بنتلی، یان. (۱۳۸۲)، *محیط‌های پاسخده*، ترجمه:مصطفی بهزاد فر، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

–توسلی، محمود. (۱۳۸۱)، *ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک ایران*، انتشارات: پیام، پیوند نو.

–دولت یاری، عباس. (۱۳۹۲)، «تأثیر باد در فرهنگ مردم سیستان»، *فصلنامه فرهنگ مردم ایران*، شماره ۳۲: ۱۲۹–۱۴۳.

–جناب، فیروز وگاندمر، ژ.گیو. ای. (۱۳۷۳)، *تأثیر باد در شکل‌گیری فضاهای شهری*، انتشارات صاحب اثر.

–ردایی، مهجبین؛ صالحی، اسماعیل؛ فریادی، شهرزاد؛ مثنوی، محمدرضا و زبردست، لعبت. (۱۳۹۹)، «بازشناسی اصول عقلانیت اکولوژیک در سازه‌های آبی کهن شهرهای کویری (مطالعه موردی: قنات وقف‌آباد یزد)»، *فصلنامه دانش‌های بومی ایران*، دوره ۷، شماره ۱۳: ۱۶۵–۲۰۸.

–رنجبر، احسان؛ پور جعفر، محمدرضا و خلیجی، کیوان. (۱۳۸۹)، «خلاقیت‌های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر»، *مجله باغ نظر*، سال هفتم، شماره ۱۳: ۱۷–۳۴.

–زیاری، کرامت اله ؛ اسدی، صالح ؛ ربانی، طاها و مولایی قلیچی، محمد. (۱۳۹۲)، «ارزیابی ساختار فضایی و تدوین راهبردهای توسعه شهری شهر جدید پردیس»، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دوره ۴۵، شماره ۴: ۱–۲۸.

–زینالی، بتول ؛ کرمی، فیروزه ؛ خالدی، شهریار و اصغری، صیاد. (۱۳۹۶)، «اثر تراکم بافت بر سرعت جریان باد در محله الهیه شهر تهران»، *فصلنامه فضای شهری*، سال هفدهم، شماره ۵۹: ۱۸۷–۲۰۳.

–سلیقه، محمد. (۱۳۸۲)، «توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل، زاهدان»، *مجله جغرافیا و توسعه*، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، سال اول، شماره ۲: ۱۰۹-۱۲۱.

–شماعی، علی. (۱۳۸۹)، «نقش الگوهای شهرسازی سنتی در شهرسازی مدرن شهر یزد»، *فصلنامه شهر ایرانی- اسلامی*، شماره اول: ۹۳-۱۰۵.

–عزیزی، محمدمهدی و آراسته، مجتبی. (۱۳۹۰)، «تبیین پراکنده رویی شهری بر اساس شاخص تراکم ساختمانی مطالعه موردی شهر یزد»، *مجله هویت شهر*، شماره ۸: ۵-۱۶.

–فرهادی، مرتضی. (۱۳۷۸)، *موزه‌های بازیافته*، کرمان: انتشارات مرکز کرمان‌شناسی.

–قبادیان، عطاءالله. (۱۳۷۷)، *سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسائل کویری*، اهواز: انتشارات دانشگاه جندی‌شاپور.

–قبادیان، وحید. (۱۳۸۲)، *بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

–قرایی، فریبا ؛ مثنوی، محمدرضا و حاجی بنده، مونا. (۱۳۹۶)، «بسط شاخص‌های کلیدی سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری؛ مرور فشرده ادبیات نظری»، *باغ نظر*، شماره ۷۵: ۱۹-۳۲.

–کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۴)، *پهنه‌بندی اقلیمی و راهنمای طراحی اقلیمی، اقلیم گرم و خشک (استان سمنان)*، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مرکز.

– Ahren, J. (2012). "Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design". *Landscape Ecology*. 28(6), 3-12.

– Ahern, J. (2011). "From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world". *Landsc. Urban Plan*. 100 (4), 341–343.

– Alberti, M. and Marzluff, J. M. (2004). "Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological function". *Urban Ecosystems,* 7(3), 241–265.

– Aldeberky, A. (2005). *Environmental adaptation of urban design for desert settlements in Upper Egypt. Ph.d. thesis, faculty of engineering*, ain-Shams university, 82-117.

– Bennett, G., and Wit, P. (2001). *The development and application of ecological networks: a review of proposals, plans and programmes*: AIDEnvironment.

- Boustani, F. (2009). "Sustainable water utilization in arid region of Iran by Qanats". *Int J Human Soc Sci*, 4, 505-8.
- Chao Yuan Chao. R. (2014)."A Study of Air Path and Its Application in Urban Planning". *Urban Planning Forum*, 216(3), 52-59.
- Che, Y., Liu, M., She, Q. and Xiang, W. (2014). "Building urban and regional resilience to protect the SHYRDUA region from impacts of sea-level rise: a nature inspired approach". In Presentation at the *1st international symposium on ecological wisdom for urban sustainability*. Chongqing, China, (pp. 17-19).
- Chu, Y., Hsu, M. and Hsieh, C. (2017). "An Example of Ecological Wisdom in Historical Settlement: The Wind Environment of Huazhai Village in Taiwan". *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(3), 463-470.
- Coirier, W. J. and Kim, S. (2006). *Summary of CFD-urban results in support of the madison square garden and urban dispersion program field tests*. CFD research corporation, alabama.
- Colding, J. (2007). "Ecological land-use complementation'for building resilience in urban ecosystems". *Landscape and Urban Planning,* 81(1-2), 46-55.
- Cook, E. A., and Van Lier, H. N. (1994). "Landscape planning and ecological networks". *Developments in Landscape Management & Urban Planning*, 6F.
- Cranz, G., and Boland, M. (2004). "Defining the sustainable park: a fifth model for urban parks". *Landscape journal,* 23(2), 102-120.
- Downes, B.J., Barnett, J., Glaister, A., Ellemor, H. and Miller, F. (2013). "How do we know about resilience? An analysis of empirical research on resilience, and implications for interdisciplinary praxis". *Environ. Res. Lett*. 8, 014041.
- Erell, E., Pearlmutter, D. and Williamson, T.J. (2012). *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Earthscan.
- Ettouney, M. (2008). *Building Integration Solutions*. US: AEI (Architectural Enginering Institute).
- McPhearson, T., Hamstead, Z. A. and Kremer, P. (2014). "Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City". *Ambio*, 43 (4), 502–515.
- Fabós, J. G. (2004). "Greenway planning in the United States: its origins and recent case studies". *Landscape and Urban Planning*, 68(2-3), 321-342.
- Faghih, A. K. and Bahadori, M. N. (2009). "Experimental Investigation of Air Flow Over Domed Roofs". *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*, 33(B3), 207-216.

– Feliciotti, A. Romice, O. and Porta, S. (2016). "Design for change: five proxies for resilience in the urban form". *OpenHouse International,* 41(4), 23-30.
– Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. and Rockström, J. (2010). "Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability". *Ecology and Society*, 15(4).
– Folke, C. (2016). "Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science". In *Hämtat från environmental science*. oxfordre.com.
– Forman, R. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H.,... Heanue, K. (2003). Road ecology: science and solutions: Island press.
– Gao, Y., Yao, R., Li, B., Turkbeyler, E., Luo, Q. and Short, A. (2012). "Field studies on the environments". *Renewable Energy*, 46, 148-154.
– -Gao, Y., Zhao, J. (2018). "Environmental approach to the path of urban ventilation path planning in china from the perspective of climate change and Multi-Dimensional control". *Ekoloji*, 27(106), 1235-1245.
– Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York.: Van Nostrand Reinhold.
– Godschalk, D. (2003). "Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities". *Natural Hazard. ASCE*, 4(3), 136-143.
– Grafakos, S. Gianoli, A. and Tsatsou, A. (2016). "Towards the Development of an Integrated Sustainability and Resilience Benefits Assessment Framework of Urban Green Growth Interventions". *Sustainability,* 8(5), 461.
– Gunderson, Lance., Kinzig, Ann., Quinlan, Allyson. and Walker, Brian. (2010). "*Resilience Alliance. Assessing resilience in social-ecological systems:Workbook for practitioners*". Version 2.0.
– Jim, C. Y., and Chen. S. S. (2003). "Comprehensive greenspace planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city, China". *Landscape and Urban Planning,* 65(3), 95-116.
– Johnson, B. and Hill, K. (2002). *Ecology and Design: Frameworks for Learning*, Island Press.
– Johansson, E. (2006). "Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco". *Build Environ*, 41,1326-38.
– Jongman, R. H., and Pungetti, G. (2004). "Introduction: ecological networks and greenways". In *Ecological networks and greenways; concept, desing, implementation* (pp. 1-6): Cambridge University Press.

- Kurosaki, Y. and Mikami, M. (2003). "Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia". *Geophysical Research Letters*, 30(14), n/a-n/a. doi:10.1029/2003GL017261.
- Laconte, P. (2014). "Ecological Wisdom and Saving of Resources: Land for Urban, Agricultural and Forestry Use, Water and Energy: The Case of the Louvain New University Town, Belgium". In Presentation at the *Ecological Wisdom for Urban Sustainability Symposium: Doing Real and Permanent Good in Landscape and Urban Planning,* International Society of Ecological Wisdom, Shanghai, October 17–18.
- Lakcevic, V.K. and Darbinian, S.D. (1978). "Issues of methodology for assessing the dustiness of the home and control//Collection" of papers of Republican conference on *problems of design and construction in the IVth climatic area with dust storms and adverse engineering-geological conditions in cities and settlements of the Kazakh SSR*. S. 13—16 (in Russian).
- Levin, S.A. and Lubchenco, J. (2008). "Resilience, robustness, and marine cosystem-based management". *BioScience*, 58, 27–32.
- Lieberknecht, K. (2019). "Building and innovating upon McHarg's ecological survey: the Texas case". *Socio-Ecological Practice Research,* 1(3), 283-296.
- Martens, P., and Raza, M. (2010). "Is globalisation sustainable? ". *Sustainability,* 2(1), 280-293.
- Maruani, T., and Amit-Cohen, I. (2007). "Open space planning models: A review of approaches and methods". *Landscape and Urban Planning*, 81(1-2), 1-13.
- Battle McCarthy (1999) Wind Towers: Detail in Building. West Sussex, UK: Academy Edition, John Wiley & Sons
- Battle McCarthy (1999) Wind Towers: Detail in Building. West Sussex, UK: Academy Edition,
- John Wiley & Sons
- McCarthy, B. (1999). Consulting engineers. Wind towers: detail in building. In: London: Academy Press.
- McPhearson, T., Pickett, S. T., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T.,... Qureshi, S. (2016). "Advancing urban ecology toward a science of cities". *BioScience,* 66(3), 198-212.
- Meerow, S., Newell, J. and Stults, M. (2016). "Defining urban resilience: A review". *Landscape and Urban Planning*, (147), 38-49.

– Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., and Guhathakurta, S. (2014). "Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones". *Landscape and Urban Planning,* 122, 16-28.

– Naghizadeh, M. (1997). "The features of Islamic City in Islamic Texts". *Journal of Fine Arts*, (4,5).

– Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F. and Pfefferbaum, R. L. (2008). "Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness". *American Journal of Community Psychology,* 41(1–2), 127–150.

– Patten, D. (2014). "Ecological Wisdom: Are There Lessons from Management of Modified Watersheds and Rivers in Western North America?" Conference paper SI-EW-56, presented at the *Ecological Wisdom for Urban Sustainability Symposium: Doing Real and Permanent Good in Landscape and Urban Planning,* International Society of Ecological Wisdom, Shanghai, October 17–18.

– Peng, J., Zhao, H., and Liu, Y. (2017). "Urban ecological corridors construction: A review". *Acta Ecologica Sinica,* 37(1), 23-30.

– Rajagopalan, P., Chuan Lim, K. and Jamei, E. (2014). "Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city". *Solar Energy*, 107, 159-170.

– Russo, S. J., Murrough, J. W., Han, M. H., Charney, D. S., and Nestler, E. J. (2012). "Neurobiology of resilience". *Nat. Neurosci*, 15, 1475–1484

– Rutter, M. (2012). "Annual research review: resilience: clinical implications". *Journal Child Psychol. Psychiatry*. doi: 10.1111/j.1469- 7610.2012.02615.x. [Epub ahead of print].

– Schouten, M. A., Van der Heide, C. M., Heijman, W. J., & Opdam, P. F. (2012). "A resilience-based policy evaluation framework: Application to European rural development policies". *Ecological Economics*, 81, 165-175.

– Sharifi, A. and Yamagata, Y. (2016). "Urban resilience assessment: multiple dimensions, criteria, and indicators". In *Urban Resilience* (pp. 259-276): Springer.

– Soflaei, F., Shokouhian, M., and Zhu, W. (2017). "Socio-environmental sustainability in traditional courtyard houses of Iran and China". *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 69, 1147-1169

– Song, Y. and Li. C. (2014). "Ecological Wisdom in Disaster Resilience: Evaluating the Restoration Process of Wenchuan Earthquake". Conference paper SI-EW-42, presented at the *Ecological Wisdom for Urban Sustainability Symposium: Doing Real Permanent Good in Landscape and Urban Planning,* International Society of Ecological Wisdom. Springer.

- Southwick, S. M. and Charney, D. S. (2012). "The science of resilience: implications for the prevention and treatment of depression". *Science*, 338, 79–82.
- Stewart, I. D. and Oke, T. R. (2012). "Local climate zones for urban temperature studies". *Bulletin of the American Meteorological Society,* 93(12), 1879-1900.
- Tse, K., Wang, D. and Zhou, Y. (2013). "Wind pressure characteristics for a double tower high-rise structure in a group of buildings". *Wind and structures,* 16(5), 491-515.
- TPL (The Trust for Public Land). (2006). *The excellent city park system. San Francisco*, CA, USA.
- Turner, M. G. (1989). "Landscape Ecology: the effect of pattern on process", *Annual Review of Ecology and Systematic*, 20, 171-197.
- Turner, T. (2006). "Greenway planning in Britain: recent work and future plans". *Landsc Urban Plan*, 76:240–251. doi:10.1016/j.landurbplan.2004.09.035
- Tyler, S. and Moench, M. (2012). "A framework for urban climate resilience". *Climate and Development*, 4(4), 311-326. doi:Doi 10.1080/17565529.2012.745389.
- Wang, S., Wang, J., Zhou, Z. and Shang, K. (2005). "Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China". *Atmospheric Environment*, 39(3), 509-520.
- Wikström, A. (2013). *The Challenge of Change: Planning for social urban resilience.: An analysis of contemporary planning aims and practices*. In.
- Woolley, H. (2004).*Urban Open Spaces*. Taylor & Francis: Oxford, UK.
- Xaing, W. (2014). "Doing Real and Permanent Good in Landscape and Urban Planning: Ecological Wisdom for Urban Sustainability". *Landscape and Urban Planning*, 121: 65–69.
- Xiang, W. (2019). "Ecophronesis: The ecological practical wisdom for and from ecological practice". In B. Yang & R. F. Young (Eds.), *Ecological Wisdom: theory and practice* (pp. 13-32). Singapore, Springer.
- Yin, J. and Zhan, Q. (2016). "The Relationship between Ventilation and Urban Morphology Based on the Method of Morphology–Taking Wuhan as an Example". *Environmental Protection*, 44(22).
- Young, R. (2016). "Modernity, Postmodernity, and Ecological Wisdom: Towards A New Framework for Landscape and Urban Planning". *Journal of Landscape and Urban Planning*, 155, 91–99.

- Young, R. F., and Lieberknecht, K. (2019). "From smart cities to wise cities: ecological wisdom as a basis for sustainable urban development". *Journal of Environmental Planning and Management,* 62(10), 1675-1692.
- Salat, S. and Bourdic, L. (2012). *Systemic resilience of complex urban systems*. TeMATrimestrale del Laboratorio Territorio Mobilità e Ambiente-TeMALab. 5(2).
- Stead, D. and Marshall, S. (2001). "The relationships between urban form and travel patterns. An international review and evaluation". *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1(2), 113–141.
- Suarez, M., Baggethun, E. G., Benayas, J., and Tilbury, U. (2016). "Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities". *Sustainability*. 8, 774. doi: 10.3390/su8080774. From www.mdpi.com/journal/sustainability.
- Zheng, S., Han, B., Wang, D., Ouyang, Z. and others. (2018). "Ecological Wisdom and Inspiration Underlying the Planning and Construction of Ancient Human Settlements: Case Study of Hongcun UNESCO World Heritage Site in China". *Sustainability*, 10(5),1–19.