Journal of Research and Urban Planning

ISSN (Print): 2228-5229 **Vol. 10/ No. 39/ Winter 2019**
ISSN (Online): 2476-3845

Research Paper

An Analysis of the Effects of Nano Concrete On Sustainable Urban Development (Case Study: Shiraz Metropolis)

Yaser Zare: *PhD. Student Civil Engineering Department, Sirjan Brach, Islamic Azad University, Sirjan, Iran*
Leila Shahryari[1]: *Associate Professor, Civil Engineering Department, Shiraz Brach, Islamic Azad University, Shiraz, Iran*
Saeid Parhoodeh: *Assistant Professor, Physics Department, Shiraz Brach, Islamic Azad University, Shiraz, Iran*
Ali Karbakhsh: *Assistant Professor, Civil Engineering Department, Sirjan Brach, Islamic Azad University, Sirjan, Iran*

Received: 2019/9/11 *pp: 85- 88* *Accepted: 2019/12/11*

Abstract

Many city planners, policymakers and specialists offered a different solution for having a sustainable urban development so far and some of them have been successful to some extent. Using nanotechnology for sustainable urban development is a measure that most experts agree on and nano concrete is one of the most important uses of nanotechnology in this field. Despite the researchers' focus and emphasis on the use of this technology in urban environments, it has not received much attention. In the spirit of expanding and promoting the use of this modern technology in urban environments and with the goal of analyzing the effects of nano concrete on the sustainable urban development of shiraz metropolis, this study was conducted. The opinions of experts, specialists, professors and other researchers who have enough experience in this field has also been taken into account for this study. The required sources were gathered using survey study and documentary research. Study results show that, according to experts, because of its varied functions in different fields such as improving mechanical resistance, improving concrete's durability and stability, decreasing permeability, compatibility with the environment and improved resistance against abrasion and impact, the use of nanotechnology in concrete can be effective in sustainable urban development. Pearson's correlation coefficient results showed that there is a meaningful statistical relationship between the use of nano concrete technology and the sustainable development of Shiraz metropolis. Linear regression results (two variables) showed that the independent variable of nano concrete could explain 0.697% of the changes in the dependent variable (sustainable urban development of Shiraz metropolis).

Key words: *nanotechnology, nano concrete, sustainable urban development, shiraz.*

Extended Abstract

Introduction:

Today, nanotechnology, as a key technology, has provided many opportunities for sustainable development of urban spaces in a variety of areas, including faster, more flexible, more desirable, more sustainable and more cost-effective construction in the world. A review of existing literature and documents shows that nanotechnology and Nano-concrete technology are theoretically effective in the physical, environmental and even social and economic development of urban spaces. The researchers intend to investigate the effects of Nano-concrete on the sustainable development of urban spaces from

[1] - *Corresponding Author's , Email: , shahryari@iaushiraz.ac.ir Tel:+989177128312*

the perspective of public and private sector experts. To achieve the above-mentioned goal, field studies have been conducted in Shiraz metropolis, which is one of the most prominent urban areas in the country for the development of nanotechnology and Nano-concrete technology. Therefore, according to the findings, the basic question the researchers in the present study are seeking to analyze and examine is as follows: Can Nano-concrete technology directly affect the sustainable development of Shiraz metropolis? And how does it work?

Methodology

The purpose of the present study is to conduct an applied research the method of which is a hybrid (documentary and survey) study in which quantitative and statistical methods have been used for the analysis. According to the title and purpose of the research, the statistical population includes all specialists in the field of nanotechnology and Nano-concrete working in public and private companies based in Shiraz metropolis as well as academics, with scientific background and work experience, active in the fields of civil engineering, architecture, urban development and urban planning. Due to the lack of information about the number of these individuals, finally 150 people were considered as the statistical sample, which are statistically acceptable numbers for correlational and causal studies. The main instrument of this study for collecting the required information was a questionnaire whose validity and reliability were confirmed by observing the principles of statistics. The instrument is designed in three separate parts. The first part deals with the personal characteristics of the respondents and the second part deals with the experts' opinions on the advantages and disadvantages of using Nano-concrete in various constructions and activities at the urban spaces level; the third part of the questionnaire deals with indicators and variables of sustainable urban development. Overall, the research process was that after evaluating the opinions and views of experts on the advantages and disadvantages of using Nano-concrete in urban areas as well as examining the status of sustainable development indicators in Shiraz metropolis, the effects of using Nano-concrete (as an independent variable) on sustainable urban development (as a dependent variable of research) was examined. Frequency distribution table, correlation coefficient and linear regression tests were used to analyze the collected data in SPSS software.

Research findings:

The results of Pearson correlation coefficient showed that the calculated correlation coefficient of 0.698 was significant at the level of error less than 0.01 and indicated high positive correlation between the two variables. In other words, with the increasing use of nanotechnology and Nano-concrete in the urban development process, the level of sustainable metropolitan development improves, and vice versa. Analysis of the effect of Nano-concrete technology (as an independent research variable) on sustainable urban development in Shiraz metropolitan area (as a research dependent variable) using simultaneous linear regression showed that the values of multiple correlation coefficient, coefficient of determination and adjusted coefficient of determination were 0.698, 0.487 and 0.484, respectively, among which the adjusted coefficient reporting was statistically more logical. Therefore, it can be concluded that the independent variable of Nano-concrete was able to explain 48.4% of the dependent variable (sustainable development of urban spaces in Shiraz metropolis).

Conclusion:

The results showed that the viewpoints of experts and specialists in nanotechnology as well as academic professors specializing in civil, architecture, urban planning and urban development, were significantly positive about the application of Nano-concrete technology in urban spaces. This is due to the physical, economic, environmental benefits of applying this new technology to urban spaces. The results also showed that there was a positive and relatively strong statistical relationship between the application of Nano-concrete technology and sustainable urban development in Shiraz metropolitan area. The regression impact factor of the independent variable on the dependent variable of the study with the value of 0.698 was statistically significant.

This demonstrates that in both theoretical and empirical aspects, Nano-concrete technology can be used as an effective tool in the development of urban spaces. Therefore, according to the results, the use of Nano-concrete technology in the whole process of construction of urban physical facilities and equipment is recommended. It should be noted that with respect to the significant advantages of Nano-concrete technology in the development of urban spaces, evidence suggests that the use of this technology faces several challenges. Poor policy making in the use of Nano-concrete technology, high cost of the process of procurement of these materials, low technical knowledge of the companies active in the field, poor citizen awareness of the benefits of using these materials in the process of construction in urban areas and poor infrastructure requirements, are among the most important challenges and obstacles to the development of Nano-concrete technology in Shiraz metropolis, that by adopting the measures and executive solutions to tackle the above- mentioned obstacles, a clear perspective can be imagined for further use of this technology in the study area and other cities of the country.

فصلنامه علمی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری
سال ۱۰، شمارهٔ پیاپی ۳۹، زمستان ۱۳۹۸
شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸ – شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶
http://jupm.miau.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی و تحلیل اثرات نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری (مورد پژوهشی: کلانشهر شیراز)

یاسر زارع: گروه مهندسی عمران، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران
لیلا شهریاری[۱]**:** دانشیار گروه مهندسی عمران، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
سعید پرهوده: استادیار گروه فیزیک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
علی کاربخش: استادیار گروه مهندسی عمران، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران

دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۰ صص ۸۸– ۷۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۰

چکیده

تاکنون در راستای تحقق توسعه پایدار شهری از سوی متخصصان، برنامه‌ریزان، و سیاست‌گذاران شهری نسخه‌های متعددی پیچیده شده است و این برنامه‌ها در مواردی موفق و در موادی ناکام مانده است. استفاده از فناوری نانو در توسعه پایداری فضاهای شهری، از جمله مواردی است که اکثر صاحب‌نظران روی آن توافق نظر دارند. یکی از مهم‌ترین موارد استفاده از فناوری نانو در فضاهای شهر، فناوری نانو بتن است. علی‌رغم توجه و تأکید محققان بر استفاده از این فناوری در فضاهای شهری، شواهد نشان می‌دهد تاکنون از این فناوری استقبال ضعیفی به عمل آمده است. این پژوهش در راستای توسعه و ترویج استفاده از این فناوری مدرن در فضاهای شهری، با هدف بررسی و تحلیل اثرات نانو بتن در توسعه پایدار کلانشهر شیراز، با در نظر گرفتن نظرات و دیدگاه‌های متخصصان، کارشناسان، محققان و اساتید دانشگاهی که در خصوص موضوع مورد مطالعه دارای تجربه کاری و تخصص علمی بوده‌اند، انجام گرفته است. داده‌های مورد نیاز با استفاده از مطالعات اسنادی و مطالعات پیمایشی جمع‌آوری شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد از نظر متخصصان، استفاده از فناوری نانو در بتن با عملکرد متنوع خود در زمینه‌های مختلف از جمله بهبود مقاومت مکانیکی، افزایش دوام و پایداری بتن، کاهش نفوذپذیری، سازگاری با محیط زیست و افزایش مقاومت در برابر سایش و ضربه می‌تواند در توسعه پایدار شهری موثر باشد. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد میان دو متغیر استفاده از فناوری نانو بتن و توسعه پایدار کلانشهر شیراز رابطه آماری معناداری وجود دارد و نتایج رگرسیون خطی (دو متغیره) نیز نشان داد متغیر مستقل نانو بتن توانسته است ۰/۶۹۸ درصد از تغییرات متغیر وابسته (توسعه پایدار فضاهای شهری در کلانشهر شیراز) را تبیین نماید.

واژگان کلیدی: فناوری نانو، نانو بتن، توسعه پایدار شهری، شیراز.

---

[۱] .این مقاله برگرفته از رساله دکتری آقای یاسر زارع به راهنمایی نوسنده دوم و سوم و مشاور نفر چهارم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان می باشد.
نویسنده مسئول: shahryari@iaushiraz.ac.ir، 09177128312

مقدّمه:

تحقّق توسعه پایدار در ارتباط با یکپارچگی است؛ یعنی، توسعه به شیوه‌ای که بتواند بخش‌های وسیعی از یک جامعه را بهره‌مند سازد. به بیان دیگر، هر تصمیمی که گرفته می‌شود، لازم است که آثار آن بر روی جامعه، محیط و اقتصاد در نظر گرفته شود و همچنین، باید در نظر آورد که برنامه‌ها و کارهای اجرایی صورت گرفته در یک نقطه، علاوه بر آثار محلی، آثاری جهانی داشته و نتیجه آن بر روی سایر مناطق دیده خواهد شد و تأثیر برنامه‌ها و کارهای صورت گرفته در زمان حال، گریبان گیر نسل‌های آتی خواهد شد (Strange & Bayley, 2008: 24, Breidlid, 2009: 142). در هر صورت امروزه دستیابی به پایداری از مباحث عمده کشورها بویژه کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. کشورهای در حال توسعه برای رسیدن به توسعه‌ای متعادل و پایدار که منجر به بهبود زندگی همه انسان‌ها شود، نیازمند شناخت صحیح و برنامه‌ریزی‌های مناسب و بهینه در سطح محلی، ملی و منطقه‌ای هستند (Divsalar et al, 2014: 95). در میان ابعاد مختلف توسعه پایدار، پایداری کالبدی و طراحی محیط کالبدی یکی از مؤلّفه‌های اساسی برای ساخت اجتماعات پایدار به خصوص در فضاهای شهری است (Hosseini, 2014: 60). برای محقق شدن پایداری کالبدی و در نهایت توسعه پایدار فضاهای شهری، بهره‌گیری از مواد و مصالح ساخته شده با استفاده از فناوری نانو، از جمله نانو بتن[۱]، از مهم‌ترین راهکارهای عملیاتی و اجرایی در معماری و شهرسازی است (vojdanzadeh, 2014: 141). استفاده از نانو بتن جهت دستیابی به بالاترین کیفیت یک راهکار عملیاتی است و با کمک این فناوری یک محصول کاملاً مقاوم، با دوام در مقابل انواع عوامل مخرب طبیعی و غیر طبیعی، با کیفیت و عایق رطوبتی در جهت آب بند کردن مخازن و سایر قسمت‌های بتنی فراهم می‌شود (Mohsenipour et al, 2011: 5) و با استفاده از این فناوری بهینه‌سازی مصالح، پیشگیری از آسیب، کاهش وزن و حجم مصالح و عناصر ساختمانی، کاهش مراحل تولید، استفاده مفید و پر بازده از مصالح، کاهش نیاز به نگهداری و کم شدن هزینه نگهداری محقق می‌شود (Majidi et al: 2014, 12).

بسیاری از صاحب‌نظران و محققان، فنّاوری نانو را مساوی آینده دانسته‌اند و بر این باورند که متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث فنّاوری نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت (Rezaee et al, 2009: 17). این تکنولوژی در کشور ما از جایگاه بسیار مناسبی برخوردار است و به عنوان یک علم نوین، از آن به عنوان راهگشای بسیاری از مشکلات در بسیاری از صنایع یاد شده است. تا جایی که به استناد اصل ۱۳۸ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، سند گسترش کاربرد فناوری نانو در افق ۱۴۰۴ در قالب ۲۲ ماده تصویب شده است. در ماده ۸ این سند وزارت راه و شهرسازی موظف است با رعایت قوانین نسبت به صدور گواهینامه فنی، تدوین یا ارتقای آیین‌نامه‌های ملی، توسعه زیرساخت‌های آزمون مرتبط با فناوری نانو و همچنین خرید و بکارگیری محصولات نانو ساخت داخل با فناوری بومی در بخش‌های مختلفی[۲] فعالیت داشته باشد (Document of Extension of Nanotechnology Application in Horizon 2025, 2017: 2). در مجموع می‌توان چنین عنوان کرد که امروزه فناوری نانو بتن به‌عنوان یک فناوری کلیدی فرصت‌های زیادی را برای توسعه پایدار فضاهای شهری در زمینه‌های مختلف از جمله ساخت و ساز سریع‌تر، منعطف‌تر، مطلوب‌تر، پایدارتر و مقرون به صرفه‌تری را در دنیا فراهم کرده است (Yousefi, 2018: 2). مروری بر متون و اسناد فوق نشان می‌دهد فناوری نانو و نانو بتن به لحاظ تئوریکی در توسعه کالبدی، زیست‌محیطی و حتی اجتماعی و اقتصادی فضاهای شهری موثر است. محققان در این پژوهش پیمایشی برآنند از دیدگاه کارشناسان بخش دولتی و خصوصی فعال در این زمینه اثرات نانو بتن را در توسعه پایدار فضاهای شهری بررسی نمایند. برای دستیابی به هدف فوق‌الذکر، مطالعات میدانی در کلانشهر شیراز انجام شده است که یکی از فضاهای شهری مطرح و مستعد کشور برای توسعه فناوری نانو و نانو بتن می‌باشد. لذا با توجه به مطالب عنوان شده سوال اساسی که محققان در پژوهش حاضر به دنبال بررسی و تحلیل آن هستند به شرح زیر می‌باشد: آیا فناوری نانو بتن می‌تواند به صورت مستقیم در توسعه پایدار کلانشهر شیراز موثر باشد؟ و اثر آن به چه صورتی است؟

پیشینه و مبانی نظری تحقیق:

مباحث مربوط به رشد اقتصادی و توسعه و ارتباط آنها با محیط زیست و جوامع انسانی، مقدمه‌ای برای ایجاد پارادایم جدید مفهوم توسعه شد. توسعه‌ای که از محیط زیست حمایت می‌کند و بر عدالت اجتماعی، پیشرفته و تعابیری مانند آن تأکید دارد (Harris, 2004: 5). مفهوم پایداری و توسعه پایدار تاکنون از دیدگاه‌های مختلف علمی تعریف شده است که هر تعریف برای مقصود خاصی بوده و در حوزه‌های مختلفی به کار گرفته شده است (Winograd & Farrow, 2010: 4). در یک تعریف عام، توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای زمان حال را بدون آنکه از توانایی نسل‌های آینده برای ارضای نیازهایشان بکاهد، برطرف سازد (Siwar et al, 2009: 310). رشد اقتصادی، بهبود شرایط

---

[۱] نانو بتن به بتنی اطلاق می شود که دارای درصد بهینه نانو ذره و نانو الیاف به صورت جایگزین سیمان می باشد.

[۲] – الف) قطعات پیش‌ساخته (پانل‌های) بتنی که در ساختار آن‌ها از نانو مواد استفاده شده است؛ ب) رنگ‌ها و پوشش‌های نانو دارای خواصی از قبیل ضد باکتری، خود تمیز شونده، ضد آلاینده، ضد آب و لک، ضد مه، ضد گرد و غبار، ضد خش و سایش و ضد خوردگی؛ پ) لوله‌ها و اتصالات فاضلابی تولید شده با فناوری نانو؛ ت) پروفیل‌های در و پنجره تولید شده با فناوری نانو؛ ث) عایق‌های حرارتی، رطوبتی و صوتی تولید شده توسط فناوری نانو؛ ج) قطعات پیش‌ساخته (پانل‌های) خورشیدی تولید شده توسط فناوری نانو و چ) محصولات نانو مورد استفاده در راه‌سازی از قبیل آسفالت‌هایی که در تولید آن‌ها از نانو مواد استفاده می‌شود.

اجتماعی، حفاظت از ارزش‌های طبیعی از ویژگی‌های مهم توسعه پایدار است و تحول به سوی یک سطح پایدار از توسعه غالباً برآمده از روابط دینامیکی پیچیده بین موضوعات محیط، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (Cirella & Tao, 2010: 279). به تبعیت از مفهوم توسعه پایدار، منظور از توسعه پایدار شهری، حفاظت صرف از محیط زیست نیست، بلکه نگاهی جدید به رشد اقتصادی به همراه حفظ عدالت اجتماعی و رفاه عمومی است (Movahed et al, 2014: 46). پیتر هال توسعه پایدار شهری را چنین تعریف می‌کند: شکلی از توسعه امروزی که توان توسعه مداوم شهرها و جوامع شهری برای نسل‌های آینده را تضمین می‌کند (Hall, 1993: 22).

نکات کلیدی که باید در تعریف پایداری شهری مورد توجه قرار گیرد عبارت‌اند از: – تأکید بر روی فرآیند و نه نتیجه، – تأکید بر زمینه‌های جغرافیایی، ابعاد مکانی و دانش بومی به جای تأکید بر توصیه‌ها و پیشنهادات جهان شمول، – تأکید بر وابستگی بین فضاها و مکان‌های مختلف و هم چنین وابستگی در یک مکان در طول زمان، – تأکید بر جریان‌ها، ارتباطات و انعطاف‌پذیری در فضای جغرافیایی به جای تأکید بر نتایج قطعی و از پیش تعیین شده، – تأکید بر ظرفیت‌سازی محلی برای مدیریت پیامدهای ناخواسته و نامطلوب ناشی از شوک‌ها و تغییرات محیط جهانی و – پایداری شهری بخشی جداناشدنی از پایداری جهانی است که درصدد آزمون شهرنشینی در درون فرآیندهای پویا و پیچیده اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و اکولوژیکی تولید کننده رشد شهری به گونه‌ای ناپایدار است (Yarqoli et al, 2014: 64, National Science Foundation, 2000: 12) . در مجموع توسعه پایدار فضاهای شهری در ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و بستر محیطی نمود می‌یابد (Doody, 2009: 129) و این ساختارهای سه‌گانه هر یک جنبه‌های خاص خود را دارند و اهداف آن‌ها متفاوت است (Zaslow, 2000: 5).

هدف پایداری اجتماعی دستیابی به زندگی سالم از راه رفع نیازهای اساسی آحاد جامعه با لحاظ کردن کیفیت زندگی و همگام با کیفیت محیطی و مرتبط با نظام‌های اقتصادی برای دستیابی به بالاترین سطح رضایت از زندگی می‌باشد (Pourtaheri et al, 2011: 28). اسپنگنبرگ پایداری اقتصادی را ایجاد و حفظ درآمدی دائمی و باثبات برای افراد جامعه بدون کاهش و زوال سرمایه‌ها و ذخایر می‌داند. وی معتقد است که اقتصاد زمانی پایدار است که به پایداری سیستم‌های طبیعی، اجتماعی و انسانی آسیب وارد ننماید (Afrakhteh et al, 2015: 97). با این تفاسیر رسیدن به توسعهٔ پایدار و داشتن جهانی سالم و محیطی عاری از آلودگی، ایده‌آلی است که دست‌یابی به آن مستلزم توجه به محیط‌زیست است و حفاظت از تنوع زیستی، بازیافت پسماند و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی از اصول پایه و اساسی توسعه پایدار می‌باشند (Navabakhsh & Tavakolan, 2013: 525). امروزه دستیابی به توسعه پایدار فضاهای شهری به ویژه در بخش کالبدی آن با مشکلات زیادی مواجه است که به مدد فناوری نانو می‌توان بخش عمده‌ای از این موانع را رفع کرد. فناوری نانو جدا از نفت به لحاظ اشتغال و گردش مالی رتبه نخست را در حوزه صنعت کشور دارد. استفاده از فناوری نانو ضمن کاهش هزینه‌ها می‌تواند در رفع چالش‌ها و مشکلات بسیار نقش آفرین باشد (Yousefi, 2018: 1). واژهٔ نانو (Nano) از ریشهٔ یونانی dwarf به معنی کوتاه قدی یا کوتوله است و به ابعادی اشاره دارد که بزرگی آنها به اندازه $۱۰^{-۹}$ (یک میلیاردیم) است. در مجموع، فنّاوری نانو عبارت است از شناخت، کنترل و کاربرد ماده در ابعاد تقریباً یک تا ۱۰۰ نانومتر (یک نانومتر یک هزارم میکرون یا حدود ۱۰۰۰۰۰ برابر کوچکتر از موی انسان است). در این مقیاس خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی مواد با خواص تک تک اتم ها، مولکول ها یا خواص تودهٔ ماده کاملاً متفاوت است (Rezaee et al, 2009: 18). در یک تعریف دیگر فناوری نانو به‌کارگیری دانسته‌های علمی برای کنترل و استفاده از مواد نانو مقیاس است به‌گونه‌ای که خواص و پدیده‌های مرتبط با اندازه مشاهده شود (Document of Extension of Nanotechnology Application in Horizon 2025, 2017: 2).

نخستین مطالعات در زمینه کاربردهای نانو فناوری در صنعت ساخت و ساز به دهه ۱۹۹۰ میلادی باز می‌گردد. از آن زمان تاکنون فناوری نانو گسترش روز افزونی در معماری و مهندسی ساختمان داشته است و در تولید بسیاری از مصالح نوین، توانمند و پر بازدهی که بر کیفیت ساختمان‌ها و زیر ساخت‌های ساخت دست بشر تاثیرات مثبتی بر جای گذاشته است. فناوری نانو به دلیل توانایی دگرگون کردن ویژگی‌های بنیادین مواد و حل مشکلات ساختاری، زمینه ساز ایجاد مصالحی جدید با ویژگی‌های نوین شده که افزون بر کارایی و بازدهی بیشتر عملکردی، از دوام بیشتری نیز برخوردارند. از همه مهم تر اغلب انگاره‌های مبتنی بر پایداری زیست محیطی، مصالح و سازه‌های هوشمند و مواد و مصالح چند عملکردی از رهگذر این فناوری نوین میسر می‌شود (Majidi et al, 2014: 12). به‌طور کلی مدیریت توسعه فناوری نانو در راستای مزایای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی آن، ابعاد مختلفی از بهبود تحقیقات و نوآوری گرفته تا رفع ملاحظات اخلاقی و جنبه‌های توسعه انسانی بلندمدت آن را در برمی‌گیرد (Enayati, 2014: 46). در میان عناصر مورد استفاده در توسعه فضاهای شهری، صنعت بتن یکی از صنایع پرمصرف کنونی است که در چند سال اخیر دستاوردهای شگرف حاصل از فناوری‌های نانو جهت بهبود رفتار و عملکرد بتن، راهی بی‌انتها را در این صنعت فرا روی محققین تداعی کرده است. در این میان فرایند تولید بتن‌های نانو و بتن سبز برای

نگهداری و حفاظت از محیط‌زیست با تحقیقات گسترده درحال توسعه و تحول است (Golafshani & Ghalenoeei, 2018: 10). در دنیای امروز بتن بعد از آب پر استفاده‌ترین ماده در جهان محسوب می شود. از ویژگی‌های منحصر به فرد بتن می‌توان خزش کم، قابلیت شکل‌گیری در قالب‌های پیچیده، مقاومت حرارتی تا دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس، همساز بودن با انواع رشته‌ها و فیبرهای موجود، قابلیت استفاده با نانو موادهای موجود مثل نانو سیلیس اشاره کرد (Balaguru and Chong, 2006: 18؛ Saadati et al, 2019: 62-63). فناوری نانو بتن با عملکرد و کارکردهای متفاوت، بسترساز پایداری مصالح و مواد مورد استفاده در تأسیسات شهری است و به نوعی با بهینه‌کردن فرایند ساخت و ساز، پایداری کالبدی را به همراه دارد (Golafshani & Ghalenoeei, 2018: 12).

در زمینه موضوع مورد مطالعه تاکنون مطالعات مختلفی انجام گرفته است که در ادامه به نتایج چند مطالعه مهم اشاره می‌شود. نتایج پژوهش محمودی و همکاران (۱۳۸۷) با هدف بررسی نقش فن آوری نانو در کاهش آلودگی‌های زیست محیطیِ صنعت ساختمان نشان داد با توجه به صنعتی بودن اکثر شهرها و گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی به ویژه آلودگی هوا، استفاده از فن آوری نانو راهکاری حیاتی برای پاک سازی فضاهای سکونتی محسوب می‌شود و گامی در راستای اهداف توسعه پایدار به شمار می‌آید و می‌توان با بهره‌گیری از نانوآلومینیوم مقاومت کششی، فشاری و خمشی بتن را افزایش داد و با استفاده از نانوسیلیس‌ها بازیافت نخاله های ساختمانی را جهت همساز شدن صنعت ساختمان با محیط زیست ممکن ساخت. یافته‌های پژوهش وجدان‌زاده (۱۳۹۳) با هدف بررسی کاربرد فناوری نانو در معماری نشان داد کاهش ضایعات و نخاله‌های ساختمانی ناشی از سیستم سنتی ساخت و ساز (به دلیل نوعی صنعتی سازی محصولات)، کاهش وزن مصالح و عناصر ساختمانی و مقاومت در برابر زلزله، بهبود کیفیت مصالح در جهت کاهش مصرف انرژی های فسیلی، بهبود کیفیت مصالح در راستای رفتارهای سازه‌ای و مکانیکی بنا و مقاومت در برابر زلزله، کاهش هزینه نگهداری به دلیل پیشگیری از آسیب‌های طبیعی و یا مکانیکی و کاهش نیاز به نگهداری، صیانت و حفظ منابع طبیعی، اقتصاد پویا و بازگشت سرمایه، سازگاری با طبیعت و ایجاد سازه‌های پایدارتر بر مبنای ساختار فرمی نانو، از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در معماری و شهرسازی هستند. همچنین نتایج پژوهش امیدی نسب و جلالوند (۱۳۹۳) با عنوان بکارگیری مصالح و سازه‌های نوین در ساختمان و تاثیر آن برحفاظت و پایداری محیط زیست نشان داد انواع مختلف فناوری نانو از جمله نانو بتن‌ها، توانسته‌اند ضمن ایجاد پایداری در محیط‌زیست شهری موجب دوام بیشتر انسان در محیط و صرفه جویی‌های اقتصادی در صنعت ساختمان‌سازی گردند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی جایگاه فناوری و تکنولوژی نانو در دستیابی به معماری پایدار را بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد با استفاده از فناوری نانو در معماری می‌توان ضمن برداشت کمتر از منابع طبیعی، مواد و مصالح را به گونه‌ای اقتصادی‌تر تولید کرد. امینیان و بابایی (۱۳۹۵) نیز در تحقیق اثرات فناوری نانو تکنولوژی در بتن را بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد فناوری نانو با تولید بتن‌های تقویت شده با مقاومت فشاری و کششی قابل ملاحظه، انعطاف پذیری و مقاومت در برابر حملات شیمیایی، تولید حسگرها و سنگدانه‌های هوشمند، طولانی نمودن هرچه بیشتر عمر مفید سازه‌های بتنی، در جهت توسعه پایدار و حفظ محیط زیست عمل می‌کنند. همچنین لشکری زاده و اسحقی (۱۳۹۶) در پژوهش خود بر اثرات مثبت فناوری نانو بر بهبود محیط‌زیست و کاهش آلودگی هوا تأکید کرده‌اند. در مطالعات متعدی دیگری بر اثرات نانو بتن در پایداری مصالح و دوام ساخت و سازها (Mainak & Chakraborty, 2016; Qinyong & Ying, 2017; Mehrinejad et al, 2018; Zemei et al, 2018) و پایداری محیط‌زیست (Jacob et al, 2018) اذعان شده است. مروری بر مطالب ذکر شده نشان می‌دهد فناوری نانو و نانو بتن به طرق مختلفی (مستقیم و غیر مستقیم) در توسعه فضاهای مسکونی به ویژه در زمینه ساخت و مقاوم‌سازی فیزیکی فضاهای شهری و بهبود وضعیت زیست‌محیطی و همچنین افزایش کارایی اقتصادی موثر هستند. با این وجود بررسی‌ها نشان می‌دهد در خصوص اثرات نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری مطالعه منسجمی صورت نگرفته است و در این زمینه ضعف مطالعات علمی مشاهده می‌شود؛ لذا پژوهش حاضر در این زمینه دارای نوآوری می‌باشد.

روش تحقیق:

تحقیق حاضر از نظر هدف در زمره تحقیقات کاربردی قرار دارد و از نظر روش انجام کار یک مطالعه ترکیبی (اسنادی و پیمایشی) است که در آن برای تحلیل‌های مد نظر از روش‌های کمی و آماری استفاده شده است. متناسب با عنوان و اهداف پژوهش، جامعه آماری در آن کلیه متخصصان مرتبط با فناوری نانو و نانو بتن فعال در شرکت‌های خصوصی و دولتی مستقر در کلانشهر شیراز و همچنین متخصصان دانشگاهی فعال در رشته‌های معماری، شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری هستند که در این زمینه فعالیت علمی و تجربه کاری داشته‌اند. با توجه به عدم اطلاع از تعداد این افراد، در نهایت ۱۵۰ نفر به عنوان نمونه آماری در نظر گرفته شد که از نظر علم آمار تعداد قابل قبولی برای انجام تحقیقات همبستگی و علی می‌باشند. ابزار اصلی این مطالعه برای گردآوری اطلاعات مورد نیاز، پرسشنامه بود که روایی و پایایی آن با

رعایت اصول علم آمار تأیید شده است. ابزار مذکور در سه بخش مجزا طراحی شده است. بخش اول آن به مشخصات شخصی پاسخگویان مربوط می‌شود و بخش دوم آن به نظرات متخصصان در خصوص مزایا و محاسن استفاده از نانو بتن در ساخت و سازها و فعالیت‌های مختلف در سطح فضاهای شهری اختصاص یافته است. بخش سوم پرسشنامه به شاخص‌ها و متغیرهای توسعه پایدار شهری مربوط می‌شود. در مجموع فرایند انجام پژوهش به این صورت است که پس از بررسی نظرات و دیدگاه‌های متخصصان در خصوص مزایا و محاسن استفاده از نانو بتن در ساخت و ساز و سطوح فضاهای شهری و همچنین بررسی وضعیت شاخص‌های توسعه پایدار در کلانشهر شیراز، اثرات استفاده از نانو بتن (به عنوان متغیر مستقل) بر توسعه پایدار شهری (به عنوان متغیر وابسته پژوهش) بررسی خواهد شد (جدول ۱). برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده از جدول توزیع فراوانی، آزمون‌های تی‌تک‌نمونه‌ای، ضریب همبستگی و رگرسیون خطی (دو متغیره) در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

جدول ۱- شرح متغیر مستقل و وابسته پژوهش

متغیر	عنوان متغیر	شرح متغیر	تعداد متغیر	منبع
مستقل	مزایا و محاسن استفاده از نانو بتن در ساخت و ساز و فضاهای شهری	ترکیبی از متغیرهای: افزایش مقاومت مکانیکی؛ افزایش دوام و پایداری؛ افزایش صرفه اقتصادی در طول عمر سازه؛ کاهش میزان نفوذپذیری؛ سازگاری با محیط زیست؛ افزایش مقاومت در برابر ضربه و سایش	۱۸	Mahmoodi et al, 2008; Omidinasab and Jalalvand, 2014; Majidi et al, 2014; Aminian and babaee, 2016; Lashkarizadeh & eshaghi, 2017; Mainak and Chakraborty, 2016; Qinyong et al, 2017; Jacob et al, 2018; Mehrinejad et al, 2018; Zemei et al, 2018; Nivethitha et al, 2016
وابسته	توسعه پایدار شهری	ترکیبی از متغیرهای مربوط ابعاد اقتصادی، اجتماعی و کالبدی زیست محیطی توسعه پایدار شهری	۳۲	Yarqoli et al, 2014; Movahed et al,2014; Divsalar et al, 2014; National Science Foundation, 2000; Zaslow, 2000; Navabakhsh and Tavakolan, 2013

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

یافته‌های تحقیق:

توصیف ویژگی فردی پاسخگویان:

در خصوص بررسی وضعیت سنی پاسخگویان یافته‌های پژوهش نشان داد میانگین سنی آن‌ها ۳۸ سال بوده است و ۶۲ درصد آن‌ها در بخش خصوصی شاغل بوده‌اند و ۳۸ درصد در بخش دولتی شاغل بوده‌اند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد ۱۲ درصد پاسخگویان دارای مدرک تحصیلی کاردانی، ۴۰ درصد مدرک کارشناسی، ۲۷ درصد دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۲۱ درصد دارای مدرک تحصیلی دکترا بوده‌اند. در خصوص سابقه شغلی پاسخگویان نتایج پژوهش نشان داد میانگین سابقه شغلی در میان همه پاسخگویان ۱۲/۵ سال بوده است. لازم به یادآوری است کلیه افراد مورد بررسی از متخصصان، کارشناسان، محققان و اساتید دانشگاهی بوده‌اند که در خصوص موضوع مورد مطالعه دارای تجربه کاری و تخصص علمی بوده‌اند.

دیدگاه پاسخگویان نسبت به استفاده از فناوری نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری

در این بخش از پژوهش برای بررسی دیدگاه پاسخگویان نسبت به استفاده از فناوری نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری از جدول توزیع فراوانی و آزمون تی تک نمونه‌ای (با لحاظ کردن عدد ۳ به عنوان عدد مبنای آزمون) استفاده شده است. نتایج جدول توزیع فراوانی نشان می‌دهد (جدول ۲) از نظر حدود ۹۴ درصد پاسخگویان استفاده از این فناوری در توسعه پایدار شهری می‌تواند موثر واقع گردد و تنها ۵/۳ درصد عملکرد این فناوری را در سطح نامناسب ارزیابی کرده‌اند. همچنین نتایج آزمون تی تک نمونه‌ای نشان می‌دهد (جدول ۳) میانگین محاسبه شده با مقدار ۴/۵۲، به صورت معناداری از میانگین پایه و فرضی، بیشتر است. در مجموع با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان چنین عنوان کرد که از نظر متخصصان و کارشناسان مورد مطالعه استفاده از فناوری نانو بتن می‌تواند مزایا، محاسن و عملکرد قابل قبولی را در توسعه پایدار کلانشهر شیراز ایفا نماید و این فناوری مورد تأکید و توجه پاسخگویان بوده است. عملکرد مثبت فناوری نانو بتن در مواردی از جمله بهبود مقاومت مکانیکی؛ افزایش دوام و پایداری؛ افزایش صرفه اقتصادی در طول عمر سازه؛ کاهش نفوذ پذیری؛ سازگاری با محیط زیست؛ افزایش مقاومت در برابر سایش و ضربه، از دلایل استقبال پاسخگویان از این فناوری است.

جدول ۲- جدول توزیع فراونی بررسی دیدگاه پاسخگویان نسبت به استفاده از فناوری نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری

	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
بسیار ضعیف	۸	۵/۳	۵/۳
ضعیف	–	–	۵/۳
متوسط	۵۶	۳۷/۳	۴۲/۷
زیاد	–	–	۴۲/۷
بسیار زیاد	۸۶	۵۷/۳	۱۰۰
مجموع	۱۵۰	۱۰۰	–

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

جدول ۳- بررسی دیدگاه پاسخگویان نسبت به استفاده از فناوری نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری

	Test Value = 3						
	t	درجه آزادی	سطح معناداری	میانگین	انحراف از میانگین	اختلاف با فاصله ۹۵ درصد	
						حد پایین	حد بالا
استفاده از نانو بتن در توسعه پایدار فضاهای شهری	۰۸۵ ۳۱/	۱۴۹	۰/۰۰۰	۴/۵۲	۱/۵۲۰	۱/۴۲	۱/۶۲

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

وضعیت توسعه پایدار کلانشهر شیراز:

برای بررسی وضعیت توسعه پایدار در کلانشهر شیراز کلیه متغیرهای مربوط به ابعاد سه‌گانه توسعه پایدار شهری (توسعه اقتصادی، اجتماعی و کالبدی ـ زیست‌محیطی) با هم ترکیب شده‌اند و با استفاده از جدول توزیع فراوانی و آزمون تی تک نمونه‌ای مورد سنجش قرار گرفته است. نتایج جدول توزیع فراوانی نشان می‌دهد (جدول ۴) از نظر ۳۲ درصد پاسخگویان توسعه پایدار کلانشهر شیراز در سطح ضعیف و بسیار ضعیف و از نظر ۳۰ درصد در سطح متوسط و از نظر ۳۸ درصد در سطح بالایی قرار دارد. برای قضاوت کلی در مورد سطح توسعه پایدار کلانشهر شیراز از نتایج آزمون تی تک نمونه‌ای (با در نظر گرفتن عدد به عنوان مقدار پایه) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد (جدول ۵) میانگین محاسبه شده با مقدار ۳/۰۹، از نظر آماری با میانگین مبنا، تفاوت معناداری ندارد و می‌توان چنین عنوان کرد که سطح پایدار کلانشهر شیراز در سطح متوسطی قرار دارد.

جدول ۴- جدول توزیع فراوانی بررسی وضعیت توسعه پایدار شهری در کلانشهر شیراز

	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
بسیار ضعیف	۱۵	۱۰	۱۰
ضعیف	۳۳	۲۲	۳۲
متوسط	۴۵	۳۰	۶۲
زیاد	۳۷	۲۴/۷	۸۶/۷
بسیار زیاد	۲۰	۱۳/۳	۱۰۰
مجموع	۱۵۰	۱۰۰	–

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

جدول ۵- بررسی وضعیت توسعه پایدار شهری در کلانشهر شیراز

	Test Value = 3						
	t	درجه آزادی	سطح معناداری	میانگین	انحراف از میانگین	اختلاف با فاصله ۹۵ درصد	
						حد پایین	حد بالا
توسعه پایدار شهری در کلانشهر شیراز	۰/۹۶۶	۱۴۹	۰/۳۳۶	۳/۰۹	۰/۰۹۳	-۰/۱	۰/۲۸

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

همبستگی آماری میان فناوری نانو بتن و توسعه پایدار شهری :

در ادامه متناسب با هدف اصلی پژوهش، همبستگی میان استفاده از فناوری نانو بتن و توسعه پایدار کلانشهر شیراز بررسی شده است. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد (جدول ۶) میزان ضریب همبستگی محاسبه شده با مقدار ۰/۶۹۸، در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۱ معنی‌دار است و نشان‌گر همبستگی بالای مثبت میان دو متغیر مورد بررسی است. به عبارتی دیگر با بکارگیری هرچه بیشتری فناوری نانو و نانو بتن در فرایند توسعه شهری، سطح توسعه پایدار کلانشهر بهبود می‌یابدو بلعکس.

جدول ۶- بررسی همبستگی آماری میان فناوری نانو بتن و توسعه پایدار شهری

		فناوری نانو بتن	توسعه پایدار فضاهای شهری
فناوری نانو بتن	ضریب همبستگی پیرسون	۱	۰/۶۹۸
	سطح معناداری		۰/۰۰۰
	تعداد	۱۵۰	۱۵۰

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

اثر فناوری نانو بتن بر توسعه پایدار شهری با استفاده از رگرسیون خطی (دو متغیره)

برای بررسی اثر فناوری نانو بتن (به عنوان متغیر مستقل پژوهش) بر توسعه پایدار شهری در کلانشهر شیراز (به عنوان متغیر وابسته پژوهش) از رگرسیون خطی با روش همزمان (Enter Method) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد (جدول ۷) مقادیر ضریب همبستگی چندگانه (R)، ضریب تعیین (R Square) و ضریب تعیین تعدیل شده (Adjusted R Square) به ترتیب ۰/۶۹۸، ۰/۴۸۷ و ۰/۴۸۴ است که در میان آن‌ها گزارش ضریب تعیین تعدیل شده به لحاظ آماری منطقی‌تر می‌باشد. بنابراین با توجه یافته‌های حاصل شده می‌توان چنین عنوان کرد که متغیر مستقل نانو بتن توانسته است ۴۸/۴ درصد از تغییرات متغیر وابسته (توسعه پایدار فضاهای شهری در کلانشهر شیراز) را تبیین نماید.

جدول ۷- بررسی ضرایب مدل رگرسیونی

مدل	ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	خطای استاندار برآورد
۱	۰/۶۹۸	۰/۴۸۷	۰/۴۸۴	۰/۸۵۰

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

نتایج تحلیل واریانس نیز نشان می‌دهد (جدول ۸) F محاسبه شده با مقدار ۱۴۰/۶۶۷، در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۱ معنی‌دار است و نشان‌گر قدرت تبیین بالای متغیر مستقل بر روی متغیر وابسته پژوهش است.

جدول ۸- نتایج تحلیل واریانس در خصوص مدل رگرسیونی برازش شده

مدل		مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
۱	منبع رگرسیون	۱۰۱/۶۹۶	۱	۱۰۱/۶۹۶	/۶۶۷ ۱۴۰	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۱۰۶/۹۹۷	۱۴۸	۰/۷۲۳		
	مجموع	۲۰۸/۶۹۳	۱۴۹			

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

بررسی ضرایب تأثیر رگرسیونی متغیر مستقل بر متغیر وابسته پژوهش نشان می‌دهد آماره بتا (Beta) در ضریب تأثیر رگرسیون استاندارد شده با مقدار ۰/۶۹۸، در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۱ معنی‌دار است. به عبارتی دیگر به ازای افزایش یک انحراف استاندارد در متغیر فناوری نانو بتن، میزان توسعه پایدار فضاهای شهری در کلانشهر شیراز به مقدار ۰/۶۹۸ انحراف استاندارد افزایش می‌یابد.

جدول ۹- بررسی ضرایب تأثیر رگرسیونی متغیر مستقل بر متغیر وابسته پژوهش

مدل		ضریب تأثیر رگرسیون استاندارد نشده		ضریب تأثیر رگرسیون استاندارد شده	t	سطح معناداری
		بتا	انحراف استاندارد	بتا		
۱	(عدد ثابت)	-۳/۱۴۲	۰/۵۳۰		-۵/۹۵۲	۰/۰۰۰
	نانو بتن	۱/۳۷۹	۰/۱۱۶	۰/۶۹۸	۱۱/۸۶۰	۰/۰۰۰

منبع: مطالعات میدانی نویسندگان، ۱۳۹۸.

نتیجه‌گیری:

با توجه به چالش‌های فزاینده جوامع شهری و روند روبه رشد جمعیت شهری و فضاهای تحت تسخیر آن‌ها از یک طرف و الزام سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری به استفاده از فناوری‌های سبز از دیگر طرف، بکارگیری فناوری نانو و به‌ویژه فناوری نانو بتن، با توجه به محاسن و مزایایی که برای آن ذکر شده است، در تمامی امور کالبدی ـ فیزیکی، تأسیسات و تجهیزات و ساخت و سازهای فضاهای شهری، امری ضروری و منطقی به نظر می‌رسد. نتایج این پژوهش نشان داد دیدگاه متخصصان و کارشناسان فناوری نانو و همچنین استاید دانشگاهی متخصص در رشته‌های عمران، معماری، شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، نسبت به بکارگیری فناوری نانو بتن در فضاهای شهری تا حد قابل توجهی مثبت بوده است. این امر ناشی از مزایای کالبدی، اقتصادی، زیست‌محیطی کاربست این فناوری نوین در فضاهای شهری است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد ارتباط آماری مثبت و نسبتاً قوی میان بکارگیری فناوری نانو بتن و توسعه پایدار شهری در کلانشهر شیراز وجود دارد و ضریب تأثیر رگرسیونی متغیر مستقل بر متغیر وابسته پژوهش با مقدار ۰/۶۹۸، به لحاظ آماری معنادار بوده است. این مهم نشان می‌دهد از دو جنبه تئوریکی و تجربی فناوری نانو بتن می‌تواند به عنوان ابزاری موثر در توسعه فضاهای شهری مورد استفاده قرار گیرد. لذا با توجه به نتایج حاصل شده استفاده از فناوری نانو بتن در کلیه فرایند ساخت تأسیسات و تجهیزات فیزیکی و کالبدی شهری توصیه می‌شود. لازم به ذکر است با توجه به مزایای قابل توجه فناوری نانو بتن در توسعه فضاهای شهری، شواهد نشان می‌دهد استفاده از این فناوری نانو بتن با چالش‌های متعددی مواجه است. سیاست‌گذاری ضعیف در زمینه استفاده از فناوری نانو بتن، هزینه بالای فرایند تهیه این مواد، دانش فنی پایین شرکت‌های فعال در این زمینه، آگاهی ضعیف شهروندان از مزایای کاربست این مواد در فرایند ساخت و ساز در فضاهای شهری و زیرساخت‌های ضعیف مورد نیاز، مهم‌ترین چالش‌ها و موانع توسعه بکارگیری فناوری نانو بتن در کلانشهر شیراز هستند که با اتخاذ تمهیدات و راهکارهای اجرایی و با رفع موانع فوق، می‌توان چشم‌انداز روشنی را برای استفاده هرچه بیشتر از این فناوری در محدوده مطالعاتی و سایر شهرهای کشور متصور گردید.

References

1. Afrakhteh, H., Riahi, V., Javan, F. (2015). *Economic Sustainability of Rural Settlements in Rezvanshahr City*. Geography (International, Research and Scientific Quarterly of Geographical Society of Iran), *46*, 93-117.
2. Aminian, A., Babaee, R. (2016). Nanotechnology in Concrete, *4th International Congress of Civil, Architecture and Urban Development, Tehran*, Permanent Secretariat of the Conference, Shahid Beheshti University, https://www.civilica.com/Paper-ICSAU04-ICSAU04_0037.html.
3. Balaguru, P and Chong, K (2006), *Nanotechnology and concrete research oppotunities", Proceedings of ACI Session on "Nanotechnology of Concrete: Recent Developments and Future Perspectives*, Denver, USA, pp: 15-28.
4. Breidlid, A (2009), *Culture, Indigenous Knowledge Systems and Sustainable Development: A Critical View of Education in African Context*, International Journal of Educational Development, Vol. 29, pp. 140-148.
5. Cirella, G. T., & Tao, L (2010), *The index of sustainable functionality: an application for measuring sustainability*, International Journal of Human and Social Sciences, Vol. 5, No. 5, pp 279-285.
6. Divsalar, A., Fanni, Z., Farhoodi, R., Barzegarr, S. (2014). *Evaluation of sustainability measures in small cities., (Case study: Small Towns of Mazandaran Province)*, Journal of Geographical Space Preparation, 4(12), 79-100.
7. Document of Extension of Nanotechnology Application in Horizon 2025, (2017), Official Newspaper No. 21210, Dec. 31st, 2017, 1-5, WWW.RRK.IR.
8. Doody, D.G (2009). *Evaluation of the Q-method as a method of public participation in the selection of sustainable development indicators*, ecological indicators, 809: 1129-1137.
9. Enayati, E. (2014). *Innovative and Responsible Management of Nanotechnology for Social Development*, Nanotechnology Monthly, 13(11), continuously 208, 46-51.
10. Golafshanii, S. S., Ghalenoeei, M. (2018), *Application of Nanotechnology in Construction and Concrete Industry*, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran, August 2018, University of Tehran, Tehran.
11. Hall, P (1993), *Urban 21*: Global Conference in Berlin. Deutschland, 4(9), 24-30.

12. Harris, J (2004), *Basic Principles of Sastainable Development*, GDAE Working Paper, No. 00-,4, the Encyclopedia of Life Support Systems, Sponsord by United Nations Educational, Sceientific, and Cultural Organization(UNESCO).
13. Hoseini, S. H. (2014). *Analysis and Evaluation of Social Sustainability Level in Noshahr*, Geography and Environmental Sustainability, 21, 57-71.
14. Jacob L. G. Lim, Sudharshan N. Raman, Fook-Chuan Lai, Muhammad Fauzi Mohd. Zain, and Roszilah H (2018), *Synthesis of Nano Cementitious Additives from Agricultural Wastes for the Production of Sustainable Concrete*, Journal of Cleaner Production, Vol. 171, PP. 1150-1160: Elsevier.
15. Lashgarizadeh, M., Eshaghi, M. (2017). *Investigating the effect of nanotechnology on environment*, Science and Environmental Technology, 19(1), 49-61.
16. Mahmoodi, M., Behboodi, M.H., Seddigh Ziabari, S. H. (2008). *Investigating the Role of Nanotechnology in Reducing Environmental Pollution of Building Industry*, Science and Environmental Technology, 10(3), 61-70.
17. Mainak Ghosal and Arun Kr Chakraborty, (2016), *Comparative Assessment of Nano-SiO2 & Nano-TiO2 Insertion in Concrete*, European Journal of Advances in Engineering and Technology, VOL. 2, No. 8, PP. 44-48. Indexed in Elsevier.
18. Majidi, F., Hashemi, SH., Mohammad and Avaznejzd, F. (2014). *Investigating the place of nanotechnology and technology in achieving sustainable architecture*, Building Industry. 114, 12-19.
19. Mehrinejad M.K., Bahareh M.M., Farzad, N., Togay O., Faezeh, J and Ehsan, M., (2018), *Effect of SnO_2, ZrO_2, and $CaCO_3$ nanoparticles on water transport and durability properties of self-compacting mortar containing fly ash: Experimental observations and ANFIS predictions*, Construction and Building Materials, Vol. 158, PP. 823-834: Elevier.
20. Mohsenipoor, V. R., Hoseinpoor, A., Hoseini Ardakani, S.H. (2011). *Application of Nanotechnology in the Construction of Concrete Tanks and Other Concrete Products*, First International Conference on Non-permeable Concrete Tanks, Drinking Water Reservoirs, Rasht, Golestan Province Water and Wastewater Company, https://www.civilica.com/Paper-NCNOCWST01-NCNOCWST01_151.html.
21. National Science Foundation, Workshop on Urban sustainability. (2000), *Towards a Comprehensive Geographical Perspective on Urban Sustainability*, Rutgers -The State University of New Jersey.
22. Navabakhsh, M and Tavakolan A., (2013), *Strategic Planning to Organize the Urban Historic Fabric Emphasizing on the Environmental Concerns*, Int. J. Environ. Res, 7 (3):523-532.
23. Nivethitha D. and Dharmar S., (2016), *Influence of Zinc Oxide Nanoparticle on Strength and Durability of Cement Mortar*, International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol. 09, No. 03, PP. 175-181. Indexed in Scopus and Elsevier
24. Omidinasab, F., Jalalvand, M. (2014). *Application of new materials and structures in the building and its impact on environmental protection and sustainability*, First National Conference on Residential Architecture, Malayer, Malayer Sama Technical and Vocational School, https://www.civilica.com/Paper-FNCRA01-FNCRA01_167.html.
25. Poortaheri, M., Zal, A., Rokneddin Eftekhari A., (2011), *Evaluation and Prioritization of Social Sustainability in Rural Areas (Case study: Fars Province, Khoramid Village, Rural and Development)*, Scientific- Research Journal of Iranian Watershed Engineering and Science, 14(3), 19-49.
26. Qinyong, M and Ying, Z., (2017), *Experimental research on the microstructure and compressive and tensile properties of nano-SiO2 concrete containing basalt fibers*, Underground Space, Vol. 2, PP. 175-181: Elsevier.
27. Rezaee, R., Hoseini, S. M., Fami, S., Hosein Safa L., (2009), *Identifying and Analyzing Obstacles to Nanotechnology Development in Iran's Agricultural Sector from the Researchers' Viewpoint*, Quarterly of Politics, Science and Technology, 2(1), 17-26.

28. Saadatee, M., Sajjadzadeh, H., Kamiabi S., (2019), *The Role of Intelligent Materials (Nanotechnology) with Emphasis on Reducing Energy Consumption in the Construction Industry*, Journal of Mechanical and Vibration Engineering. 10(1), 59-69.
29. Siwar, C., Mahmudul Alam, M., Wahid Murad, M., Al-Amin, A. G., (2009), *A Review of the Linkages between Climate Change, Agricultural Sustainability and Poverty in Malaysia*, International Review of Business Research Papers, Vol. 5 No. 6, pp 309- 321.
30. Strange, T., Bayley, A. (2008), *Sustainable Development*, OECD.
31. Vojdanzadeh, L., (2014), *Application of Nanotechnology in Architecture*, Architecture and Urban Development of Armanshahr, 13, 137-149.
32. Winograd and Farrow, (2010), *Sustainable development indicators for decision making:concepts, methods and definition*, international centure for tropical agriculture (CIAT), cali, colombia.
33. Yariqoli, V., Noroozi, M.J., Kalantari, B. (2014). *Sustainability Analysis of Urban Areas Using ELECTRE Technique (Case Study: Abhar City)*, Regional Planning Quarterly, 4(15), 61-72.
34. Yousefi, M. (2018), *Nanotechnology for Troubleshooting the Construction Industry*, Radio Eghtesad.
35. Zaslow, M., (2000), *Welfare Reform and Children: Potential Implications, Number A-23 in Series*, New Federalism. (www.newfederalism.com).
36. Zemei Wu, Caijun Shi, Kamal Henri Khayat (2018), *Multi-scale investigation of microstructure, fiber pullout behavior, and mechanical properties of ultra-high performance concrete with nano-$CaCO_3$ particles*, Cement and Concrete Composites, Vol. 86, PP.255-265: Elsevier.