ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2023;13(3):129-148

Designerly approach to occupant health with interaction of building material selection and healthy environment

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors

Maryam Rasoolzadeh

Mohammad Moshari*

How to cite this article

Rasoolzadeh M, Moshari M. Designerly approach to occupant health with interaction of building material selection and healthy environment. Naqshejahan 2023; 13 (3) :129-148
http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-73856-fa.html

1- Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

**Correspondence*

Address: Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Email: moshari@ut.ac.ir

Article History
Received:
Accepted:
Published:

ABSTRACT

Aims: In the designerly approach to "healthy architecture", indoor air quality (IAQ) and a healthy environment are going to be addressed comprehensively. The conceptual framework starts from comprehensive understanding of a healthy environment to the adoption of recombinant emerging materials in the building industry. The research is to introduce the concept of "healthy building" at the crossroads of choosing green building materials, biocomputing and a healthy environment.

Methods: The research methodology is based on "theoretical saturation" obtained from the research background. The focus group discussion approved the validity and reliability of the research. The high-performance architecture theory theoretical framework in which the "healthy building" variable includes "building chemistry", "building biology" and "building physics"; and "occupants' opinion" variable includes "energy efficiency", "satisfaction" and "health".

Findings: The quantitative and numerical results of the research point to the importance and relationship of the concept of "healthy building" with the "occupants' opinion" and show that it is possible to control hazardous chemicals with the help of high-efficiency screening models. In the construction industry, the optimal use of emerging recombinant construction materials is emphasized in the design and construction process.

Conclusion: The research introduces an integrated concept to materialize healthy building design based on building chemistry to support the occupants' health and safety. The integration of bauphysik, bauchemie and baubiologie is a way to lay the foundation of the concept of healthy building. It emphasizes the importance of environmental planning, management and education in the optimal selection of newly emergent recombinant materials.

Keywords: bauchemie, occupant health and safety, indoor air quality (IAQ), environmental education and management, eco-friendly material, biocomputing, high-performance architecture

CITATION LINKS

[1]. Ece N. Baubiologie…[2].Rebernig A. Baubiologie–wenn…[3]. Rasoolzadeh M…[4]. Virnich MH, für Baubiologie I, Baubiologen…[5]. Shams G, Rasoolzadeh M. Bauchemie…[6]. Shams G, Moshari M. Health…[7]. Loftness V, Hakkinen B, Adan O, Nevalainen A…[8]. Ghomeshi M, Pourzargar M, Mahdavinejad M…[9]. Mohtashami N, Mahdavinejad M, Bemanian…[10]. Huang L, Fantke P, Ritscher A, Jolliet O. Chemicals…[11]. Huang L, Anastas N, Egeghy P, Vallero DA, Jolliet O, Bare J. Integrating…[12]. Ye W, Won D, Zhang X. Examining the applicability of empirical models using short…[13]. Liu Z, Ye W, Little JC. Predicting emissions of volatile and semivolatile organic…[14]. Little JC, Hodgson AT, Gadgil AJ. Modeling emissions of volatile organic compounds….[15]. Huang L, Jolliet O. A parsimonious model for the release of volatile organic compounds….[16]. Huang L, Micolier A, Gavin HP, Jolliet O. Modeling chemical releases from building…..[17].Fantke P, Chiu WA, Aylward L, Judson R, Huang L, Jang S, Gouin T, Rhomberg L, Aurisano…[18].Jolliet O, Huang L, Hou P, Fantke P. High throughput risk and impact screening of chemicals in consumer…[18]. Pharosproject.net…[19]. Jolliet O, Ernstoff AS, Csiszar SA, Fantke P. Defining product intake fraction to quantify…[20]. Deng B, Kim CN. An analytical model for VOCs emission from dry building materials…[21]. Van Eeuwijk P, Angehrn Z. How to Conduct a Focus Group Discussion (FGD). Methodological….[23]. Sim J, Waterfield J. Focus group methodology: some ethical challenges. Quality & quantity…[24]. Yulianti T, Sulistyawati A. Online Focus Group Discussion (OFGD)….[24]. Williams SN, Armitage CJ, Tampe T, Dienes K. Public perceptions and experiences of social distancing and social isolation during the COVID-19…

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

رویکرد طراحی مبنا سلامت ساکنان در تعامل انتخاب مصالح ساختمانی و محیط زیست سالم

مریم رسول زاده[1]، محمد مشاری*[2]
۱ - پژوهشگر فرادکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

چکیده

اهداف: در رویکرد جامع به «معماری سالم»، فضای داخل و خارج ساختمان به عنوان یک محیط زیست یکپارچه تحلیل می‌شود؛ موضوعی که با درک جامع از محیط زیست آغاز شده، به حوزه استفاده از مصالح نوین ساختمانی منتهی می‌شود. هدف اصلی پژوهش، معرفی الگوی «ساختمان سالم» در تعامل انتخاب مصالح ساختمانی، رایانش زیستی و محیط زیست سالم است.

روش‌ها: روش‌شناسی پژوهش بر «اشباع نظری» حاصل از پیشینه پژوهش استوار شده است. برای تایید روایی و پایایی پژوهش از جمعبندی نظرات متخصصین در حوزه سلامت ساکنان در خانه و سلامت کارکنان در محل کار استفاده شده است. بر اساس چارچوب نظری پژوهش در نظریه معماری سرآمد، مقایسه «کیفیت ساختمان سالم» با سه متغیر «شیمی ساختمان»، «بیولوژی ساختمان» و «فیزیک ساختمان»؛ و «نظر ساکنان» با سه متغیر «بهره وری انرژی»، «رضایت ساکنان» و «سلامت ساکنان»؛ ارزیابی می‌شود.

یافته‌ها: نتایج کمی و عددی پژوهش بر اهمیت و رابطه مفهوم «کیفیت ساختمان سالم» با مقوله «نظر ساکنان» اشاره دارد و نشان می دهد که می توان با کمک الگوهای مبتنی بر غربالگری با کارایی بالا، نسبت به کنترل مواد شیمیایی خطرناک در صنعت ساختمان، و استفاده بهینه از مصالح نوین ساختمانی در فرآیند طراحی و اجرا تاکید داشت.

نتیجه‌گیری: دستاوردهای پژوهش مدلی یکپارچه از فرآیند طراحی و اجرای ساختمان مبتنی بر دانش شیمی ساختمان را معرفی می کنه که با تاکید بر سلامت ساکنان، کارکنان و استفاده کنندگان؛ بر اهمیت جایگاه آموزش و مدیریت محیط زیست، در انتخاب بهینه مصالح دوستدار طبیعت و رایانش زیستی مصالح نوترکیب تاکید دارد.

کلیدواژه ها: شیمی ساختمان، سلامت ساکنان، کیفیت هوای داخل، آموزش و مدیریت محیط زیست، مصالح دوستدار محیط زیست، معماری سرآمد

مقدمه

امروزه آلودگی هوا و قرارگرفتن انسان در معرض هوای با کیفیت پایین بسیار مهم است. به عبارت دیگر، امروزه سلامت بهره‌برداران و استفاده‌کنندگان از فضای بسته خانه یا محل کار بیش از هر زمان دیگر مورد توجه اندیشمندان قرارگرفته است. بنابر گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، دلیل بسیاری از مرگ های زودرس، قرار گرفتن در معرض آلاینده های هوای داخل ساختمان است. نورگل ایسه در معرفی خانه تاکید می کند همانطور که بسیاری از حیوانات لانه می سازند و گاهی اوقات آنها را تزئین می کنند، مردم نیز می خواهند به طور فعال و خلاقانه محیط زندگی خود را طراحی کنند. مطالعات نشان می دهد که امروزه مردم تا حدود ۹۰ درصد از زندگی خود را در داخل فضای بسته خانه یا محل کار می گذرانند. ما کار می کنیم، زندگی می کنیم، بازی می کنیم، می خوابیم و در داخل خانه زندگی می کنیم. بنابراین، این فضاها باید تا حد امکان دلپذیر، محرک و آرامش بخش باشند. محیط ساخته شده ما به عنوان پوست سوم ما محافظت، گرما و امنیت را به ما ارائه می دهد. موضوعاتی مانند سلامت و پایداری که به وضوح توسط آینده‌شناسان به عنوان روندها دیده می‌شود، نیز در اینجا نقش دارند. روندهای جهانی در بخش مواد غذایی و پوشاک مانند "ارگانیک"، "منطقه ای" و "تجارت عادلانه" به طور فزاینده ای در بخش ساخت و ساز نفوذ می کنند، بر اساس شعار "چگونه زندگی می کنید همانگونه زندگی می کنید." آرتور شوپنهاور پیش از این گفته بود: "سلامتی همه چیز نیست، اما بدون سلامتی همه چیز هیچ است." [۱] حضور در داخل فضای بسته خانه یا محل کار اهمیت شیمی ساختمان را بیش از پیش نشان می‌دهد.

«ساختمان سالم» یا مهمتر از آن معماری و شهرسازی سالم، از موضوعاتی است که امروزه به یک آرمان مشترک در میان تمامی انسان ها تبدیل شده است. در دوران پساکرونا، سلامت و سازگاری با محیط زیست در کانون توجه جامعه تخصصی

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

معماری، شهرسازی و برنامه ریزی شهری و منطقه ای قرار گرفته است. بررسی پیشینه پژوهش نشان می دهد که بر أساس مفهوم «زیبایی شناسی سبز»، چگونه محیط ساخته شده و آثار معماری می توانند از نظر زیبایی‌شناسی مدرن و در عین حال سالم و دوستدار محیط زیست باشند. این رویکرد، شکاف بین معماری به عنوان یک وظیفه طراحی و روش های تفکر سیستمی در صنعت ساختمان را با عنوان شیمی ساختمان (bauchemie) پر می‌کند؛ موضوعی که در ادبیات موضوع در برآیند میان فیزیک ساختمان و زیست شناسی ساختمان درک می شود. شیمی ساختمان مطالعه روابط متقابل کل‌نگر، بین انسان و محیط ساخته شده آن‌ها است؛ تا جایی که مصالح ساختمانی در خدمت سلامت کاربر و محیط زیست سالم باشند. این رویکرد فرهنگی به ساختمان، معماری را با رشته‌هایی مانند شیمی، اکولوژی، فیزیک، زیست شناسی، زمین شناسی و روانشناسی ترکیب می کند. با استفاده از مدل کل نگر به تعریف شیمی ساختمان، می توان آن را تسهیل کننده دست یابی به ساختمان سالم معرفی نمود. تعامل محیط زیست سالم، زیست شناسی ساختمان و پایداری؛ شکل دهنده معیارها و رویکردهای همه جانبه به شیمی ساختمان است. در ادبیات موضوع بیان می شود که شیمی ساختمان نوعی رویکرد کل‌نگر به مفهوم «سلامت کاربر» را به تفصیل توضیح می دهد؛ همان چیزی که بسیاری از پروژه‌های فعلی به دنبال آن هستند. تجربه‌های تخصصی در حیطه معماری و شهرسازی سالم نشان می‌دهند که چگونه در یک معماری مسئولانه، تعاملی سازنده میان محیط زیست سالم و معماری پایدار به اجرا گذاشته می‌شود [۲–٦].

شیمی ساختمان از زیست شناسی ساختمان ریشه می گیرد. ریشه موضوع به زمانی باز می گردد که طراحان و برنامه ریزان با پدیده ای مواجه شدند که به عنوان لایه آلوده کننده ساختمان شناخته می شد. لایه آلوده کننده ساختمان که با عنوان مه آلود شدن نیز شناخته می‌شود، به شرایطی اشاره می‌کند که آپارتمان‌های اغلب شهرهای بزرگ با آن مواجه هستند. به عنوان نمونه آپارتمان های شهر تهران به راحتی آلوده می شوند، حتی وقتی همه پنجره‌ها بسته است. این پدیده در ادبیات موضوع "پدیده غبار سیاه" نامیده می شود. اولین موارد از این پدیده اواسط دهه ۱۹۹۰ شناخته شده است. منظور از پدیده غبار سیاه، شکل گیری یک پوشش سیاه و چرب در کل آپارتمان است که بر روی تمام سطوح رسوب می کند و به عنوان نمونه در شهر تهران، بیشتر روی رادیاتورها و پل‌های حرارتی قابل مشاهده است. آرمین ربرنیگ در سال ۲۰۱۸ با مطالعه زیست‌شناسی ساختمان و فناوری اندازه‌گیری محیطی، در مقاله‌ای با عنوان «زیست شناسی ساختمان – وقتی آپارتمان سیاه می شود» توضیح می دهد که در ادبیات رایج معماری و شهرسازی، هیچ دلیل واضحی برای این پدیده وجود ندارد و حدس و گمان های زیادی در بین صاحبان خانه، تجار و شرکت های بیمه رخ می دهد. سوالاتی در مورد مسئولیت هر یک از آن ها مطرح می شود، اما همه، آلاینده ها را مقصر می دانند، موضوعی که قرار است با رویکردی جامع به «ساختمان سالم» مورد مطالعه قرار گیرد. واقعیت این است که شیمی ساختمان بیش از چیزی که معماران تازه کار تصور می کنند با سلامت استفاده‌کنندگان در ارتباط است [۲– ٤]. در شهرهای بزرگی مانند تهران این چالش جدی است. به عنوان نمونه مردم از رسوبات گرد و غبار گرفته تا آلودگی هوا، همه را مسئول پدیده فوق الذکر معرفی می کنند. با این حال، در بیشتر موارد، کسانی که تحت تاثیر قرار می‌گیرند به همه عوامل به عنوان علل مشکوک هستند، به خصوص آلودگی هوا. مبانی ساختمان سالم مبتنی بر علم و فناوری است، اندازه گیری میزان آلودگی‌های محیطی می تواند در اینجا کمک کند تا ابعاد موضوع بیشتر روشن شود.

معیارها و رویکردها در شیمی ساختمان، بر اساس رهیافتی به ساختمان سالم معنی می شود [۵–۹] و بنا به تعریف، شامل

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

«مطالعه روابط بین بهره بردار و محیط‌های زندگی و کار آن‌ها است که در یک رویکرد کل‌نگر، سلامت ساکنان را در تعامل با مواد و مصالح طبیعی و مصنوعی ساختمان مورد بررسی قرار می‌دهد.» کل‌نگر محور است و به طور جامع و یکپارچه نگریسته می‌شود. هدف شیمی ساختمان، ساخت، زندگی و زندگی سالم و سازگار با محیط زیست است. این مهم حاصل تعهد شیمی ساختمان به پایداری، سلامت انسان، و ساخت و ساز پیشگیرانه است. تمرکز این دیدگاه کل نگر، بر ساخت و سازهای انسانی و با محوریت «سلامت ساکنان» و محیط زیست است که برای ایجاد تعادل بین مردم، محیط ساخته شده و طبیعت تلاش می کند. توسعه مسئولانه فناوری های سبزتر جزء اصلی بهبود سلامت انسان و محیط زیست است.

با توجه به حضور گازها و ذرات معلق متعدد در فضاهای داخلی و همچنین پیچیدگی زیاد این فضاها مانند وجود سطوح مختلف، انجام واکنش های شیمیایی چند فازی، نسبت بالای سطح به حجم و عواملی که در فضاهای بیرونی دیده نمی شود مثل تهویه، مصالح ساختمانی، لوازم و مبلمان، بررسی شیمی محیط های داخلی از دیدگاه مولکولی، امری ضروری به نظر می رسد. با توجه به حوادث اخیر مربوط به گسترش بیماری کرونا و توانایی انتقال این ویروس از طریق سطوح آلوده، روشن است که دانش سطوح و به ویژه شیمی سطح در داخل ساختمان، دارای پتانسیلی جهت بهبود درک ما از فعالیت های بیولوژیکی بر روی سطوح و نقش آن ها در گسترش بیماری های عفونی می باشد. کربن دی اکسید معمولاً به عنوان معیاری برای آلاینده های هوای داخلی استفاده می شود. غلظت CO_2 در داخل ساختمان به دلیل متابولیسم و فعالیت های انسانی می تواند به طور قابل توجهی بیشتر از فضای باز باشد. حتی در حضور تهویه، کنترل غلظت CO_2 زیر حد توصیه شده، چالش برانگیز است. علاوه بر کربن دی اکسید ، سایر آلاینده ها و ترکیبات آلی فرار نیز بسیار مهم هستند. در حال حاضر مقدار کل ترکیبات آلی فرار معلق در هوا نشانگر آلودگی داخل ساختمان است و کنترل منبع آنها از نظر سلامت، آسایش، بهره وری انرژی و پایداری ضروری است. تاثیر ساختمان ها بر سلامت انسان و محیط زیست به طراحی، مواد و روش های مورد استفاده برای ساخت و ساز و بهره برداری بستگی دارد. طراحی ساختمان‌های سالم در راستای توسعه پایدار، که نه تنها ساکنان آن از طریق عادت‌های خود نقش مهمی در تضمین کیفیت هوای داخل ساختمان دارند، بلکه پیشرفت‌های فعلی مربوط به پوشش داخلی با انتشار مواد شیمیایی کم و مقاومت قارچی خوب، اهمیت فزاینده‌ای دارد. مواد شیمیایی مورد استفاده در مصالح ساختمانی می‌توانند منبع اصلی انتشار غیرفعال در داخل خانه باشند که با بدتر شدن کیفیت محیطی داخلی همراه است[۵،۱۰].

جدول ۱- رویکرد کل نگر به ساختمان سالم و شیمی ساختمان

خوب طراحی شده	سالم	پایدار
طبیعت معیار است	آب و هوای داخلی سالم	طراحی صرفه جویی در انرژی
اندازه گیری، نسبت، محیط انسان محور	بدون ترشح سموم	انرژی تجدید پذیر
روانشناسی معماری	کاهش قارچ / باکتری / گرد و غبار / آلرژن ها	بدون مشکل زیست محیطی
نور طبیعی، نور، رنگ	کاهش الکترواسماگ	منطقه ای بودن
-	عایق صدا افراد	همزیستی اکو-اجتماعی
-	بهترین کیفیت ممکن از هوا، نور و آب	همزیستی زندگی/کار

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

یکی از اهداف این مقاله، غربالگری مواد شیمیایی مختلف مورد استفاده در مصالح ساختمانی برای قرارگرفتن در معرض احتمالی انسان در میدان نزدیک و خطرات بهداشتی مرتبط، شناسایی مواد شیمیایی و محصولات مورد توجه برای اطلاع از تلاش‌های کاهش خطر است. در این راستا، بیش از ۵۰ ماده شیمیایی پر خطر (مواد شیمیایی با نگرانی زیاد) در مصالح ساختمانی، شناسایی شده‌اند و جایگزین‌های سالم‌تر نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این تحقیق به عنوان نقطه عطف مناسب برای اولویت‌بندی مواد شیمیایی/محصولات و در نتیجه توسعه مصالح ساختمانی ایمن‌تر و پایدارتر عمل می‌کند.

طیف گسترده ای از مواد شیمیایی با عملکردهای متنوع در مصالح ساختمانی مانند کفپوش، دیوارهای خشک و پانل های سقفی استفاده می شوند. به عنوان مثال می‌توان به نرم‌کننده‌ها جهت افزایش انعطاف‌پذیری، بازدارنده‌های شعله جهت جلوگیری از آتش‌سوزی، چسب‌ها جهت اتصال اجزای مختلف، تثبیت‌کننده‌ها برای پایدار نگه داشتن اجزا در زیر گرما یا اشعه ماوراء بنفش، مواد نگهدارنده/بیوسید برای جلوگیری از رشد میکروبی و بسیاری دیگر اشاره کرد [۱۲،۱۱]. مواد شیمیایی مورد استفاده در مصالح ساختمانی می توانند منبع اصلی انتشار غیرفعال در محیط داخلی باشند که با بدتر شدن کیفیت محیط داخلی و ظهور "سندرم ساختمان بیمار"، سیستم‌های مختلف رتبه‌بندی و گواهی ساختمان سبز از دهه ۱۹۹۰ برای کیفیت محیط داخلی بالا با محدود کردن غلظت مواد شیمیایی خطرناک توسعه یافتند. با این حال، مطالعات ارزیابی و مقررات، اغلب بر روی مواد شیمیایی خاص (مانند ترکیبات آلی فرار، فرمالدئید و سرب) متمرکز شده‌اند و طیف وسیعی از مواد شیمیایی مورد استفاده در مصالح ساختمانی را پوشش نمی‌دهد. پیش‌بینی دقیق غلظت‌های شیمیایی در مصالح ساختمانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به آن، اساس برآورد مواجهه انسان با این مواد شیمیایی را تشکیل می‌دهد. مدل‌های مختلفی برای شبیه‌سازی انتشارات شیمیایی محصورشده در مصالح ساختمانی توسعه داده شده است [۱۳]. پذیرفته‌شده‌ترین چارچوب مدل‌سازی مبتنی بر انتشار مواد شیمیایی آلی در داخل مصالح ساختمانی است که اولین بار توسط لیتل و همکاران ارائه شد [۱٤]. در این چارچوب، معادله حاکم که انتشار گذرای مواد شیمیایی را از طریق مصالح ساختمانی توصیف می‌کند، توسط قانون دوم Fick ارائه شده که در آن فرض می‌شود انتشار توسط گرادیان غلظت بین لایه مرزی ماده–سطح و هوای حجیم داخلی هدایت می‌شود. مواد شیمیایی منتشر شده در هوای داخل خانه می‌توانند متعاقباً به ذرات معلق در هوا و سطوح مختلف داخلی جذب شوند یا می‌توانند با تهویه حذف گردند. مدل‌های اولیه به حل عددی معادلات ماورایی و محاسبه مجموع عبارت‌های بی نهایت نیاز دارند که از نظر محاسباتی پیچیده است و بنابراین برای غربالگری با کارآیی بالا مناسب نیست [۱۵]. هونگ و همکاران در پژوهش‌های خود، ابتدا در سال ۲۰۲۱ یک مدل ساده برای پیش‌بینی ساده‌ترین سناریوی انتشارات شیمیایی از مصالح ساختمانی، با استفاده از الگوریتم‌های ساده و قابل استفاده برای طیف گسترده‌ای از محصولات شیمیایی ارائه دادند [۱٦] و در ادامه در سال ۲۰۲۲ برای نمایش بهتر انتشارات شیمیایی در مصالح ساختمانی واقعی، با گنجاندن جذب داخلی، مدل خود را اصلاح نمودند [۱۰]. با استفاده از این مدل که مبتنی بر توازن جرم و توان عملیاتی بالا با در نظر گرفتن جذب داخلی می‌باشد، انتشارات شیمیایی از مصالح ساختمانی با دقت بالاتری قابل پیش‌بینی است. با توجه به مطالعات انجام شده و نیازهای موجود، مطالعه حاضر با هدف ارائه یک رویکرد غربالگری با کارآیی بالا (HTS) برای تخمین انتشار گازهای گلخانه‌ای و قرارگرفتن در معرض خطرات مربوط به طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی در مصالح ساختمانی با در نظر گرفتن جذب داخلی، برجسته کردن محصولات و مواد شیمیایی مورد توجه برای اطلاع

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

رسانی و توسعه بیشتر صورت پذیرفته است. از اینرو بر روی مواد شیمیایی آلی بر اساس حوزه کاربرد آلاینده‌های داخلی فعلی و روش‌های مدل‌سازی تمرکز شده است. بنابراین چهار مرحله زیر در نظر گرفته شده است:

(۱) مشخص کردن استفاده از محصول و محتوای شیمیایی در مصالح ساختمانی رایج؛

(۲) استفاده از روش مدل‌سازی مناسب مبتنی بر موازنه جرم واقعی و با توان عملیاتی بالا که جذب داخلی را برای پیش‌بینی تحولات غلظت شیمیایی در مصالح ساختمانی و انتشارات شیمیایی مرتبط در نظر می‌گیرد.

(۳) برآورد قرار گرفتن در معرض چند مسیری در میدان نزدیک انسان برای ساکنان ساختمان بزرگسال برای صدها ترکیب محصولات شیمیایی.

(٤) غربالگری و اولویت‌بندی خطرات سلامتی انسان برای شناسایی محصولات و مواد شیمیایی دارای نگرانی، و تعیین حداکثر محتویات شیمیایی، ترکیب تخمین‌های قرار گرفتن در معرض بازده بالا با اطلاعات سمیت.

چارچوب مفهومی

پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که شیمی ساختمان معرفی کننده الگوی ساختمان سالم است. یک ساختمان سالم در عمل دارای طراحی جمع و جور و ساده با مصرف انرژی بهینه می باشد. یکی از اولویت ها بهره برداری از تاسیسات و فناوری هماهنگ با توانِ ساخت نیروی بومی است. اصول پایداری بر اهمیت انتخاب نیروی انسانی زبده و نیروی کار خوب و مقرون به صرفه تاکید دارد. جذب مشارکت به خصوص با همکاری سازندگان خصوصی از جایگاه بالایی برخوردار است. الگوی ساختمان سالم، بر سلامت ساکنان در خانه و محل کار تاکید دارد به خصوص ساختمان های جمعی مانند خانه‌های نیمه مستقل، گروه‌های مسکونی و سکونتگاه های بوم‌گردی. طراحی کلیدواژه‌های اساسی چارچوب مفهومی پژوهش بر اساس جمع‌بندی ادبیات موضوع در حوزه شیمی ساختمان برای دست‌یابی به الگوی ساختمان سالم، گامی اساسی در پیش‌برد پژوهش به شمار می‌رود.

کلیدواژه‌های اساسی پژوهش بر اهمیت تعامل با مفاهیم اساسی کیفیت محیط دلالت دارند. کلیدواژه های اساسی به دست آمده در ادبیات پژوهش و محورهای اصلی موضوع عبارتند از:

- انتخاب «مصالح ساختمانی» مناسب و غیرسمی
- انتخاب فناوری و روش ساخت هماهنگ با توان نیروی فنی موجود
- ایجاد تعادل میان تراکم مسکونی و تراکم سکونتگاه با ظرفیت زیست محیطی موجود در محدوده
- برخورداری از «تهویه مطبوع» مناسب با تاکید بر استفاده بهینه از «تهویه طبیعی» در ساختمان
- مراقبت از سلامت ساکنان در خانه و محل کار با تاکید بر کنترل دود و بوی سمی
- کنترل آسیب های حاصل از مواد رادیواکتیویته به خصوص «رادون»
- بهینه سازی میزان «رطوبت» متناسب با سلامت ساکنان اعم از «رفتار انتشار» یا الگوهای «جبران رطوبت»
- سلامت جسمانی افراد
- سلامت روانی ساکنان در خانه و محل کار
- کنترل «کپک» و «باکتری» در ساختمان
- میزان قرارگیری در معرض امواج الکترواسماگ با فرکانس پایین
- میزان قرارگیری در معرض امواج الکترومگ فرکانس بالا
- میزان گرمای محیط و روزدرجه گرمایش
- کیفیت مبلمان و طراحی فضای داخلی
- میزان رونق محیط اجتماعی و کیفیت محله
- میزان مصرف انرژی و نقش آن در تعادل زیست محیطی
- تاثیر نور و رنگ ها از نظر روانی

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

جدول ۲ – کلیدواژه های اساسی چارچوب مفهومی پژوهش بر اساس جمع بندی ادبیات موضوع در حوزه شیمی ساختمان برای دست یابی به الگوی ساختمان سالم

	رتبه بندی	آسایش حرارتی	آسایش رطوبتی	دیفیوژن sd	سمیت	تولید	در دسترس بودن	رفتار آتش سوزی	امتیاز کلی
۱	پلی اورتان PUR، l = 0.030	+	--	--	--	--	--	--	-۱۱
۲	پلی استایرن EPS+XPS، l = 0.035	+	--	--	--	--	--	--	-۱۰
۳	شیشه و پشم معدنی، l = 0.035	+	--	++	--	--	--	+	-٤
٤	پلی استر، l = 0.040	+	--	++	0	--	-	-	-۲
٥	پشم گوسفند l = 0.040	+	+	++	-	--	+	-	۲
٦	پنبه (نبافته)، l = 0.040	+	+	++	0	--	+	-	۲
۷	کتان، کنف (پزدار)، l = 0.040	+	+	++	0	0	+	-	٤
۸	الیاف سلولزی، l = 0.045	+	+	++	0	0	+	0	٤
۹	تخته های الیاف چوب نرم، l = 0.045	++	++	++	0	-	++	0	۸
۱۰	چوب پنبه پخت، l = 0.045	+	0	++	0	-	++	-	۳
۱۱	فیبر نارگیل، l = 0.045	+	++	++	0	-	+	-	٥
۱۲	رید، l = 0.055	+	+	++	0	0	++	-	٥
۱۳	شیشه فوم، l = 0.050	+	0	0	0	-	+	++	۳
۱٤	پانل های سیلیکات کلسیم، l = 0.050	+	++	++	0	-	+	-	۷
۱٥	پرلیت، l = 0.050	+	-	++	-	-	0	++	۲
۱٦	عدل کاه، l = 0.045	+	++	++	0	0	++	-	٥
۱۷	عایق دمیده فیبر چوب، l = 0.040	++	++	++	0	0	++	-	٦
۱۸	میکای منبسط شده، l = 0.070	0	-	++	0	-	+	++	٤
۱۹	پانل های ساختمانی سبک وزن پشم چوب، l ≥ 0.075	0	++	++	0	-	+	0	٥
۲۰	خاک رس منبسط شده، L ≥ 0.080	-	+	++	0	-	+	++	٤

کلید رتبه بندی: ۰ مرتبط نیست/– منفی/++ بسیار سودمند/+ مثبت/-- بسیار منفی/نگران کننده

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

- میزان آکوستیک بودن محیط و درجه آسیب رسانی نویز موجود در آن
- میزان پراکنش گرد و غبار و الیاف موجود در هوا
- میزان انتشار مواد شیمیایی از مواد و مصالح به کار رفته در ساختمان

مواد و روش‌ها

در این مقاله، میزان ریسک و خطر مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک در مصالح ساختمانی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، با استفاده از مدل USEtox 3.0beta [۱۷]، کسر مصرف (جذب) محصول[1] تعیین شده و مقدار ماده شیمیایی مورد استفاده در مصالح ساختمانی و قرار گرفتن انسان در معرض آن بر حسب mg/kg/d به همراه میزان خطرات سنجش و تحلیل شده است (مانند شکل۱). از این روش، جهت شناسایی مواد شیمیایی نگران‌کننده در محصولات گوناگون مانند اسباب بازی ها نیز استفاده می شود [۱۸]. در این مطلعه، جامعه هدف بزرگسالان در نظر گرفته شده، زیرا برآوردهای قرار گرفتن در معرض خطر برای یک بزرگسال در طول عمر مصالح ساختمانی دقیق تر و پایدارتر است (در مطالعه حاضر ۱۵ سال فرض شده است)، در حالی که دوز و خطر مواجهه برای یک کودک در طول زمان به دلیل مراحل مختلف رشد، رفتارها و عوامل مواجهه و همچنین افزایش وزن بدن متفاوت می‌باشد.

داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی محصولات ساختمانی از کتابخانه محصولات ساختمانی فاروس جمع‌آوری شده‌اند [۱۹]. فاروس یک پایگاه داده است که محصولات ساختمانی از شرکت‌های تولیدی مختلف را برای ارائه اطلاعات در مورد ترکیب شیمیایی هر محصول و خطرات آن جمع آوری نموده است.

ابتدا جرم شیمیایی هر ماده i ($m_{i,p}$ و kg ماده شیمیایی مورد استفاده/خانواده) که در یک محصول ساختمانی خاص p در یک خانوار در کل طول عمر محصول ساختمانی استفاده می شود، تعیین می شود:

$$m_{i,p} = M_p \times mf_{i,p}$$

(M_p مقدار استفاده از یک محصول ساختمانی در یک خانوار است و $mf_{i,p}$ کسر جرمی ماده شیمیایی i در محصول ساختمانی p.)

سپس مسیرهایی که مواد شیمیایی طی می کنند تا به انسان برسند، به عبارت دیگر، میدان های نزدیک و دور، مورد بررسی قرار می گیرند. PiFs به عنوان توده شیمیایی وارد شده از طریق مسیرهای مختلف به انسانی (h) که در معرض قرار گرفته (مانند جذب گرد و غبار و تماس پوستی) در واحد جرم ماده شیمیایی در یک محصول، تعریف می‌شود [۲۰].

$$PiF_{i,p,h,x} = \sum_{e \in x} I_{i,p,h,e} / m_{i,p}$$

(استنشاق، بلع، تماس پوستی=x)

مطالعه حاضر بر قرار گرفتن در معرض میدان نزدیک به مواد شیمیایی در مصالح ساختمانی متمرکز است که شامل استنشاق هوای داخل ساختمان، جذب گازی پوستی هوای داخل ساختمان، تماس پوستی و بلع غبار می‌شود.

$$D_{i,p,h,x} = \frac{m_{i,p} \times PiF_{i,p,h,x} \times kg_to_mg}{N_h \times BW_h \times \Delta t}$$

(تعداد انسان های در معرض= N_h) ، (وزن بدن انسان = BW_h)

در مرحله سوم، خطرات مرتبط با هر یک از ترکیبات محصولات شیمیایی ساختمان مورد ارزیابی قرار می گیرد. ابتدا ریسک سرطان زا بودن (احتمال ابتلا به سرطان برای قرار گرفتن در معرض مادام العمر کاربر h از طریق مسیر x =$R_{i,h}$) با ضرب دوز مواجهه در یک فاکتور شیب سرطانی[2] در مسیر مورد نظر تماس محاسبه می‌شود.

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

$$R_{i,p,h} = \sum_{x} D_{i,p,h,x} \times CSF_{i,x}$$

در مرحله بعد، سایر خطرات (اثرات غیر سرطان زا) با توجه به دوز و مسیر مواجهه به گروه های مختلف تقسیم می شوند.

$$HQ_{i,p,h,x} = D_{i,p,h,x} / RfD_{i,x}$$

(HQ =ضریب خطر[۳]) ، (RfD=مسیر خاص در معرض[۴])

HQ یا HI یک خطر نیست، زیرا HQ نسبت دو دوز است، اما HQ (یا HI) > ۱ (دوز قرار گرفتن در معرض بالاتر از دوز مرجع) نشان دهنده مواد شیمیایی بالقوه مضر است که نیاز به بررسی بیشتر دارند.

در ادامه، حداکثر محتویات شیمیایی بر اساس نتایج غربالگری با توان بالا[۵] (MAC_{HTS}) برای ترکیبات محصولات ساختمانی شیمیایی مورد مطالعه تخمین زده می شود. بر اساس معیارهای خطر توصیف شده در بالا، MAC_{HTS} به عنوان محتوای یک ماده شیمیایی در یک محصول ساختمانی تعریف می شود که منجر به یک شاخص خطر مرجع HI_{ref} = 1 می شود.

$$MAC_{\text{HTS, non-cancer}} = mf_{i,p} \times \frac{HI_{ref}}{HI_{i,p,h}}$$

$$MAC_{\text{HTS, cancer}} = mf_{i,p} \times \frac{ILCR_{ref}}{R_{i,p,h}}$$

$$MAC_{\text{HTS, final}} = \min\{f_0\}(MAC_{\text{HTS, non-cancer}}, MAC_{\text{HTS, cancer}})$$

در نهایت نسبت محتوای خطر[۶] (HCR) به عنوان کسر جرمی واقعی ماده شیمیایی در یک محصول ساختمانی تقسیم بر حداقل MAC_{HTS} تعریف می‌شود.

$$HCR = mf_{i,p} / MAC_{HTS,\ final}$$

محصولات ساختمانی محتوی ماده شیمیایی با HCR > 10 به عنوان مواد شیمیایی با نگرانی بیشتر شناسایی می شوند که باید در اولویت بیشتر مورد بررسی قرار گیرند، در حالی که مواد شیمیایی با HCR بین ۱ تا ۱۰ نیز بهتر است مورد توجه قرار گیرند.

مدل‌های انتشارات شیمیایی و غلظت‌های سطحی

ساده‌ترین مدل در این زمینه، بر ٦ فرضیه استوار است [۲۱]:

۱) انتشار شیمیایی مصالح ساختمانی توسط انتشار سریع آن در داخل مواد انجام می شود.
۲) ماده شیمیایی از سطح بالایی ماده ساطع می شود، در حالی که قسمت پایینی مواد غیر قابل نفوذ است.
۳) مواد شیمیایی ساطع شده به هوای داخل خانه در حالی که جذب سطوح داخلی در نظر گرفته نشود، فقط با تهویه از بین می روند.
٤) مواد شیمیایی جذب شده روی ذرات معلق در هوا با فاز گاز در تعادل هستند.
٥) هوای داخل خانه به خوبی مخلوط شده است.
٦) هوای جاری در خانه تمیز است.

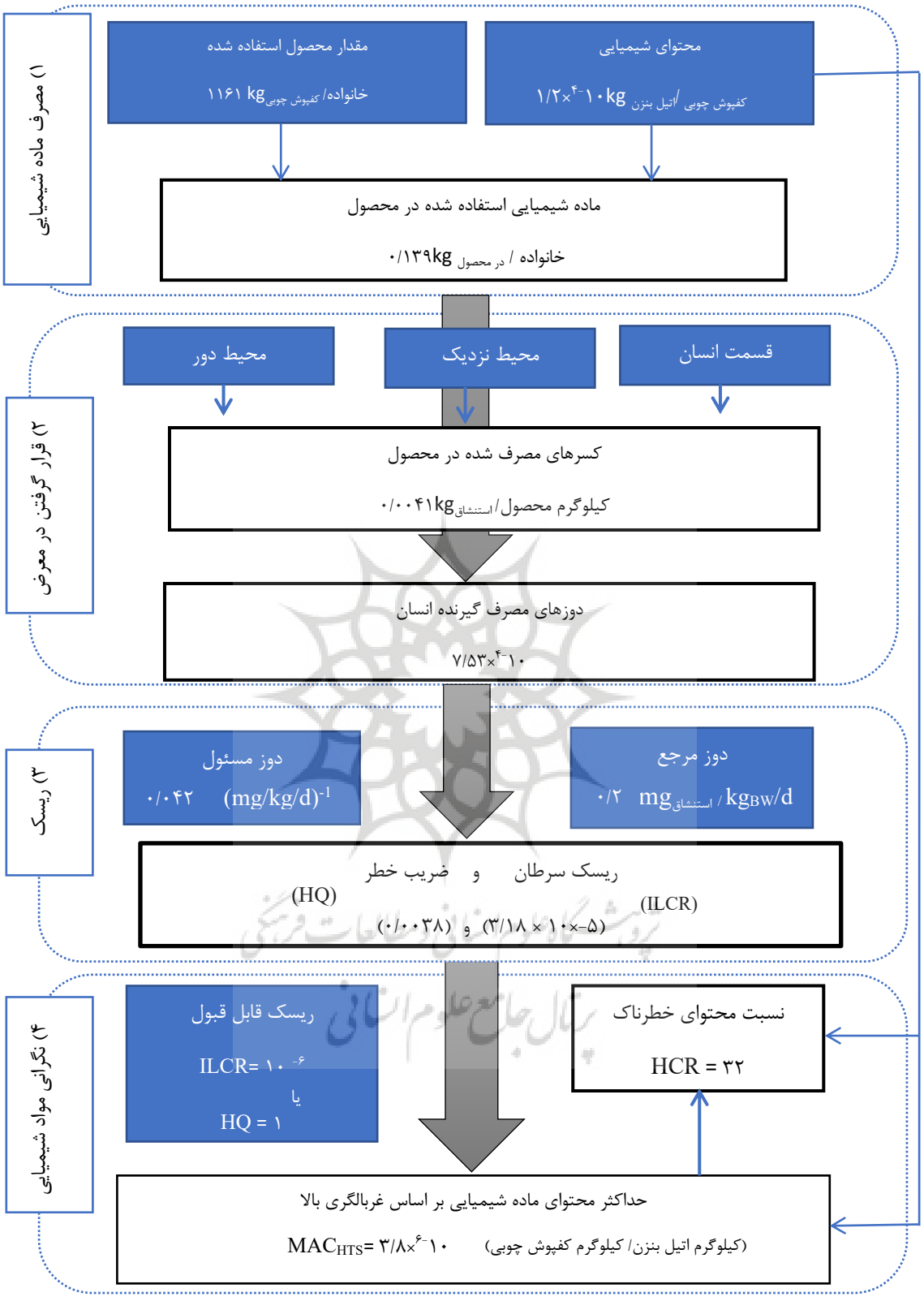
دو پارامتر کلیدی این مدل عبارت است از ضریب انتشار مواد شیمیایی در مصالح ساختمانی D_m (m^2/s) و ضریب تقسیم مصالح ساختمانی–هوا K_{ma} (بدون بعد). در این مدل همانگونه که گفته شد، فرض می شود که مواد شیمیایی منتشر شده در هوای داخل خانه تنها با تهویه از بین می‌روند. با این حال، مواد شیمیایی موجود در هوای داخل خانه می توانند بر روی سطوح مختلف داخلی نیز جذب شوند. این جذب به ویژه برای ترکیبات آلی نیمه فرار[۷] (SVOCs) اهمیت دارد. بنابراین، در پژوهش حاضر از مدل توسعه یافته که جذب سطوح داخلی را نیز در نظر می‌گیرد، استفاده شده است [۱۰].

مواد شیمیایی با نگرانی زیاد[۸] و حداکثر محتوای شیمیایی

ترکیبات حاوی مواد شیمیایی با HCR>۱۰ یا به عبارت دیگر مواد شیمیایی که برای سلامتی انسان نگران‌کننده هستند، در جدول‌های زیر جمع آوری و نشان داده شده‌اند.

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]



شکل ۱- چارچوب ارزیابی، از جرم در محصول تا ریسک با مثال اتیل بنزن در کفپوش چوبی [۱۱].

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

جدول ۳- ترکیبات حاوی مواد شیمیایی با HCR های بالا (بیش از ۱۰۰)

ماده شیمیایی	محصول	نوع عملکرد شیمیایی	MAC_{HTS} (ppm)	HCR
۱و٦ – دی هگزامتیلن دی ایزوسیانات	کفپوش فرش	اتصال دهنده	۰/۲	۲٤٤۰۰۰
	چسب کفپوش اکریلیک	اتصال دهنده	۷	۱۹۵۰
	کفپوش (چوب، چوب پنبه، وینیل)	اتصال‌دهنده و مونومرباقیمانده	۰/۱	۲۸–۲۳٦۰
اتیل کاربامات	کفپوش (پلاستیک، چوب پنبه، چوب)	حلال	۰/۲	۵۷۸۰۰–۱٤٤۰۰۰
فرمالدهید	مبلمان چوبی، کابینت	نگهدارنده، مونومر باقیمانده	۰/۱	۱۱۰–۵۱۷۰۰
	کفپوش (چوب ، چوب پنبه، بامبو)	نگهدارنده، مونومر باقیمانده	۰/۱	۹٤–۲۷۰۰۰
	دیوار گچی	نگهدارنده	۰/۰۳	۳٤٤۰۰
	عایق فوم (پلی یورتان، اسپری)، سقف گچی	نگهدارنده، مونومر باقیمانده	۰/۱	۳۵–۲۹٦۰
	در با روکش چوبی، کفپوش فرش	نگهدارنده، مونومر باقیمانده	۰/۱	۱۵–۲۷٦
	کانترهای سلولزی، لمینت فشار قوی، درزگیرهای صوتی دیوار	نگهدارنده، مونومر باقیمانده	۵	۳۰–۳۲۱۵
	الیاف شیشه ای و معدنی (عایق و سقف)	نگهدارنده	۹۰	۵٤۰–۱۱۷۰
متیلن بیسفنیل دی ایزوسیانات (MDI)	کفپوش (لاستیک، فرش، چوب، مایع)	نامعلوم	۱۰	٦۱–٤۰۵۰
	مبلمان چوبی	نامعلوم	۲۰	۳۹۲۰
اتیلن ایمین (آزیریدین)	کفپوش (چوب و چوب پنبه)، مبلمان چوبی	مونومر باقیمانده	۰/۰۲	۱۹۷–۳۱٦۰
تری اتانول آمین (TEA)	واحد بنایی بتنی	کاهنده آب	۰/۰۲	۱۲۵۰
هیدروکسی انیسول بوتیله شده	کفپوش فرش	آنتی اکسیدان	٦	۸٦۷
اتیلن گلیکول مونوبوتیل اتر (EGBE)	کفپوش چوب پنبه	حلال	۵۰	۷۹۲
	عایق پلی اورتان	حلال	۲۰۰	۵۸
ان متیل ۲–پیرولیدون (MNP)	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	حلال	۱۰	۳۰۵–٦۹۲
بوتیل بنزیل فتالات (BBP)	کفپوش (وینیل، فرش)	پلاستیک کننده	٦۰	۲۰۸–٦۹۰
	درزگیر الاستیک اتصال نما	پلاستیک کننده	۱۰۰۰۰	۱۵
وینیل کلراید	کفپوش (فرش، وینیل)	مونومر باقیمانده	۱	۰/٦ –٤۰۲
	عایق پلی اورتان	مونومر باقیمانده	۱	۲–۱۹
۱و٦– هگزان دی آمین	کفپوش (فرش)	نامعلوم	۳۰۰	۳۸۰
دی اتیلن گلیکول (DEG)	عایق پلی اورتان	حلال	۵۰	۳۰٤
	سقف گچی	حلال	۲۰	۲۳٦
استایرن	عایق	مونومر باقیمانده	۱۰	۰/۳۷ –۲۹۹
	کفپوش (لاستیک، فرش و چوب پنبه)	مونومر باقیمانده	۲	۰/۰۲٦ –۱٦۷
وینیل استات	کفپوش (فرش، چوب و چوب پنبه)	تقویت کننده عملکرد	۷۰	۲۱ –۲۳۸
	دیوار گچی	تقویت کننده عملکرد	۳۰	۳٤
مالئیک انیدرید	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	حد واسط	۳۳	۸۸ –۲۲۵

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

ماده شیمیایی	محصول	نوع عملکرد شیمیایی	MAC_{HTS} (ppm)	HCR
	مبلمان چوبی			
۲- کلرو ۱ و۳-بوتادی ان	کابینت	مونومر باقیمانده	۰	۲۲۳- ۳٤
اتیل بنزن	کفپوش	حلال	۳	۲۲۲- ۳٦
استالدهید	دیوار گچی	حلال	۵	۲۱۳
۲- (۲- بوتوکسی اتوکسی) اناتول	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	حلال	۳	۲۰۳- ۸۹
	رنگ اکریلیک سقف	اصلاح کننده رئولوژی	۱۰۰	۱۲
دی بوتیل هیدروکسی تولوئن	کفپوش فرش	آنتی اکسیدان	۳۰	۱۹۸
۱و۳- بوتادی ان	کفپوش (لاستیک، چوب پنبه، فرش)	مونومر باقیمانده	۲	۱۹۲- ۰/۰۳
ملامین	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	مونومر باقیمانده	۳	۱۸٤- ۵/۲
اوره	کفپوش (چوب و چوب پنبه) مبلمان چوبی	جاذب فرمالدهید	۳۰۰	۱۸۳- ٦۰
اکسیران (اتیلن اکسید)	عایق	مونومر باقیمانده	۳	۱۳۲- ۱۷
آمینواتیل پیپرازین	کفپوش	عامل پخت اپوکسی	۲۰۰	۱۰۹

پس از بررسی مواد شیمیایی پر خطر در مصالح ساختمانی، روش شناسی پژوهش بر اساس اشباع نظری حاصل از پیشینه پژوهش و نظرات متخصصین در حوزه سلامت ساکنان در خانه و محل کار انجام گرفت. مطالعه عمیق پیشینه پژوهش اهمیت اساسی دارد؛ موضوعی که نشان می دهد تا چه اندازه سلامت ساکنان در خانه و محل کار تحت تاثیر مواد و مصالح ساختمانی قرار دارد. محیط زیست سالم، در کنار سلامت ساکنان در خانه و محل کار؛ موضوعی چند بعدی است که ابعاد آن در هندسه فکری شیمی ساختمان فهم می شود.

روش بحث گروهی متمرکز (FGD) یا روش گروه بحث، یک روش پیشرفته در توسعه مفاهیم نوین دانشی است. یک بحث گروهی متمرکز شامل جمع آوری اطلاعات از افراد مشابه، دارای سوابق یا تجربیات با هم برای بحث در مورد یک موضوع خاص می باشد. از نظر روش شناسی تحقیق، این نوعی تحقیق کیفی است که در آن سؤالات متنوعی در مورد ادراک، نگرش‌ها، عقاید، و دیگر موارد عمومی و تخصصی وجود دارد. در این روش، شرکت کنندگان در بحث گروه متمرکز می توانند با اعضای دیگر گروه صحبت کنند. اعضا روش بحث گروهی متمرکز بر خلاف سایر روش های تحقیق، به بحث و مذاکره با یکدیگر تشویق می شوند [۲۲-۲۳]. تمرکز اصلی بحث، همفکری با سایر شرکت‌کنندگان است؛ نوعی از همفکری که تفاوت نظرها را آشکار می کند. روش بحث گروهی متمرکز شامل مصاحبه‌ای است که در آن یک گروه کوچک به طور معمول ۵ تا ۸ نفره مشارکت می کنند. مباحثه ها به رهبری یک ناظم یا مصاحبه کننده سازمان داده می‌شود. در سال های اخیر و با توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، روش بحث گروهی متمرکز آنلاین (OFGD) توسعه یافته است. توسعه نوآوری های یادگیری در شبکه از طریق مدل بحث گروهی متمرکز آنلاین و پیاده سازی این روش به عنوان یک رسانه فعال، در کانون توجه نهادهای علمی و دانشگاهی قرار گرفته است [۲٤-۲۵]. از نظر شکلی، طراحی این مطالعه کیفی بر اساس روش بحث گروهی متمرکز، نیازمند حداقل پنج عضو در یک گروه متمرکز است که به صورت آنلاین در مراحل مختلف مطالعه و با استفاده از یک رویکرد موضوعی و فنی، بخش های مختلف مطالعه را تحلیل کنند.

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

جدول٤- ترکیبات حاوی مواد شیمیایی با ۱۰۰>HCR >۱۰

ماده شیمیایی	محصول	نوع عملکرد شیمیایی	MACHTS (ppm)	HCR
اتانول آمین	کفپوش چوب پنبه	عامل فعال سطح	۲۰۰	۹۰
۱و۱و۱- تری هیدروکسی متیل پروپان	کفپوش فرش	ناشناخته	۳۰۰	۸۹
دی کلرو فلوئورو اتان	عایق فوم پلی اورتان	عامل دمش فوم	۱۱۷۰	۵۳
متیل اتیل کتوکسیم	کفپوش چوبی	عامل مسدود کننده در پوشش دهی	۵	۵۱
بنزوپریلن	کفپوش فرش	ناشناخته	۲	٤۹
دی اتیلن گلیکول منواتیل اتر	کفپوش بر پایه آب	ادغام کننده	۷۰۰	٤۹
تگزانول	کفپوش چوبی، سقف گچی	حلال ادغام کننده	۳۰۰	٤۱- ۲۰
ایزوفرون دی آمین	کفپوش	اتصال دهنده	۲۰۰	۳۲- ۱۸
تری پروپیلن گلیکول	کفپوش فرش	ناشناخته	٤۰۰	۳۰
تریس (۱- کلرو ۲- پروپیل) فسفات	اسپری فوم (عایق سازی)	بازدارنده شعله	٤۰۰۰	۲۸- ۱۳
پروپان	اسپری فوم پلی یورتان	عامل دمیدن	۲۰۰۰	۲۸- ۸
ترامتیل دی پروپیلن تری آمین	عایق فوم پلی اورتان	ناشناخته	۲۰۰۰	۲۸
فتالیک انیدرید	کفپوش فرش	حد واسط فتالات	۱۰۰۰	۲۷
برونوپول	کفپوش چوب پنبه	زیست کش	۱۰۰	۲٦
آکریلیک اسید	کفپوش چوبی	ناشناخته	۳۰	۲٤
متیل اتر	اسپری فوم پلی یورتان	عامل دمیدن	۳۰۰۰	۲۳- ۷/٦
ان- (هیدروکسی متیل) اکریلامید	اسپری درزبند ضد حریق	مونومر باقیمانده	۵۰	۲۰- ۳
اکریلونیتریل	عایق تخته فوم پلی استایرن	مونومر باقیمانده	۲	۲۰- ۰/۰۰٤
۲- متیل اکسیران	اسپری فوم (عایق سازی)	مونومر باقیمانده	۱۰	۱۷- ۲
اتیلن	کفپوش فرش	ناشناخته	۲۰۰۰	۱٦
۱و۱و۱و۲- تترا فلوئورو اتان	عایق فوم پلی اورتان	عامل دمش	٦۰۰۰	۱٤
دی اتیلن تری آمین	کفپوش چوبی	اتصال دهنده	۱۰۰	۱٤
زایلن	کفپوش مایع	حلال	۵۰۰	۱٤
۱و٤- دی اکسان	عایق فوم پلی اورتان	حلال	۲۰	۱٤
تری اتیل فسفات	عایق فوم پلی اورتان	حلال	۹۰۰	۱۳
۱و۲و٤- تریتری متیل بنزن	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	حلال	۳۰۰	۱۲- ۷
بروموتالونیل	کفپوش چوب پنبه	نگهدارنده	۲۰۰	۱۲
بنزیل الکل	کفپوش مایع	حلال	٤۰۰۰	۱۱
دی پروپیلن گلیکول منومتیل اتر	کفپوش (چوب و چوب پنبه)	سورفکتانت	۸۰۰	۱۰

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

یافته‌ها

بر اساس مطالعات و ارزیابی‌های انجام شده، می‌توان گفت استنشاق و جذب پوستی مواد شیمیایی، مهم‌ترین مسیر آسیب رسانی به انسان می‌باشند. در این راستا ۵۵ ماده شیمیایی در محصولات مختلف ساختمانی با شاخص خطر>۱۰ شناسایی و معرفی شدند. این نتایج نشان می‌دهد که تعداد قابل توجهی از ترکیبات شیمیایی-محصولات مورد استفاده در مصالح ساختمانی ممکن است خطر بالقوه غیر قابل اغماض را برای ساکنان انسانی ایجاد کند. حداکثر محتویات شیمیایی محاسبه شده در این مطالعه مقادیر مرجع آزمایشی ویژه محصولات شیمیایی را ارائه می‌دهد که به راحتی در طراحی محصولات ساختمانی پایدار قابل استفاده است.چنین مقادیر مرجع آزمایشی می‌تواند اطلاعات مفید و قابل اجرا را برای پزشکان فراهم کند و می‌تواند به عنوان نقطه شروع خوبی برای اولویت‌بندی مواد شیمیایی/محصولات مورد توجه و در نتیجه توسعه محصولات ساختمانی پایدارتر باشد. با نگاه جامع به محیط زیست سالم، تفاوت خاصی در توجه به فضای داخل و خارج و اهمیت آن وجود ندارد. یافته های حاصل از روش بحث گروهی متمرکز، ابعاد متنوعی از رابطه شیمی ساختمان با سلامت ساکنان در خانه و محل کار روشن ساخت. روش بحث گروهی متمرکز نتایج قابل توجهی به همراه داشت که این نتایج را می‌توان در برآیند نظرات افراد شرکت‌کننده مشاهده نمود.

جدول ۵ – مصالح زیست سازگای که در ادبیات موضوع و تجربه های مختلف هماهنگی آن ها با سلامت ساکنان در خانه و محل کار بررسی شده و در اولویت قرار گرفته‌اند.

بر پایه سنگ		بر پایه چوب
آجر ماسه آهکی		ساخت بلوک
بلوک بتنی هوادهی		چوب گرد
آجر (خشت)		تیرهای چوبی
آجر سوراخ دار		ساخت چوب جامد
آجر های فشرده پخته نشده		دیوار چوبی جامد بدون چسب
-		چوب چندلایه CLT
پوشال	**خاک رس**	چوب چندلایه
عدل های کاه	زمین درهم خورده	تخته چوبی یا تخته رولپلاک
پوشال آجر	کلی استون	عناصر جعبه ای شکل توخالی
پوشال پرککنده لایه دیوار	لوله سفالی	چوب کششی ساخت غرفه
عایق نی	بشقاب سفالی	چوب جامد MH
عدل خرده چوب	پنل گچ سفال	چوب جامد KVH
پوشال در کنار ملاط ساختمان	خاک رس سبک	چوب تیر، - صلیب دوتایی
-	پر کردن	چوب چندلایه چسب دار BSH
-	خشت به عنوان عایق	ترموود
-	خشت در دیوارهای خاکی شکسته	مواد چوبی نوترکیب

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

در حیطه سلامت ساکنان در خانه و محل کار، مواردی مانند مصرف انرژی و تعادل زیست محیطی، تهویه مطبوع و طبیعی، سلامت جسمانی ساکنان، سلامت روحی و روانی، دود و بوی سمی، الیاف معلق و گرد و غبار، انتشار مواد شیمیایی از مصالح، کپک و باکتری، الکترواسماگ با فرکانس پایین، الکترواسماگ فرکانس بالا، نور و رنگ ها از نظر روانی، نویز و آکوستیک، محیط اجتماعی و محله، انتخاب مصالح ساختمانی و روش ساخت، مواد رادیواکتیویته به خصوص رادون، مبلمان و طراحی داخلی، و گرمایش از جایگاه ویژه ای برخوردارند. در بازدهی ساختمان بر اساس نظر ساکنان، سلامت جسمانی ساکنان، دود و بوی سمی، انتشار مواد شیمیایی از مصالح، گرمایش محیط، میزان مصرف انرژی و تعادل زیست محیطی از اهمیت و ضرورت ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند.

جدول٦ – جمع بندی نظرات یافته های حاصل از روش بحث گروهی

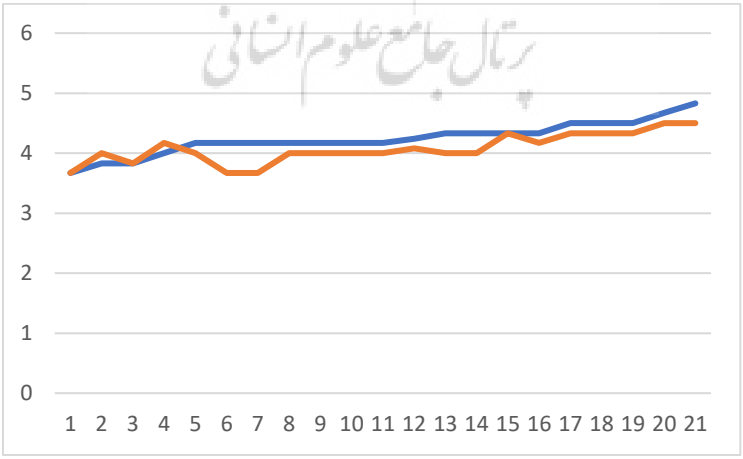
ردیف	محورهای بحث	نظر ساکنان			ساختمان سالم		
		بهره وری انرژی	رضایت ساکنان	سلامت ساکنان	شیمی ساختمان	بیولوژی ساختمان	فیزیک ساختمان
١	سلامت جسمانی ساکنان	٤/٥	٥	٤/٥	٥	٤/٥	٤
٢	سلامت روحی و روانی	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٥	٤	٤
٣	دود/بوی سمی	٥	٥	٤/٥	٥	٤/٥	٤
٤	الیاف / گرد و غبار	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٥	٤	٤
٥	انتشار مواد شیمیایی از مصالح	٣.٥	٥	٤/٥	٥	٤	٣
٦	میزان رطوبت	٤	٤/٥	٣	٤	٤	٤
٧	کپک / باکتری	٣/٥	٤/٥	٤/٥	٥	٤	٣
٨	الکترواسماگ با فرکانس پایین	٤	٤	٤/٥	٥	٣	٣
٩	الکترواسماگ فرکانس بالا	٤	٤	٤/٥	٥	٣	٣
١٠	نور و رنگ ها از نظر روانی	٤/٥	٤/٥	٤/٥	٥	٤	٤
١١	نویز / آکوستیک	٤/٥	٣/٥	٤/٥	٥	٣	٤
١٢	محیط اجتماعی/محله	٤/٥	٣/٥	٤/٥	٥	٣	٤
١٣	انتخاب مصالح ساختمانی/روش ساخت	٤/٥	٣/٥	٤/٥	٥	٣	٤
١٤	رفتار انتشار / جبران رطوبت	٤	٣/٥	٤/٥	٤	٣	٤
١٥	رادیواکتیویته / رادون	٤/٥	٣/٥	٤/٥	٥	٣	٤
١٦	مبلمان / طراحی داخلی	٤/٥	٤	٤/٥	٥	٣	٤
١٧	گرمایش/گرما	٥	٤	٣	٤	٣/٥	٥
١٨	تهویه مطبوع و طبیعی	٤/٥	٤	٤/٥	٥	٤	٤
١٩	تراکم مسکونی/تراکم سکونتگاه	٤/٥	٤	٣	٤	٣/٥	٤
٢٠	مصرف انرژی / تعادل زیست محیطی	٥	٤	٤	٤	٣/٥	٥
–	برآیند	٤/٣٨	٤/١٥	٤/٢٠	٤/٧٥	٣/٥٨	٣/٩٠

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

جدول۷ – جمع بندی نظرات یافته های حاصل از روش بحث گروهی

ردیف	محورهای بحث	متوسط / برآیند	
		نظر ساکنان	کیفیت ساختمان
۱	سلامت جسمانی ساکنان	٤/٦٧	٤/٥٠
۲	سلامت روحی و روانی	٤/٥٠	٤/٣٣
۳	دود/بوی سمی	٤/٨٣	٤/٥٠
٤	الیاف / گرد و غبار	٤/٥٠	٤/٣٣
٥	انتشار مواد شیمیایی از مصالح	٤/٣٣	٤/٠٠
٦	میزان رطوبت	٣/٨٣	٤/٠٠
۷	کپک / باکتری	٤/١٧	٤/٠٠
۸	الکترواسماگ با فرکانس پایین	٤/١٧	٣/٦٧
۹	الکترواسماگ فرکانس بالا	٤/١٧	٣/٦٧
١٠	نور و رنگ ها از نظر روانی	٤/٥٠	٤/٣٣
١١	نویز / آکوستیک	٤/١٧	٤/٠٠
١٢	محیط اجتماعی/محله	٤/١٧	٤/٠٠
١٣	انتخاب مصالح ساختمانی/روش ساخت	٤/١٧	٤/٠٠
١٤	رفتار انتشار / جبران رطوبت	٣/٦٧	٣/٦٧
١٥	رادیواکتیویته / رادون	٤/١٧	٤/٠٠
١٦	مبلمان / طراحی داخلی	٤/٣٣	٤/٠٠
١٧	گرمایش/گرما	٤/٠٠	٤/١٧
١٨	تهویه مطبوع و طبیعی	٤/٣٣	٤/٣٣
١٩	تراکم مسکونی/تراکم سکونتگاه	٣/٨٣	٣/٨٣
٢٠	مصرف انرژی / تعادل زیست محیطی	٤/٣٣	٤/١٧
	مقدار میانگین	٤/٢٤	٤/٠٨



شکل۲– نمودار جمع بندی نظرات یافته های حاصل از روش بحث گروهی

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]
[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

مقایسه کیفیت "ساختمان سالم" با سه متغیر شیمی ساختمان، بیولوژی ساختمان و فیزیک ساختمان؛ و "نظر ساکنان" با سه متغیر بهره وری انرژی، رضایت ساکنان و سلامت ساکنان؛ مورد تحلیل قرار گرفت. نمودار مربوط نشان می دهد که به صورت کلی، به جز چند مورد محدود، دو متغیر اصلی شامل کیفیت "ساختمان سالم" و "نظر ساکنان" با یکدیگر ارتباط دارند. نمودار جمع بندی نظرات یافته های حاصل از روش بحث گروهی به خوبی همنوایی این دو متغیر را نشان می‌دهد. در جمع‌بندی نهایی در میان دو متغیر اصلی پژوهش یعنی نظر ساکنان و ساختمان سالم، می توان مشاهده نمود که برآیند پژوهش تاییدکننده فهرست ریزمتغیرهای طراحی شده است. با عنایت به جمع بندی صورت گرفته، محورهای اصلی موضوع در بحث شیمی ساختمان و نسبت آن با سلامت ساکنان در خانه و محل کار، مهمترین متغیرهای مورد بررسی عبارتند از سلامت جسمانی، سلامت روحی و روانی، میزان حضور دود و بوی سم در محیط، حضور الیاف معلق و گرد و غبار در محیط، درجه رطوبت، کپک یا باکتری، الکترواسماگ با فرکانس پایین، الکترواسماگ با فرکانس بالا، نور و رنگ ها از نظر روانی، نویز و آکوستیک، برخورداری از یک محیط اجتماعی فعال و محله سرزنده، انتخاب مصالح ساختمانی و روش ساخت متناسب با توان نیروی کار محدوده، رفتار انتشار اسپری برای جبران رطوبت، میزان رادیواکتیویته مانند رادون، مبلمان و طراحی داخلی، درجه گرمایش و گرما، میزان تهویه، درجه تراکم مسکونی یا میزان تراکم سکونتگاه، میزان مصرف انرژی و تعادل زیست محیطی؛ همه و همه در رویکرد جامع به نسبت شیمی ساختمان به سلامت ساکنان در خانه و محل کار موثرند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش به خوبی چشم انداز کلی بحث در حوزه رویکرد طراحی مبنا به ساختمان سالم با هدف ترسیم الگوی انتخاب مصالح آلودگی گریز برای ساختمان های اداری شهر تهران را رمزگشایی می کند.

محصولات ساختمانی و ساخت و ساز یکی از بزرگترین بازارهای نهایی مواد شیمیایی در پایین دست صنایع شیمیایی می باشد و انتظار می رود این بخش به دنبال افزایش شهرنشینی رشد کند. علاوه بر این، ساخت و ساز به عنوان بخش اولویت برای اقدام در مورد موضوع سیاست نوظهور مواد شیمیایی در محصولات، تحت رویکرد استراتژیک برای مدیریت بین المللی مواد شیمیایی شناسایی شده است. با در نظر گرفتن پتانسیل قرار گرفتن در معرض، در طول استفاده از محصولات ساختمانی و موانع احتمالی که مواد شیمیایی نگران‌کننده می‌توانند برای چرخش مواد ایجاد کنند، پرداختن به مواد شیمیایی نگران کننده در محصولات ساختمانی می‌تواند فرصت‌های قابل توجهی را برای پیشبرد مصرف و تولید پایدار و حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست ناشی از اثرات مضر آلودگی شیمیایی در راستای اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد فراهم سازد. با توجه به اینکه دانش علمی در مورد کاربردها و خطرات شیمیایی به طور مداوم در حال تغییر است، پرداختن به مواد شیمیایی مورد توجه در

جدول ۸- جمع بندی نظرات یافته های حاصل از روش بحث گروهی

محورهای بحث	نظر ساکنان			ساختمان سالم			متوسط / برآیند	
	بهره وری انرژی	رضایت ساکنان	سلامت ساکنان	شیمی ساختمان	بیولوژی ساختمان	فیزیک ساختمان	نظر ساکنان	کیفیت ساختمان
برآیند	٤/٣٨	٤/١٥	٤/٢٠	٤/٧٥	٣/٥٨	٣/٩٠	٤/٢٤	٤/٠٨

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

محصولات ساختمانی نیازمند یک رویکرد جامع‌نگر، از جمله اقدامات نظارتی مستمر و همچنین اقدام هدفمند توسط سهامداران صنعت در مراحل بالادستی زنجیره ارزش محصول است. طراحان و سازندگان محصولات ساختمانی باید به طور فعال ترکیب شیمیایی مواد خود را پیگیری و مدیریت کنند و اثرات بالقوه مواد شیمیایی مورد توجه را در طول چرخه عمر خود ارزیابی کنند. امید است تا برآوردهای مواجهه و ریسک برای بسیاری از ترکیبات محصولات ساختمانی شیمیایی و همچنین محصولات شناسایی‌شده و مواد شیمیایی مورد توجه برای آگاه کردن تصمیم‌گیرندگان و تولیدکنندگان برای تعیین دقیق محصولات/مواد شیمیایی اولویت‌دار مرتبط و تمرکز بر توسعه آینده مصالح ساختمانی ایمن‌تر مورد استفاده قرارگیرد.با مقایسه کیفیت "ساختمان سالم" با سه متغیر شیمی ساختمان، بیولوژی ساختمان و فیزیک ساختمان؛ و "نظر ساکنان" با سه متغیر بهره وری انرژی، رضایت ساکنان و سلامت ساکنان؛ می‌توان نتیجه گرفت که هر دو مولفه سلامت ساکنان در خانه و محل کار، و رضایتمندی آن‌ها، در رویکرد جامع به نسبت شیمی ساختمان به سلامت ساکنان حضوری موثر دارد که به شکل چشم‌گیری در حوزه‌های مختلف معماری و شهرسازی تاثیرگذار می‌باشند.

[1] Product Intake Fraction (PiF) quotient
[2] route-specific reference dose
[3] Maximum chemical Contents based on our High- Throughput Screening results
[4] hazard content ratio
[5] semi-volatile organic compounds
[6] chemicals of higher concern (CoCs)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پژوهش فرادکتری مریم رسول زاده است که به این ترتیب از حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس نشکر و قدردانی می شود. از زحمات شرکت کنندگان در برگزاری جلسات روش بحث گروهی متمرکز و تیم همکار ایشان که در تکمیل نمودن پرسشنامه‌ها کمک نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تاییدیه‌های اخلاقی

کلیه اصول اخالقی در زمینه چاپ و نشر این مقاله رعایت شده است.

تعارضِ منافع

عدم وجود تعارض منافع در فرم تعهد نویسندگان ذکر شده است.

سهم نویسندگان در مقاله

نویسنده اول، پژوهشگر و نگارنده اصلی مقاله، تدوین محتوا و مطالعات کتابخانه‌ای و فرآیند تحقیق با سهم ٪۷۰ و نویسنده دوم با سهم ٪۳۰ پژوهشگر همکار، مدیریت برداشت میدانی و کنترل فرآیند تحقیق.

منابع مالی/حمایت‌ها

پژوهش حاضر از پژوهش فرادکتری نویسنده اول با عنوان: "رویکرد طراحی مبنا به ساختمان سالم: الگوی انتخاب مصالح آلودگی گریز برای ساختمان های اداری شهر تهران" با مشاوره تخصصی نویسنده دوم استخراج شده و منتشر می گردد که به این ترتیب از حمایت معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه تربیت مدرس تشکر و قدردانی می شود.

منابع

1. Ece N. Baubiologie: Kriterien und architektonische Gestaltung. Birkhäuser; 2018 Mar 19. Available at: https://books.google.com.om/books?hl=en&lr=&id=mItsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=baubiologie&ots=AkJrIQ3OTy&sig=jwlkGKzWepwufXGInnk4UXwbPc&redir_esc=y#v=onepage&q=baubiologie&f=false
2. Rebernig A. Baubiologie–wenn die Wohnung schwarz wird, 2018; Baubiologie & Umweltmesstechnik. Available at: https://www.bau-biologie.at/wp-content/uploads/2015/02/Wenn-die-Wohnung-schwar-wird.pdf
3. Rasoolzadeh M, Moshari M. Prioritizing for Healthy Urban Planning: Interaction of Modern Chemistry and Green Material-based Computation. Naqshejahan-Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2021 May 10;11(1):94-105. Available at: http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-49429-fa.html
4. Virnich MH, für Baubiologie I, Baubiologen–VDB eV UB. Charakteristika von UMTS-Signalen. Energieversorgung & Mobilfunk ", Tagungsband der.;3. Available at: https://baubiologie-virnich.de/wp-content/uploads/2018/05/UMTS_Signalcharakteristik.pdf
5. Shams G, Rasoolzadeh M. Bauchemie: Environmental Perspective to Well-Building and Occupant Health. Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2023 Jan 10; 12(4):51-69. https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1401.12.4.2.8
6. Shams G, Moshari M. Health and Post-Corona: Air Filtration through Building Skins as Biological Membranes. Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2022 Jan 10;11(4):44-59. [Persian] https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.4.3.2
7. Loftness V, Hakkinen B, Adan O, Nevalainen A. Elements that contribute to healthy building design. Environmental health perspectives. 2007 Jun;115(6):965-70. https://doi.org/10.1289/ehp.8988

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

8. Ghomeshi M, Pourzargar M, Mahdavinejad M. A Healthy Approach to Post-COVID Reopening of Sugar Factory of Kahrizak, Iran. InINTERNATIONAL SYMPOSIUM: New Metropolitan Perspectives 2022 (pp. 2638-2647). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_252

9. Mohtashami N, Mahdavinejad M, Bemanian M. Contribution of city prosperity to decisions on healthy building design: A case study of Tehran. Frontiers of Architectural Research. 2016 Sep 1;5(3):319-31. https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.06.001

10. Huang L, Fantke P, Ritscher A, Jolliet O. Chemicals of concern in building materials: a high-throughput screening. Journal of Hazardous Materials. 2022 Feb 15;424:127574.

11. Huang L, Anastas N, Egeghy P, Vallero DA, Jolliet O, Bare J. Integrating exposure to chemicals in building materials during use

16. Huang L, Micolier A, Gavin HP, Jolliet O. Modeling chemical releases from building materials: The search for extended validity domain and parsimony. InBuilding Simulation 2021 Aug (Vol. 14, pp. 1277-1293). Tsinghua University Press.

17. Fantke P, Chiu WA, Aylward L, Judson R, Huang L, Jang S, Gouin T, Rhomberg L, Aurisano N, McKone T, Jolliet O. Exposure and toxicity characterization of chemical emissions and chemicals in products: global recommendations and implementation in USEtox. The international journal of life cycle assessment. 2021 May;26:899-915.

18. Jolliet O, Huang L, Hou P, Fantke P. High throughput risk and impact screening of chemicals in consumer products. Risk Analysis. 2021 Apr;41(4):627-44.

19. pharosproject.net

20. Jolliet O, Ernstoff AS, Csiszar SA, Fantke P. Defining product intake fraction to quantify and compare exposure to consumer products.

21. Deng B, Kim CN. An analytical model for VOCs emission from dry building materials.

stage. The international journal of life cycle assessment. 2019 Jun 1;24:1009-26.

12. Ye W, Won D, Zhang X. Examining the applicability of empirical models using short-term VOC emissions data from building materials to predict long-term emissions. InBuilding Simulation 2016 Dec (Vol. 9, pp. 701-715). Tsinghua University Press.

13. Liu Z, Ye W, Little JC. Predicting emissions of volatile and semivolatile organic compounds from building materials: a review. Building and Environment. 2013 Jun 1;64:7-25.

14. Little JC, Hodgson AT, Gadgil AJ. Modeling emissions of volatile organic compounds from new carpets. Atmospheric Environment. 1994 Jan 1;28(2):227-34.

15. Huang L, Jolliet O. A parsimonious model for the release of volatile organic compounds (VOCs) encapsulated in products. Atmospheric Environment. 2016 Feb 1;127:223-35.

Atmospheric Environment. 2004 Mar 1;38(8):1173-80.

22. Van Eeuwijk P, Angehrn Z. How to Conduct a Focus Group Discussion (FGD). Methodological Manual. Basel: University of Basel. 2017.

23. Sim J, Waterfield J. Focus group methodology: some ethical challenges. Quality & quantity. 2019 Nov;53(6):3003-22. https://doi.org/10.1007/s11135-019-00914-5

24. Yulianti T, Sulistyawati A. Online Focus Group Discussion (OFGD) Model Design in Learning. 2021

25. Williams SN, Armitage CJ, Tampe T, Dienes K. Public perceptions and experiences of social distancing and social isolation during the COVID-19 pandemic: A UK-based focus group study. BMJ open. 2020 Jul 1;10(7):e039334. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-039334

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from bsnt.modares.ac.ir on 2024-02-24]

[DOR: 20.1001.1.23224991.1402.13.3.7.8]