تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۸/۳۰

میترا مقصودی[۱]، سیدعلی سیدیان[۲]، امین مهنام[۳]، عباسعلی شاهرودی[۴]

# بهره‌گیری از تکنولوژی تشخیص چهره در خلق معماری هوشمند احساس‌گرا: رهیافتی در بازشناسی احساسات کاربران در ادراک بصری نمای ساختمان هوشمند[۵]

## چکیده

احساسات بخش عمده‌ای از وجود انسان و تعاملات اجتماعی او را تشکیل می‌دهد، بنابراین یافتن وجوه گوناگون و بازشناسی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از اهداف معماری هوشمند احساس‌گرا طراحی فضاهایی است که در آنها قابلیت تأثیرگذاری بر حالات روان‌شناختی و احساسی افراد وجود داشته باشد. بر این اساس پژوهش حاضر به دنبال برقراری ارتباط میان انسان و فضای معماری و بررسی نقش تکنولوژی‌های پیشرفته جهت برقراری تعادلی منطقی میان این دو حوزه است. بدین منظور جهت بررسی کاربردی موضوع، حالات احساسی ۴۴ نمونه (۲۲ مرد و ۲۲ زن) با میانگین سنی ۱۸-۲۸ سال در هنگام رویارویی با هندسه و تناسبات گوناگون یک نمای هوشمند ثبت شد و ۵ حالت احساسی آنان طبق نمودار برانگیختگی-جاذبه و با استفاده از سه روش پرسش‌نامه، ضبط تصاویر ویدئویی و پردازش تصویر حالات چهره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که می‌توان دسته‌های احساسی مشخصی را برای افراد در هنگام مشاهده نماهای گوناگون تعریف نمود. همچنین در بررسی انجام گرفته جهت بازشناسی احساسات مشخص شد که در ۶۵٪ موارد میان بازشناسی احساسی صورت گرفته به روش پرسش‌نامه و آنالیز تصاویر چهره به کمک نرم‌افزار هم‌خوانی وجود دارد. در انتها الگویی جهت تغییر نما به شکل هوشمند و متناسب با اشخاصی که از نما بازدید می‌کنند ارائه گردید.

**کلیدواژه‌ها:** معماری هوشمند، طراحی احساس‌گرا، پردازش تصویر، تشخیص چهره، نمای هوشمند.

[۱] کارشناس ارشد مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، استان مازندران، شهر بابلسر (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail: m.maghsoudy@stu.umz.ac.ir

[۲] استادیار مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، استان مازندران، شهر بابلسر
E-mail: a_seyedian@umz.ac.ir

[۳] استادیار مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، استان اصفهان، شهر اصفهان
E-mail: amin.mahnam@gmail.com

[۴] استادیار مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه مازندران، استان مازندران، شهر بابلسر
E-mail: aashahroudi@gmail.com

[۵] این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد معماری میترا مقصودی با عنوان «ارزیابی توأمان پارامترهای تأثیرگذار بر آسایش حرارتی و مؤلفه‌های آرامش روانی در طراحی فضاهای باز شهری با بهره‌گیری از علوم مغز و اعصاب» با راهنمایی دکتر عباسعلی شاهرودی و مشاوره دکتر امین مهنام در دانشگاه مازندران است.

## مقدمه

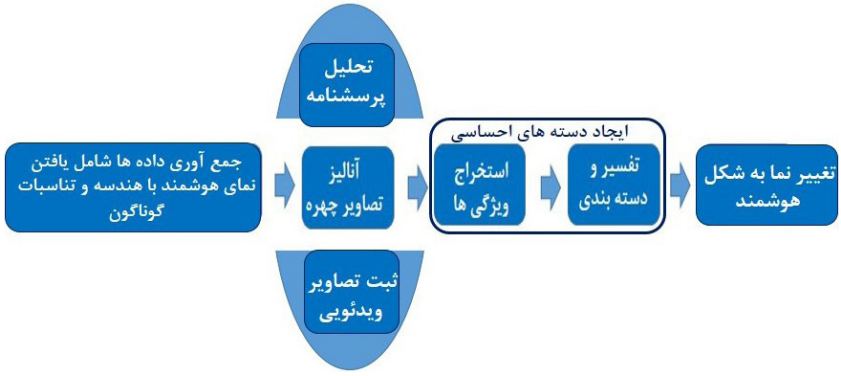
همه ما در طول زندگی و در شرایط مختلف احساسات گوناگونی را تجربه کرده‌ایم. احساسات بر تصمیم‌گیری‌ها، تجربیات و بیش از همه بر تعاملات اجتماعی و ارتباطات ما با دیگر اشخاص تأثیرگذارند، بنابراین مدیریت صحیح احساسات و تلاش برای بازشناسی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Cer-nea, 2015, 70-86). بهترین و کاربردی‌ترین تعریف از احساس و اندازه‌گیری آن که توسط دسمیت[1] ارائه شده است بیان می‌دارد که احساس پدیده‌ای است شامل چهار مؤلفه: (۱) واکنش‌های رفتاری[2] (به‌عنوان مثال انتخاب شیوه در برخورد با اشخاص یا مسائل)، (۲) واکنش‌های بروز حالت[3] (همچون تغییرات در چهره و صدای شخص)، (۳) واکنش‌های فیزیولوژیک[4] (برای مثال تغییرات نرخ ضربان قلب یا نرخ تنفس هنگام وحشت) و (۴) تجربه ذهنی و درونی[5] (به‌عنوان نمونه احساس سردرگمی یا ناامیدی) (Desmet, 2001, 32-47). توجه به احساسات انسان‌ها، برانگیختن احساسات مثبت در آنان و طراحی فضای زندگی بر اساس آن امری ضروری است که در معماری امروز باید به‌شدت مورد توجه قرار گیرد. اما نکته‌ای که وجود دارد این است که شناسایی نیازهای حسی در حال رشد، تغییر کاربران و به‌کارگیری نیازها در فرایند طراحی به سهولت امکان‌پذیر نیست (باقری، ۱۳۹۳، ۶۳-۷۶).

امروزه هنگامی که از ساختمان هوشمند نام برده می‌شود به جنبه‌های اقلیم و انرژی در آن توجه می‌گردد؛ بنابراین هر ساختمان بسته به نوع کاربری، اقلیم، جهت‌گیری و شفافیت به رویکرد طراحی متفاوتی نیاز دارد. وجود سیستم‌های سازه‌ای هوشمند در پیشرفت ایده کنترل هوشمند ساختمان نقش اساسی داشته‌اند و می‌توانند سبب بهبود روش‌های طراحی، ساخت‌وساز ساختمان‌ها و عملکرد بهینه اجزای ساختمان شوند (وکیلی‌راد، ۱۳۹۱، ۶۴). سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا معماری می‌تواند با استفاده از تکنولوژی‌های نوظهور به گونه‌ای انعطاف‌پذیر گردد که متناسب با شرایط احساسی کاربران در طول زمان بهره‌برداری تغییر کند؟ پاسخ به این سؤال رویکرد جدیدی را در معماری ایجاد خواهد کرد که می‌توان از آن به‌عنوان «معماری هوشمند احساس‌گرا» یاد کرد. طراحی احساس‌گرا می‌تواند پاسخی مناسب به این نیاز باشد که یک اثر معماری در طول زمان ثابت و غیرقابل تغییر نبوده و متناسب با حالات حسی کاربران تغییر کند. با بهره‌گیری از این سیستم بناهای آینده قادر خواهند بود رنگ، اندازه و شکل خود را به نسبت اشخاص پیرامون خویش تغییر دهند و در ایجاد احساس مطلوب در اشخاص در حین استفاده از فضا گام بردارند. ساختمان پاسخ‌ده می‌تواند حس حضور اشخاص را به اشکال مختلف نشان دهد و همچنین عوامل دیگری ازجمله سرگرمی، مراقبت، سلامتی و امنیت را برای استفاده‌کنندگان از فضا فراهم نماید.

یکی از مؤثرترین روش‌ها که می‌توان به منظور ایجاد رابطه بین احساسات کاربران و طراحی فضا از آن بهره گرفت استفاده از عکس‌العمل‌های بروز حالت و ثبت تصاویر چهره است که در پژوهش حاضر به آن پرداخته شده است. شناسایی حالات چهره از دیرباز مورد توجه روان‌شناسان بوده است. داروین در سال ۱۸۷۸ یکسان بودن نحوه بروز احساس در چهره افراد مختلف را بررسی کرد. حدود ۱ قرن بعد، در سال ۱۹۷۸، اکمن مطالعه مشابهی روی افراد بدوی در گینه‌نو انجام داد. او در ادامه کارهایش سیستم FACS[6] را تدوین کرد. سیستم ارائه شده با ردیابی خودکار اعضای چهره، تغییرات آنها را کشف کرده و در قالب کدهای مشخص دسته‌بندی و آنها را به احساس‌هایی با شدت ظهور معین تفسیر می‌کند. این سیستم ضمن کشف چند احساس همزمان، تناقض‌های احتمالی پیش‌آمده را نیز حذف می‌کند (Ekman, 1978).

پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سؤالات است که تأثیرات هندسه و تناسبات نما و تغییرات هوشمند آن بر احساسات استفاده‌کنندگان از فضا چگونه است؟ و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های روز (تکنولوژی تشخیص چهره) به چه شکل می‌تواند به ارتقای کیفیت فضاهای معماری کمک نماید؟ به این منظور

جهت بررسی موضوع به شکل کاربردی حالات چهره اشخاص در هنگام مشاهده نماهای مختلف هوشمند ثبت شد و احساسات آنها در هنگام رویارویی با این حالات مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از استخراج ویژگی‌ها و تفسیر و طبقه‌بندی آنها حالت‌های احساسی مربوط به هر تصویر برای گروه‌های مختلف شناسایی شد و در انتها الگوی تغییر نما به شکل هوشمند برای هر گروه از اشخاص مشخص گردید. شکل ۱ فرایند طی شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.




**شکل ۱. فرایند طراحی معماری هوشمند مطابق با حالات احساسی کاربران**

**منبع:** نگارندگان

## معماری هوشمند احساس‌گرا

معماری هوشمند احساس‌گرا که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود امکان تعامل انسان و فضای طراحی شده را فراهم می‌آورد. این معماری تنها بر اساس شرایط اقلیمی تغییر نخواهد یافت بلکه از آن فراتر رفته و ویژگی‌های انسانی را در نظر می‌گیرد. این نوع از معماری احساسات انسان را شناسایی می‌کند و مطابق آن تغییر می‌یابد و با توجه به شرایط احساسی اشخاص سعی در ایجاد احساس مطلوب‌تر و ایجاد شرایط بهتر برای انسان دارد.

## انواع روش‌های طراحی احساس‌گرا و ارزیابی احساسات و مزایا و معایب آنها

روش‌های مختلفی جهت طراحی احساس‌گرا وجود دارد؛ ازجمله این روش‌ها می‌توان به روش مهندسی کانسی، ثبت سیگنال‌های مغزی و آنالیز تصاویر چهره اشاره کرد. کانسی یک واژه ژاپنی به معنای احساسات است که توسط پروفسور ناگاماچی (۱۹۷۰) توسعه داده شده است (Ishihara *et al.*, 2010, 1–6). هدف اصلی مهندسی کانسی، تجزیه‌وتحلیل رابطه بین ویژگی‌های کیفی احساسات انسان و ویژگی‌های کمّی طراحی است (Hung and Nieh, 2009, 137–148). بنابراین طراحی احساس‌گرا از طریق تکنولوژی‌ها، مواد و تکنیک‌های جدید بر حواس و احساسات مخاطبان متمرکز می‌شود (باقری، ۱۳۹۱، ۵۱–۶۰). روش دیگری که جهت بازشناسی احساسات قابل بهره‌گیری است روش ثبت سیگنال‌های مغزی است. در اثر ارائه محرک‌های خارجی، تغییر رفتار و احساس انسان با تغییرات میزان هورمون در بدن و تغییر سیگنال‌های مغزی همراه است. ارزیابی احساس کاربران در این روش از طریق تجزیه‌وتحلیل امواج تتا، آلفا و mu که موجب بروز واکنش‌های احساسی می‌شوند، صورت می‌پذیرد (Vecchiato *et al.*, 2015, 425–429). بنابراین ریشه‌های طراحی احساس‌گرا را می‌توان به‌نوعی در علوم مغز و اعصاب نیز جستجو کرد؛ علوم مغز و اعصاب اطلاعاتی را درباره فرایندهای شناختی در طی پردازش مکان ارائه و عواملی

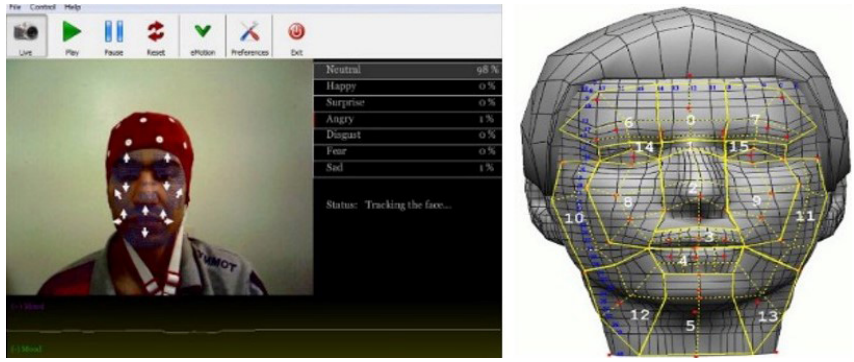
که باعث ایجاد ادراکاتی چون احساسات، آشنایی، راحتی، شگفتی، یا غم با حرکت در فضای معماری می‌گردند را معرفی می‌نمایند (شاهرودی، ۱۳۹۳). بنابراین با توجه به مطالعات انجام‌گرفته جهت یافتن و ارزیابی احساسات کاربران به‌منظور بهره‌گیری از آن در طراحی مطلوب روش‌های ذکرشده قابل‌استفاده است که هریک دارای مزایا و معایب خاص خود است. در روش پرسش‌نامه و مهندسی کانسی مطرح کردن تعداد زیاد احساسات سبب سردرگمی پاسخ‌دهنده و دشواری تطبیق احساس با طراحی موردنظر برای او می‌شود، اما درعین‌حال این روش ساده‌ترین و در دسترس‌ترین روش جهت ارزیابی احساسات کاربران از فضای معماری است. روش دیگر، آنالیز تصاویر چهره با استفاده از نرم‌افزارهای موجود است. این روش یک روش کارآمد و متناسب با تکنولوژی روز است که امکان بازشناسی احساسات بر اساس تصاویر چهره را فراهم می‌آورد. تاکنون ۲۱ احساس بر اساس نرم‌افزارهای طراحی شده در این زمینه بازشناسی شده است که می‌تواند اطلاعات جامعی را در اختیار طراحان قرار دهد. همچنین در این روش امکان ثبت تعداد زیاد تصاویر چهره و آنالیز آن به‌طور هم‌زمان وجود دارد که در طراحی مکان‌های عمومی مورد استفاده تعداد زیاد اشخاص قابل‌استفاده است. تنها ضعف این روش آن است که برخی احساسات مانند احساس نفرت یا احساس ناراحتی در چهره افراد به‌راحتی قابل بازشناسی نیستند. البته با پیشرفت سریع تکنولوژی چنین ضعف‌هایی قابل رفع خواهد بود، برای مثال با استفاده از نرم‌افزار ایموشن احساس ناراحتی بهتر از احساس نفرت تشخیص داده شده است (ایل‌بیگی، یزدچی و مهنام، ۱۳۹۳، ۲۷– ۴۰). ضعف روش ثبت سیگنال‌های مغزی نیز در این است که نیاز به یک ثبت‌کننده سیگنال دارد و تا حدودی به نویز و اغتشاش حساس است؛ بنابراین به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از هر سه روش به‌عنوان مکمل می‌تواند راهگشای معماران و طراحان جهت طراحی معماری هوشمند مطابق با نیازها و تمایلات احساسی کاربران گردد. در پژوهش حاضر دو روش پرسش‌نامه و آنالیز تصاویر چهره جهت بازشناسی احساسات به‌کار گرفته شده است که در ادامه به جزئیات آن پرداخته می‌شود.

## تکنولوژی تشخیص چهره و کاربرد آن در معماری

با توجه به نقش احساسات در زندگی انسان، چنانچه بتوان احساسات را به کمک تحلیل حالت چهره بازشناسی کرد، می‌توان حالت‌های احساسی واقعی اشخاص را تشخیص داد. یکی از کاربردهای این امر در معماری کمک به ارتقای کیفیت طراحی در فضاهای داخلی و خارجی متناسب با شرایط احساسی کاربران است.

### نحوه پردازش تصاویر چهره

پس از دریافت تصاویر چهره در حین انجام آزمایش، نوبت به پردازش این تصاویر برای تشخیص حالت چهره می‌رسد. به‌طورکلی، عملکرد سیستم تشخیص خودکار حالت چهره به سه بخش تقسیم می‌شود: (۱) یافتن و دنبال کردن چهره در تصویر، (۲) استخراج ویژگی و (۳) طبقه‌بندی حالت‌های مختلف. یکی از روش‌های دنبال کردن تغییرات چهره، روش تغییر تکه‌ای بزر[۷]، معروف به روش PBVD است. نمایی از مدل تغییرات حجمی تکه‌ای بزر و ۱۶ حجم آن در شکل ۲ نمایش داده شده است (Tao, 2007, 39). پس از به دست آوردن تغییرات با استفاده از ۱۲ واحد حرکتی[۸] و جهت حرکت آنها می‌توان حالت‌های احساسی را از هم بازشناسی کرد.

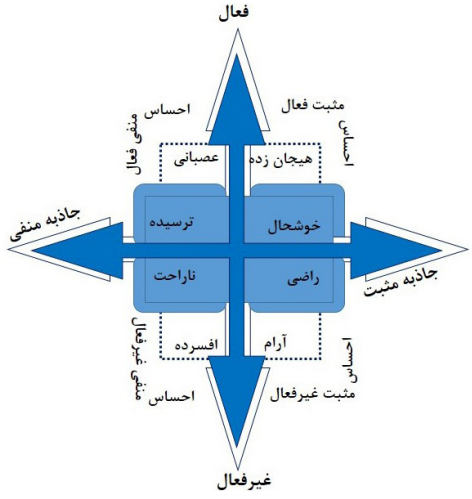



**شکل ۲. نمایی از مدل تغییرات حجمی تکه‌ای بزر و ۱۲ واحد حرکتی جهت بازشناسی احساسات**

**منبع:** ایل‌بیگی، یزدچی، مهنام، ۱۳۹۳، ۳۷

## دسته‌بندی انواع حالات چهره

مهم‌ترین مسئله‌ای که در این بخش مطرح می‌شود تعریف گروه‌های احساسی است. محققان به‌صورت کلی دو روش دسته‌بندی را به‌کار برده‌اند. روش اول، دسته‌بندی احساسات به‌صورت گسسته است (Ko *et al.*, 2009, 865–870). برای مثال احساس ترس، خشم، شادی، ناراحتی، حیرت، نفرت و تحقیر (Chalup, 2010, 262–278). اگرچه این روش، فرایند تفکیک را آسان می‌کند اما محدودیت‌هایی مانند وابستگی نام‌گذاری احساسات به فرهنگ و زبان اشخاص را دارد (Leon, 2004, 724–728). روش دیگر استفاده از فضای دوبعدی برانگیختگی- جاذبه است که در آن محور عمودی برانگیختگی، میزان فعال و غیرفعال بودن احساس و محور افقی جاذبه، مثبت یا منفی بودن احساس را نشان می‌دهد. در شکل ۳ نمایی از فضای احساسی نشان داده شده است (Liu, 2010, 262–269).




**شکل ۳. فضای دوبعدی برانگیختگی- جاذبه**

**منبع:** Liu, 2010, 265

با توجه به موارد بالا در پژوهش حاضر ۵ حالت احساسی خوشحالی، ناراحتی، آرامش و راحتی، تعجب و حالت خنثی طبق نمودار برانگیختگی- جاذبه انتخاب گردید. همان‌طور که مشخص است احساسات به‌صورت کلی و مثبت و منفی در نظر گرفته شده است و به بازشناسی آنها در حین مشاهده نماها با

تناسبات هندسی گوناگون پرداخته شده است. در ابتدا ۸ حالت احساسی در پرسش‌نامه قرار گرفت و از شرکت‌کنندگان خواسته شد پرسش‌نامه را تکمیل نمایند. در این حالت به دلیل تعداد زیاد حالات احساسی و تداخل احساسات (داشتن چند احساس به‌طور هم‌زمان)، اکثریت شرکت‌کنندگان نتوانستند نوع احساس خود را بیان نمایند لذا در مرحله بعد تعداد احساسات کاسته شد و از آنان خواسته شد که برای هر تصویر تنها یک حالت احساسی غالب خود را بیان نمایند. این مرحله نتیجه مطلوب‌تری را به همراه داشت و تنها مسئله موجود لفظ به‌کاررفته برای برخی احساسات بود. در این مرحله اکثر شرکت‌کنندگان اذعان داشتند که بیان دو لفظ خوشحالی و ناراحتی برای آنان در حین مشاهده نما ملموس نیست، لذا طبق مطالعات انجام‌گرفته و چندین مرحله آزمون و خطا برخی از کلمات جدید جهت بیان احساس در حین مشاهده نمای ساختمان جایگزین کلمات پیشین شد. به این منظور کلمه خوشایندی جایگزین کلمه خوشحالی و کلمه ناخوشایندی جایگزین کلمه ناراحتی گردید. البته این تغییرات مربوط به بیان احساس از طریق پرسش‌نامه است و در مرحله ثبت تصاویر چهره جهت بازشناسی احساسات نیاز به چنین تغییراتی وجود نداشت.

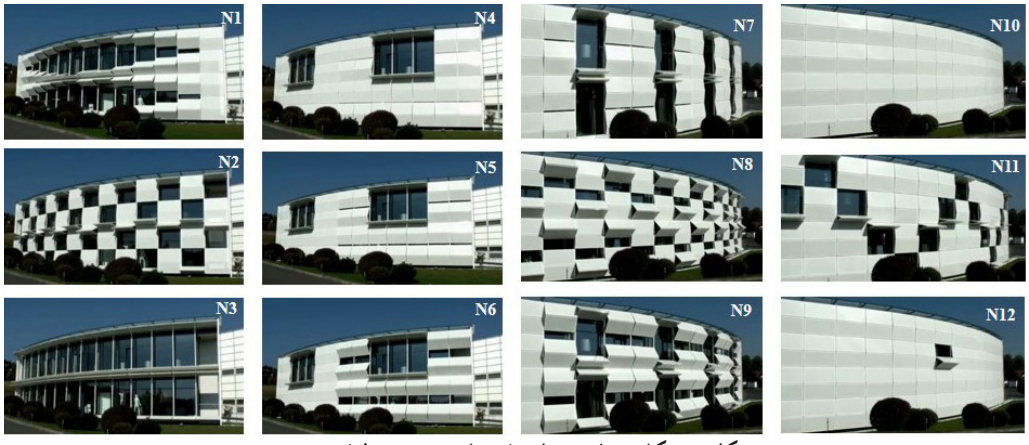
## فرایند پژوهش

### کاربرد تکنولوژی تشخیص چهره در معماری هوشمند احساس‌گرا

با توجه به مطالعات انجام گرفته به‌منظور هوشمندسازی نمای ساختمان مطابق با شرایط احساسی بازدیدکنندگان، بهره‌گیری از تکنولوژی تشخیص چهره بهترین راه‌حل خواهد بود زیرا امکان ثبت تعداد بسیار زیاد چهره جهت بازشناسی احساس را در کوتاه‌ترین زمان فراهم خواهد آورد. با بهره‌گیری از این روش امکان ایجاد دسته‌های احساسی نسبت به هر نمای طراحی شده به‌وجود می‌آید و پس از آن نمای مورد نظر مطابق با میانگین نظرات اشخاص حاضر در مکان، امکان تغییر خواهد داشت. با پیشرفت این تکنولوژی در آینده نزدیک امکان تطابق حداکثری بین انسان و معماری به‌وجود خواهد آمد و این امر سبب ایجاد ارتباط بهتر و افزایش حس امنیت و آرامش در فضاهای معماری برای استفاده‌کنندگان از آن خواهد شد.

### جمع‌آوری و دسته‌بندی نمونه‌ها و چگونگی اجرای فرم به محیط معماری

با توجه به اهمیت تأثیر طراحی نمای ساختمان بر احساسات و در نتیجه رفتار کاربران، در پژوهش حاضر تلاش شد تا تأثیرات احساسی هندسه و تناسبات مختلف نماهای ساختمان بر انسان‌ها و همچنین امکان تغییرات هوشمند این نما متناسب با حالات احساسی آنان مورد بررسی و آزمایش قرار گیرد. در این زمینه ۱۲ تصویر مربوط به یک نمای هوشمند طراحی شده به اشخاص نشان داده شد (شکل ۴). با توجه به اینکه هدف از این پژوهش بررسی هندسه و تناسبات به‌کار رفته در نمای ساختمان بود، تصاویر باید به‌گونه‌ای انتخاب می‌شد که تأثیر سایر پارامترهای طراحی به حداقل می‌رسید لذا یک نمای هوشمند انتخاب و سکانس‌های مختلف آن به شرکت‌کنندگان نشان داده شد. مدت‌زمان نمایش هر تصویر ۱۰ ثانیه بود و پس از هر تصویر، ۱۰ ثانیه تصویر خاکستری جهت استراحت ذهنی نمونه‌ها به آنان نشان داده شد و حالات چهره اشخاص در حین تماشای تصاویر ثبت گردید. سپس از طریق پرسش‌نامه و ثبت تصاویر ویدئویی و همچنین آنالیز تصاویر چهره با استفاده از نرم‌افزار احساسات آنان مورد ارزیابی قرار گرفت و پنج دسته احساسی خوشحالی، آرامش و راحتی، تعجب، ناراحتی و خنثی مشخص گردید.




**شکل ۴. سکانس‌های مختلف از نمای هوشمند طراحی شده**

**منبع:** Wiberg, 2010, 21

## پیش‌پردازش و انتخاب ویژگی‌های احساسی

با توجه به انواع روش‌های دسته‌بندی احساسات که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، دو روش گسسته و فضای دوبعدی برانگیختگی- جاذبه روش‌های متداول بازشناسی احساسات هستند. بر اساس مطالعات انجام گرفته و بررسی نقاط قوت و ضعف هر یک از روش‌ها، روش برانگیختگی- جاذبه مناسب‌تر دیده شد؛ بنابراین طبق این نمودار، ۵ دسته احساسی خوشحالی، ناراحتی، آرامش و راحتی، تعجب و حالت خنثی انتخاب گردید. پس از آن نام‌گذاری این احساسات مطابق با درک بهتر نمونه‌ها مقداری تغییر داده شد. به این صورت که خوشحالی و ناراحتی به خوشایندی و ناخوشایندی تغییر یافت تا درک آن در پرسش‌نامه برای اشخاص راحت‌تر صورت پذیرد. شکل ۵ حالات احساسی انتخاب شده بر اساس فضای دوبعدی برانگیختگی-جاذبه را نشان می‌دهد.

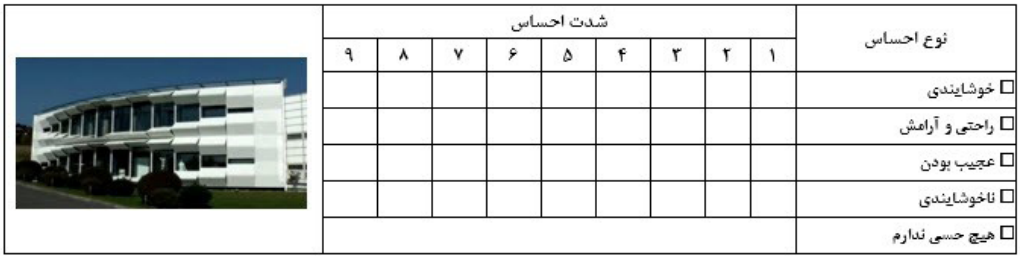
**شکل ۵. حالات احساسی انتخاب شده طبق نمودار برانگیختگی-جاذبه**

**منبع:** نگارندگان

## ارائه پرسش‌نامه

پرسش‌نامه شامل ۱۲ قطعه عکس از نماهای هوشمند طراحی شده در اختیار نمونه‌ها قرار گرفت و از آنها خواسته شد حالت احساسی خود را نسبت به هر تصویر بیان و میزان احساس خود را با انتخاب اعداد ۱ تا

۹ مشخص نمایند. جهت تکمیل پرسش‌نامه ۴۴ نفر (۲۲ مرد و ۲۲ زن) که دارای سن ۱۸ – ۲۸ سال بودند از میان دانشجویان و دانش‌آموزان مقطع متوسطه یکی از محلات شهر اصفهان به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. بر اساس مطالعات «کلاین» برای تعیین حجم نمونه در مطالعات رگرسیونی روش ضرب تعداد سؤال‌ها در عدد حداقل ۳ و حداکثر ۵ اعلام شده که در این مطالعه نیز از آن استفاده می‌شود. پس از آن از میان همین جامعه آماری ۱۲ نفر جهت ثبت تصاویر چهره انتخاب گردید. در زمینه ثبت تصاویر چهره نیز طبق مطالعات انجام‌گرفته و به دلیل دشواری تست‌های انسانی حداقل تعداد قابل قبول در این‌گونه تست‌ها ۱۲ نفر است. بخشی از پرسش‌نامه ارائه شده در شکل ۶ آورده شده است.




**شکل ۶. بخشی از پرسش‌نامه ارائه شده**

**منبع:** نگارندگان

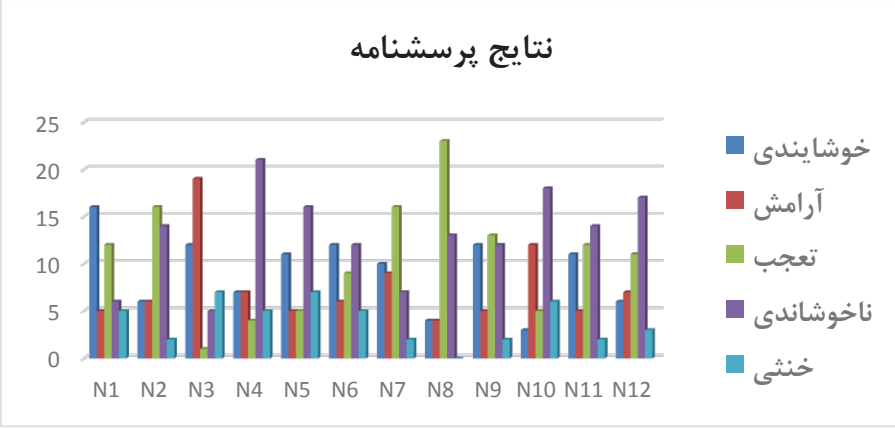
## تحلیل و ارزیابی نتایج حاصل از پرسش‌نامه

نتایج برآمده از پرسش‌نامه مشخص‌کننده فراوانی داده‌ها در انتخاب هریک از حالات احساسی مربوط به نمای ساختمان مشاهده شده توسط نمونه‌ها است. در جدول ۱ نتایج برآمده از تحلیل پرسش‌نامه نشان داده شده است. همچنین در شکل ۷ میزان فراوانی داده‌ها به‌صورت نمودار میله‌ای نشان داده شده است. تصاویر انتخابی با N1 تا N12 و نوع احساس نیز با حروف A (خوشایندی)، B (آرامش و راحتی)، C (تعجب)، D (ناخوشایندی)، E (خنثی) در جدول مشخص شده است.

**جدول ۱. نتایج برآمده از پرسش‌نامه**

| | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **خوشایندی (A)** | 16 | 6 | 12 | 7 | 11 | 12 | 10 | 4 | 12 | 3 | 11 | 6 |
| **آرامش (B)** | 5 | 6 | 19 | 7 | 5 | 6 | 9 | 4 | 5 | 12 | 5 | 7 |
| **تعجب (C)** | 12 | 16 | 1 | 4 | 5 | 9 | 16 | 23 | 12 | 5 | 12 | 11 |
| **ناخوشایندی (D)** | 6 | 13 | 5 | 20 | 15 | 12 | 7 | 12 | 12 | 17 | 13 | 15 |
| **خنثی (E)** | 5 | 2 | 7 | 5 | 7 | 4 | 1 | 0 | 2 | 5 | 2 | 3 |

**منبع:** نگارندگان




**شکل ۷. جدول فراوانی داده‌ها**

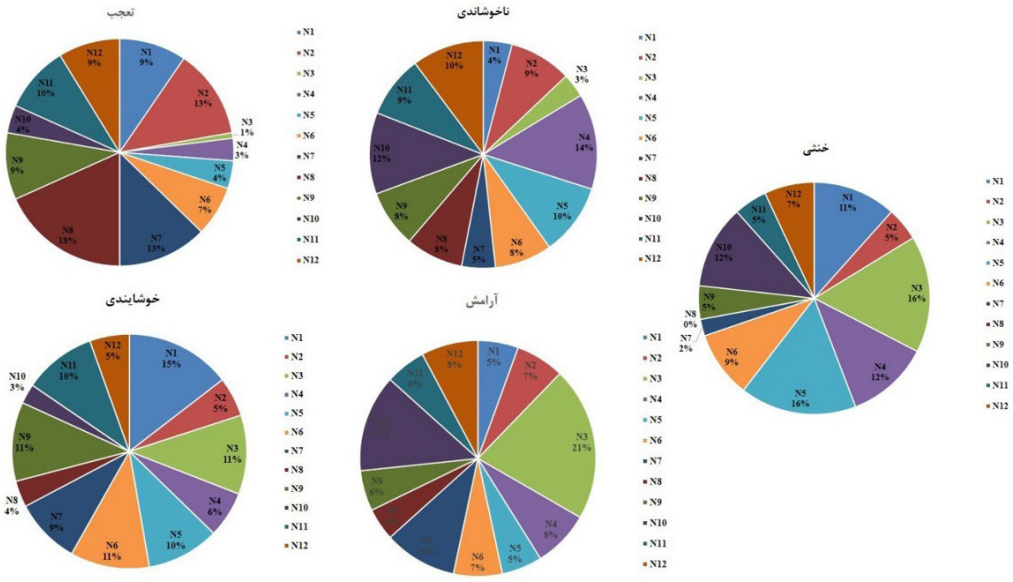
**منبع:** نگارندگان

طبق داده‌های استخراج شده از جدول تصویر N1 به‌عنوان خوشایندترین تصویر، N3 آرامش‌بخش‌ترین، N8 عجیب‌ترین، N4 ناخوشایندترین و N5 به‌عنوان خنثی‌ترین تصاویر انتخاب شدند. در شکل ۸ تصاویر با بیشترین حالت احساسی انتخاب شده توسط نمونه‌ها آورده شده است.

**شکل ۸. حداکثر حالت‌های احساسی مشخص شده برای هر تصویر توسط نمونه‌ها**

**منبع:** نگارندگان

همان‌طور که در تصاویر و همچنین در نمودارهای شکل ۹ مشاهده می‌کنید تصویر N1 با میانگین ۱۵٪ به‌عنوان خوشایندترین تصویر انتخاب شده است و پس از آن تصاویر N3، N6 و N9 با ۱۱٪ به‌عنوان تصاویر خوشایند شناخته شده‌اند. تصویر N۱۰ با میانگین ۳٪ دارای کمترین میزان خوشایندی است. در مقابل تصویر N4 با ۱۴٪ ناخوشایندترین تصویر و پس از آن N10 با ۱۲٪ ناخوشایند شناخته شده است. تصاویر N3 و N1 که به ترتیب به‌عنوان آرامش‌بخش‌ترین و خوشایندترین تصاویر انتخاب شده بودند دارای کمترین میزان ناخوشایندی هستند و تنها ۵ نفر برای تصویر N3 و ۶ نفر برای تصویر N1 ابراز ناخوشایندی با درجه پایین داشته‌اند. در نمودار شکل ۹ توزیع فراوانی داده‌ها به‌طور کامل نشان داده شده است.

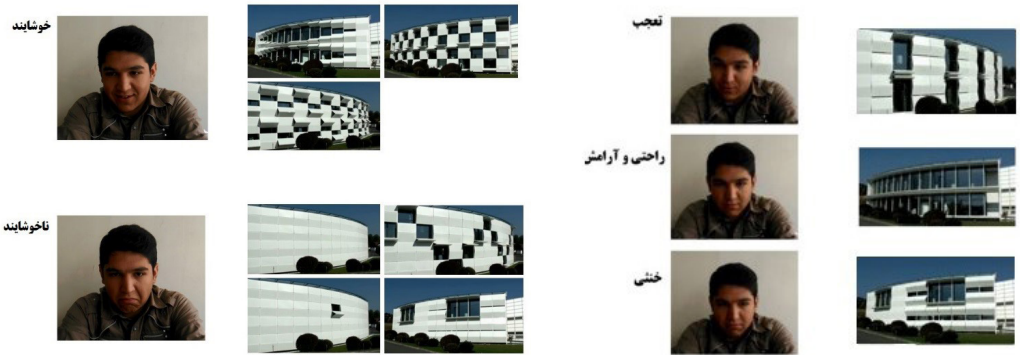



**شکل ۹. نمودار دایره‌ای فراوانی حالت‌های احساسی مشخص شده برای هر تصویر**

**منبع:** نگارندگان

## آنالیز تصاویر ویدئویی

پس از بررسی داده‌های برآمده از پرسش‌نامه به‌منظور دست یافتن به بهترین نتیجه جهت مشخص شدن حالات احساسی اشخاص ثبت تصاویر ویدئویی چهره انجام گرفت. در شکل ۱۰ تصاویر چهره ثبت شده در ۵ حالت احساسی به همراه تصاویر مربوط به آن برای یک نمونه آورده شده است.




**شکل ۱۰. حالت‌های آرامش، ناراحتی، تعجب و خوشحالی**

**منبع:** نگارندگان

## پردازش تصاویر چهره

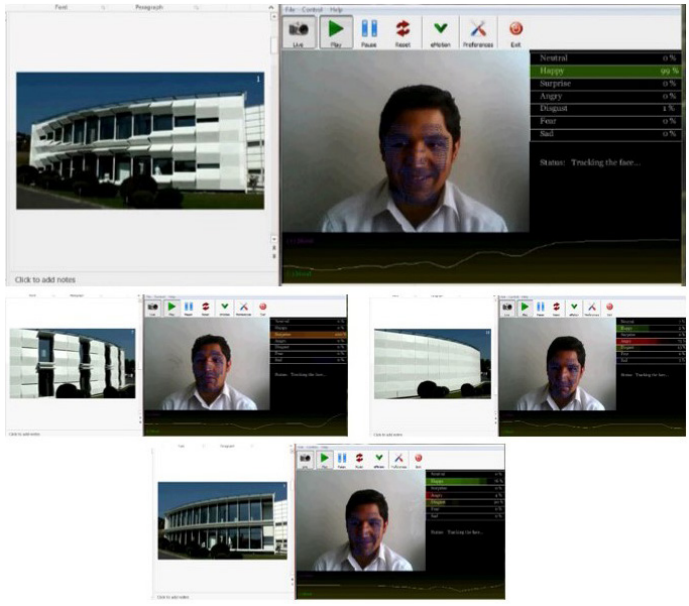
پس از تحلیل نتایج پرسش‌نامه جهت تشخیص دقیق‌تر احساسات و همچنین ایجاد امکان هوشمندسازی نمای ساختمان مطابق با احساسات انسانی از نرم‌افزار Emotion Recognition نسخه ۱/۲۱ جهت ثبت تصاویر چهره بهره گرفته شد. با استفاده از نرم‌افزار امکان بررسی هفت دسته احساسی شامل خوشحالی، ناراحتی، آرامش و راحتی، تعجب، ترس، نفرت و حالت خنثی وجود دارد که از این میان ۵ احساس خوشحالی، ناراحتی، آرامش، تعجب و حالت خنثی مطابق با پرسش‌نامه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج برآمده از آنالیز چهره یکی از نمونه‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

**جدول ۲. نتایج به‌دست‌آمده از تشخیص حالت چهره توسط نرم‌افزار Emotion**

| تصاویر | خوشحالی | ناراحتی | آرامش | تعجب | ترس | تنفر | خنثی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N1 | %99 | %0 | %0 | %0 | %0 | %0 | %0 |
| N2 | %0 | %96 | %0 | %1 | %3 | %0 | %0 |
| N3 | %0 | %4 | %76 | %0 | %0 | %20 | %0 |
| N4 | %0 | %95 | %0 | %0 | %1 | %4 | %0 |
| N5 | %0 | %88 | %0 | %0 | %3 | %1 | %0 |
| N6 | %0 | %4 | %0 | %0 | %0 | %1 | %96 |
| N7 | %0 | %0 | %0 | %100 | %0 | %0 | %0 |
| N8 | %59 | %4 | %0 | %0 | %0 | %39 | %0 |
| N9 | %75 | %9 | %0 | %0 | %0 | %15 | %0 |
| N10 | %2 | %78 | %0 | %0 | %0 | %13 | %7 |
| N11 | %4 | %58 | %0 | %0 | %0 | %32 | %0 |
| N12 | %3 | %57 | %0 | %0 | %0 | %40 | %0 |

**منبع:** نگارندگان

برخی از وضعیت‌های احساسی به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار Emotion در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



**شکل ۱۱. حالت‌های آرامش، ناراحتی، تعجب و خوشحالی تشخیص داده شده توسط نرم‌افزار eMotion**

**منبع:** نگارندگان

## الگوی تغییرات نما به شکل هوشمند

پس انجام مراحل فوق و بازشناسی احساسات کاربران به‌وسیله پرسش‌نامه و ثبت تصاویر چهره، نمای هوشمند احساس‌گرا قادر خواهد بود متناسب با حالات احساسی اشخاصی که از نما دیدن می‌کنند تغییر نماید. بدین منظور دسته‌های احساسی اشخاص مشخص گردید. با نوشتن برنامه و کدهای لازم این قابلیت وجود دارد که نما مطابق با گروه خاص بازدیدکننده از ساختمان تغییر کند و نماهای جایگزین که حالت

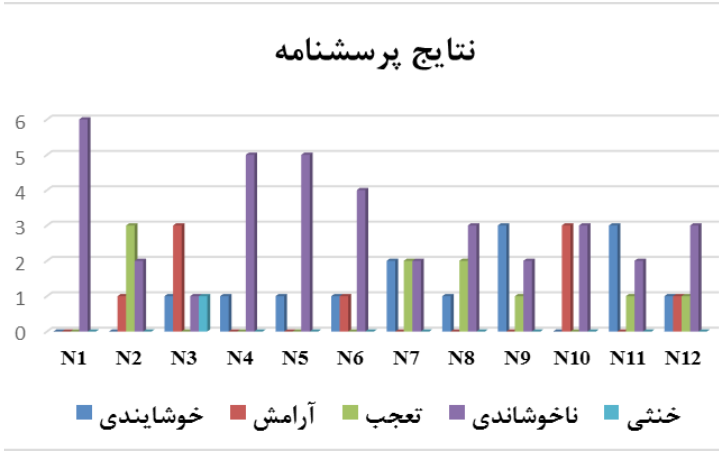
احساسی خاص آن گروه را ایجاد می‌نمایند ارائه گردد. به دلیل حجم عملیات برنامه‌نویسی و پیچیدگی کار یکی از برنامه‌های نوشته شده به اختصار بیان می‌شود.

در حالتی که نمای N1 بر روی ساختمان وجود داشته باشد و دوربین پس از ثبت تصاویر چهره افراد حاضر در محیط حالت احساسی ناخوشایند نسبت به نما را تشخیص دهد، تغییر نما به حالت‌های بیان شده زیر، احساسات مشخص شده برای این گروه را ایجاد می‌نماید. برای این گروه احساسی، تغییر نما به N9، N11 حالت خوشحالی، N3 و N10 حالت آرامش و N2 حالت تعجب ایجاد خواهد کرد (شکل ۱۳). همچنین جدول ۳ فراوانی حالت‌های احساسی هریک از تصاویر در زمانی که نمای ساختمان حالت N1 است و گروه بازدیدکننده نسبت به این تصویر احساس ناخوشایند دارند را نشان می‌دهد.

**جدول ۳. فراوانی حالت‌های احساسی سایر تصاویر در حالت نمای N1 با احساس ناخوشایند جهت تغییر هوشمند نما**

| | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خوشایندی (A) | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 3 | 1 |
| آرامش (B) | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| تعجب (C) | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| ناخوشایندی (D) | 6 | 2 | 1 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| خنثی (E) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**منبع:** نگارندگان



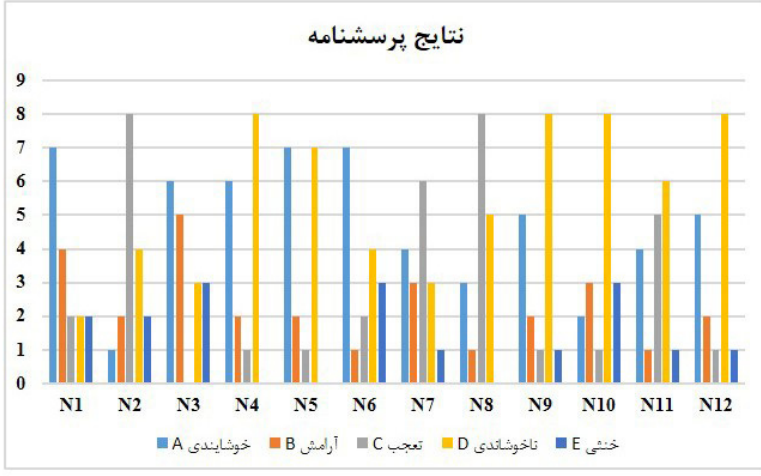

**شکل ۱۲. الگوی ارائه شده تغییرات نما به شکل هوشمند جهت ایجاد حالت احساسی مورد نظر**

**منبع:** نگارندگان

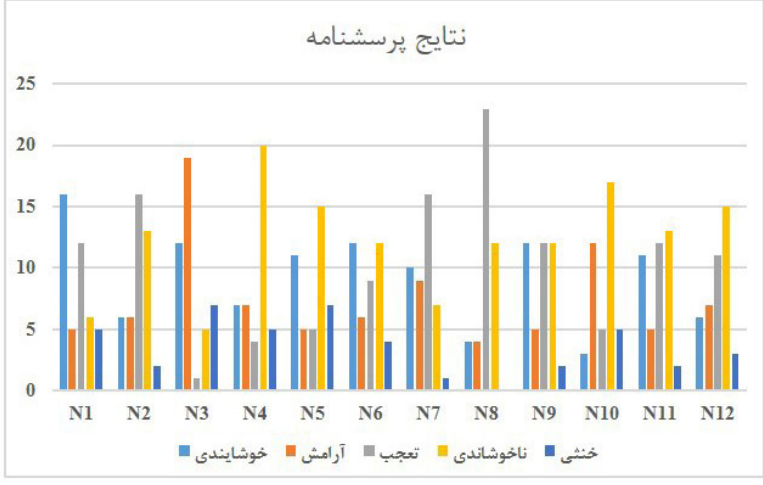
**شکل ۱۳. الگوی ارائه شده تغییرات نما به شکل هوشمند جهت ایجاد حالت احساسی مورد نظر**

**منبع:** نگارندگان

و اما نکته‌ای که در این قسمت باید به آن پرداخته شود مربوط به تعداد جامعه آماری مورد بررسی در پژوهش است. طبق مقایسه انجام گرفته بین میانگین نظرات شرکت‌کنندگان در پژوهش هرچه جامعه آماری بزرگ‌تر می‌شود شاهد این موضوع هستیم که برای یک احساس مشخص می‌توان به یک نمای مشخص رسید. به‌عنوان‌مثال همان‌گونه که در شکل ۱۴ مشخص است برای احساس ناخوشایندی نماهای N4، N9، N10، و N12 دارای ارزش یکسانی هستند اما با افزایش تعداد افراد از ۱۷ نفر به ۴۴ نفر شاهد هستیم که برای احساس ناخوشایندی تنها نمای N4 دارای بالاترین ارزش شده است. درنتیجه با افزایش جامعه آماری می‌توانیم به‌طورقطع برای هر نما یک حالت احساسی مشخص در یک گروه نمونه را تشخیص دهیم. این موضوع مبین این مطلب است که روش مورد بررسی در پژوهش حاضر یعنی تغییر هوشمند نمای ساختمان به کمک تکنولوژی تشخیص چهره کاملاً در مکان‌های شلوغ و پرجمعیت نیز کاربردی است و با ثبت چهره افراد توسط دوربین و میانگین‌گیری از نتایج حاصل می‌توان در هرلحظه نمای ساختمان را به‌صورت برنامه‌ریزی شده به سمتی هدایت کرد که احساس اکثریت افراد حاضر به‌شکل دلخواه طراح تغییر یابد. این موضوع می‌تواند زمینه ساخت یک نمای هوشمند و کاملاً تعاملی با احساسات بشری را در آینده مهیا سازد.



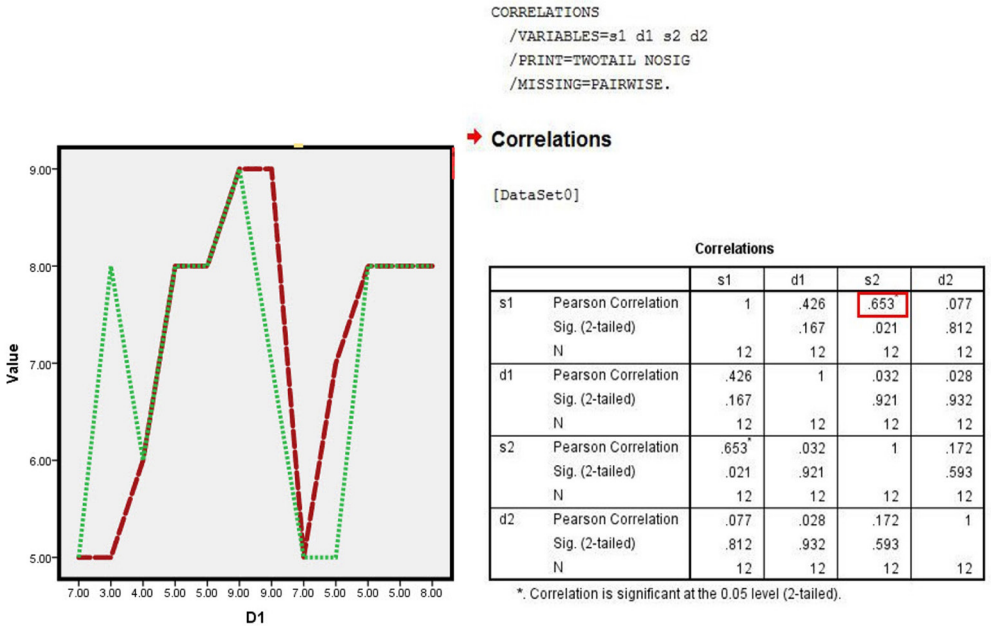

**شکل ۱۴. جدول فراوانی داده‌ها برای ۱۷ نفر**




**شکل ۱۵. جدول فراوانی داده‌ها برای ۴۴ نفر**

## مقایسه نتایج برآمده از پرسش‌نامه و آنالیز چهره به‌صورت کمّی

پس از انجام آزمایش‌ها تلاش شد تا هم‌خوانی نتایج دو روش پرسش‌نامه و آنالیز تصاویر چهره از جهت مطابقت تشخیص حالات احساسی بررسی گردد و اطمینان حاصل شود که در تشخیص احساس خطایی رخ نداده است. به این منظور ضریب همبستگی دو روش با مقایسه نتایج پرسش‌نامه و آنالیز تصاویر چهره اشخاص بررسی گردید. بدین‌صورت که به اشخاصی که مورد آزمون چهره قرار گرفتند، پرسش‌نامه نیز داده شد که توسط آنها تکمیل گردید. در ۵ حالت احساسی انتخاب شده بین نتایج آنالیز چهره آنان و پرسش‌نامه تکمیل شده توسط ایشان، آنالیز همبستگی انجام شد. نتایج حاکی از آن است که میان این دو روش بازشناسی احساسات همبستگی نسبتاً بالایی وجود دارد و در ۶۵٪ از موارد نتایج برآمده از هر دو روش کاملاً یکسان به‌دست‌آمده است. در شکل ۱۶ نتایج آنالیز چندمتغیره ضریب همبستگی میان این دو روش به‌صورت کمّی نشان داده شده است. ($S_1$ و $S_2$، حالت احساسی در پرسش‌نامه و آنالیز چهره و $d_1$ و $d_2$ میزان و درجه هر احساس است).




**شکل ۱۶. میزان همبستگی دو روش پرسش‌نامه و ثبت تصاویر چهره در بازشناسی احساسات**

**منبع:** نگارندگان

## نتیجه‌گیری

هدف اصلی از انجام این مطالعه بررسی نیازهای روانی و احساسی افراد از طراحی نماهای شهری و سپس تغییر هوشمند و تطابق هرچه بیشتر طراحی با نیازهای احساسی استفاده‌کنندگان است. همچنین در این پژوهش سیستم تشخیص احساسات بر اساس ویژگی‌های چهره معرفی و به‌عنوان ابزاری کارآمد در طراحی ساختمان از آن بهره گرفته شد. با توجه به اینکه در زندگی واقعی انسان قادر است هزاران بیان احساسی با پیچیدگی، شدت و ضعف و معانی متفاوت ایجاد نماید، بنابراین این سیستم می‌تواند در یافتن اولویت‌های ذهنی برای طراحی‌های معماری به‌منظور تشخیص احساسات پیچیده اشخاص مورد استفاده قرار گیرد.

در پژوهش حاضر کاربرد این سیستم در طراحی معماری بررسی شد و نهایتاً حالت‌های مثبت و منفی احساسی اشخاص در مواجهه با سکانس‌های مختلف از یک نمای هوشمند مورد ارزیابی قرار گرفت و بازخوردهای مختلف آنان ثبت شد. همچنین دسته‌های احساسی گوناگون برای اشخاص ایجاد شد و یک کدنویسی اولیه به کمک نرم‌افزارهای اکسل و متلب برای تغییر نمای ساختمان در اثر تغییر حالت احساسی افراد انجام گرفت. لذا درصورتی‌که گروهی با حالات احساسی متفاوت با حداکثر آرا از نما دیدن نمایند، نمای هوشمند احساس‌گرا این قابلیت را دارد که مطابق با حالات احساسی آنان تغییر نماید. این موضوع مبین این مطلب است که روش مورد بررسی در پژوهش حاضر یعنی تغییر هوشمند نمای ساختمان به کمک تکنولوژی تشخیص چهره کاملاً در مکان‌های شلوغ و پرجمعیت نیز کاربردی است و با ثبت چهره افراد توسط دوربین و میانگین‌گیری از نتایج حاصل می‌توان در هرلحظه نمای ساختمان را به‌صورت برنامه‌ریزی شده به سمتی هدایت کرد که احساس اکثریت افراد حاضر را به شکل دلخواه طراح تغییر دهد. این موضوع می‌تواند زمینه ساخت یک نمای هوشمند و کاملاً تعاملی با احساسات بشری را در آینده مهیا سازد. علاوه بر این شایان ذکر است که تکنولوژی تشخیص چهره نیز همپای تکنولوژی معماری در حال رشد و توسعه است و محققان هرروزه به دنبال راهکارهای جدید جهت تشخیص دقیق‌تر و کاهش خطاهای موجود در این روش هستند. لذا تلفیق این دو علم در آینده نه‌چندان دور تحقق عملی معماری هوشمند احساس‌گرا را امکان‌پذیر خواهد نمود.

به‌طورکلی یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که تکنولوژی‌های پیشرفته به‌کاررفته در معماری می‌تواند به‌عنوان ابزاری در جهت ایجاد احساس یک فضای مطلوب که مطابق با خواسته‌های مردم طراحی شده باشد به کار گرفته شود. ساختمان‌های پاسخ‌ده می‌توانند حس حضور اشخاص را به اشکال مختلف نشان دهند و علاوه بر آن عوامل دیگری از جمله سرگرمی، مراقبت، سلامتی و امنیت را برای استفاده‌کنندگان از فضا فراهم نمایند. به‌عنوان‌مثال بهره‌گیری از معماری هوشمند احساس‌گرا در طراحی مراکز درمانی در جهت تسریع بهبود بیماران و کمک به بیمارانی که قادر به درک احساس هستند اما از ابراز آن در چهره خود ناتوان‌اند بسیار کاربردی خواهد بود. همچنین در طراحی مراکز فرهنگی و نمایشگاهی می‌توان از قابلیت‌های این نوع طراحی جهت ایجاد جذابیت‌های بصری بیشتر بهره برد. در زمینه طراحی شهری نیز با کمک معماری هوشمند می‌توان نماهای چندعملکردی و متناسب با احساسات انسان‌ها را طراحی و پیاده‌سازی نمود. نکته قابل ذکر این است که می‌توان از هریک از روش‌های پرسش‌نامه، تصاویر ویدئویی و ثبت تصاویر چهره به فراخور موقعیت و با توجه به نوع کارایی مورد انتظار از فضا استفاده کرد.

کاربرد تکنولوژی تشخیص چهره به‌عنوان ابزاری جدید در طراحی معماری، در کنار ارزیابی احساسات اشخاص و ثبت امواج مغزی آنان می‌تواند به طراحان در جهت کشف دقیق‌تر احساسات اشخاص در ارتباط با فضا و همچنین طراحی مطلوب‌تر یاری برساند. همچنین تغییر شکل و تطبیق ظاهر بنا با توجه به احساسات کاربران و استفاده‌کنندگان و یافتن زمینه‌های ارتباط و تعامل مناسب‌تر طراحی و انسان و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های روز در فرآیند طراحی، سبب ارتقای کیفیت احساسی فضا و تعامل بین این دو حوزه می‌گردد.

به منظور انجام بررسی‌های بیشتر در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود که توجه به آنها می‌تواند زمینه‌های پژوهش‌های آتی در این حوزه را فراهم نماید:

- بررسی تعداد بیشتر احساسات و همچنین نمود چندین احساس به‌صورت هم‌زمان یکی از مواردی است که جهت پژوهش‌های آتی توصیه می‌گردد.
- در نظر گرفتن یکی از شاخه‌های روان‌شناسی ادراک تحت عنوان «تعمیم ادراکی» از جمله مواردی

است که توجه به آن در افزایش دقت نتایج بسیار تأثیرگذار خواهد بود.

- بهره‌گیری از سایر ابزارهای بازشناسی احساسات از جمله ثبت سیگنال‌های مغزی و نرم‌افزارهای جدید ارائه شده جهت ثبت و تحلیل آنالیز چهره، به‌منظور بازشناسی دقیق‌تر حالات احساسی گام‌های دیگری است که در تحقیقات آتی به پژوهشگران توصیه می‌گردد.

## پی‌نوشت‌ها

1. Desmet
2. Behavioral Reactions
3. Expressive Reactions
4. Physiological Reactions
5. Subjective Feelings
6. Facial Action Coding System
7. Piecewise Bezier Volume Deformation
8. Action Unit

## فهرست منابع


- ایل‌بیگی، الناز؛ یزدچی، محمدرضا و مهنام، امین (۱۳۹۳) «طراحی سیستم پیشرفته‌ای برای بازشناسی احساسات بر اساس سیگنال‌های مغزی و تصاویر چهره»، *مجله علمی سازمان نظام پزشکی جمهوری اسلامی ایران*، ۳۲، ۱، صص. ۲۷-۴۰.
- باقری، ابراهیم (۱۳۹۱) «مفاهیم کاربردی در طراحی احساس‌گرا»، *نشریه هنرهای زیبا*، ۴، ۵۰، صص. ۵۱-۶۰.
- باقری، مهسا و شاهرودی، عباسعلی (۱۳۹۳) «ارزیابی و مداخله ترجیحات احساسی کاربران در فضای جمعی»، مجله *روان‌شناسی معاصر*، ۹، صص. ۶۳-۷۶.
- شاهرودی، عباسعلی (۱۳۹۳) «به‌کارگیری علوم مغز و اعصاب در ارتقا کیفیت فضای معماری»، دومین همایش ملی معماری و شهرسازی در گذر زمان در جستجوی فضاهای گمشده، قزوین، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی.
- وکیلی راد، میثم (۱۳۹۱) «نمای دینامیک؛ نمای هوشمند»، *ماهنامه ساخت و ساز*، ۶، ۳۱، صص. ۶۲-۶۵.

- Cernea, D., & Kerren, A. (2015). A survey of technologies on the rise for emotion-enhanced interaction. *Journal of Visual Languages & Computing, 31*, 70-86.
- Chalup, S. K., Hong, K., & Ostwald, M. J. (2010). Simulating pareidolia of faces for architectural image analysis. *Brain, 26*(91), 100.
- Desmet, P., Overbeeke, K., & Tax, S. (2001). Designing products with added emotional value: Development and appllcation of an approach for research through design. *The design journal,* 4(1), 32-47.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Manual for the facial action coding system.* Consulting Psychologists Press.
- Hung, T., & Nieh, C. (2009). A study on relationship between modern architectural shape and kansei image evaluation-taking diversity for distinctive customers as example. In *International Conference on East Asian Architectural Culture* (Vol. 2, pp. 137-148).
- Ishihara, S., Ishihara, K., Nakagawa, R., Nagamachi, M., Sako, H., Fujiwara, Y., & Naito, M. (2010). Development and improvement of a washer-dryer with kansei ergonomics. *In Proceedings of the*

*International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. Conference.*

- Ko, K. E., Yang, H. C., & Sim, K. B. (2009). Emotion recognition using EEG signals with relative power values and Bayesian network. *International Journal of Control, Automation and Systems,* 7(5), 865–870.
- Leon, E., Clarke, G., Sepulveda, F., & Callaghan, V. (2004, December). Neural network–based improvement in class separation of physiological signals for emotion classification. In *Cybernetics and Intelligent Systems*, 2004 IEEE Conference on (Vol. 2, pp. 724–728). IEEE.
- Liu, Y., Sourina, O., & Nguyen, M. K. (2010, October). Real–time EEG–based human emotion recognition and visualization. In *Cyberworlds (CW)*, 2010 International Conference on (pp. 262–269). IEEE.
- Tao, H., & Huang, T. S. (2002). A PIECEWISEBÉZIER VOLUME DEFORMATION MODEL AND ITS. *Advances in Image Processing and Understanding: A Festschrift for Thomas S Huang*, 52, 39.
- Vecchiato, G., Jelic, A., Tieri, G., Maglione, A. G., De Matteis, F., & Babiloni, F. (2015). Neurophysiological correlates of embodiment and motivational factors during the perception of virtual architectural environments. *Cognitive processing, 16*(1), 425–429
- Wiberg, M. (2010). Interactive Textures for Architecture and Landscaping: Digital Elements and Technologies. *IGI Global*, 260 pages.