

ارگونومی نور و رنگ در محیط کار

سلمان اسماعیلیان

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه آزاد جنوب
salmanesmailian@gmail.com

آرش آپرناک

نویسنده مسئول: دکترای مهندسی صنایع، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد جنوب دانشکده
صنایع، تهران، ایران
Arash.apornak@ut.ac.ir

چکیده

این مقاله در باره ارگونومی نور و رنگ در محیط کار است که می توان آن را پژوهشی کاربردی تلقی کرد. مهندسی فاکتورهای انسانی یا ارگونومی، علم مطابقت دادن محیط کار و ابزار کار با وضعیت و توانایی های بدن انسان و ایجاد هماهنگی میان آنها است. مطالعات نشان می دهد که استفاده مناسب از رنگ ها و نور در محیط کار ممکن است از حوادث شغلی محیط کار جلوگیری کرده، بهره وری و کیفیت کار را افزایش دهد. در این مقاله از روش DANP برای به دست آوردن مهم ترین گزینه ها در این زمینه استفاده کرده ایم. طبق مطالعات و بررسی های انجام شده معیار ارتقای بهره وری در رتبه نخست و به ترتیب، ارتقای کیفیت کار و افزایش سلامت رتبه های بعدی را به خود اختصاص داده اند و از طرفی افزایش تمرکز و کاهش افسردگی و استرس رتبه های اول و دوم در زیرمعیارها هستند. افزایش تمرکز تأثیرگذارترین و عملکرد مثبت تأثیرپذیرترین عامل و دارای بیشترین ارتباط با دیگر عوامل سیستم است. **واژگان کلیدی:** ارگونومی، ارائه مدل، فاکتورهای ارگونومی، نور، رنگ.

مقدمه

در این جهان پر مشغله با سبک زندگی ماشینی، متأسفانه بیماری های شغلی در حال افزایش است. در عین حال فشارهای جسمی و روحی نیز باعث استرس های زیاد شده که خود موجب افزایش این بیماری ها می گردد.

با پیشرفت چشمگیری که در زمینه تکنولوژی و اتوماسیون مشاغل انجام شده است، انسان را به عنوان عامل موثر در این زمینه، در مواجهه شدن با شرایط فیزیکی و بیومکانیکی، نمی‌توان نادیده گرفت.

با توجه به مطالعات انجام شده، اکثر کارکنان به دلیل عدم آگاهی از ارگونومی در محیط کار آسیب‌هایی به خود وارد می‌کنند. متأسفانه هنوز هم بسیاری از شاغلین در بخش‌های مختلف ناچارند خود را با شرایط نامناسب، تحمیلی و غیرقابل تغییر هماهنگ کنند. این‌جاست که علم ارگونومی علم طراحی کار با هدف تأمین رفاه انسان و بهبود بهره‌وری و توجه به ظرفیت‌ها و محدودیت‌های فیزیکی انسان مطرح می‌شود.

واژه ارگونومی از دو لغت یونانی Ergon به معنی کار و Nomos به معنی قاعده و قانون مشتق شده است. در ایالات متحده آمریکا، اغلب از عبارت مهندسی عوامل انسانی استفاده می‌شود. در تعریفی می‌توان گفت که هدف ارگونومی طراحی وسایل سیستم‌های فنی و وظایف آن برای افزایش و بهبود ایمنی، بهداشت، سلامت و راحتی کار انسان است.

2

ارگونومی با توجه به توانایی جسمی و روانی و همچنین محدودیت‌های انسانی، از پدید آمدن محیط کار با شرایط زندگی ناامن، ناسالم، ناراحت و یا غیرمفید جلوگیری می‌کند. در ارگونومی عوامل متعددی نقش دارند که عبارتند از: وضعیت و حرکات بدن (نشستن، نور روشنایی، شرایط جوی، مواد شیمیایی)، اطلاعات و عملیات (اطلاعاتی که از راه بینایی یا سایر حواس کسب می‌شوند)، کنترل‌ها (ارتباط بین نمایشگرها و کنترل) و به همان نسبت وظایف و مشاغل (نوع کار مناسب، شغل مطلوب). این عوامل تا حد زیادی میزان ایمنی، سلامتی و بهداشت، راحتی و کارایی در کار و زندگی روزمره را تعیین می‌کنند.

در این مقاله به ارگونومی نور و رنگ در محیط کاری مناسب که باید دارای فضایی باشد که فرد در آن احساس آرامش و تمرکز کند، پرداخته شده است. نور و رنگ مناسب در محیط کاری می‌تواند از حوادث محیط کار جلوگیری کند، بهره‌وری و کیفیت کار را افزایش دهد و از خستگی/خستگی چشم و سردرد جلوگیری کند. رنگ کردن در و دیوار و ابزار و وسایل در محیط کار به رنگ‌های خاص، باعث افزایش کارایی فرد در محیط می‌شود. بنابراین ما باید محیط‌های کاری را طوری طراحی کنیم که برای کارکنان و کارگران محیطی جذاب، آرامش بخش و عاری از هرگونه فشار عصبی و روانی باشد. البته باید بگوییم، رنگ‌هایی که باعث افزایش بهره‌وری می‌شوند به نوع کار افراد بستگی دارند.

وقتی از ارگونومی نور و رنگ به درستی استفاده شود محیط شاد و خوشحال‌کننده‌ای خواهیم داشت. بکارگیری نادرست ارگونومی رنگ در محیط‌های کاری صدمات روحی شدیدی به انسان وارد خواهد کرد. از آنچه که گفته شد به این باور می‌رسیم که توجه به ارگونومی رنگ و نور در محیط کار منجر به افزایش راندمان کاری و کاهش صدمات ناشی از ناهنجاری‌های محیط کار می‌شود.

در هنگام انجام کار می‌بایست به سلامت چشم‌ها و بینایی توجه ویژه‌ای نمایم. بسیاری از مشکلات چشمی معمولاً در ساعات کاری به وجود می‌آیند و ممکن است، دلایل متنوعی داشته باشند. این مشکلات ممکن است ناشی از نور بیش از حد یا نور کم، پرتاب ذرات، تأثیر مواد سمی، اشعه ایکس و تشعشعات گرمایی و... باشد. تأمین نور مناسب برای کار، یکی از اصول اساسی در بحث اجرای ارگونومی در محیط کار و حفظ سلامت بدن است.

همچنین بر طبق اصول ارگونومی در محیط کار، به منظور افزایش کارایی افراد ضروری است که انتخاب رنگ لوازم اداری و نیز رنگ‌آمیزی دیوارها، با توجه به سلیقه کارکنان انجام شود. بیشتر کارفرماها معمولاً رنگ‌هایی را انتخاب می‌کنند که برای اکثر کارکنان حاضر در محیط، آرامش‌بخش و دلپذیر باشد. هدف اصلی این کار، ایجاد شرایطی است که در آن فشار عصبی یا روانی به افرادی که در محیط کار می‌کنند، وارد نشود.

رنگ آمیزی در و دیوار و ابزار و آلات در محیط کار به رنگ‌های بخصوص، مبتنی بر این است که کارایی فرد در محیطی با رنگ دلخواهش افزایش پیدا می‌کند. بنابر این ما باید محیط‌های کار را به رنگی درآوریم که برای اکثر کارکنان و کارگران محیطی آرام‌بخش و مطلوب باشد. زیرا هدف فراهم‌آوردن شرایطی است که هیچ فشار عصبی و روانی بر فرد وارد نشود. بطور کلی، رنگ‌ها برای اکثر مردم معنی مشخصی داشته و واکنش‌های هیجانی تقریباً یکسانی را در پی دارند.

بحث در این مقاله مبتنی بر آن است که نور و رنگ مناسب برای حفظ بهداشت و سلامت انسان اهمیت زیادی دارد. در حالی که سایر مسائل ارگونومیک مانند وضعیت‌های نامناسب و حرکات تکراری در محیط‌های صنعتی مورد توجه قرار گرفته‌است، نورپردازی ارگونومیک اغلب در محیط کار فراموش می‌شود. ارگونومی روشنایی به نحوه ارتباط فرد با منبع نور اشاره دارد. این رابطه می‌تواند بر رفاه و بهره‌وری یک کارمند تأثیر بگذارد. تحقیقات نشان می‌دهد که رنگ تأثیر قابل توجهی بر عاطفه (خلق

و خو، احساسات)، رفاه (استرس، راحتی، رفاه) و عملکرد (بهره‌وری، عملکرد، خلاقیت) دارد.

همچنین منابع نور ناکافی تأثیر قابل توجهی بر بهره‌وری کارکنان دارد. هنگامی که نور کافی در محیط اداری وجود ندارد، یک کارمند می‌تواند عوارض جانبی مختلفی مانند خستگی چشم (تاری/دوبینی)، سردرد، نرخ خطای بالاتر، ضعف عمومی، روحیه پایین کارکنان و کاهش کلی هوشیاری ذهنی را تجربه کند. اگر روشنایی و گزینه‌های مختلف نور خود را به صورت ارگونومیک تنظیم کنید، بر این اساس محیط کار شما می‌تواند ناراحتی ناشی از این اثرات را کاهش دهد.

در صورتی که طرح دلخواه رنگ و نور محیط کار در ابتدا برنامه‌ریزی شود از بسیاری اشتباهات جلوگیری می‌نماید. حقیقت آن است که نور و رنگ بر رفاه و آسایش انسان تأثیر می‌گذارد، به همین دلیل امروزه مهندسان نورپردازی و فیزیولوژیست‌ها سعی می‌کنند ارتباط صحیحی بین نور و رنگ در محیط‌های کار به وجود آورند. انتخاب رنگ و نور مناسب به عملی که می‌خواهیم انجام دهیم و نیازمندی‌هایی که باید به و سیله عمل بینایی انجام شود بستگی دارد و کارآیی کارکنان را بدون شک بالا می‌برد.

4

پیشینه تحقیق

۱- (Skansi, 2017, 2019) در مقالات متعددی بیان کرده است که ایجاد محیط‌هایی که تا حد امکان با نیازهای انسان هماهنگ باشد، نور نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. طراحان ماهر به جنبه‌های مختلف فضا و نور توجه خواهند کرد تا پروژه‌های تحقق‌یافته نیازهای زیستی و روانی خاصی را برآورده سازند. طراحی‌های نورپردازی باید به نیازهای فضای معماری مربوطه و کاربران آن فضا پاسخ دهند. دمای رنگ، شدت نور و تعداد و نوع منابع نوری مورد نیاز برای ایجاد، ترویج یا ارتقاء یک محیط یا محیط خاص جزء لاینفک برنامه ریزی فاز مفهومی هستند. نتیجه چنین رویکردی احساس رفاه - و بالقوه لذت - است حتی اگر هدف یا عملکرد ذاتی فضا ناخوشایند باشد [8][6][5].

۲- (Skansi, 2018) در مقاله خود عنوان کرده‌است که نورپردازی نیز از اهمیت حیاتی برخوردار است، زیرا ۸۰ درصد از تمام محرک‌های خارجی از طریق چشم ما وارد می‌شود. علاوه بر این، اثرات استروبوکوپیی نور بر فرآیندهای ذهنی ما تأثیر منفی می‌گذارد. آگاهی از آلودگی نوری می‌تواند به ما کمک کند تا از عواقب

- منفی نور نامناسب جلوگیری کنیم. زمانی که ما در مورد کودکان زیر ۴ سال صحبت می‌کنیم بیشتر مشهود است، زیرا تا آن سن سیستم بینایی در مرحله رشد است [6].
- ۳- تحقیقات روانشناسی مدرن نشان می‌دهد که رنگ نه تنها اثرات حسی گرم و سرد را برای افراد به ارمغان می‌آورد، بلکه بر احساس ما در مورد فاصله نیز تأثیر می‌گذارد [7].
- ۴- (Savage, 2022) نورپردازی ارگونومیک بر عوامل فیزیولوژیکی و روانی تأثیر می‌گذارد که بر بهره‌وری کارکنان تأثیر می‌گذارد. طراحی نور باید شرایط بصری مناسب را برای افزایش کارایی کار به افراد بدهد [9].
- ۵- (Smith, 2023) اسمیت در مقاله خود در سال ۲۰۲۳، کارمندانی که در فضاهایی با دسترسی به نور طبیعی کار می‌کنند، کیفیت خواب بهتر، سطوح بالاتر فعالیت بدنی و موارد کمتر غیبت را گزارش می‌دهند. از این رو، با اولویت دادن به سلامت کارکنان، شرکت شما می‌تواند از مزایای زیر بهره‌مند شود: بهره‌وری، کاهش غیبت و نرخ گردش مالی، تصویر برند بهبود یافته است، افزایش سودآوری، کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی.
- ارگونومی روشنایی ضروری است زیرا نور ضعیف می‌تواند منجر به مواردی چون نرخ بالای خطای کارکنان، خستگی چشم، بهره‌وری پایین، ناتوانی در انتخاب و مطابقت رنگ‌های صحیح، خطرات ایمنی شود [10].
- ۶- مرکز بهداشت و ایمنی شغلی کانادا در ۲۰۱۹ بیان می‌دارد که یک متغیر ارگونومیک دیگری وجود دارد که اغلب به شانس واگذار می‌شود. نور مناسب، عاملی که به همان اندازه برای افزایش راحتی و عملکرد کارگران مهم است. در مقاله ایجاد یک محیط با نور مناسب برای اطمینان از سلامت و بهره‌وری مستلزم پرداختن به سه متغیر روشنایی است: تعیین سطح، شدت و کنتراست دمای رنگ بحث شده است. [12]
- ۷- (Benedictus, 2017) در مقاله‌ای برای بخش مهندسی عامل انسانی در ارتباط با سطح روشنایی و رنگ نور برای بالا بردن تمرکز، راندمان، افزایش انگیزه کاری در نهایت برای ارتقا کیفیت و بهره‌وری نکاتی را بیان داشتند [13].
- ۸- (Savavibool et al, 2019) در مورد خلق و خو، رفاه و عملکرد برای بهبود کیفیت کاری در مقاله خود به عنوان رنگ در محیط کاری صحبت کرده‌اند [14].
- ۹- در مقاله‌ای (دهیاری و همکاران) توضیح داده‌اند، چه در محیط‌های صنعتی و چه در محیط‌های اداری، نور مناسب همه وظایف کاری را آسان‌تر می‌کند. افراد

حدود ۸۵ درصد از اطلاعات خود را از طریق حس بینایی دریافت می‌کنند. نور مناسب، بدون خیرگی یا سایه، می‌تواند خستگی چشم و سردرد را کاهش دهد. می‌تواند با افزایش دید ماشین‌آلات متحرک و سایر خطرات ایمنی از حوادث محل کار جلوگیری کند. [1]

۱۰- (امانی و همکاران، ۱۳۹۹) گفته‌اند که نور در محیط کار نقش مهمی در ادراک و رفتار انسان به ویژه خلق‌وخو، رفاه و عملکرد دارد. استفاده از رنگ در محیط کار می‌تواند سبب افزایش روحیه مثبت، کمک به احساس بهزیستی و نتیجه مثبت منجر شود. دانستن چگونگی حداکثر تأثیرگذاری تفاوت رنگ در محل کار بر انسان ضروری است. [2]

۱۱- (صیفی، احدی، ۱۳۹۹) در چهارمین کنگره علمی پژوهشی افق‌های نوین بیان کردند که امروزه در زندگی شلوغ و پرتکاپوی ما نیاز به آرامش به شدت احساس می‌شود. همه‌ی ما در این روزها در جست‌وجوی صلح و آرامشی هستیم که دانش ارگونومی همواره به دنبال ارائه راهکارهایی در جهت تعامل بهتر و کارآتر انسان با محیط کار و زندگی‌اش بوده است. عامل رنگ در محیط کار نیز از دیگر موضوعات دخیل در علم ارگونومی می‌باشد، که رابطه انسان با محیط کار را بررسی می‌کند و هدف به دست آوردن بهترین ارتباط میان انسان و محیط کار و زندگی‌اش از طریق رنگ و روانشناسی آن می‌باشد. پس می‌توان باور داشت که رنگ به معنای زندگی است [3].

۱۲- در مقاله‌ای در سال ۱۳۹۹ از سازمان علوم و تحقیقات فناوری: یک محیط کار مناسب باید فضایی باشد که فرد در آن احساس آرامش و تمرکز کند. به همین خاطر بهتر است قبل از انجام هرکاری اصول اساسی طراحی داخلی یک اتاق کار مناسب را بدانید. رنگ کردن در و دیوار و ابزار و وسایل در محیط کار به رنگ‌های خاص، باعث افزایش کارایی فرد در محیط می‌شود. بنابراین ما باید محیط‌های کاری را طوری طراحی کنیم که برای کارکنان محیطی جذاب، آرامش بخش و عاری از هرگونه فشار عصبی و روانی باشد. البته باید بگوییم، رنگ‌هایی که باعث افزایش بهره‌وری می‌شوند به نوع کار افراد بستگی دارند [4].

تعیین شاخص‌ها

ردیف	مقاله	هدف تخصیص	شاخص
۱	سه شرط الزامی برای روشنایی ارگونومیک	ارتقا و کیفیت کار	احساس رفاه کارکنان
۲	ارگونومی روشنایی	ترویج یا ارتقاء یک محیط بهره‌وری بالا	دمای رنگ، شدت نور و تعداد و نوع منابع نوری
۳	ارگونومی نورپردازی	اثرات حسی گرم و سرد	روانشناسی رنگ
۴	ارگونومی نورپردازی	کم کردن آلودگی نوری	اثرات استروبوسکوپی نور
۵	چگونه ارگونومی نور می تواند بر کارمندان شما تأثیر بگذارد	بهره‌وری کارکنان	کیفیت خواب، سطوح بالاتر فعالیت بدنی و کمتر غیبت
۶	ارگونومی روشنایی: روشن کردن مسیر برای بهره‌وری بهتر	بهره‌وری بالا، سود آوری، کاهش هزینه‌ها	سلامت، افزایش گردش مالی، کاهش هزینه بهداشت
۷	ارگونومی روشنایی	بهره‌وری بالا	افزایش عملکرد کارکنان
۸	چگونه ارگونومی نور می تواند بر کارکنان شما تأثیر بگذارد	با افزایش دید و خطرات ایمنی	نور مناسب، خستگی چشم و سردرد
۹	اثرات رنگ در محیط کار	بهبود کیفیت	خلق و خو، رفاه، عملکرد
ردیف	مقاله	هدف تخصیص	شاخص
۱۰	تأثیر رنگ نور بر عملکرد انسان	ارتقا کیفیت و بهره‌وری	افزایش تمرکز، راندمان و انگیزه کاری
۱۱	تأثیر رنگ محیط کار بر ارگونومی افراد	افزایش تولید	کاهش خطرات ایمنی کار

۱۲	رنگ و تاثیر آن بر افراد در محیط کار	روحیه مثبت احساس بهزیستی و بهره‌وری بالا	بالا بردن روحیه کاری و تولید
۱۳	تأثیر رنگ در محیط‌های اداری	کاهش حوادث و افزایش سلامتی	اختلاف دید و پیشگیری از حوادث و خطرات شغلی
۱۴	ارگونومی رنگ‌ها در محیط کار	افزایش کارایی و بهره‌وری	ارتقا روحیه کار و تولید

روش حل

تکنیک 'DEMATEL' با موفقیت در بسیاری از موقعیت‌ها مانند استراتژی‌های بازاریابی، ارزیابی‌های یادگیری الکترونیکی، سیستم‌های کنترل و مشکلات ایمنی، امنیت اطلاعات، سرمایه‌گذاری سهام مالی و... استفاده شده است.

ما از مدل MCDM^۲ با ترکیب دیمتل (DEMATEL) مبتنی بر ANP^۱ به نام (DANP) برای حل مسائل و معیارهای چندگانه که به یکدیگر وابسته هستند، استفاده کردیم. این روش می‌تواند وابستگی متقابل بین متغیرها/ معیارها را تأیید کند و روابطی را که منعکس‌کننده ویژگی‌ها در یک روند اساسی سیستمی و توسعه است را، محدود کند. در روش دنپ، ساختار شبکه و وزن ابعاد با روش دیمتل تعیین می‌شود و از ماتریس تأثیر کل روش دیمتل برای تشکیل ابرماتریس بدون وزن برای روش ANP استفاده می‌شود. ANP توسط ساعتی (۱۹۹۹) منتشر شد. هدف آن حل مشکلات وابستگی متقابل و بازخورد بین معیارها و جایگزین‌ها در دنیای واقعی بود. ANP یک نظریه ریاضی است که می‌تواند به طور سیستماتیک بر انواع وابستگی‌ها غلبه کند. در روش‌های ANP، گام اولیه مقایسه معیارها در کل سیستم برای تشکیل یک سوپرماتریس بدون وزن با مقایسه‌های زوجی است. سپس، ابرماتریس وزنی با تبدیل هر ستون به مجموع دقیقاً به واحد (۱,۰۰) به دست می‌آید. هر عنصر در یک ستون بر تعداد خوشه‌ها تقسیم می‌شود و بنابراین مجموع هر ستون دقیقاً به واحد می‌رسد. با این حال، استفاده از فرض وزن برابر برای هر خوشه برای به دست آوردن سوپرماتریس وزنی غیرمنطقی به نظر می‌رسد زیرا درجات مختلفی از تأثیرگذاری بین معیارها وجود دارد. بنابراین، ما تکنیک DEMATEL را برای تعیین درجات تأثیر

8

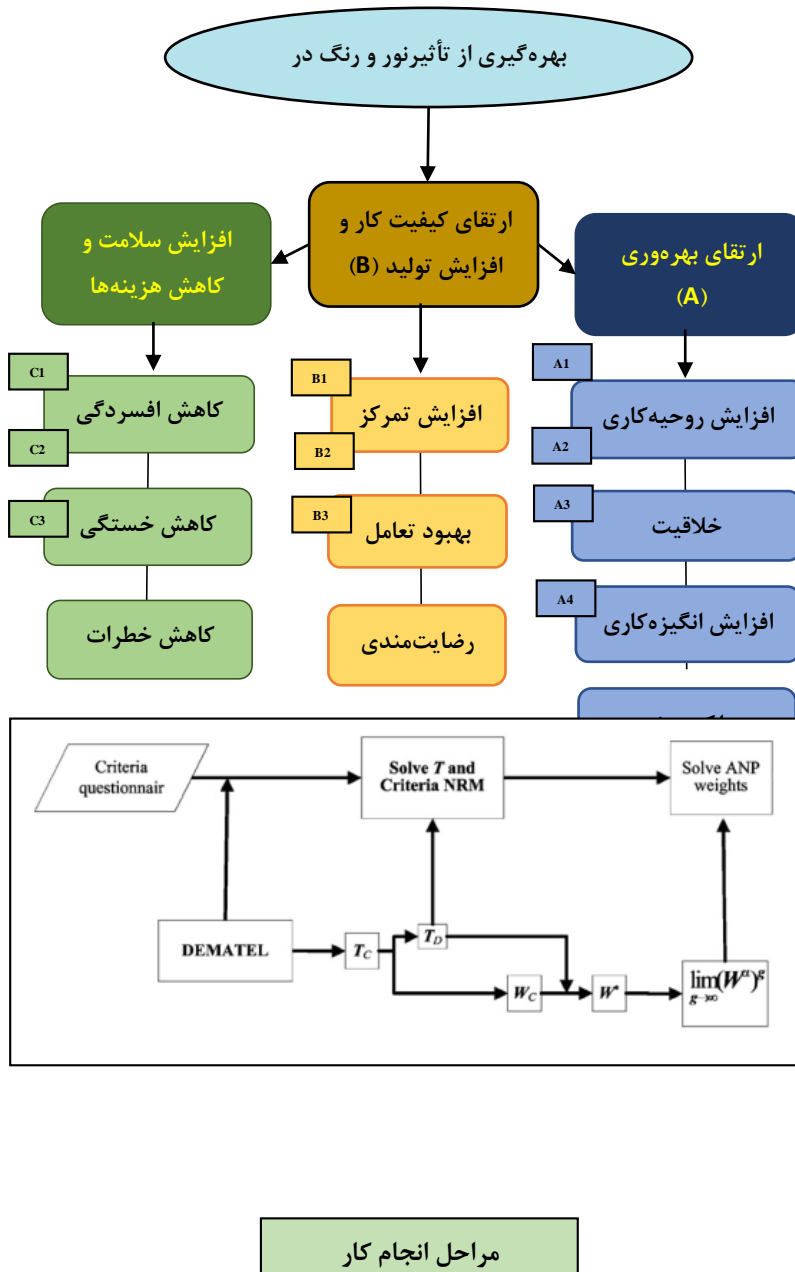
¹ Decision Making Trial And Evaluation

² Multi Criteria Decision Macking (MCDM)

³ Analytic Network Process

این معیارها و اعمال آنها برای عادی سازی سوپرماتریس بدون وزن در ANP در دنیای واقعی اتخاذ کردیم و این ANP بهبود یافته را DANP نامیدیم. [1]
در این مقاله ما مدل واقعی در نظر گرفته‌ایم. شکل زیر نشان دهنده ارتباط اولیه است که برای این مقاله در نظر گرفته شده است.

9



با مشخص کردن معیارها و زیرمعیارها و پرکردن پرسشنامه‌ها توسط ۲۰ تن از افراد
خبره به حل مسئله بصورت زیر پرداخته‌ایم. ابتدا با توجه به پرسشنامه‌ها و برآورد
همگرایی به ماتریس زیر رسیدیم. رابطه همگرایی به قرار زیر است:

$$\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{|g_c^{ij\rho} - g_c^{ij(\rho-1)}|}{g_c^{ij\rho}} \times 100\% < 5\%$$

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
A1	0.0	2.9	1.8	3.7	1.8	3.2	2.6	3.9	0.0	1.5
A2	3.0	0.0	3.8	3.4	2.3	3.5	1.7	3.4	1.2	1.4
A3	3.4	3.7	0.0	3.6	1.7	2.8	1.0	2.3	0.7	1.2
A4	3.6	3.2	3.5	0.0	2.2	2.0	2.1	2.8	1.2	1.5
B1	3.8	3.2	3.7	4.0	0.0	3.3	3.1	3.2	2.4	3.1
B2	2.0	2.7	2.5	3.7	1.0	0.0	1.1	2.2	1.7	3.7
B3	3.3	3.5	1.4	3.8	3.0	2.1	0.0	2.1	1.9	1.6
C1	3.7	3.4	2.5	2.3	2.2	3.4	3.1	0.0	2.7	3.8
C2	3.2	1.1	2.7	3.6	3.9	3.2	2.7	2.5	0.0	4.0
C3	3.0	2.4	1.4	2.1	3.4	3.7	1.3	2.2	1.5	0.0

10

در مرحله اول: تشکیل ماتریس میانگین اولیه

در بالا یک ماتریس $A = [a_{ij}] n \times n$ را می‌بینیم که قطر آن با صفر پر شده و درجه
تأثیرگذاری هر عامل/عنصر از ۰ تا ۴ (بدون تأثیر تا تأثیر خیلی زیاد) بر دیگری رتبه-
بندی می‌شود. این نقشه یک رابطه متنی بین عناصر یک سیستم را به تصویر می‌کشد
که در آن عدد نشان دهنده قدرت نفوذ (درجه تحت تأثیر) است.

مرحله دوم: تشکیل ماتریس اولیه

سپس ماتریس فوق را نرمال کرده (با بدست آوردن مجموع سطرها و ستونها به‌طور
جداگانه، ماکزیمم آن‌ها را به دست آورده و هر عنصر ماتریس را بر آن تقسیم می-
کنیم).

$$N = VD;$$

$$V = \min\{1/\max_i \sum_{j=1}^n d_{ij}, 1/\max_j \sum_{i=1}^n d_{ij}\}, i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$$

مرحله سوم: استخراج ماتریس تأثیر مستقیم/غیر

مستقیم کامل

سپس از ماتریس نرمال شده ماتریس واحد کم کرده (در فرمول زیر I ماتریس واحد است) و معکوس می‌کنیم، ماتریس کل (تحت تأثیر کل که بوسیله معیارها شمرده می‌شود) تحت تأثیر از دیمتل به دست خواهد آمد که به آن T_c می‌گوییم.

$$T = N + N^2 + \dots + N^h \\ = N(I - N)^{-1}, \text{ when } h \rightarrow \infty$$

$$T_c = \begin{bmatrix} T_c^{11} & \dots & T_c^{1j} & \dots & T_c^{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{i1} & \dots & T_c^{ij} & \dots & T_c^{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ T_c^{n1} & \dots & T_c^{nj} & \dots & T_c^{nn} \end{bmatrix}$$

TC	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
A1	0.30	0.37	0.31	0.42	0.27	0.38	0.28	0.38	0.15	0.27
A2	0.42	0.31	0.39	0.44	0.31	0.41	0.27	0.39	0.19	0.29
A3	0.39	0.38	0.24	0.40	0.26	0.35	0.22	0.32	0.16	0.25
A4	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.35	0.27	0.36	0.18	0.28
B1	0.52	0.48	0.45	0.54	0.30	0.48	0.36	0.45	0.26	0.40
B2	0.35	0.35	0.31	0.40	0.24	0.27	0.22	0.32	0.19	0.32
B3	0.42	0.40	0.31	0.45	0.32	0.37	0.21	0.35	0.21	0.29
C1	0.48	0.45	0.38	0.46	0.34	0.45	0.34	0.33	0.26	0.39
C2	0.47	0.38	0.39	0.49	0.39	0.45	0.33	0.40	0.18	0.40
C3	0.39	0.35	0.29	0.37	0.32	0.39	0.24	0.33	0.19	0.23

11

مرحله چهارم: تحلیل

مجموع سطرها (D) مجموع اثرات مستقیم و غیرمستقیم را از یک معیار در معیارهای دیگر را نشان می‌دهد و مجموع ستون‌های (R) مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم را نشان می‌دهد که یک معیار از معیارهای دیگر دریافت نموده است، این را از ماتریس ارتباطات کل (T_c) را محاسبه کرده و سپس مقادیر $D+R$ و $D-R$ را ایجاد می‌کنیم. نمودار علت و معلولی را با محور مختصات ($D+R$, $D-R$) ایجاد کرده جایی که ($D+R$)

$$T = [t_{ij}], i, j \in (1, 2, \dots, n) \\ D = [r_i]_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right] \quad R = [c_j]_{1 \times n} = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]$$

قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد و D-R اگر مثبت باشد، یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

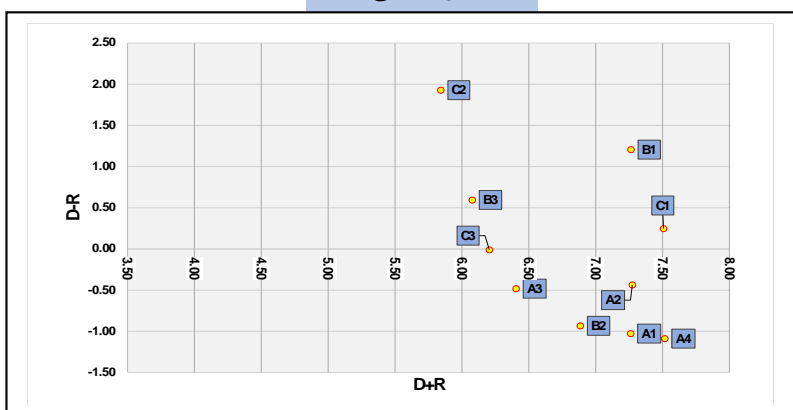
	D	R	D+R	D-R
A1	3.12	4.14	7.26	-1.03
A2	3.42	3.85	7.27	-0.44
A3	2.96	3.44	6.40	-0.48
A4	3.21	4.30	7.52	-1.09
B1	4.23	3.03	7.26	1.21
B2	2.98	3.91	6.88	-0.93
B3	3.34	2.74	6.08	0.60
C1	3.88	3.63	7.51	0.25
C2	3.88	1.96	5.84	1.93
C3	3.10	3.11	6.21	-0.01

12

بر اساس جدول فوق، معیار افزایش تمرکز دارای بیشترین مقدار D است پس تأثیرگذارترین عامل به حساب می‌آید. معیار عملکرد مثبت دارای بیشترین مقدار R است پس تأثیرپذیرترین عامل است و نیز دارای بیشترین مقدار D+R است پس بیشترین ارتباط را با دیگر عوامل سیستم داراست.

نمودار علی را با دو محور (D+R, D-R) در بالا رسم گردیده‌است. از روی نمودار می‌توان میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها را مشخص نمود و اینکه چگونه معیارها را بهبود بخشید.

نمودار علی



مرحله پنجم: ماتریس تأثیر کل T_D

حال باید وزن‌های هر معیار را مشخص نمود. از روی ماتریس T_C برای هر معیار (خوشه مربوط به هر معیار) میانگین گرفته و نرمال سازی کرده و ترانهاده آن را بدست

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D11} & L & t_{1j}^{D1j} & L & t_{1m}^{D1m} \\ M & M & M & M & M \\ t_{i1}^{Di1} & L & t_{ij}^{Dij} & L & t_{im}^{Dim} \\ M & M & M & M & M \\ t_{m1}^{Dm1} & L & t_{mj}^{Dmj} & L & t_{mm}^{Dmm} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{aligned} d_1 &= \sum_{j=1}^m t_{1j}^{D1j} \\ d_i &= \sum_{j=1}^m t_{ij}^{Dij} \\ d_m &= \sum_{j=1}^m t_{mj}^{Dmj} \end{aligned}$$

$$, d_i = \sum_{j=1}^m t_{ij}^{Dij}, i = 1, \dots, m$$

13

می‌آوریم. به این ماتریس T_D گویند.

	A	B	C
A	0.39	0.40	0.38
B	0.32	0.30	0.34
C	0.29	0.30	0.28

ترانهاده T_D نرمال شده

مرحله ششم: سوپر ماتریس ناموزون

با نرمال و ترانهاده کردن ماتریس T_C سوپر ماتریس ناموزون بدست می‌آید

$$W = (T_C^\alpha)' = \begin{matrix} & & D_1 & & D_i & & D_n \\ & & c_{11} \dots c_{1m_1} & \dots & c_{j1} \dots c_{j} & \dots & c_{n1} \dots c_{nm_n} \\ D_1 & \begin{matrix} c_{11} \\ c_{12} \\ M \\ M \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccc} W^{11} & L & W^{i1} & L \\ M & & M & \\ W^{1j} & L & W^{ij} & L \\ M & & M & \\ W^{1n} & L & W^{in} & L \end{array} \right] & & & & \\ M & \begin{matrix} c_{1m_1} \\ M \\ M \\ c_{jm_j} \\ M \\ M \end{matrix} & & & & & \\ D_n & \begin{matrix} c_{n1} \\ c_{n2} \\ \dots \\ c_{nm_n} \end{matrix} & & & & & \end{matrix}$$

14

مرحله هفتم: سوپر ماتریس موزون

از حاصل ضرب $(T_C^\alpha)'$ (با ضرب هر معیار در زیر معیارهای خود) سوپر ماتریس موزون تشکیل خواهد گردید.

$$W^\alpha = T_D^\alpha W$$

$$W^\alpha = \begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} \times W^{11} & \dots & t_D^{1i1} \times W^{i1} & \dots & t_D^{\alpha n1} \times W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j} \times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha ij} \times W^{ij} & \dots & t_D^{\alpha nj} \times W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1n} \times W^{1n} & \dots & t_D^{\alpha in} \times W^{in} & \dots & t_D^{\alpha nn} \times W^{nn} \end{bmatrix}$$

سوپر ماتریس موزون

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
A1	0.084	0.105	0.107	0.109	0.105	0.099	0.106	0.104	0.103	0.105
A2	0.104	0.077	0.105	0.101	0.096	0.099	0.102	0.097	0.085	0.095
A3	0.086	0.097	0.067	0.095	0.091	0.089	0.080	0.083	0.086	0.080
A4	0.117	0.111	0.112	0.084	0.109	0.115	0.113	0.099	0.109	0.102
B1	0.095	0.100	0.100	0.103	0.077	0.098	0.107	0.101	0.112	0.113
B2	0.132	0.136	0.138	0.126	0.126	0.110	0.121	0.135	0.129	0.139
B3	0.097	0.089	0.086	0.096	0.095	0.090	0.071	0.101	0.095	0.085
C1	0.136	0.128	0.127	0.125	0.122	0.115	0.123	0.094	0.115	0.124
C2	0.052	0.063	0.061	0.064	0.071	0.067	0.074	0.074	0.051	0.071
C3	0.097	0.095	0.097	0.096	0.107	0.117	0.102	0.113	0.114	0.085

نام معیار	وزن نهایی
افزایش روحیه کاری	0.103
افزایش انگیزه کاری	0.097
خلاقیت	0.086
عملکرد مثبت	0.107
رضایت مندی کارکنان	0.100
افزایش تمرکز	0.129
بهبود تعامل کارکنان	0.091
کاهش افسردگی و استرس شغلی	0.120
کاهش خستگی جسمانی	0.065
کاهش خطرات شغلی و حوادث	0.102

نام معیار اصلی	وزن نهایی
ارتقا بهره وری و راندمان	0.392
ارتقا کیفیت کار و افزایش تولید	0.320
افزایش سلامت و کاهش هزینه بهداشتی	0.288

مرحله پایانی: محدود کردن سوپر

ماتریس وزنی

این کار با به توان رساندن متوالی سوپرماتریس وزنی، تا زمانی که سوپرماتریس همگرا شود و تبدیل به یک سوپرماتریس پایدار درازمدت شود انجام می گیرد، تا بردارهای اولویت کلی را بدست آورده، که وزن های تأثیرگذار (ANP) DANP مبتنی بر DEMATEL نامیده می شوند. به طور خلاصه، وزن های کلی با استفاده از مراحل بالا برای استخراج یک ابرماتریس محدودکننده پایدار محاسبه می شود. بنابراین، یک مدل ترکیبی که روش DEMATEL را با روش های ANP ترکیب می کند تا بتواند با مشکلات وابستگی متقابل و بازخورد مقابله کند.

16

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
A1	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103
A2	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
A3	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086
A4	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
B1	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
B2	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
B3	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
C1	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
C2	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
C3	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.102

سوپرماتریس حدی
توان ۳ (همگرا شده)

با توجه به سوپرماتریس حدی اوزان نهایی زیرمعیارها تعیین می گردد. وزن نهایی معیارها نیز قابل بررسی است.

برای تعیین روابط بین معیارها نیز از مقدار آستانه (میانگین) می‌گیریم که برای معیار A,B,C به ترتیب معادل 0.365 و 0.309 و 0.300 از جدول کل است که می‌توان ارتباطات داخلی زیر معیارهای یک معیار مشخص را بدست آورد. هر عددی از این مقدار آستانه بزرگتر بود مقدار ۱ که نشان دهنده رابطه و هر عددی که کوچکتر از مقدار آستانه بود مقدار صفر یا عدم وجود رابطه است. با تعیین مقدار آستانه کل (0.341) ارتباطات تمامی زیر معیارها تعیین خواهد شد که در جدول زیر بیان شده است. این جدول نشان دهنده بیشترین ارتباط افزایش روحیه کاری، خلاقیت و عملکرد مثبت با تمامی عوامل و کمترین ارتباط را کاهش خستگی بخود اختصاص می‌دهد.

جدول ارتباطات تمامی زیر معیارها

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3
A1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
A2	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
A3	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
A4	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
B1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
B2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
B3	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
C1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
C2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
C3	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0

17

نتیجه گیری

با توجه به موارد به دست آمده می‌توان با بالا بردن بهره‌وری به نتایج مطلوب و اهداف مورد نظر دست یافت. افزایش روحیه کاری و عملکرد مثبت مهم‌ترین زیرمعیارها هستند که در بالا بردن بهره‌وری تأثیر بسزایی دارند. در مرتبه بعدی ارتقا کیفیت با افزایش تمرکز و رضایت‌مندی کارکنان حاصل می‌شود و سلامتی با عامل کاهش افسردگی و استرس شغلی — که خود مستلزم داشتن محیطی آرام و بی‌دغدغه با فراهم آوردن رضایت‌مندی کارکنان و جلوگیری از حوادث شغلی است — تحقق خواهد یافت. تأثیر بسیار مهم و مثبت نور و رنگ مناسب در محیط کار در ایجاد محیطی آرام‌بخش مستلزم داشتن موارد پیش گفته است. مطمئناً انتخاب نوع نور و رنگ نیز بستگی به محیط کار دارد که در اینجا به آن پرداخته نشده است. با بررسی‌های انجام شده می‌توان ادعا کرد تأثیر ارگونومی نور و رنگ بر محیط کار با افزایش تمرکز،

عملکرد مثبت از یک سو و کاهش افسردگی و استرس شغلی از سوی دیگر ارتباط مستقیم دارد.

مراجع

- ۱- امین دهیادگاری، مهرا ن بنیاد پور و محمد مهدی آراسته، (۱۳۹۸)، "تاثیر رنگ محیط کار بر ارگونومی افراد"، همایش ملی ایمنی، بهداشت و محیط زیست.
- ۲- حامد امانی، سیدحسین شجاعی، هیمن زارعی، (۲۰۲۰)، "رنگ و تاثیر آن بر افراد در محیط کار"، مجله ارگونومی سال ۸، شماره ۱، Archive of SID
- ۳- صیفی، احدی، (۱۳۹۹) چهارمین کنگره علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران.
- ۴- "ارگونومی رنگ‌ها در محیط کار"، (۱۳۹۹). وزارت علوم و تحقیقات فناوری
- 5- Ranko Skansi, (November 2 2017). "Three Key Requirements for Ergonomic Lighting", no name.
- 6- Ranko Skansi, (2018). "Lighting Ergonomics", GE Lighting.
- 7- (Mar 24 2019). "Lighting ergonomics", no name.
- 8- Ranko Skansi, (2019). "The Ergonomics of light", Professional Lighting Design.
- 9- James Savage, (2022). "How Lighting Ergonomics Can Affect Your Employees".
- 10- Tessa Smith, (May 2023). "Ergonomics of Lighting: Illumin the Path to Better Productivity".
- 11- Ranko Skansi, "How Lighting Ergonomics Can Affect Your Employee", no date.
- 12- (Fact sheet last revised: 2019 09-30). "Lighting Ergonomics", Canadian Center for Occupational Health and Safty.
- 13- Ratri Atmoko Benedictus, (Jurnal Ilmiah Psikologi MANASA 2017, Vol. 6, No. 2, 131-142) , "EFFECT OF LIGHTING COLOR ON HUMAN PERFORMANCE", Human Factor Engineering Dept.
- 14- Nattha Savavibool, Birgitta Gatersleben, Chumporn Moorapun, (August 2018Asian Journal of Behavioural Studies), "The Effects of Colour in Work Environment: A systematic review.
- 15- Wan-Yu Chiu , Gwo-Hshiang Tzeng, Han-Lin Li, "A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR to improve e-store business", Knowledge-Based Systems 37 (2013) 48-61.