Applied Research of Sport Management
Vol.9, No.1, Summer 2020

پژوهش‌های کاربردی در مدیریت ورزشی
سال نهم، شمارهٔ ۱ (۳۳ پیاپی)، تابستان ۱۳۹۹، ۷۲-۶۵

ارائه مدل تشریحی ساختاری (ISM) از مدیریت مصرف انرژی در مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش شهر تهران

مژگان مهدی‌زاده[۱]، عباس نظریان مادوانی[۲]، معصومه شهبازی[۳*]

۱. کارشناسی‌ارشد مدیریت ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۲. استادیار گروه مدیریت ورزشی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۳. استادیار گروه مدیریت ورزشی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: (۹۸/۰۳/۰۴) **تاریخ پذیرش:** (۹۸/۰۶/۱۱)

Presenting a structural descriptive model (ISM) of energy consumption management in sports education complexes in Tehran

M. MahdiZadeh[1], A. Nazarian Madavani[2], M. Shahbazi[3*]

1. Master of Science, Sport Management Department, Sport Science Faculty, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
2. Asistant professor, Sport Management Department, Sport Science Faculty, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
3. Asistant professor, Sport Management Department, Sport Science Faculty, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: (2019 May 25) **Accepted:** (2019 September 02)

چکیده

با توجه به نقش اساسی مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ در کاهش مصرف انرژی، شناسایی عوامل مؤثر بر آن می‌تواند در مدیریت مصرف انرژی مفید باشد. هدف این پژوهش شناخت مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ و عوامل تعیین کننده آن در مجموعه‌های ورزشی وابسته به آموزش و پرورش شهر تهران با استفاده از مدل معادلات ساختاری تفسیری می‌باشد که به بررسی تعاملات میان عناصر سیستم‌ها می‌پردازد. به‌منظور دستیابی به هدف تحقیق از دو روش اسنادی و میدانی-پیمایشی استفاده شد. مبتنی بر نظر خبرگان، از نظرات ۱۵ متخصص و مهندس ناظر ساخت اماکن ورزشی برای اعتباریابی مدل سازی تفسیری ISM استفاده گردید. پس از تحلیل داده‌ها، مولفه‌های تاثیرگذار بر مدیریت مصرف انرژی در چهار سطح قرار گرفتند که بر اساس آن گراف ISM طراحی شد. پس از تحلیل MICMAC، مولفه‌ها براساس قدرت نفوذ و وابستگی در سه سطح مستقل (عایق‌بندی لوله‌های آب گرم و سرد)، وابسته (عایق پوسته خارجی ساختمان) و خودمختار (جداره‌های نورگذر و بازشوها، تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی، مدیریت تاسیسات مکانیکی، برنامه نظارتی آموزش و تقسیم وظایف کارکنان) دسته‌بندی شدند که عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم بیشترین تاثیر را بر اجرایی شدن مبحث ۱۹ در مجموعه‌های ورزشی به خود اختصاص داد.

کلید واژه‌ها

مبحث ۱۹، مجموعه‌های ورزشی، رویکرد سیستمی، مدل‌سازی تشریحی ساختاری.

Abstract

National Building Regulations the Topic of 19 plays a major role in reducing energy consumption. Therefore, identifying the effective factors on it can be useful in energy management. The purpose of this research is to identify the national building regulations of Section 19 and its determinant factors using the SEM. This method is a part of the system analysis methods that examines the interactions between elements of the system. In order to achieve the research goal, two methods of documentation such as study of the background and theoretical foundations of the research and field-survey has been used. Considering this method is based on the opinion of the experts, 15 expert opinions and supervisor of sports facilities were used to validate ISM interpretive modeling. After analyzing the data and components affecting energy management, they were placed on four levels, based on which the ISM graph was designed. After MICMAC analysis, the components depend on the strength of the influence and dependence categorized on three levels, independent level (insulation of cold and hot pipes), dependent level (autonomous shell insulation) and autonomous (flood gates and openings, equipment and lighting system management, mechanical facility management, training supervisory program, and staffing assignment). Insulation of hot and cold water pipes has the greatest impact on the implementation of Topic 19 in sports complex.

Keywords

Topic 19, Sports Complex, System Approach, Structural Descriptive Modeling.

* **نویسنده مسئول:** معصومه شهبازی

*Corresponding Author: Masumeh Shahbazi
E-mail: mshahbazi@sru.ac.ir

مقدمه

ساختمان‌ها به‌عنوان یکی از عمده مصرف‌کنندگان انرژی در جهان، حدود ۴۰٪ از کل انرژی دنیا را مصرف می‌نمایند. در این میان حدود ۴۵٪ انرژی مصرفی، صرف سرمایش و گرمایش فضا می‌گردد. البته این رقم از جامعه‌ای به جامعه دیگر با توجه به فرهنگ افراد و سبک زندگی آن‌ها اندکی متفاوت است، اما به‌طورکلی بین ۳۰ تا ۴۰٪ تقاضای انرژی مربوط به بخش ساختمان است(Paris & etal, 2010). از سوی دیگر آگاهی از محدودیت منابع انرژی در دنیا باعث شده است که امروزه به موضوع استفاده بهینه از منابع انرژی توجه بیشتری شود. در این راستا وضع قوانین سختگیرانه در مصرف انرژی و الزامات اجرایی ساخت و ساز مانند عایق‌کاری، مصرف انرژی در بخش ساختمان را تا حدی تعدیل نموده است. همچنین با استفاده از موادی باکیفیت بهتر و مقاومت حرارتی بالاتر و استفاده از پنجره‌های چندلایه بار حرارتی و برودتی وارد بر ساختمان‌ها کاهش داده شده است (Bernardo & Martins, 2020). اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان) ازجمله اقدامات اساسی در زمینه بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان است. این قانون در خصوص پوسته ساختمان (جنس دیوارها، شیشه‌ها، پنجره‌ها و ...) نحوه معماری ساختمان و تأسیسات ساختمانی به وجود آمده است. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در سال ۱۳۷۰ به تصویب هیئت وزیران وقت رسید و اجرای آن در ساختمان‌های کشور الزامی شد. همچنین نسخه نهایی این مبحث پس از چندین بار بازنگری در سال ۱۳۸۱ به چاپ رسید و به کلیه ارگان‌های کشور ابلاغ گردید. در حال حاضر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای تمامی ساختمان‌های دولتی اجباری است. اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان حداکثر ۵ درصد هزینه‌های ساختمان را افزایش می‌دهد اما ظرفیت سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان را تا ۴۰ درصد نسبت به حالتی که این مبحث اجرا نمی‌شود، کوچک‌تر می‌کند که این امر منجر به کاهش فراوان هزینه‌ها می‌شود. بنابراین چنانچه در طراحی و ساخت ساختمان، اصول اولیه مهندسی رعایت شود علاوه بر ایجاد فضای مناسب برای زندگی ساکنین و افزایش سطح رفاه جامعه، هزینه‌های اولیه نیز کاهش می‌یابد (دفتر امور مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۰؛ دفتر مقررات ملی ساختمان مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۷).

اماکن و فضاهای ورزشی به جهت استفاده از سیستم‌های گرمایش، سرمایش، تهویه و انرژی الکتریکی سهم مهمی در مصرف انرژی ساختمان ایفا می‌کنند. بطوریکه از کل انرژی مصرفی در ارتباط با اماکن ورزشی ۵۰ الی ۶۰ درصد آن صرف گرمایش و سرمایش در فصول مختلف سال می‌گردد. بنابراین اقدام در جهت ارتقاء کیفیت ساختمان از دیدگاه تبادلات حرارتی به صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف کل انرژی می‌انجامد و از بار مالی ساختمان می‌کاهد. لذا پژوهش حاضر به شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر اجرای صحیح مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش شهر تهران پرداخت. سپس از نظر مدیران مشغول به کار در مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش، عوامل موثر بر اجرایی شدن مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان در مجموعه‌های ورزشی را رتبه‌بندی نمود. در نهایت به منظور تحلیل و مقایسه وضعیت مدیریت مصرف انرژی، با استفاده از تحلیل سلسه مراتبی، به سطح‌بندی مولفه‌های موثر بر اجرای صحیح مبحث نوزده در مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش پرداخت.

برناردو و الیوریا[1] در سال ۲۰۱۸ به منظور ارزیابی عملکرد انرژی در محیط داخلی مدارس به بررسی روش‌های ساختاریافته پرداختند و بیان کردند که افزایش دانش و آگاهی کارکنان و دانش‌آموزان در مورد چگونگی مصرف انرژی نقش به سزایی در کاهش مصرف انرژی مدرسه دارد. السعدی[2] و همکارانش در سال ۲۰۱۷ با تعویض چراغ‌های فلورسنت با LED، تعویض سیستم‌های تهویه مطبوع در خارج از ساعات شلوغ، افزایش درجه حرارت ترموستات و کاهش نفوذ هوا، موفق شدند اقدامات ممیزی انرژی را اجرا کنند و ۵/۳۸٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمایند. زوکاری[3] و همکاران در سال ۲۰۱۷ روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب و صرفه‌جویی در انرژی تأسیسات ورزشی را بررسی کردند و دریافتند که آب گرم مصرفی در اماکن ورزشی یکی از عوامل اصلی مصرف انرژی است و هدر روی آب موجب اتلاف انرژی و افزایش آب مصرفی بخصوص در استخرها می‌شود. آنها نشان دادند که ۲۹ درصد انرژی الکتریسیته و ۴۳ درصد گاز مصرفی اماکن ورزشی صرف تولید آب گرم می‌شود که در صورت استفاده از تجهیزات مناسب و اصلاح الگوی مصرف، مقدار زیادی از هزینه‌های مصرف آب و انرژی در تأسیسات ورزشی کاهش خواهد یافت. سرگزی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) با شبیه‌سازی و تحلیل اثرات نوع، جهت و نسبت سطح پنجره بر بار ساختمان به بررسی تأثیر نسبت سطح پنجره به سطح دیوار برای سه نوع پنجره مختلف برای یک

1. Bernardo & Oliveira
2. Al-Saadi & etal
3. Zuccari & etal

ساختمان استاندارد پرداختند و نسبت‌های بهینه سطح پنجره برای دیوارهای ساختمان با جهات بهینه را تعیین کردند. آنها نشان دادند که استفاده از پنجره سه جداره با نسبت بهینه مجموع تقاضای گرمایشی و سرمایشی سالیانه را به میزان ۹۲/۲۵ درصد و پنجره دوجداره با نسبت بهینه میزان تقاضای انرژی را به میزان ۳۱/۲۱ درصد کاهش می‌دهند. مهدویان و هوشمند (۱۳۹۴) در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی به بررسی پارامترهایی که در میزان بار گرمایش و سرمایش ساختمان تأثیرگذار هستند پرداختند و تأثیر تغییرات این پارامترها را در میزان مصرف و هزینه برق و گاز یک ساختمان توسط نرم‌افزار کریر مورد بررسی قرار دادند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که درصد کاهش مصرف برق و گاز ساختمان در اثر استفاده از بلوک و عایق پلی استایرن به‌جای آجر توپر در دیوارها به ترتیب ۵/۸ و ۱۵/۳ درصد و در سقف‌ها به‌ترتیب ۲/۶ و ۶/۸ درصد بود. استفاده از پنجره دوجداره با شیشه رفلکس به‌جای پنجره معمولی نیز ۶/۵ درصد مصرف را کاهش داد. همچنین با اعمال تغییر کل پارامترها هزینه سالانه برق ساختمان ۱۸/۶ درصد و هزینه سالانه گاز ۲۶ درصد کاهش داشت. رضاییان و کهرم (۱۳۹۳) با طراحی الگوریتم دستورالعمل نرم‌افزاری ممیزی انرژی، یک چک لیست نرم‌افزاری تهیه کردند که کاربران بتوانند از آن در ممیزی ساختمان استفاده نمایند. آنها دریافتند با نصب یک سیستم کنترل هوشمند و قابل برنامه‌ریزی روی تابلوی اصلی برق موتورخانه می‌توان سیستم گرمایش ساختمان را حدود ۱۲ ساعت در روز خاموش نگه داشت.

۲- روش پژوهش

به‌جهت ارائه مدل ساختاری از روش مدل‌سازی تشریحی ساختاری که روشی برای غلبه بر پیچیدگی است، استفاده شد. سپس با استفاده از روش‌شناختی مهندسی سیستم‌ها و نرم افزار Concept Star مدل‌سازی تشریحی ارایه گردید.

۲-۱- جامعه و نمونه آماری

جامعه‌آماری تحقیق حاضر شامل کلیه مجموعه‌های ورزشی سرپوشیده مناطق ۱۹گانه آموزش و پرورش شهر تهران (۷۹ مجموعه ورزشی- بنابر آمار ارائه‌شده توسط روابط عمومی اداره کل آموزش و پرورش شهر تهران) بود. با توجه به ابلاغ رسمی مبحث ۱۹ به کلیه‌ی ارگان‌های دولتی در سال ۱۳۸۱؛ تعداد ۲۵ مجموعه ورزشی که تاریخ احداث آن از سال ۱۳۸۶ به بعد بود به عنوان نمونه تحقیق انتخاب گردیدند.

۲-۲- ابزار جمع‌آوری اطلاعات

در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به مبانی نظری و استخراج عوامل و شاخص‌های اولیه از منابع کتابخانه‌ای و اینترنتی شامل کتب، مقالات و مطالعات موردی استفاده شد. همچنین جهت گردآوری داده‌ها پرسشنامه‌ای محقق ساخته مطابق با مقررات ملی ساختمان و استانداردهای بین‌المللی و ممیزی انرژی در دو بخش تنظیم گردید. طرح اولیه پرسشنامه پس از تهیه توسط اساتید راهنمای اول و دوم و نیز سایر خبرگان مورد بررسی قرار گرفت و پس از اصلاحات در قسمت‌های مختلف و تطابق آن با مقررات ملی ساختمان و استانداردهای بین‌المللی و ممیزی انرژی، پرسشنامه نهایی تدوین گردید.

بخش اول پرسشنامه شامل ۱۳ سؤال و بخش دوم مشتمل بر ۹۰ سؤال بود که به ترتیب مشخصات کلی مجموعه ورزشی و جزئیات ساختمان آن‌را از نظر مؤلفه‌های فنی و مدیریت انرژی مورد بررسی قرار داد. سؤالات ۱ تا ۱۱ به جداره‌های نورگذر بازشوها (پنجره، درب، نورگیر و سایبان)، سؤالات ۱۲ تا ۱۸ به عایق‌بندی جداره‌های خارجی و عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان، سؤالات ۱۹ تا ۳۲ به مؤلفه‌های سیستم روشنایی سالن ورزشی (تجهیزات روشنایی و مدیریت سیستم روشنایی)، سؤالات ۳۳ تا ۵۰ به عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم، موتورخانه و استفاده از شیر ترموستات در سالن ورزشی، سؤالات ۵۱ تا ۶۲ به مدیریت سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه در سالن‌های ورزشی، سؤالات ۶۳ تا ۷۲ به مدیریت مصرف انرژی (ممیزی انرژی)، سؤالات ۷۳ تا ۷۶ به برنامه نظارتی و سؤالات ۷۷ تا ۹۰ به آموزش و تقسیم وظایف کارکنان مربوط بودند.

ماتریس مجاور در دو بخش تنظیم شد، بخش اول اطلاعات جمعیت شناختی متخصصان و خبرگان در حیطه مقررات ملی ساختمان و بخش دوم ۷ پارامتر مؤثر بر اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ در مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش شهر تهران را در برگرفت.

۲-۳- نحوه جمع‌آوری اطلاعات

محقق با مراجعه حضوری به کارشناسی تربیت‌بدنی و سلامت ادارات آموزش و پرورش و مجموعه‌های ورزشی خواهران و برادران اقدام به تکمیل پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان تربیت‌بدنی، مدیران مجموعه‌های ورزشی، مسئولان سالن‌های ورزشی و مسئولان تأسیسات سالن نمود. همچنین محقق با حضور در سازمان نوسازی و تجهیز مدارس کشور، اداره کل نوسازی و تجهیز مدارس شهر تهران و شرکت توسعه و نگهداری اماکن ورزشی کشور نسبت به تکمیل ماتریس مجاور توسط

مهندسین ناظر بر ساخت اماکن ورزشی آموزش و پرورش شهر تهران اقدام نمود.

۳- ایجاد نقشه راه با نرم‌افزار Concept Star

نرم‌افزار Concept Star، پیشرفته‌ترین نرم‌افزار مدل‌سازی تشریحی ساختاری است. این نرم‌افزار مبتنی بر سال‌ها تجربه مشاوره عملی در زمینه تصمیم‌سازی اجرایی و حل مسائل سیستمی است. طراحی سیستم، یک روش برای ایجاد یک «نقشه راه» از حالت‌های پیچیده‌ای است که در آن مسائل و گزینه‌های متعددی را باید در نظر گرفت (Bernardo & Martins, 2020). در این تحقیق برای ایجاد یک درک اساسی از حالت‌های پیچیده و نیز جهت کنار هم قرار دادن یک سری عملیات حل مسئله از این نرم‌افزار استفاده شد و کلیه مراحل دریافت داده و رسم سیستم سلسله مراتبی توسط آن انجام گرفت.

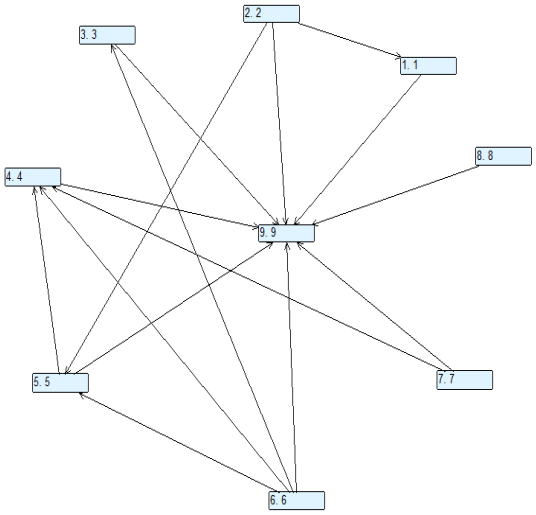
۳-۱- شناسایی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی

با بررسی منابع و نظرات خبرگان، ۷ عامل اصلی تاثیرگذار در اجرای هرچه بهتر مدیریت مصرف انرژی بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان تعیین شد که به قرار زیر است:

۱. جداره‌های نورگذر و بازشوها
۲. عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان
۳. تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی
۴. عایق‌بندی سیستم گرمایش و سرمایش
۵. مدیریت تاسیسات مکانیکی
۶. برنامه نظارتی
۷. آموزش و تقسیم وظایف کارکنان

۳-۲- مدل‌سازی سیستم

با شروع فرآیند طراحی سیستم و انتخاب رابطه محتوایی «تأثیر می‌گذارد»، نرم‌افزار Concept Star سؤالاتی می‌پرسد و با پاسخ‌گویی، یک ماتریس مشتمل بر تمام نظرها در مورد سیستم را در خود جای می‌دهد. برای این منظور از نظرات ۱۵ نفر از خبرگان شامل مهندسین ناظر ساخت مجموعه‌های ورزشی آموزش و پرورش شهر تهران و کارشناسان سازمان نوسازی مدارس با مدرک تحصیلی کارشناسی‌ارشد و دکتری استفاده شد. در ادامه، دایگراف معادل ماتریس مجاور را که حاصل پاسخ‌دهی به این سؤال‌ها بود ارائه گردید (شکل شماره ۱).



شکل ۱. ماتریس مجاور (پیچیدگی بین موانع)

بعلت پیچیدگی زیاد عملاً این ماتریس برای مدیران و محققان قابل استفاده نمی‌باشد. لذا برای رفع این مشکل، ابتدا روابط مستتر در ماتریس مجاور را در جدول شماره ۱ آشکار کردیم.

جدول ۱. ماتریس مجاور مولفه‌های اصلی مدیریت مصرف انرژی در سالن‌های ورزشی

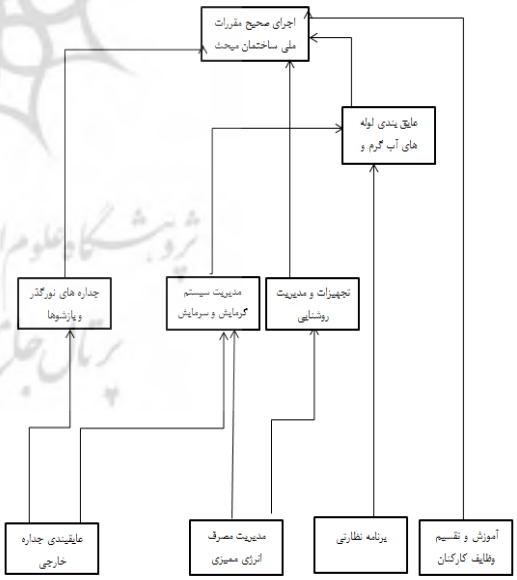
	جداره‌های نورگذر و بازشوها	عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان	تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی	عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم موتورخانه و استفاده از شیر ترموستات	مدیریت سیستم گرمایش، سرمایش، تهویه و تاسیسات مکانیکی	مدیریت مصرف انرژی ممیزی انرژی	برنامه نظارتی	آموزش و تقسیم وظایف کارکنان	اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان
جداره‌های نورگذر و بازشوها	-	-	-	-	-	-	-	-	۱
عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان	۱	-	-	-	۱	-	-	-	۱
تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی	-	-	-	-	-	-	-	-	۱
عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم موتورخانه استفاده از شیر ترموستات	-	-	-	-	-	-	-	-	۱
مدیریت سیستم گرمایش، سرمایش، تهویه و تاسیسات مکانیکی	-	-	-	۱	-	-	-	-	۱
مدیریت مصرف انرژی ممیزی انرژی	-	-	۱	۱	۱	-	-	-	۱
برنامه نظارتی	-	-	-	۱	-	-	-	-	۱
آموزش و تقسیم وظایف کارکنان	-	-	-	-	-	-	-	-	۱
اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان	-	-	-	-	-	-	-	-	-

برای این‌کار با استفاده از ماتریس مجاور، ماتریس قابل حصول آن را به‌دست آورده و حاصل جمع این ماتریس و ماتریس همانی را آن قدر به توان رساندیم تا تمامی اطلاعات نهفته درآن آشکار شود (جدول شماره ۲).

جدول ۲. ماتریس نهایی مولفه‌های اصلی مدیریت مصرف انرژی در سالن‌های ورزشی

	جدارهای نورگذر و بازشوها	عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان	تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی	عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم موتورخانه و استفاده از شیر ترموستات	مدیریت سیستم گرمایش، سرمایش، تهویه و تأسیسات مکانیکی	مدیریت مصرف انرژی ممیزی انرژی	برنامه نظارتی	آموزش و تقسیم وظایف کارکنان	اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان
جدارهای نورگذر و بازشوها	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان	۱	۱*	۰	۱*	۱	۰	۰	۰	۱
تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی	۰	۰	۱*	۰	۰	۰	۰	۰	۱
عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم موتورخانه استفاده ازشیرترموستات	۰	۰	۰	۱*	۰	۰	۰	۰	۱
مدیریت سیستم گرمایش، سرمایش، تهویه، و تأسیسات مکانیکی	۰	۰	۰	۱	۱*	۰	۰	۰	۱
مدیریت مصرف انرژی ممیزی انرژی	۰	۰	۱	۱	۱	۱*	۰	۰	۱
برنامه نظارتی	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱*	۰	۱
آموزش و تقسیم وظایف کارکنان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱*	۱
اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱*

در ادامه ماتریس نهایی این سیستم و نیز نمودار سلسله مراتبی سیستم را که با استفاده از نرم‌افزار Concept Star بدست آمد در شکل شماره ۲ ارائه گردید. این امر نشان‌دهنده یافتن روابط پنهان و تسری بین موانع است که در حالت معمول نادیده گرفته شدند.



شکل۲. سیستم سلسله مراتبی عوامل موثر بر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

با به‌دست آوردن ماتریس نهایی، مسأله اطلاعات نهانی سیستم حل، اما در عین حال بر پیچیدگی آن افزوده شد. زمانی‌که نمودار سلسله مراتبی و سطح‌بندی شده سیستم را با استفاده از نرم‌افزار به‌دست آوردیم، خطوط اضافی بدون کاستن از اطلاعات مهم سیستم، حذف شد و سیستمی قابل فهم و مناسب برای تحلیل‌گر و مدیر فراهم گردید که بیان‌گر پیچیدگی بین موانع بود.

۴- تجزیه و تحلیل MICMAC

هدف از تحلیل MICMAC بررسی و تحلیل قدرت نفوذ و قدرت وابستگی عوامل موثر (متغیرها) بود. در این مرحله با توجه به میزان قدرت نفوذ و وابستگی، عوامل موثر به چهار دسته کلی تقسیم شدند (جدول شماره ۳). دسته اول شامل متغیرهای خودمختار بودند. این دسته از متغیرها قدرت وابستگی و همچنین قدرت نفوذ پایینی داشتند. متغیرهایی که در این دسته قرار گرفتند، تقریباً به صورت جدا از کل سیستم عمل کردند و اثر چندانی روی سایر متغیرها نداشتند. در واقع ارتباطات این عوامل با دیگر متغیرها بسیار محدود و ناچیز بود. دسته دوم شامل آن دسته از متغیرهای وابسته‌ای بودند که قدرت نفوذ پایین اما قدرت وابستگی بالایی داشتند. دسته سوم شامل آن دسته از متغیرهای پیوندی بودند که هم قدرت نفوذ بالا و هم قدرت وابستگی بالایی داشتند. این متغیرها در حقیقت موانعی بی‌ثبات بودند. به این معنا که انجام هرگونه اقدامی در مورد آنها علاوه بر اینکه مستقیماً بر سایر موانع اثر می‌گذاشت، در قالب بازخورد از سایر موانع نیز اثرپذیر بودند. دسته چهارم شامل آن دسته از متغیرهای مستقلی بودند که قدرت نفوذ بالا امّا قدرت وابستگی پایین داشتند. این دسته همانند سنگ زیربنای مدل عمل کردند و برای شروع کارکرد سیستم باید مورد تأکید قرار می‌گرفتند.

جدول۳. قدرت نفوذ و وابستگی عوامل بر اساس ماتریس دریافتی نهایی

	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
عوامل	**آموزش و تقسیم وظایف کارکنان**	**برنامه نظارتی**	**مدیریت تأسیسات مکانیکی**	**عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم**	**تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی**	**عایق‌بندی پوسته خارجی ساختمان**	**جدارهای نورگذر و بازشوها**
قدرت نفوذ	۱	۲	۲	۱	۱	۴	۱
قدرت وابستگی	۱	۱	۲	۴	۱	۱	۲

در جدول شماره ۴ محور افقی نمایانگر قدرت وابستگی و محور عمودی نشانگر قدرت نفوذ است. میزان قدرت نفوذ و

وابستگی هر یک از متغیرها از روی جدول ماتریس دریافتی نهایی استخراج شده است.

جدول ۴. دسته‌بندی مولفه‌ها بر اساس قدرت نفوذ و وابستگی

قدرت نفوذ									
۷									
۶		مستقل				پیوندی			
۵									
۴	۴								
۳/۵									
۳		خودمختار				وابسته			
۲	۱	۵							
۱	۳-۷	۶			۲				
	۱	۲	۳	۳/۵	۴	۵	۶	۷	

قدرت وابستگی

۴-۱- ناحیه خودمختار

معیارهایی که دارای قدرت نفوذ و وابستگی پایین بودند در این ناحیه قرار گرفتند. این متغیرها به دلیل اتصالات ضعیف با مدل، تقریباً از مدل جدا شدند. همانطور که از اسم این ناحیه مشخص است، عوامل موجود در این ناحیه خودمختارند. برای برنامه‌ریزی در مورد عوامل، بهتر است متغیرهای این ناحیه را انتخاب نکنیم چون برنامه‌ریزی و اقدام در مورد این عوامل موجب ایجاد توفیق خاصی نمی‌گردد. این عامل دارای قدرت نفوذ پایین و همچنین قدرت وابستگی بسیار پایین نسبت به سایر عوامل هستند. به همین دلیل عاملی جدا از سایر عوامل محسوب شده و برنامه‌ریزی برای آن تنها منحصر به خود این عوامل می‌شود. در بین عوامل مورد بررسی ۵ عامل؛ عامل شماره ۱ جداره های نورگذر بازشوها، عامل شماره ۳ تجهیزات و مدیریت سیستم روشنایی، عامل شماره ۵ مدیریت تاسیسات مکانیکی، عامل شماره ۶ برنامه نظارتی و عامل شماره ۷ آموزش و تقسیم وظایف کارکنان؛ در این ناحیه قرار گرفتند.

۴-۲- ناحیه وابسته

متغیرهایی که دارای قدرت نفوذ پایین اما قدرت وابستگی بالایی بودند در این ناحیه قرار گرفتند. این ابعاد به طور عمده شامل عواملی بودند که برای ایجاد آنها عوامل زیادی دخالت داشتند اما خود آنها کمتر زمینه‌ساز متغیرهای دیگر بودند. با برنامه‌ریزی در مورد عوامل ناحیه پیوندی و مستقل می‌توان انتظار داشت که عوامل این ناحیه زیاد تحت تاثیر قرار گیرند. این عوامل نیز برای برنامه‌ریزی مناسب نیستند زیرا در سطوح پایینی مدل قرار دارند. برنامه‌ریزی باید برای عواملی باشد که دارای اثرگذاری بیشتری بوده و در سطوح بالایی مدل قرار دارند. از بین عوامل مورد بررسی، تنها یک عامل یعنی عامل شماره ۲ عایق بندی پوسته خارجی ساختمان در این ناحیه قرار داشت.

۴-۳- ناحیه پیوندی

متغیرهایی که دارای قدرت نفوذ و قدرت وابستگی بالایی باشند در این ناحیه قرار می‌گیرند. متغیرهای این ناحیه ثباتی ندارند، هر تغییری که روی آنها صورت گیرد، هم روی خود آنها و هم روی دیگر متغیرها اثرگذار خواهد بود. عوامل موجود در این سطح هم اثرپذیر و هم اثرگذارند. همچنین عوامل سطح قبلی پیش‌نیاز عوامل این سطح و خود این عوامل پیش نیاز وقوع عوامل سطح بعدی خواهند بود. بدین ترتیب قدرت نفوذ در سطوح بعدی و قدرت وابستگی به سطوح قبلی در این عوامل بالاست. در بین عوامل مورد بررسی در این تحقیق هیچ یک از عوامل در این دسته قرار نگرفتند.

۴-۴- ناحیه مستقل

عواملی که دارای قدرت نفوذ بالا اما قدرت وابستگی پایین بودند، در این ناحیه قرار گرفتند. این عوامل به همراه عوامل پیوندی، متغیرهای کلیدی هستند که زیربنای مدل را شکل می‌دهند و برای شروع کارکرد سیستم باید در ابتدا به آنها توجه شود برنامه ریزی و اقدام در مورد این عوامل چنانچه در حیطه توان مدیران باشد، دارای بهترین تاثیر خواهند بود. این عوامل در سطوح بالایی مدل قرار دارند و بر سایر عوامل تاثیر می‌گذارند. از بین عوامل مورد بررسی، تنها یک عامل یعنی عامل شماره ۴ عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم (سیستم گرمایش و سرمایش) در این دسته قرار گرفت.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در سیستم سلسله مراتبی فوق مسیر علت و معلولی از سطوح پایین به سطوح بالا بود. یعنی جزء موجود در سطح چهارم بر اجزاء سطوح دیگر تأثیر می‌گذارد بدون اینکه آن سطوح بر آن جزء در سطح چهارم مؤثر باشند. در سطح اول، اجرای صحیح مقررات ملی ساختمان از تمامی اجزاء سیستم متأثر گردید. مواقعی که خواهان اعمال مقررات ملی ساختمان هستیم، باید دقت کنیم که اجزا مورد نظر ما، چه جایگاهی در سیستم داشته و روابط آن با خود و دیگر اجزاء چگونه است. اگر برآیند این فعل و انفعالات واگرا باشد ممکن است سیستم از کنترل خارج شده و در نهایت ساختارهای آن ازهم بپاشند و از اجرای صحیح مقررات کاملا دور شویم.

یک سیستم سلسله مراتبی متشکل از چهار سطح است که در تحقیق حاضر؛ در سطح چهارم، چهار عامل [۱]عایق‌بندی جداره‌های خارجی، [۲]مدیریت مصرف انرژی، [۳]برنامه نظارتی و [۴]آموزش کارکنان؛ در سطح دوم، فقط عامل عایق‌بندی لوله‌های سرد و گرم و در سطح سوم، سه عامل [۱]جداره‌های نورگذر و بازشوها، [۲]تجهیزات روشنایی و [۳]مدیریت سیستم گرمایش و سرمایش قرار گرفتند.

تحقیق حاضر به بررسی موانع با استفاده از رابطه محتوایی "تأثیری" پرداخت که صرفاً دیدی کلی برای درک مسئله به ما می‌دهد. لذا پیشنهاد می‌گردد تحقیقات آتی از روابط محتوایی دیگری مانند "افزایشی" یا "بازدارندگی" برای شناخت بیشتر استفاده نمایند.

REFERENSECES

- Al-Saadi, S. N. J., Ramaswamy, M., Al-Rashdi, H. & Al-Mamari, M. (2017). “Energy Management Strategies for a Governmental Building in Oman”. *Journal of Energy Procedia,* 141, 206-210.
- Bernardo, H. & Martins, A.G. (2020). “Resource-efficient nondomestic buildings: Intertwining behaviour and technology”. Journal of Energy and Behaviour, 109-127.
- Bernardo, H. & Oliveira, F. (2018). “Estimation of Energy Savings Potential in Higher Education Buildings Supported by Energy Performance Benchmarking: A Case Study”. *Journal of Environments*, 5(8), 85.
- Bernardo, H., Carlos Paris, B., Eynard, J., Grieu, S., Talbert, T. & Polit, M. (2010). “Heating control schemes for energy management in buildings”. *Journal of Energy and Buildings,* 42(10), 1908-1917.
- Mahdavian, M. & Hoshmand, Z. (1394). “Simulation and evaluation of effective parameters in thermal and refrigeration load and energy consumption of a residential building”. *The Fifth International Conference on New Approaches to Energy Conservation. Tehran. Iran.*
- National Building Regulations Office of Road, Housing and Urban Development Research Center. (1397). "Energy Saving Handbook Volume II". *Publication of National Building Regulations. Tehran. Iran.*
- Office of National Building Regulations. (1390). "National Building Regulations of Iran, Section 19, Energy Saving". *Iran Development Publications. Tehran. Iran.*
- Rezaian Bajgiran, M. & Kahram, M. (1393). "Design of Energy Audit Software Instruction Algorithm in Residential Complexes". *Journal of Environmental Science and Technology,* 2(16), 85-78.
- Sargzizadeh, M. S., Mohammad Hashemi, N. & Tabasian, R. (1395). “Simulation and analysis of the effects of type, direction and ratio of window surface on building load”. *The First International Conference on New Research Achievements in Mechanics, Mechatronics and Biomechanics, International Confederation of World Inventors (IFIA). Tehran. Iran.*
- Zuccari, F., Santiangeli, A. & Orecchini, F. (2017). “Energy analysis of swimming pools for sports activities: Cost effective solutions for efficiency improvement”. *Journal of Energy Procedia,* 126, 123-130.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی