## 🧠 1. ****معماری‌های یادگیری عمیق استفاده‌شده برای مهندسی ویژگی****

### سه معماری اصلی:

1. **Autoencoder (AE):**
   * یک شبکه عصبی با لایه میانی کوچک که داده را فشرده می‌کند.
   * ویژگی‌ها در لایه میانی استخراج می‌شوند.
   * برای داده‌های عددی مثل بار سرمایشی مناسب است.
2. **Convolutional Autoencoder (CAE):**
   * مخصوص داده‌های سری‌زمانی.
   * قابلیت استخراج **الگوهای زمانی پیچیده** از داده‌های متوالی (مثل بار روزانه).
3. **Generative Adversarial Network (GAN):**
   * استفاده نوآورانه برای استخراج ویژگی در داده‌های انرژی.
   * داده‌های مصنوعی مشابه داده واقعی تولید می‌کند و از لایه آخر تفکیک‌گر (Discriminator) ویژگی استخراج می‌شود.

🟢 نتیجه مهم: استفاده از **ویژگی‌های استخراج‌شده توسط GAN** دقیق‌ترین پیش‌بینی‌ها را در مدل‌های یادگیری ماشین فراهم کرده است

## 2. ****مقایسه مدل‌های یادگیری نظارت‌شده با داده‌های یکسان****

چهار الگوریتم پیش‌بینی روی مجموعه ویژگی‌های مشابه تست شدند:

| **الگوریتم** | **دقت مدل (CV-RMSE ↓) با ویژگی‌های GAN** |
| --- | --- |
| **MLR** (رگرسیون خطی) | 26.4% |
| **SVR** (رگرسیون بردار پشتیبان) | 21.3% |
| **ANN** (شبکه عصبی مصنوعی) | 20.1% |
| **XGBoost** (مدل درخت ترکیبی) | ✅ **17.7%** (بهترین) |

بنابراین:

* مدل **XGBoost** از بقیه قوی‌تر عمل کرده، مخصوصاً وقتی ورودی آن از ویژگی‌های عمیق مثل GAN یا CAE باشد.
* **شبکه عصبی (ANN)** هم عملکرد خوبی دارد اما کمی ضعیف‌تر از XGB.

## . ****ساخت داده و مهندسی ویژگی از داده‌های ضعیف****

* استفاده از GAN برای ساخت **پروفایل‌های مصنوعی بار سرمایشی ۲۴ ساعته** با کیفیتی نزدیک به داده واقعی.
* این کار برای مواقعی که داده واقعی ناقص یا نویزی است بسیار مفید است

## 4. ****پیش‌بینی چندگامی (Multi-step Forecasting) و چالش آن****

* پیش‌بینی یک گام جلو (مثلاً بار در ۳۰ دقیقه بعد) دقیق‌تر از پیش‌بینی چندگام جلو است.
* در افق ۲۴ ساعته، خطای پیش‌بینی می‌تواند **۲ تا ۲٫۵ برابر افزایش** یابد.
* در نتیجه، انتخاب مدل و روش مهندسی ویژگی برای پیش‌بینی‌های بلندمدت حیاتی است

## 5. ****ویژگی‌های مورد استفاده در مدل‌ها****

دو دسته ویژگی در مدل‌ها استفاده شده است:

### (1) ویژگی‌های خارجی:

* ساعت، نوع روز (Weekday/Weekend)
* دمای خشک بیرونی، رطوبت نسبی

### (2) ویژگی‌های داخلی:

* تاریخچه بار سرمایشی در ۲۴ ساعت گذشته (با تاخیر زمانی)
* تحلیل طیفی برای استخراج تناوب‌های اصلی (مثل دوره روزانه)

🎯 **ویژگی‌های ترکیبی داخلی+خارجی بهترین عملکرد را دارند**.

## 6. ****استانداردسازی، تقسیم داده و مدل‌سازی****

* داده‌ها به نسبت ۷۰٪ آموزش و ۳۰٪ تست تقسیم شدند.
* **استانداردسازی ویژگی‌های عددی** و **رمزگذاری One-hot ویژگی‌های دسته‌ای** انجام شد.
* معماری شبکه ANN دارای ۳ لایه مخفی بود و برای هر مدل، بهینه‌سازی پارامترها انجام شد (مثل تابع فعال‌سازی، تعداد نرون‌ها، dropout و ...).

## 7. ****مقایسه روش‌های مهندسی ویژگی****

| **روش مهندسی ویژگی** | **نوع** | **دقت متوسط مدل XGB (CV-RMSE ↓)** |
| --- | --- | --- |
| PCA (تحلیل مؤلفه اصلی) | آماری خطی | 19.3% |
| آماری (میانگین بازه‌ها) | آماری ساده | 19.3% |
| AE | یادگیری عمیق | 19.0% |
| CAE | یادگیری عمیق | 18.3% |
| **GAN** | یادگیری عمیق | ✅ **17.7%** |

📌 نتیجه: روش GAN در استخراج ویژگی‌های سطح بالا از **داده‌های نویزی و کم‌کیفیت** نیز دقت بالایی دارد.

## 8. ****پیشنهادات پژوهشی آینده****

* طراحی بهتر معماری GAN مخصوص داده‌های انرژی ساختمان
* ترکیب با **مدل‌های قابل توضیح (XAI)** برای افزایش فهم‌پذیری
* تست روی **انواع مختلف ساختمان‌ها** برای سنجش عمومی‌سازی مدل‌ها
* بررسی عملکرد در شرایط واقعی مثل قطع داده، داده ناقص، یا ساختمان‌های جدید

**📄 چکیده (ترجمه فارسی)**

بخش محیط‌ساخته مسئول تقریباً یک‌سوم از مصرف نهایی انرژی در جهان است. از این رو، یافتن راه‌حل‌های منطقی برای **کاهش تقاضای انرژی ساختمان‌ها** و **کاهش تأثیرات منفی زیست‌محیطی** ضروری است. در سال‌های اخیر، **تکنیک‌های هوش مصنوعی** مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به‌طور فزاینده‌ای و موفقیت‌آمیز در توسعه راه‌حل‌هایی برای محیط‌ساخته به کار گرفته شده‌اند.

این مرور ادبیات، خلاصه‌ای انتقادی از مطالعات موجود در حوزه کاربردهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در محیط‌ساخته طی دهه گذشته ارائه می‌دهد، با تمرکز ویژه بر **رویکردهای جامع و یکپارچه**. در این مطالعه، روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی که برای حل مشکلات مرتبط با **سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)** و ارتقای عملکرد ساختمان‌ها به‌کار رفته‌اند، مرور شده‌اند؛ از جمله:

* پیش‌بینی و مدیریت انرژی
* پیش‌بینی کیفیت هوای داخل ساختمان و راحتی/رضایت ساکنان
* شناسایی و تشخیص حضور افراد
* تشخیص و عیب‌یابی خطاها

این تحقیق به بررسی روش‌ها، چارچوب‌ها و عملکرد تکنیک‌های موجود پرداخته است. نتایج مرور ادبیات نشان می‌دهد که **انتخاب مناسب‌ترین مدل یادگیری ماشین یا یادگیری عمیق برای یک مسئله خاص چالش‌برانگیز است**. رشد سریع این حوزه پژوهشی در سال‌های اخیر منجر به استفاده از صدها الگوریتم یادگیری ماشین در مطالعات مرتبط با عملکرد ساختمان شده است.

علاوه بر این، تحقیقات بررسی‌شده دامنه وسیعی از مقیاس‌ها را در بر می‌گیرند (از اجزای سیستم HVAC تا مناطق شهری) و بازه‌های زمانی مختلفی را پوشش می‌دهند (از دقیقه تا سال). این تنوع باعث می‌شود **یافتن الگوریتم بهینه برای یک وظیفه یا سناریوی خاص دشوار باشد**. همچنین استفاده از معیارهای ارزیابی متنوع در مطالعات، این چالش را دوچندان می‌کند.

بنابراین، برای ارتقای عملکرد هوش مصنوعی در محیط‌ساخته، نیاز به توسعه بیشتر و **تدوین دستورالعمل‌های مشخص‌تر برای انتخاب و ارزیابی مناسب‌ترین مدل‌ها** احساس می‌شود تا **بهترین شیوه‌های عملی** در این حوزه ترویج یابد.

اگر نیاز به خلاصه کوتاه‌تر یا نسخه اسلایدی برای ارائه داری، با کمال میل آماده می‌کنم.

**You said:**

1-s2.0-S2666546822000441-main.pdf

PDF

کل مطالب مفید این مقاله رو در شش صفحه توضیح بده

**ChatGPT said:**

Updated saved memory

در ادامه، خلاصه‌ای مفید و دقیق از مقاله:

**«Machine Learning and Deep Learning Methods for Enhancing Building Energy Efficiency and Indoor Environmental Quality – A Review»**  
منتشرشده در ژورنال Energy and AI، سال 2022

در **شش صفحه استاندارد** (هر صفحه ~۲۵۰ کلمه) به زبان فارسی برای استفاده در ارائه یا گزارش تحقیقاتی آورده شده است:

**✅ صفحه ۱: مقدمه و ضرورت استفاده از AI در ساختمان‌ها**

بخش محیط‌ساخته (Built Environment) مسئول حدود یک‌سوم مصرف نهایی انرژی در جهان است. برای کاهش این مصرف و اثرات مخرب زیست‌محیطی، استفاده از تکنولوژی‌های نوین ضروری است.  
هوش مصنوعی (AI) به‌ویژه یادگیری ماشین (ML) و یادگیری عمیق (DL) نقش مهمی در افزایش بهره‌وری انرژی و بهبود کیفیت محیط داخلی ایفا کرده‌اند.  
در این مقاله مروری، ۱۷۱ مطالعه در دهه اخیر بررسی شده‌اند که کاربردهای مختلف AI را در حوزه طراحی، بهره‌برداری و کنترل ساختمان‌ها (به‌ویژه سیستم‌های HVAC، پیش‌بینی انرژی، کیفیت هوا و راحتی حرارتی) پوشش می‌دهند.

**✅ صفحه ۲: طبقه‌بندی تکنیک‌ها و روش‌شناسی**

* تکنیک‌ها به سه دسته اصلی تقسیم شده‌اند:
  1. یادگیری نظارت‌شده (Supervised)
  2. یادگیری بدون نظارت (Unsupervised)
  3. یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning)
* مدل‌های رایج استفاده‌شده:
  1. ANN، SVM، Random Forest، SVR، XGBoost، KNN، CNN، RNN، LSTM
* یادگیری عمیق (Deep Learning) قابلیت خودکار استخراج ویژگی‌ها را از داده‌های پیچیده (تصاویر، ویدئو، صوت) دارد و دقت بالاتری نسبت به ML ارائه می‌دهد ولی به داده بیشتر و محاسبات بالاتر نیاز دارد.

**✅ صفحه ۳: پیش‌بینی تقاضای انرژی ساختمان**

پیش‌بینی دقیق بار حرارتی و سرمایشی نقش کلیدی در طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های HVAC دارد.

* ML با استفاده از داده‌های تاریخی، دما، رطوبت، تابش و اشغال می‌تواند بار انرژی را به‌صورت کوتاه‌مدت (1h تا 24h) و بلندمدت پیش‌بینی کند.
* نتایج مطالعات نشان می‌دهند که دقت مدل‌ها وابسته به انتخاب داده ورودی (مانند رفتار ساکنین) و کیفیت داده‌ها است.

مطالعات نشان داده‌اند:

* در پیش‌بینی سرمایش 1 ساعته، MARE کمتر از 3%
* مدل Random Forest در برخی پیش‌بینی‌ها 50% دقیق‌تر از مدل‌های سنتی بوده

**✅ صفحه ۴: شناسایی رفتار ساکنین و تأثیر آن بر مصرف انرژی**

رفتار و حضور افراد تأثیر مستقیمی بر مصرف انرژی دارد. HVAC در بسیاری از ساختمان‌ها با برنامه‌های زمانی ثابت کار می‌کند و در غیاب ساکن نیز فعال است → مصرف بیهوده.  
برای بهبود این وضعیت:

* از حسگرها (PIR، CO₂، RFID)، دوربین‌ها و WiFi بهره گرفته می‌شود.
* الگوریتم‌های AI (مثل CNN، RNN، Markov Model) توانایی تشخیص حضور، فعالیت (نشستن، ایستادن، راه رفتن) و حتی تعداد افراد را دارند.
* در برخی مدل‌ها دقت شناسایی حضور تا ۹۵٪ و فعالیت تا ۹۷٪ گزارش شده است.

**✅ صفحه ۵: راحتی حرارتی و کیفیت هوای داخلی (IEQ)**

هدف دوم، ایجاد محیطی راحت و سالم برای ساکنین است.

* مدل‌های یادگیری ماشین می‌توانند راحتی حرارتی را پیش‌بینی و با سیستم کنترل HVAC ترکیب شوند.
* مطالعات نشان دادند مدل‌های ML تا ۵۸٪ در مصرف انرژی سرمایشی صرفه‌جویی کردند در حالی که سطح راحتی حرارتی حفظ شد.
* در بحث کیفیت هوا، مدل‌ها می‌توانند غلظت CO₂ و PM2.5 را پیش‌بینی کنند.
* مدل‌های DL مثل LSTM و DNN به‌ویژه در سیستم‌های تهویه مبتنی بر تقاضا مؤثر بودند و تا ۴۳٪ صرفه‌جویی انرژی داشتند.

**✅ صفحه ۶: جمع‌بندی، چالش‌ها و آینده پژوهش**

**دستاوردها:**

* AI دقت بالا، سرعت پردازش، و امکان یادگیری از داده‌های پیچیده را فراهم می‌کند.
* بهینه‌سازی مصرف انرژی، راحتی حرارتی، و کیفیت هوا در ساختمان‌ها با کمک AI امکان‌پذیر است.

**چالش‌ها:**

* کمبود داده واقعی از ساختمان‌ها
* انتخاب مدل مناسب از بین صدها مدل
* نبود معیار ارزیابی استاندارد و یکنواخت
* کاربرد محدود در ساختمان‌های واقعی (اکثر مطالعات آزمایشگاهی یا شبیه‌سازی)

**پیشنهادها:**

* تدوین دستورالعمل‌های مشخص برای انتخاب مدل
* ترکیب مدل‌های پیش‌بینی با کنترل بلادرنگ
* توسعه الگوریتم‌های خودتطبیقی برای یادگیری پیوسته از داده‌های جدید

اگر می‌خواهی این متن در قالب **گزارش ورد، پاورپوینت، مقاله علمی** یا حتی فایل PDF آماده شود، خوشحال می‌شوم برات تهیه کنم.

**You said:**

مطالب بیشتر و مفیدتر بده

**ChatGPT said:**

حتماً، در ادامه **مطالب مفصل‌تر و مفیدتر** مقاله را به‌صورت **گزارشی علمی شش‌صفحه‌ای** با جزئیات بیشتر ارائه می‌دهم که برای مقاله‌نویسی، ارائه درسی، یا نگارش پایان‌نامه بسیار کاربردی است:

**🟩 صفحه ۱: مقدمه، ضرورت و هدف پژوهش**

🔹 **زمینه:**  
بخش محیط‌ساخته (Built Environment) عامل حدود ۳۳٪ از کل مصرف نهایی انرژی جهان است. در این میان، سیستم‌های **تهویه، گرمایش و سرمایش (HVAC)** حدود ۴۰٪ مصرف انرژی در ساختمان‌های تجاری را شامل می‌شوند.

🔹 **چالش اصلی:**  
کاهش انرژی مصرفی ساختمان‌ها بدون افت کیفیت در **راحتی حرارتی** و **کیفیت هوای داخلی (IEQ)**.

🔹 **راه‌حل پیشنهادی:**  
استفاده از **هوش مصنوعی (AI)**، شامل:

* یادگیری ماشین (ML)
* یادگیری عمیق (DL)

برای تحلیل داده‌های ساختمان، پیش‌بینی رفتار سیستم‌ها، کنترل بلادرنگ و بهینه‌سازی مصرف انرژی

🔹 **هدف مقاله:**  
مروری جامع و انتقادی بر ۱۷۱ مقاله در زمینه کاربرد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای:

* پیش‌بینی مصرف انرژی
* تشخیص حضور و رفتار ساکنین
* پیش‌بینی و کنترل راحتی حرارتی
* کنترل کیفیت هوای داخلی
* تشخیص خطا در سیستم‌های ساختمان

**🟩 صفحه ۲: دسته‌بندی روش‌های هوش مصنوعی در ساختمان**

🔷 **۱. یادگیری ماشین (ML):**  
✅ شامل مدل‌هایی مانند:

* Random Forest
* Support Vector Machine (SVM)
* Decision Tree
* K-Nearest Neighbors (KNN)
* XGBoost

✅ کاربردها:

* پیش‌بینی بار حرارتی
* طبقه‌بندی فعالیت ساکنین
* تحلیل مصرف انرژی

🔷 **۲. یادگیری عمیق (DL):**  
✅ شامل:

* شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)
* شبکه‌های حافظه بلندمدت (LSTM)
* Autoencoders
* Reinforcement Learning (RL)

✅ مزایا:

* استخراج ویژگی خودکار از داده‌های پیچیده (تصویر، ویدیو، صوت)
* عملکرد بهتر در داده‌های بزرگ و متنوع

🔷 **۳. یادگیری نظارتی (Supervised):**  
نیازمند داده‌های دارای برچسب → پیش‌بینی بار انرژی، راحتی حرارتی و...

🔷 **۴. یادگیری بدون نظارت (Unsupervised):**  
خوشه‌بندی داده‌ها بدون نیاز به برچسب → تحلیل مصرف غیرمعمول، کشف الگوهای پنهان

🔷 **۵. یادگیری تقویتی (RL):**  
یادگیری از طریق پاداش → کنترل خودکار HVAC بهینه‌ساز

**🟩 صفحه ۳: پیش‌بینی انرژی ساختمان (Energy Forecasting)**

🔸 جمع‌آوری داده‌ها از:

* حسگرهای دما، رطوبت، نور
* مصرف برق و گاز
* داده‌های آب‌وهوایی و تقویمی

🔸 مثال‌ها:

| **مدل** | **نوع ساختمان** | **زمان پیش‌بینی** | **دقت** |
| --- | --- | --- | --- |
| ANN | اداری | 1 ساعته | MAE 2.6% |
| RF | اداری | 12 گام آینده | دقت بالاتر از RT |
| SVR | مسکونی | ماهانه | MAPE < 4% |

🔸 یافته مهم:  
مدل‌های هوش مصنوعی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی سنتی (BES) دارند و زمان شبیه‌سازی را از **۱۱۴۵ ثانیه به ۰.۹ ثانیه** کاهش داده‌اند.

**🟩 صفحه ۴: شناسایی و تحلیل رفتار ساکنین (Occupancy Detection)**

🔹 چرا مهم است؟  
ساعات خالی بودن ساختمان‌ها منجر به هدررفت انرژی می‌شود. سیستم‌های HVAC اغلب طبق برنامه‌ریزی ثابت کار می‌کنند.

🔹 تکنیک‌ها:

* حسگرهای PIR، CO₂، RFID، صوتی
* WiFi + AI (Markov + RNN)
* دوربین + CNN + تشخیص فعالیت (راه رفتن، نشستن و...)

🔹 دقت برخی روش‌ها:

* دوربین با CNN: دقت 95.3%
* WiFi + RNN: دقت تا 93.9%
* RFID + ELM: دقت 94%

🔹 چالش‌ها:

* حریم خصوصی
* نیاز به پردازش بالا
* نیاز به داده واقعی برای آموزش

**🟩 صفحه ۵: راحتی حرارتی و کیفیت هوا (Thermal Comfort & IAQ)**

🔸 مدل سنتی: PMV  
🔸 روش‌های جدید:

* مدل‌سازی راحتی حرارتی با ML (R2 تا 0.998)
* کنترل دمای هوشمند مبتنی بر رفتار ساکن → صرفه‌جویی تا 58%
* استفاده از Reinforcement Learning در سیستم تهویه

🔸 کیفیت هوای داخلی (IAQ):

* پیش‌بینی غلظت CO₂، PM10 و PM2.5 با ANN و RF
* کاهش CO₂ تا 24% و صرفه‌جویی انرژی تا 43%

🔸 جدول نمونه‌ای از نتایج:

| **مدل** | **کاربرد** | **دقت** |
| --- | --- | --- |
| ANN | پیش‌بینی CO₂ | RMSE=0.88 |
| RF | IAQ + کنترل تهویه | MAE=1.8–14.8 |
| RL | کنترل هم‌زمان راحتی و CO₂ | صرفه‌جویی 5–43% |

**🟩 صفحه ۶: جمع‌بندی، چالش‌ها و آینده‌پژوهی**

🔹 **یافته‌ها:**

* AI دقت بالا و سرعت بی‌نظیر در پیش‌بینی مصرف و کنترل محیط داخلی دارد.
* DL و RL عملکرد بهتری در داده‌های پیچیده و کنترل بلادرنگ دارند.
* می‌توان از مدل‌های ترکیبی (Hybrid) مانند CNN-LSTM یا Ensemble استفاده کرد.

🔹 **چالش‌ها:**

* نبود داده‌های واقعی از ساختمان‌ها
* هزینه‌های پردازش بالا
* عدم وجود استاندارد یکنواخت ارزیابی مدل‌ها

🔹 **پیشنهادات آینده:**

1. ادغام AI با سامانه‌های BEMS و IoT
2. توسعه چارچوب‌های استاندارد ارزیابی مدل‌ها
3. گسترش کاربرد مدل‌ها به پروژه‌های واقعی (نه فقط آزمایشگاهی)
4. بهره‌گیری از یادگیری انتقالی (Transfer Learning) برای داده‌های کم
5. استفاده از سنجش راحتی انسانی (Feedback) برای آموزش مدل‌ها