**🧠 Title:**

**"Building energy prediction using artificial neural networks: A literature survey"** (Energy & Buildings, 2022)

**✅ Approaches**

* The review focuses on **data-driven methods**, especially **Artificial Neural Networks (ANNs)**, for building energy prediction.
* Building energy prediction is a **time series regression problem**, using:
  + **Univariate models** (historical energy data only)
  + **Multivariate models** (with weather, occupancy, building features, etc.)

**🤖 Best ANN Algorithms Identified**

The paper reviews 12 ANN architectures under 3 main categories:

| **ANN Type** | **Examples** | **Notes** |
| --- | --- | --- |
| **FFNNs** (Feedforward) | MLP, RBF, ELM, WNN | Best for simple or short-term prediction, need feature engineering |
| **RNNs** (Recurrent) | LSTM, GRU, ENN, NARX, ESN | Best for time-series/temporal data; LSTM is most widely used |
| **CNNs** (Convolutional) | CNN, CNN-LSTM, CNN-GRU | Effective in hybrid models for spatial-temporal feature extraction |

* **LSTM** was the most frequently used (49% of RNN-based studies).
* **CNN-RNN hybrids** (e.g., CNN-LSTM) performed well in capturing both spatial and temporal patterns.

**📊 Findings**

* **MLP** is still widely used due to simplicity but lacks temporal modeling.
* **RNNs** (esp. LSTM and GRU) are more accurate for long sequences and time-dependent features.
* **CNNs** are promising for hybrid models, especially when building energy data is formatted like sequences or images.

**🧰 Software / Tools / Optimization Techniques**

* Most studies use **Python libraries** for ANN (e.g., TensorFlow, Keras, PyTorch).
* **Metaheuristic algorithms** are used for tuning ANN parameters:
  + Genetic Algorithm (GA)
  + Particle Swarm Optimization (PSO)
  + Sine Cosine Algorithm (SCOA)
  + Artificial Bee Colony (ABC), etc.
* New **online learning** approaches (e.g., online adaptive RNN) are emerging for real-time prediction.

**🔬 Challenges and Future Directions**

1. Choosing optimal ANN architecture remains complex.
2. Performance can be unstable due to random initialization and hyperparameter sensitivity.
3. **Lack of data** in new or IoT-less buildings is a major issue.

**Solutions:**

* **Transfer learning**: using pretrained models on similar buildings.
* **Generative learning** (e.g., GANs): to synthesize training data.

**📗 خلاصه فارسی**

**✅ رویکردها**

* تمرکز مقاله بر روش‌های داده‌محور و به‌ویژه **شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs)** برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان است.
* پیش‌بینی انرژی نوعی **مسئله رگرسیون زمانی** است که می‌تواند یک‌متغیره یا چندمتغیره باشد.

**🤖 بهترین الگوریتم‌های شبکه عصبی**

شبکه‌های بررسی‌شده در سه دسته کلی هستند:

| **نوع شبکه عصبی** | **مثال‌ها** | **توضیحات** |
| --- | --- | --- |
| **FFNN** | MLP، RBF، ELM، WNN | ساده، ولی نیاز به مهندسی ویژگی دارد |
| **RNN** | LSTM، GRU، ENN، NARX، ESN | مناسب داده‌های زمانی؛ LSTM پرکاربردترین است |
| **CNN** | CNN، CNN-LSTM | مناسب مدل‌های ترکیبی برای استخراج ویژگی‌های زمانی-فضایی |

**📊 یافته‌ها**

* **MLP** به دلیل سادگی رایج است اما برای دنباله‌های زمانی مناسب نیست.
* **LSTM و GRU** دقت بالایی در مدل‌سازی دنباله‌ها دارند.
* ترکیب **CNN-RNN** عملکرد بهتری در استخراج الگوهای پیچیده دارد.

**🧰 نرم‌افزارها و بهینه‌سازی**

* زبان برنامه‌نویسی: **Python**
* کتابخانه‌ها: **TensorFlow، Keras، PyTorch**
* الگوریتم‌های بهینه‌سازی:
  + الگوریتم ژنتیک (GA)
  + الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)
  + الگوریتم زنبور مصنوعی (ABC)
  + الگوریتم سینوسی-کسینوسی (SCOA)

**🧩 چالش‌ها و پیشنهادات آینده**

* انتخاب بهترین ساختار ANN چالش‌برانگیز است.
* داده‌های انرژی کافی برای آموزش در بسیاری از ساختمان‌ها وجود ندارد.

**راه‌حل‌ها:**

* **یادگیری انتقالی (Transfer Learning)** برای استفاده از مدل‌های قبلی
* **شبکه‌های مولد (GANs)** برای تولید داده‌های مصنوعی