



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

گزارش نوشتاری درس روش پژوهش و ارائه

بررسی الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش بینی
مصرف انرژی ساختمان‌ها

نگارش
فرشید نوشی

استاد راهنما
دکتر رضا صفابخش

فروردین ۱۴۰۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلائی مشکلات و ناملایمات
کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم.

سپاس‌گزاری

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر رضا صفابخش که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن‌سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند تقدیر و تشکر نمایم.

فریدنوشی
فروردین ۱۴۰۱

چکیده

پیش‌بینی مصرف انرژی برای ساختمان‌ها ارزش بسیار زیادی در تحقیقات بهره‌وری انرژی و پایداری دارد. مدل‌های پیش‌بینی دقیق انرژی، فواید متعددی در برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی انرژی ساختمان‌ها و پردیس‌ها دارند. برای ساختمان‌های جدید، که در آن داده‌های ثبت شده گذشته در دسترس نیستند، از روش‌های شبیه‌سازی کامپیوتری برای تجزیه و تحلیل انرژی و پیش‌بینی سناریوهای آینده استفاده می‌شود. با این حال، برای ساختمان‌های موجود با داده‌های انرژی سری زمانی ثبت شده گذشته، تکنیک‌های آماری و یادگیری ماشین دقیق‌تر و سریع‌تر عمل کرده‌اند. این گزارش بررسی‌ای بر الگوریتم‌های هوش مصنوعی موجود برای پیش‌بینی مصرف انرژی سری زمانی انجام داده است. اگرچه تأکید بر یک تجزیه و تحلیل داده‌های سری زمانی منفرد است، اما بررسی فقط به آن محدود نمی‌شود زیرا داده‌های انرژی اغلب با سایر متغیرهای سری زمانی مانند آب و هوای بیرون و شرایط محیطی داخلی تجزیه و تحلیل می‌شوند. نه روش محبوب پیش‌بینی که بر اساس یادگیری ماشینی است، تجزیه و تحلیل می‌شوند. یک بررسی از "مدل ترکیبی"، که ترکیبی از دو یا چند تکنیک پیش‌بینی است نیز ارائه شده است. ترکیبات مختلف مدل ترکیبی موثرترین در پیش‌بینی انرژی سری زمانی برای ساختمان هستند.

واژه‌های کلیدی:

یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، پیش‌بینی داده‌های سری زمانی، مصرف انرژی ساختمان‌ها

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

| | | |
|-----|---|----|
| ۱ | مقدمه | ۱ |
| ۲ | روش‌های موجود برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان‌ها | ۳ |
| ۱-۲ | روش آماری | ۴ |
| ۲-۲ | روش مهندسی | ۴ |
| ۳-۲ | روش هوش مصنوعی | ۴ |
| ۴-۲ | خلاصه | ۴ |
| ۳ | الگوریتم‌های هوش مصنوعی مورد بررسی | ۵ |
| ۱-۳ | شبکه‌های عصبی مصنوعی | ۶ |
| ۲-۳ | ماشین بردار پشتیبان | ۶ |
| ۳-۳ | میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه | ۷ |
| ۴-۳ | سری زمانی فازی | ۸ |
| ۵-۳ | استدلال مبتنی بر مورد | ۸ |
| ۶-۳ | خلاصه | ۸ |
| ۴ | نتایج تجربی بر روی مجموعه‌های داده | ۹ |
| ۱-۴ | معرفی مجموعه‌های داده | ۱۰ |
| ۲-۴ | مقایسه‌ی روش‌های مورد بررسی | ۱۰ |
| ۳-۴ | انتخاب بهینه‌ترین روش پیشنهادی | ۱۰ |
| ۴-۴ | خلاصه | ۱۰ |
| ۵ | نتیجه‌گیری و پیشنهادها | ۱۱ |
| ۱-۵ | نتیجه‌گیری | ۱۲ |
| ۲-۵ | پیشنهادها | ۱۲ |
| ۱۳ | منابع و مراجع | ۱۳ |
| ۱۴ | واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی | ۱۴ |
| ۱۶ | واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی | ۱۶ |

| شکل | فهرست اشکال | صفحه |
|-----|---------------------------------|------|
| ۱-۳ | نمونه یک مقاله در گوگل اسکولار | ۶ |
| ۲-۳ | پنجره‌ی باز شده در گوگل اسکولار | ۷ |

صفحه

فهرست جداول

جدول

فهرست نمادها

| نماد | مفهوم |
|---------------------|--|
| \mathbb{R}^n | فضای اقلیدسی با بعد n |
| S^n | کره n یکه بعدی |
| M^m | خمینه m -بعدی M |
| $\mathfrak{X}(M)$ | جبر میدان‌های برداری هموار روی M |
| $\mathfrak{X}^1(M)$ | مجموعه میدان‌های برداری هموار 1 یکه روی (M, g) |
| $\Omega^p(M)$ | مجموعه p -فرمی‌های روی خمینه M |
| Q | اپراتور ریچی |
| \mathcal{R} | تانسور انحنای ریمان |
| ric | تانسور ریچی |
| L | مشتق لی |
| Φ | ۲-فرم اساسی خمینه تماسی |
| ∇ | التصاق لوی-چویتای |
| Δ | لاپلاسین ناهموار |
| ∇^* | عملگر خودالحاق صوری القا شده از التصاق لوی-چویتای |
| g_s | متر ساساکی |
| ∇ | التصاق لوی-چویتای وابسته به متر ساساکی |
| Δ | عملگر لاپلاس-بلترامی روی p -فرم‌ها |

فصل اول

مقدمه

آژانس بین‌المللی انرژی، بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها را به عنوان یکی از پنج اقدام برای تضمین کربن زدایی طولانی مدت بخش انرژی شناسایی کرده است [۱] در کنار مزایای زیست محیطی، بهره‌وری انرژی ساختمان دارای مزایای اقتصادی گسترده‌ای نیز می‌باشد. ساختمان‌هایی با سیستم‌های انرژی کارآمد و استراتژی‌های مدیریتی هزینه‌های عملیاتی بسیار کمتری دارند. اکنون بسیاری از کشورها اجرای قوانین و مقررات انرژی را برای انواع ساختمان‌ها تسریع کرده‌اند. این مقررات الزامات اساسی برای دستیابی به یک طراحی کارآمد انرژی برای ساختمان‌های جدید با هدف کاهش مصرف انرژی نهایی و انتشار CO₂ مرتبط را ترسیم می‌کند. علاوه بر این، بسیاری از نرم افزارهای کامپیوتری نیز برای طراحی بهینه انرژی ساختمان‌های جدید توسعه یافته و به طور گسترده پیاده‌سازی شده‌اند. برخی از محبوب ترین آنها EnergyPlus, DOE-2, eQUEST, IES, ECOTECT و غیره هستند. مطالعه دقیقی در مورد تکنیک‌های موجود تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان به کمک کامپیوتر و ابزارهای نرم افزاری در [۲،۳] موجود است. این مقررات و ابزارهای کامپیوتری مربوط به ساختمان‌های جدید است و در واقع بسیار مؤثر هستند. با این حال، هنگامی که ساختمان عملکردی دارد، عوامل زیادی بر رفتار انرژی یک ساختمان حاکم است، مانند شرایط آب و هوایی، برنامه اشغال، خواص حرارتی مصالح ساختمانی، فعل و انفعالات پیچیده سیستم‌های انرژی مانند HVAC و روشنایی و غیره. به دلیل این فعل و انفعالات پیچیده، دقیق محاسبه مصرف انرژی از طریق مدل سازی شبیه سازی کامپیوتری بسیار دشوار است. به این دلایل، تکنیک‌های داده محور برای تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان‌های موجود بسیار حیاتی است. این تکنیک‌ها بر داده‌های ثبت‌شده گذشته تکیه دارند و تلاش می‌کنند مصرف انرژی را بر اساس الگوهای مصرف انرژی قبلی مدل سازی کنند. سایر عوامل مؤثر بر مصرف انرژی را می‌توان برای بهبود دقت چنین مدل‌های سری زمانی استفاده کرد. این تکنیک‌ها که از داده‌های گذشته استفاده می‌کنند، اغلب تحت «یادگیری ماشینی» قرار می‌گیرند و در دو دهه اخیر به طور فعال در مطالعات پیش‌بینی انرژی ساختمان به کار رفته‌اند. مزایا و معایب چنین تکنیک‌های مبتنی بر داده در جدول ۱ ارائه شده است. جزئیات تکنیک‌ها در بخش‌های بعدی توضیح داده شده است.

فصل دوم

روش‌های موجود برای پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان‌ها

۱-۲ روش آماری

به نام خدا در حال تست سیستم هستیم :) تست

۲-۲ روش مهندسی

آیا کار میکند؟

۳-۲ روش هوش مصنوعی

بله (:

۴-۲ خلاصه

فصل سوم

الگوریتم های هوش مصنوعی مورد بررسی

۱-۳ شبکه های عصبی مصنوعی

برای نوشتن مراجع پایان نامه، برای راحتی کار به صورت زیر عمل می کنیم:

۲-۳ ماشین بردار پشتیبان

در ابتدا مراجع را باید از سایت های معتبر بارگیری کنیم، مثلا برای ارجاع دادن به مقاله ی A classifica- tion of some Finsler connections and their applications به سایت [گوگل اسکولار](#) رفته و این مقاله را جستجو می کنیم. پس از پیدا کردن این مقاله، مانند شکل زیر، در زیر نام و چکیده ی مقاله، 5 گزینه وجود دارد که عبارتند از:

۱. Cited by

۲. Related articles

۳. All 6 versions

۴. Cite

۵. Save

A classification of some Finsler connections and their applications

[B Bidabad, A Tayebi - arXiv preprint arXiv:0710.2816, 2007 - arxiv.org](#)

Abstract: Some general Finsler connections are defined. Emphasis is being made on the Cartan tensor and its derivatives. Vanishing of the hv-curvature tensors of these connections characterizes Landsbergian, Berwaldian as well as Riemannian structures. This view ...

Cited by 13 Related articles All 6 versions Cite Save

شکل ۱-۳: نمونه یک مقاله در گوگل اسکولار

در اینجا ما به گزینه ی چهارم یعنی Cite احتیاج داریم. بر روی آن کلیک کرده و پنجره ای مانند شکل ۲-۳ باز می شود که دارای 4 گزینه ی زیر است:

۱. BibTeX

۲. EndNote

۳. RefMan

۴. RefWorks



شکل ۳-۲: پنجره‌ی باز شده در گوگل اسکولار

روی گزینه‌ی اول، یعنی BibTeX کلیک کرده و همه‌ی نوشته‌های پنجره‌ی باز شده را مانند زیر، کپی کرده و در فایل references.bib موجود در فایل AUTthesis پیست می‌کنیم. سپس کلیدهای Ctrl+s را می‌زنیم تا فایل ذخیره شود.

```
@ article{bidabad2007classification,
title={A classification of some Finsler connections and their applications},
author={Bidabad, Behroz and Tayebi, Akbar},
journal={arXiv preprint arXiv:0710.2816},
year={2007}
}
```

۳-۳ میانگین متحرک خودهمبسته یکپارچه

برای ارجاع دادن به مقاله‌ی بالا، باید در جایی که می‌خواهید ارجاع دهید، دستور زیر را تایپ کنید:

```
\cite{bidabad2007classification}
```

همانطور که مشاهده می‌کنید از کلمه‌ای که در سطر اول ادرس مقاله آمده (یعنی کلمه‌ی پس از @article{ استفاده کرده‌ایم. پس از دستور فوق، به صورت [؟] و [؟] مرجع خواهد خورد. توجه شود که در صورتی مراجع چاپ خواهند شد که در متن به آنها ارجاع داده شده باشد. همچنین برای ارجاع چندتایی از دستور \cite{name1, name2,...} استفاده کنید که به صورت [؟، ؟، ؟] ارجاع خواهند خورد.

۴-۳ سری زمانی فازی

ابتدا فایل AUT_thesis.tex را باز کرده و آن را دو بار اجرا کنید. سپس حالت اجرا را از Quick Build به حالت Bibtex تغییر داده و دوباره برنامه را اجرا کنید. دو بار دیگر برنامه را در حالت Quick Build اجرا کرده و نتیجه را مشاهده کنید. در این روش تمامی مراجع بر اساس اینکه کدام یک در متن زودتر به آن ارجع داده شده لیست خواهند شد.

۵-۳ استدلال مبتنی بر مورد

برای نوشتن مراجع فارسی باید به صورت دستی، در همان فایل قبلی به صورت زیر عمل می کنیم:

```
@article{manifold,  
title={هندسه منیفلد},  
author={دکتر بهروز بیدآباد},  
journal={دانشگاه صنعتی امیرکبیر},  
year={1389},  
LANGUAGE={Persian}  
}
```

همانطور که مشاهده می کنید تنها تفاوت آن با حالت مراجع انگلیسی، سطر آخر آن می باشد که زبان را مشخص می کند که حتماً باید نوشته شود.

۶-۳ خلاصه

به دلیل پیچیدگی واژه نامه های موجود در سایت پارسی لاتک، از روش زیر برای نوشتن واژه نامه استفاده کنید:

ابتدا با استفاده از اکسل، واژه های خود را یکبار براساس حروف الفبای فارسی و بار دیگر انگلیسی مرتب کنید. سپس واژه ها را در فایل dicen2fa و dicfa2en قرار دهید.

فصل چهارم

نتایج تجربی بر روی مجموعه های داده

۱-۴ معرفی مجموعه های داده

۲-۴ مقایسه ی روش های مورد بررسی

۳-۴ انتخاب بهینه ترین روش پیشنهادی

۴-۴ خلاصه

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها

در پایان گزارش‌های علمی و فنی لازم است که جمع‌بندی یا نتیجه‌گیری نهایی ارائه شود. در این موارد می‌توان آخرین فصل پایان نامه که پیش از مراجع قرار می‌گیرد را به این امر اختصاص داد.

۱-۵ نتیجه‌گیری

در این بخش پیشنهاداتی که محقق جهت ادامه تحقیقات دارد ارائه می‌گردد. دقت شود که پیشنهادات باید از تحقیق انجام شده و نتایج آن حاصل شده باشد و از ذکر جملات کلی باید پرهیز کرد.

۲-۵ پیشنهادها

منابع و مراجع

- [1] Deb, Chirag, Zhang, Fan, Yang, Junjing, Lee, Siew Eang, and Shah, Kwok Wei. A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74:902–924, 2017.

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

| | |
|--------------------------------------|---|
| Automorphism خودریختی | آ |
| د | اسکالر Scalar |
| Degree درجه | ب |
| ر | بالابر Lift |
| microprocessor ریزپردازنده | پ |
| ز | پایا Invariant |
| Submodule زیرمدول | ت |
| س | تناظر Correspondence |
| Character سرشت | ث |
| ص | ثابت‌ساز Stabilizer |
| Faithful صادقانه | ج |
| ض | جایگشت Permutation |
| Inner product ضرب داخلی | چ |
| ط | چند جمله‌ای Polynomial |
| Loop طوقه | ح |
| ظ | حاصل ضرب دکارتی Cartesian product |
| Valency ظرفیت | خ |
| ع | |

Nonadjacency عدم مجاورت

ف

Vector space فضای برداری

ک

Complete reducibility . . . کاملاً تحویل پذیر

گ

Graph گراف

م

Permutation matrix . . . ماتریس جایگشتی

ن

Disconnected ناهمبند

و

Invertible وارون پذیر

ه

Connected همبند

ی

Edge یال

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

| | |
|---------------------------------|--|
| A | Invariant پایا |
| Automorphism خودریختی | L |
| B | Lift بالابر |
| Bijection دوسویی | M |
| C | Module مدول |
| Cycle group گروه دوری | N |
| D | Natural map نگاشت طبیعی |
| Degree درجه | O |
| E | One to One یک به یک |
| Edge یال | P |
| F | Permutation group گروه جایگشتی |
| Function تابع | Q |
| G | Quotient graph گراف خارج‌قسمتی |
| Group گروه | R |
| H | Reducible تحویل پذیر |
| Homomorphism همریختی | S |
| I | Sequence دنباله |
| | T |

Trivial character سرشت بدیهی

Unique منحصر بفرد

V**U**

Vector space فضای برداری