



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پروژه کارشناسی
گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

پیاده‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه
تجهیزات بر بستر اینترنت اشیاء مبتنی بر تحلیل لرزش

نگارنده

آریان بوکانی

استاد راهنما

حمیدرضا زرنندی

مرداد ۱۴۰۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

صفحه فرم ارزیابی و تصویب پایان نامه - فرم تأیید اعضاء کمیته دفاع

در این صفحه فرم دفاع یا تایید و تصویب پایان نامه موسوم به فرم کمیته دفاع - موجود در پرونده آموزشی - را قرار دهید.

نکات مهم:

- نگارش پایان نامه/رساله باید به **زبان فارسی** و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل و راهنمای تدوین پایان نامه های دانشگاه صنعتی امیرکبیر باشد.(دستورالعمل و راهنمای حاضر)
- رنگ جلد پایان نامه/رساله چاپی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا باید به ترتیب مشکی، طوسی و سفید رنگ باشد.
- چاپ و صحافی پایان نامه/رساله بصورت **پشت و رو(دورو)** بلامانع است و انجام آن توصیه می شود.



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ: مرداد ۱۴۰۲

اینجانب **آریان بوکانی** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است. در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

آریان بوکانی

امضا

تقدیم بہ مادر و پدر عزیزم

سپاس‌گزاری

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر حمیدرضا زرندی که با حسن خلق و گشاده‌رویی، رهنمودهای روشنگر خود را برای انجام این پروژه از من دریغ نکرده‌اند، از استاد مشاورم جناب آقای دکتر حامد فربه که راهنمایی‌های ایشان از بدو ورود به دانشگاه کمک بسیاری به من در طی کردن مسیر تحصیل بوده‌اند، از مادر و پدرم که همواره در مواجهه با سختی‌های این دنیا دلسوزانه همراهم بوده‌اند، و از سایر عزیزانی که در کنارشان این نتیجه حاصل آمد کمال تشکر و قدردانی را دارم.

آریان بوکانی
مرداد ۱۴۰۲

چکیده

در این قسمت چکیده پایان نامه نوشته می‌شود. چکیده باید جامع و بیان‌کننده خلاصه‌ای از اقدامات انجام‌شده باشد. در چکیده باید از ارجاع به مرجع و ذکر روابط ریاضی، بیان تاریخچه و تعریف مسئله خودداری شود.

واژه‌های کلیدی:

نگهداری پیش‌بینانه، تحلیل لرزش، یادگیری ماشین، اینترنت اشیاء

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	مقدمه	۱
۲	۱-۱ مقدمه	۲
۳	۲-۱ تعریف مسئله	۳
۴	۳-۱ کارهای مشابه	۴
۵	۲ نحوه‌ی استقرار مدل و تکنولوژی‌های استفاده‌شده	۵
۶	۱-۲ زبان برنامه‌نویسی	۶
۶	۱-۱-۲ زبان برنامه‌نویسی پایتون	۶
۸	۲-۲ چارچوب‌ها	۸
۸	۳-۲ استقرار مدل یادگیری ماشین	۸
۸	۱-۳-۲ زیرساخت به عنوان خدمت	۸
۸	۲-۳-۲ انواع روش‌های استقرار	۸
۱۲	۳ نگارش صحیح	۱۲
۱۳	۱-۳ مقدمه	۱۳
۱۳	۲-۳ فارسی نویسی	۱۳
۱۴	۳-۳ رعایت املای صحیح	۱۴
۱۴	۴-۳ رعایت قواعد نشانه‌گذاری	۱۴
۱۴	۱-۴-۳ ویرگول	۱۴
۱۵	۲-۴-۳ نقطه	۱۵
۱۵	۳-۴-۳ دونقطه	۱۵
۱۵	۴-۴-۳ گیومه	۱۵
۱۵	۵-۴-۳ نشانه پرسشی	۱۵
۱۶	۶-۴-۳ خط تیره	۱۶
۱۶	۷-۴-۳ پرانتز	۱۶
۱۶	۵-۳ جدا یا سرهم نوشتن برخی کلمات	۱۶

۴	مشخصات یک پایان نامه و گزارش علمی	۱۸
۴-۱	برخورداری از غنای علمی	۱۹
۴-۲	ارجاع به موقع و صحیح به منابع دیگر	۱۹
۴-۳	ساده نویسی	۱۹
۴-۴	وحدت موضوع	۲۰
۴-۵	اختصار	۲۰
۴-۶	رعایت نکات دستوری و نشانه گذاری	۲۰
۴-۷	توجه به معلومات ذهنی مخاطب	۲۰
۴-۸	رعایت مراحل اصولی نگارش	۲۰
۵	جمع بندی و نتیجه گیری و پیشنهادات	۲۲
۵-۱	پیشنهادهات	۲۳
	منابع و مراجع	۲۴
	پیوست	۲۶

فهرست اشکال

صفحه

شکل

۱-۱	مقایسه‌ی هزینه‌های انواع نگهداری‌ها	۳
۲-۱	نمودار جریان کار	۴
۱-۲	انواع سرویس‌های ارائه‌شده توسط شرکت‌های خدمات ابری	۹
۲-۲	انواع روش‌های استقرار مدل‌های یادگیری ماشین	۱۰

فهرست جداول

صفحه

جدول

فهرست نمادها

نماد	مفهوم
\mathbb{R}^n	فضای اقلیدسی با بعد n
\mathbb{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	2 -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

۱-۱ مقدمه

در صنعت، نگهداری و تعمیرات^۱ به تمام فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که بر روی ابزارهای صنعتی انجام می‌شود تا بهره‌وری و عمر این ابزارها افزایش یابد. در سال‌های اخیر، رویکردهای مختلفی برای انجام نگهداری مورد استفاده قرار گرفته است. روش‌های نگهداری زیر، از میان همه‌ی این رویکردها، بیشترین فراوانی استفاده در صنعت را دارند [۱]:

- **نگهداری و تعمیرات اصلاحی^۲**: به جایگزینی قطعه خراب شده در سیستم می‌پردازد. در این رویکرد، تا زمانی که فرایند جایگزینی قطعه معیوب به اتمام نرسد، سیستم غیرقابل بهره‌برداری است و تعمیر قطعات بعد از خرابی هزینه‌های قابل توجهی برای صاحبان صنعت به همراه دارد.

- **نگهداری و تعمیرات جلوگیریانه^۳**: سعی در پیش‌گیری از اتلاف زمان ناشی از توقف اضطراری دارد، اما در عوض ممکن است تعدادی از قطعاتی که هنوز عمر مفید دارند، دور ریخته شوند و اسراف در هزینه و قطعات مصرفی صورت گیرد.

- **نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه^۴**: سعی می‌کند مشکلات دو نوع نگهداری و تعمیرات مذکور را حل کند. با استفاده از این روش، زمان عملیاتی هر قسمت دستگاه تخمین زده می‌شود و قطعاتی که توسط سیستم مشکوک به خرابی در آینده هستند تعویض می‌گردند و بنابراین ابزارهای موجود در سیستم به صورت بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرند و هزینه‌های تعمیرات بشدت کاهش می‌یابد.

بدلیل اینکه در نگهداری پیش‌بینانه قطعات در حال خرابی، پیش از وقوع خرابی شناسایی می‌شوند و ناکارآمدی آن بخش به کل سیستم آسیب نمی‌رساند، همانطور که در **شکل ۱-۱** مشخص است، با استفاده از این نوع نگهداری، می‌توان مجموع هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را به حداقل میزان ممکن رساند.

¹Maintenance

²Corrective Maintenance

³Preventive Maintenance

⁴Predictive Maintenance



شکل ۱-۱: مقایسه‌ی هزینه‌های انواع نگهداری‌ها

۲-۱ تعریف مسئله

هدف از انجام این پروژه، پیاده‌سازی سیستمی برای اجرا کردن نگهداری پیش‌بینانه بر روی گره‌های موجود در یک اینترنت اشیاء^۵ به هم پیوسته است. رویکردهای مختلفی برای این منظور تا کنون توسط محققان ابداع و مورد استفاده قرار گرفته شده است. از جمله‌ی این موارد می‌توان به تحلیل لرزش^۶ اشاره کرد. برای پیاده‌سازی این سیستم همانطور که در شکل ۲-۱ به تصویر آمده است، نیازمند آنیم که داده‌های لرزش مربوط به گره‌ها را که توسط یک سیستم قابل اتکا^۷ جمع‌آوری شده است، دریافت کرده و با جدا کردن داده‌های پرت^۸، از بین بردن تاثیر اختلال^۹ ایجاد شده توسط گرانس و خرابی یا درست کار نکردن حسگر^{۱۰} اندازه‌گیری لرزش، استخراج ویژگی^{۱۱}‌های مناسب برای انجام تحلیل روی داده و

^۵Internet of Things

^۶Vibration Analysis

^۷Reliable

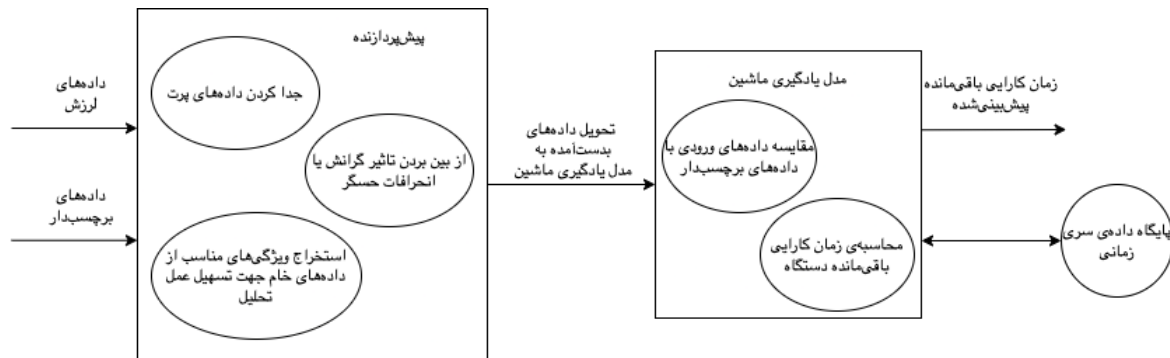
^۸Outlier Data

^۹Noise

^{۱۰}Sensor

^{۱۱}Feature Extraction

در نهایت پیشنهاد دادن مدلی برای نحوه‌ی یادگیری ماشین^{۱۲} و تحلیل و مقایسه‌ی داده‌های بدست‌آمده با داده‌های برچسب‌دار^{۱۳}، عمر باقی‌مانده^{۱۴}ی دستگاه‌های مختلف را پیش‌بینی کنیم و بر اساس اعداد بدست‌آمده، اقدامات مناسب را برای انجام مراقبت‌های دوره‌ای انجام دهیم و از تحمیل‌شدن هزینه‌های جانبی در آینده جلوگیری کنیم.



شکل ۱-۲: نمودار جریان کار

۳-۱ کارهای مشابه

¹²Machine Learning

¹³Labeled Data

¹⁴Remaining Useful Lifetime

فصل دوم

نحوه‌ی استقرار مدل و تکنولوژی‌های استفاده‌شده

در این بخش ابتدا تکنولوژی‌ها و چارچوب^۱‌های اصلی دخیل در توسعه این دستگاه را به طور دقیق مورد بررسی قرار می‌دهیم و در قسمت بعد به طریقه‌ی استقرار^۲ مدل یادگیری ماشین سیستم پیاده‌شده اشاره می‌کنیم. شایان ذکر است که مدل یادگیری ماشین به صورت یک سرویس مجزا به کارگزار^۳ جمع‌آوری اطلاعات لرزش گره‌ها که در یک پروژه‌ی مجزا در راستای پروژه‌ی کنونی توسعه یافته است، اضافه شده است.

۱-۲ زبان برنامه‌نویسی

برای انتخاب زبان برنامه‌نویسی مناسب برای توسعه مدل یادگیری ماشین شرح داده شده، باید معیارهای متفاوتی را در نظر گرفت. برای این منظور زبان پایتون^۴ را برگزیدیم. مواردی همچون داشتن چارچوب‌ها و کتابخانه‌های قدرتمند یادگیری ماشین، توسعه‌ی آسان و سریع و محبوبیت بالا از دلایل اصلی انتخاب پایتون به عنوان زبان اصلی برای توسعه‌ی سرویس یادگیری ماشین می‌باشد. همچنین شایان ذکر است که چون کارگزار اصلی جمع‌آوری اطلاعات لرزش به زبان پایتون نوشته شده است، استفاده از این زبان برای توسعه مدل یادگیری ماشین، باعث بهبود توسعه‌پذیری نیز می‌گردد.

۱-۱-۲ زبان برنامه‌نویسی پایتون

یک زبان برنامه‌نویسی عمومی و سطح بالا است که فلسفه طراحی آن بر روی خوانایی کد تأکید دارد. نحو^۵ پایتون به برنامه‌نویسان امکان می‌دهد تا مفاهیم را با تعداد کمتری خط کد نسبت به زبان‌هایی مانند سی^۶ بیان کنند و این زبان ساختارهایی را فراهم می‌کند که برنامه‌های واضح و قابل فهم را در هر دو مقیاس کوچک و بزرگ فراهم می‌سازد^[۲]. یکی از مشخصه‌های مهم پایتون این است که از چندین الگوی^۷ برنامه‌نویسی، از جمله شیء‌گرا^۸ و تابعی یا روش‌های رویه‌ای، پشتیبانی می‌کند. پایتون سیستم نوع پویا و مدیریت خودکار حافظه را پشتیبانی می‌کند و کتابخانه‌های استاندارد و جانبی بزرگ و

¹Framework

²Deployment

³Server

⁴Python

⁵Syntax

⁶C Programming Language

⁷Paradigm

⁸Object Oriented Programming (OOP)

جامع دارد. مفسرهای پایتون برای بسیاری از سیستم‌عامل‌ها در دسترس هستند [۳]. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های پایتون می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- **سادگی:** پایتون یک زبان برنامه‌نویسی بسیار سطح بالا است که منابع زیادی برای یادگیری آن وجود دارد. پایتون از ابزارهای شخص ثالث متنوعی پشتیبانی می‌کند که استفاده از آن را بسیار آسانتر می‌کند و کاربران را ترغیب می‌کند تا ادامه دهند [۳، ۴].

- **متن‌باز بودن^۹:** اگرچه تمام حقوق این زبان برنامه‌نویسی متعلق به سازمان پایتون است، اما در حال حاضر به عنوان یک نرم‌افزار متن‌باز وجود دارد و هیچ محدودیتی در استفاده، تغییر و توزیع آن وجود ندارد. شما می‌توانید به آزادی از پایتون استفاده کنید و آن را برای استفاده شخصی و یا تجاری توزیع کنید. نه تنها می‌توانید نرم‌افزاری که با آن نوشته شده است را استفاده و توزیع کنید، بلکه حتی می‌توانید تغییراتی در خود کد منبع پایتون اعمال کنید. همچنین شایان ذکر است که پایتون یک جامعه بزرگ و پویا دارد که در هر نسخه آن را بهبود می‌بخشد [۳، ۴].

- **کتابخانه‌ها و چارچوب‌ها:** پایتون دارای یک سری کتابخانه‌های استاندارد و چارچوب‌های متنوع است که کار برنامه‌نویسان را بشدت راحت می‌کند، زیرا نیازی نیست تمام کدنویسی را خود برنامه‌نویس انجام دهد. کتابخانه‌های استاندارد در پایتون به خوبی تست شده‌اند و توسط هزاران نفر استفاده می‌شوند. بنابراین، می‌توان اطمینان داشت که استفاده از این کتابخانه‌ها توانایی ایجاد خرابی در برنامه‌های شما را ندارند [۳، ۴].

حال به بررسی معایب پایتون می‌پردازیم. نکته‌ی قابل توجه در این قسمت این است که اگر معایب نام‌برده شده تاثیر زیادی در کیفیت خدمت ارائه‌شده به کاربر بگذارند، استفاده از پایتون اصلاً توصیه نمی‌شود و باید به دنبال جایگزینی مناسب گشت. از جمله کاستی‌های پایتون عبارت‌اند از:

- **کندی:** به عنوان یک زبان با نوع پویا، پایتون به دلیل انعطاف‌پذیری بالا، کند عمل می‌کند، زیرا ماشین باید بسیاری از مراجعات را انجام دهد تا از تعریف چیزی مطمئن شود و این باعث کاهش عملکرد پایتون می‌شود [۳، ۴].

- **دشواری فرایند نگهداری^{۱۰}:** به دلیل اینکه پایتون یک زبان با نوع پویا است، یک چیز ممکن است به راحتی به معنای متفاوتی در تک‌نمایی متفاوت تفسیر شود. با افزایش اندازه و پیچیدگی

^۹Open Source

^{۱۰}Maintaining

یک برنامه پایتون، نگهداری آن ممکن است دشوار شود. با کمک تست‌های واحد^{۱۱} می‌توان تا حدی این از وقوع این مشکل جلوگیری کرد [۳، ۴].

۲-۲ چارچوب‌ها

۳-۲ استقرار مدل یادگیری ماشین

پس از پیاده‌سازی مدل یادگیری ماشین، نیاز است که به طریقی سیستم را در دسترس همگان قرار داد تا بتوان از مزایای آن استفاده کرد. شرکت‌های ارائه‌دهنده‌ی خدمات ابری^{۱۲} یا به اختصار CPS، گزینه‌ی مناسبی برای این نیاز می‌باشد. برای این منظور، ما این پروژه را پس از پیاده‌سازی، توسط سرویس زیرساخت به عنوان خدمت^{۱۳} مستقر کردیم.

۱-۳-۲ زیرساخت به عنوان خدمت

در این مدل، سرویس‌دهنده ابر یا CPS مجموعه‌ای از منابع محاسباتی مجازی شده را در ابر فراهم می‌کند (مانند پهنای باند شبکه، ظرفیت ذخیره‌سازی، حافظه، قدرت پردازش). مسئولیت مشتری در این حالت این است که سیستم‌عامل و برنامه‌های نرم‌افزاری را روی این منابع مجازی اجرا و نگهداری کند. زیرساخت به عنوان خدمت یا IaaS از فناوری مجازی‌سازی استفاده می‌کند تا منابع فیزیکی را به منابع منطقی تبدیل کند که مشتریان می‌توانند به صورت پویا از آنها استفاده کنند و آنها را هنگام نیاز ایجاد و آزاد کنند [۵]. در شکل ۱-۲ نمای کلی سرویس‌های مختلف موجود در یک سیستم ابری را مشاهده می‌کنیم. همانطور که مشخص است در IaaS، کاربر بیشترین کنترل را بر روی منابع در اختیار گذاشته‌شده دارد [۶].

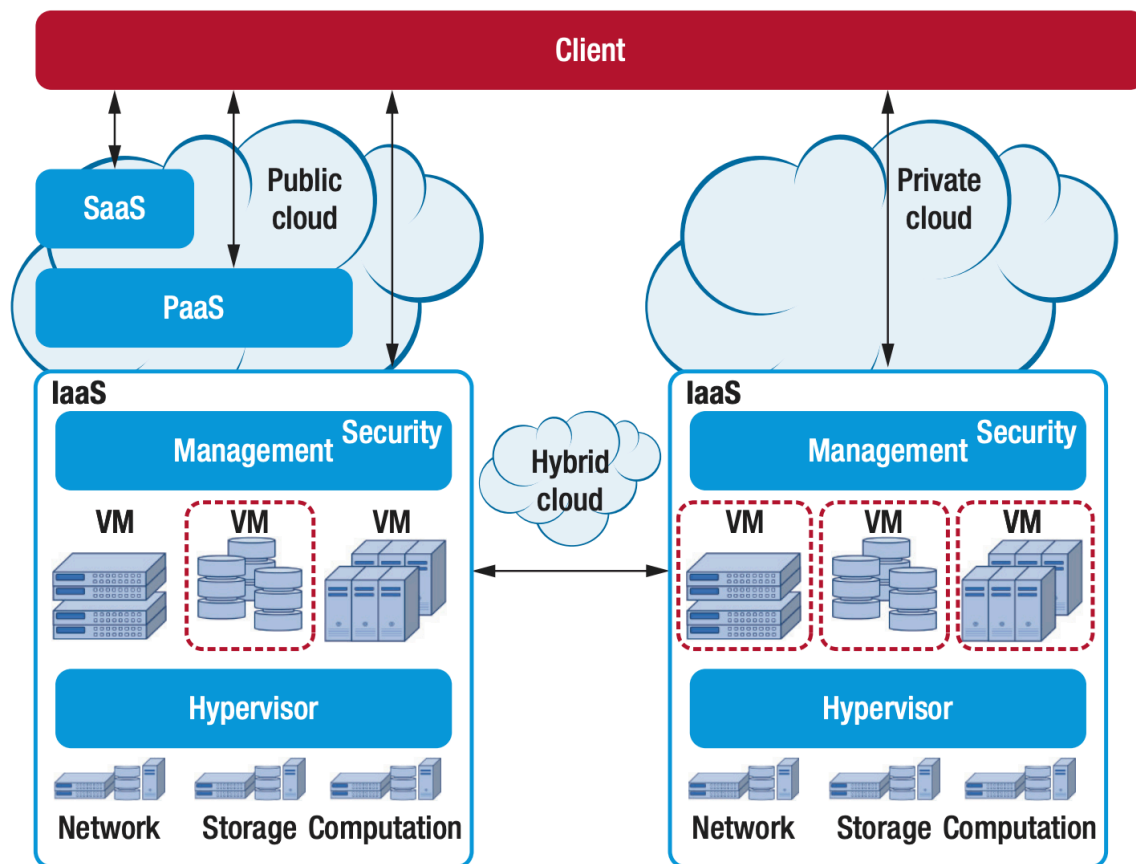
۲-۳-۲ انواع روش‌های استقرار

روش‌های مختلفی برای استقرار و استفاده از مدل‌های یادگیری هوش مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند که از بین اینها چهار روش نشان داده شده در شکل ۲-۲ مرسوم‌تر هستند [۷]:

¹¹Unit Tests

¹²Cloud Services Providers

¹³Infrastructure as a Service (IaaS)



شکل ۱-۲: انواع سرویس‌های ارائه‌شده توسط شرکت‌های خدمات ابری

- **پیاده‌سازی دسته‌ای^{۱۴}**: پیش‌بینی‌ها به فاصله‌های زمانی مشخص محاسبه می‌شوند و پیش‌بینی‌های حاصل در پایگاه داده ذخیره می‌شوند و به راحتی می‌توان آنها را در صورت نیاز بازیابی کرد. با این حال، نمی‌توان از داده‌های بروزتر استفاده کرد و پیش‌بینی‌ها می‌توانند به سرعت منسوخ شوند [۸، ۹].

- **پیاده‌سازی بی‌درنگ^{۱۵}**: در این نوع از استقرار، درخواست کاربر برای گرفتن جدیدترین پیش‌بینی‌ها به عنوان یک راه‌انداز^{۱۶} توسط رابط برنامه‌نویسی^{۱۷} اچ‌تی‌تی‌پی^{۱۸} به کارگزار ارسال می‌شود. سپس سرویس یادگیری ماشین که به عنوان افزونه‌ای در سمت کارگزار توسعه یافته است، شروع به کار می‌کند و جدیدترین نتایج پیش‌بینی را تولید و ذخیره می‌کند و به سمت کاربر به عنوان نتیجه

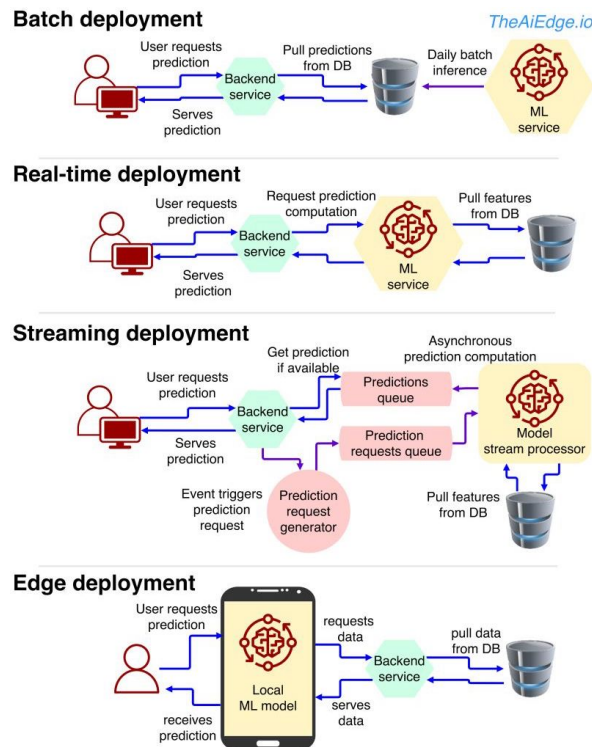
¹⁴Batch Deployment

¹⁵Real-Time Deployment

¹⁶Trigger

¹⁷Application Programming Interface (API)

¹⁸Hypertext Transfer Protocol (HTTP)



شکل ۲-۲: انواع روش‌های استقرار مدل‌های یادگیری ماشین

ارسال می‌کند. مشکل اصلی این روش قرارگیری مدل یادگیری ماشین، کند بودن روند یادگیری و پیش‌بینی است که منجر به منتظر ماندن کاربر می‌گردد. می‌توان با بهره‌گیری از فرآیند^{۱۹}های چندرسمانی^{۲۰} برای دریافت درخواست‌های کاربر و انجام مرحله‌ی یادگیری و پیش‌بینی مدل، تا حد زیادی این مشکل را برطرف کرد^[۸، ۹].

- **پیاده‌سازی جریانی^{۲۱}:** این امکان را می‌دهد تا فرآیند ناهمزمان^{۲۲} تری ایجاد شود. یک رویداد می‌تواند شروع فرآیند استنتاج را فراهم کند. این فرآیند در صف یک واسطه پیام^{۲۳} مانند کافکا^{۲۴} قرار داده می‌شود و مدل یادگیری ماشینی در هنگام آماده شدن برای انجام درخواست، آن را انجام می‌دهد. این کار به سرویس پشتیبانی فرصت می‌دهد و با فرآیند صف بهینه، قدرت محاسباتی بسیاری را صرفه‌جویی می‌کند. پیش‌بینی‌های حاصل شده نیز در صف قرار گرفته و در صورت نیاز توسط سرویس‌های پشتیبانی مصرف می‌شوند. از مزیت‌های این روش نسبت به روش بی‌درنگ،

¹⁹Process

²⁰Multi-Threaded

²¹Streaming Deployment

²²Asynchronous

²³Message Broker

²⁴Apache Kafka

می‌توان به کم‌شدن تاخیر پاسخ‌دهی به کاربران اشاره کرد [۸، ۹].

- **پیاده‌سازی لبه‌ای^{۲۵}:** در این روش استقرار، مدل مستقیماً بر روی کلاینت نصب می‌شود، مانند مرورگر وب، یک تلفن همراه یا محصولات اینترنت اشیا. این کار باعث رسیدن به سریع‌ترین استنتاج می‌شود، اما معمولاً مدل‌ها باید به اندازه کافی کوچک باشند تا بتوانند در سخت‌افزارهای کوچکتر نصب شوند [۷].

بدلیل اینکه گره‌های موجود در شبکه‌ی اشیا دارای توان پردازشی محدود هستند و اینکه ماهیت مدل هوش مصنوعی مربوط به حوزه‌ی کاری پیش‌بینی عمر دستگاه‌ها بدین‌گونه است که حتماً باید از داده‌های مربوط به همه‌ی گره‌های موجود استفاده کرد، با توجه به گزینه‌های مطرح‌شده برای استقرار مدل هوش مصنوعی توسعه‌داده شده و همچنین مزایا و معایب هر کدام، از روش استقرار بی‌درنگ برای ارائه و بکارگیری مدل هوش مصنوعی در این پروژه استفاده شده است. به طور دقیق‌تر، مدل هوش مصنوعی به عنوان یک سرویس اضافی برای کارگزار اصلی توسعه داده‌شده در پروژه‌ی مرتبط به این پروژه تعبیه شده است.

²⁵Edge Deployment

فصل سوم

نگارش صحیح

۱-۳ مقدمه

فصل مقدمه یک پایان نامه، با بیان نیاز موضوع، تعریف مسئله و اهمیت آن در یک یا چند بند (پاراگراف) آغاز می‌شود^۱ و با مرور پیشینه موضوع (سابقه کارهای انجام‌شده پیشین که ارتباط مستقیمی با مسئله مورد بررسی دارند) ادامه می‌یابد. سپس در یک یا دو بند توضیح داده می‌شود که در این پایان نامه، چه دیدگاه یا راهکار جدیدی نسبت به مسئله (موضوع) مورد بررسی وجود دارد. به عبارت دیگر نوآوری‌ها به صورت کاملاً شفاف و صریح بیان می‌شود. در ادامه ممکن است به نتایج بدست‌آمده نیز به طور مختصر و کلی اشاره شود. در آخرین بند از مقدمه به محتوای فصل‌های بعدی پایان نامه به اختصار اشاره می‌شود. برای مشاهده دستورالعمل کامل دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) به [؟] یا به سایت کتابخانه دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) مراجعه نمایید.

نگارش صحیح یک پایان نامه در فهم آسان آن بسیار موثر است. در این فصل مهمترین قواعد نگارشی که باید مورد توجه جدی نگارنده قرار گیرد، به اختصار بیان می‌شود. این قواعد را می‌توان در محورهای اصلی زیر دسته‌بندی کرد:

- فارسی نویسی
- رعایت املای صحیح
- رعایت قواعد نشانه‌گذاری

۲-۳ فارسی نویسی

در حد امکان سعی کنید به جای کلمات غیرفارسی از معادل فارسی آنها استفاده کنید، به‌ویژه در مواردی که معادل فارسی مصطلح و رایج است. به‌طور مثال استفاده از کلمه «لذا» به جای «برای همین» یا «به‌همین دلیل» توجیهی ندارد. همچنین کلمه «پردازش» زیباتر از «پروسس» و معادل فارسی «ریزپردازنده» مناسب‌تر از «میکروپروسسور» است. در این‌گونه موارد چنانچه احتمال عدم آشنایی خواننده با معادل فارسی وجود دارد، یا اصطلاح غیرفارسی معمول‌تر است، در اولین ظهور کلمه فارسی، اصل غیرفارسی آن به صورت پاورقی آورده شود. اگر به‌ناچار باید کلمات انگلیسی در لابه‌لای جملات گنجانده شوند، از هر طرف یک فاصله بین آنها و کلمات فارسی پیش و پس از آنها در نظر گرفته شود.

^۱ شروع مقدمه نباید چنان طولانی باشد که هدف اصلی را تحت تاثیر قرار دهد.

چنانچه در پایان نامه از مختصرنویسی استفاده شود، لازم است در اولین استفاده، تفصیل آن در پاورقی آورده شود.

۳-۳ رعایت املای صحیح

رعایت املای صحیح فارسی به مطالعه و درک راحت تر کمک می کند. همچنین در نوشته های فارسی باید در حد امکان از همزه «ء، ا، و، ه، إ، ئ» استفاده نشود. به عنوان مثال «اجزاء هواپیما» و «آئین نگارش» ناصحیح، اما «اجزای هواپیما» و «آیین نگارش» صحیح هستند.

۴-۳ رعایت قواعد نشانه گذاری

منظور از نشانه گذاری به کاربردن علامت ها و نشانه هایی است که خواندن و فهم درست یک جمله را ممکن و آسان می کند. در ادامه نشانه های معمول و متداول در زبان فارسی و موارد کاربرد آنها به اختصار معرفی می شوند.

۱-۴-۳ ویرگول

ویرگول نشانه ضرورت یک مکث کوتاه است و در موارد زیر به کار می رود:

- در میان دو کلمه که احتمال داده شود خواننده آنها را با کسره اضافه بخواند، یا نبودن ویرگول موجب بروز اشتباه در خواندن جمله شود.
- در موردی که کلمه یا عبارتی به عنوان توضیح، در ضمن یک جمله آورده شود. مثلاً برای کنترل وضعیت فضاپیماها، به دلیل آن که در خارج از جو هستند، نمی توان از بالک های آیرودینامیکی استفاده کرد.
- جداکردن بخش های مختلف یک نشانی یا یک مرجع
- موارد دیگر از این قبیل

پیش از ویرگول نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۲-۴-۳ نقطه

نقطه نشانه پایان یک جمله است. پیش از نقطه نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۳-۴-۳ دونقطه

موارد کاربرد دونقطه عبارتند از:

- پیش از نقل قول مستقیم
 - پیش از بیان تفصیل مطلبی که به اجمال به آن اشاره شده است.
 - پس از واژه‌ای که معنی آن در برابرش آورده و نوشته می‌شود.
 - پس از کلمات تفسیرکننده از قبیل «یعنی» و ...
- پیش از دونقطه نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۴-۴-۳ گیومه

موارد کاربرد گیومه عبارتند از:

- وقتی که عین گفته یا نوشته کسی را در ضمن نوشته و مطلب خود می‌آوریم.
- در آغاز و پایان کلمات و اصطلاحات علمی و یا هر کلمه و عبارتی که باید به صورت ممتاز از قسمت‌های دیگر نشان داده شود.
- در ذکر عنوان مقاله‌ها، رساله‌ها، اشعار، روزنامه‌ها و ...

۵-۴-۳ نشانه پرسشی

پیش از «؟» نباید فاصله گذاشته شود و پس از آن یک فاصله لازم است و بیشتر از آن صحیح نیست.

۳-۴-۶ خط تیره

موارد کاربرد خط تیره عبارتند از:

- جداکردن عبارت‌های توضیحی، بدل، عطف بیان و ...
- به‌جای حرف اضافه «تا» و «به» بین تاریخ‌ها، اعداد و کلمات

۳-۴-۷ پرانتز

موارد کاربرد پرانتز عبارتند از:

- به‌معنی «یا» و «یعنی» و وقتی که یک کلمه یا عبارت را برای توضیح بیشتر کلام بیاورند.
 - وقتی که نویسنده بخواهد آگاهی‌های بیشتر (اطلاعات تکمیلی) به خواننده عرضه کند.
 - برای ذکر مرجع در پایان مثال‌ها و شواهد.
- نکته: بین کلمه یا عبارت داخل پرانتز و پرانتز باز و بسته نباید فاصله وجود داشته باشد.

۳-۵ جدا یا سرهم نوشتن برخی کلمات

تقریباً تمامی کلمات مرکب در زبان فارسی باید از هم جدا نوشته شوند؛ به استثنای صفات فاعلی مانند «عملگر»، «باغبان» و یا «دانشمند» و کلماتی نظیر «اینکه»، «آنها». در ادامه به نمونه‌هایی از مواردی که باید اجزای یک کلمه جدا، اما بدون فاصله نوشته شوند، اشاره می‌شود:

۱. در افعال مضارع و ماضی استمراری که با «می» شروع می‌شوند، لازم است که در عین جدا نوشتن، «می» از بخش بعدی فعل جدا نیافتد. برای این منظور باید از «فاصله متصل» استفاده و «می» در اول فعل با ^۲SS از آن جدا شود. به‌طور مثال «می‌شود» به‌جای «می شود».

۲. «ها» جمع باید از کلمه جمع بسته‌شده جدا نوشته شود؛ مگر در برخی کلمات مانند «آنها». این امر در مورد کلمات غیرفارسی که وارد زبان فارسی شده‌اند و با حرف «ها» جمع بسته می‌شوند، مانند «کانال‌ها» یا «فرمول‌ها» مورد تاکید است.

^۲Shift+Ctrl+@

۳. حروف اضافه مانند «به» وقتی به صورت ترکیب ثابت همراه کلمه پس از خود آورده می شوند، بهتر است با SS از آن جدا شوند. مانند «به صورت»، «به عنوان» و «به لحاظ». لازم به ذکر است هنگامی که حرف اضافه «به» با کلمه پس از خود معنای قیدی داشته باشد، مثل «بشدت» یا «بسادگی»، بهتر است که به صورت چسبیده نوشته شود.

۴. کلمات فارسی نباید با قواعد عربی جمع بسته شوند؛ پس «پیشنهادها» صحیح و «پیشنهادهات» اشتباه است.

۵. اسم‌ها و صفت‌های دو قسمتی مثل «خط چین» و «نوشته شده» با SS از هم جدا می شود.

۶. شناسه‌ها با SS از کلمه اصلی جدا می شود. مثل «شده اند» و «شده است».

۷. «است» هنگامی که نقش شناسه را داشته باشد توسط SS از قسمت اصلی جدا می شود. مانند «گفته است».

۸. بند پیشین نباید باعث افراط در استفاده از فاصله متصل شود. مثلاً عبارت «نوشته می شود» صحیح و عبارت «نوشته می شود» ناصحیح است.

۹. فعل‌های دو کلمه‌ای که معنای اجزای آنها کاملاً با معنای کل متفاوت است، بهتر است که با SS از هم جدا شوند.

۱۰. کلمات مرکب مثل کلمه «دو کلمه‌ای» در عبارت «فعل‌های دو کلمه‌ای» و «یادداشت برداری».

۱۱. مصدرهای دو قسمتی با SS از هم جدا می شوند. مثل «ذوب کردن» و «وارد کردن».

۱۲. صفات تفضیلی مثل «آسان تر».

فصل چهارم

مشخصات یک پایان نامه و گزارش علمی

اگرچه برای همه انواع نوشته‌ها، مشخصات و ویژگی‌های واحد و معینی نمی‌توان ذکر کرد، با این حال در یک پایان نامه یا گزارش علمی باید نکات و موارد کلی که در این فصل ذکر می‌شود، بطور کامل رعایت شده باشد.

دقت کنید که پس از عنوان فصل باید حداقل توضیحی کوتاه در مورد موضوع نوشته شود و نمی‌توان مستقیماً بعد از آن عنوان بخش را نوشت و همین طور پس از عناوین بخش‌ها و زیربخش‌ها. (مانند دستورالعمل حاضر)

۴-۱ برخورداری از غنای علمی

یک پایان نامه باید پیش از هر چیز به لحاظ علمی از غنای لازم برخوردار باشد. یعنی هدف و پیام روشنی داشته باشد و از پیش‌زمینه علمی، بیان دلایل علمی، ارجاعات مورد نیاز و نتیجه‌گیری شفاف بهره ببرد.

۴-۲ ارجاع به موقع و صحیح به منابع دیگر

هر جمله‌ای که در یک پایان نامه نوشته می‌شود یا یک جمله کاملاً بدیهی است یا باید دلیل آن بیان شود و یا اینکه باید به منبعی که آن موضوع را نقل یا اثبات کرده، ارجاع داده شود. اگر مطلب یا گفتاری از منبعی عیناً در گزارش نقل می‌شود، باید آن مطلب داخل گیومه قرار گیرد و با ذکر ماخذ و شماره صفحه، به آن اشاره گردد.

۴-۳ ساده‌نویسی

سادگی از ضروریات یک نوشته است. نویسنده باید ساده، روان و در عین حال شیوا و رسا بنویسد و عبارات مبهم، جملات پیچیده و کلمات نامأنوس در نوشته خود به کار نبرد. اگر چه افراط در این امر نیز، به شیوایی نوشته صدمه می‌زند. به کارگیری لغات و اصطلاحات دشوار و دور از ذهن و عبارات و جملات نامنظم و مبهم موجب ایجاد اشکال در فهم خواننده خواهد شد.

برای ساده‌نویسی باید در حد امکان از به کارگیری کلمات «می‌بایست»، «بایستی»، «گردید»، «بوده باشد» و مانند آنها که تکلف‌آور، غلط مصطلح و یا غیرشیوا هستند، به جای «باید»، «است»، «شد» و مثل آنها، اجتناب شود. همین طور، «درجهت» نمی‌تواند جایگزین خوبی برای کلمه روانی مثل «برای» باشد. کلمات و جملات روان و ساده می‌توانند اغلب مفاهیم را براحتی منتقل کنند.

دقت در تنظیم بندها (پاراگرافها) نیز کمک شایانی به روانی و سادگی فهم مطلب می‌کند. بندهای طولانی نیز مانند جملات طولانی می‌توانند خسته‌کننده باشند و خواننده را سردرگم کنند. یک بند نباید کمتر از سه یا چهار سطر یا بیشتر از 10 تا ۱۵ سطر باشد.

۴-۴ وحدت موضوع

نویسنده باید در سراسر نوشته از اصل موضوع دور نیافتد و تمام بحث‌ها، مثال‌ها و اجزای نوشته با هماهنگی کامل، پیرامون موضوع اصلی باشد و تاثیری واحد در ذهن خواننده القا کند.

۴-۵ اختصار

پایان نامه یا گزارش علمی باید در حد امکان، مختصر و مفید باشد و از بحث‌های غیر ضروری در آن پرهیز شود. نوشتن مطالب ارزشمندی که هیچ ربطی به موضوع ندارد، فاقد ارزش علمی است.

۴-۶ رعایت نکات دستوری و نشانه‌گذاری

در سراسر پایان نامه باید قواعد دستوری رعایت شود و ارکان و اجزای جمله در جای مناسب خود آورده شود. همچنین رعایت قواعد نشانه‌گذاری سبب می‌شود که بیان نویسنده روشن باشد و خواننده به سهولت و با کمترین صرف انرژی مطالب را مطالعه و درک کند.

۴-۷ توجه به معلومات ذهنی مخاطب

نویسنده باید همواره مخاطب خود را در برابر خود تصور کند و با توجه به معلومات ذهنی مخاطب تمامی پیش‌نیازهای لازم برای درک مطالب مورد بحث را، از پیش برای مخاطب فراهم کند.

۴-۸ رعایت مراحل اصولی نگارش

هر کار علمی زمانی به بهترین شکل قابل انجام است که بر اساس یک برنامه‌ریزی مشخص انجام شود. تهیه یک متن علمی با کیفیت نیز نیازمند برنامه‌ریزی مناسب و اجرای منظم آن می‌باشد. مراحل نگارش

را عموماً می‌توان به ترتیب زیر در نظر گرفت:

- تهیه فهرستی از عناوین اصلی و فرعی که باید نوشته شود
 - اولویت‌بندی و تعیین ترتیب منطقی فصل‌ها و بخش‌های گزارش
 - گردآوری اطلاعات اولیه راجع به هر بخش و زیربخش
 - تدوین مطالب جدیدی که باید به قلم نگارنده به گزارش اضافه شود
 - تایپ کردن مطالب با رعایت کامل نکاتی که در این دستورالعمل آموزش داده می‌شود
- رعایت نظم و ترتیب در اجرای مراحل ذکر شده هم فرآیند تهیه پایان نامه یا گزارش علمی را برای نگارنده آسان می‌کند و هم کیفیت نگارش را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

فصل پنجم

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

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.

۵-۱ پیشنهادات

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.

منابع و مراجع

- [1] Zhao, Jingyi, Gao, Chunhai, and Tang, Tao. A review of sustainable maintenance strategies for single component and multicomponent equipment. *Sustainability*, 14(5):2992, 2022.
- [2] Van Rossum, Guido et al. Python programming language. in *USENIX annual technical conference*, vol. 41, pp. 1–36. Santa Clara, CA, 2007.
- [3] Srinath, KR. Python—the fastest growing programming language. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(12):354–357, 2017.
- [4] Sharma, Akshansh, Khan, Firoj, Sharma, Deepak, Gupta, Sunil, and Student, FY. Python: the programming language of future. *Int. J. Innovative Res. Technol*, 6(2):115–118, 2020.
- [5] Youssef, Ahmed E. Exploring cloud computing services and applications. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(6):838–847, 2012.
- [6] Serrano, Nicolas, Gallardo, Gorka, and Hernantes, Josune. Infrastructure as a service and cloud technologies. *IEEE Software*, 32(2):30–36, 2015.
- [7] Deploying your Machine Learning models | Kaggle — kaggle.com. <https://www.kaggle.com/discussions/getting-started/382794>. [Accessed 03-Apr-2023].

- [8] Singh, Pramod. Deploy machine learning models to production. *Cham, Switzerland: Springer*, 2021.
- [9] Pacheco, Fannia, Exposito, Ernesto, Gineste, Mathieu, Baudoin, Cedric, and Aguilar, Jose. Towards the deployment of machine learning solutions in network traffic classification: A systematic survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2):1988–2014, 2018.

پیوست

موضوعات مرتبط با متن گزارش پایان نامه که در یکی از گروه‌های زیر قرار می‌گیرد، در بخش پیوست‌ها آورده شوند:

۱. اثبات‌های ریاضی یا عملیات ریاضی طولانی.
۲. داده و اطلاعات نمونه (های) مورد مطالعه (Case Study) چنانچه طولانی باشد.
۳. نتایج کارهای دیگران چنانچه نیاز به تفصیل باشد.
۴. مجموعه تعاریف متغیرها و پارامترها، چنانچه طولانی بوده و در متن به انجام نرسیده باشد.

کد میپل

```
with(DifferentialGeometry):  
with(Tensor):  
DGsetup([x, y, z], M)  
frame name: M  
a := evalDG(D_x)  
D_x  
b := evalDG(-2 y z D_x+2 x D_y/z^3-D_z/z^2)
```

Abstract

This page is accurate translation from Persian abstract into English.

Key Words:

Write a 3 to 5 KeyWords is essential. Example: AUT, M.Sc., Ph. D, ..



Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)

Department of Computer Engineering

B. Sc. Thesis

IoT-Enabled Predictive Maintenance System Based on Vibration Analysis

Author

Arian Boukani

Supervisor

Dr. Hamidreza Zarandi

July 2023