بسمه تعالی

طرح پیشنهادی جهت دریافت رساله دکتری

دانشکده علوم ریاضی، گروه علوم کامپیوتر

عنوان:

حفظ حریم خصوصی مبتنی بر رمزگذاری هومومورفیک چند کلیدی در یادگیری فدرالی

Privacy-preserving based on Multi-key Homomorphic Encryption in Federated Learning

---

مشخصات دانشجو:
نام و نام خانوادگی: نام فامیل
شماره دانشجویی: ۴۰۳۱۹۰۳۰۰۰
رشته تحصیلی: علوم کامپیوتر، گرایش محاسبات علمی

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام‌خانوادگی	تخصص	مرتبه دانشگاهی	محل کار
دکتر نام فامیل	علوم کامپیوتر	استادیار	دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهرکرد

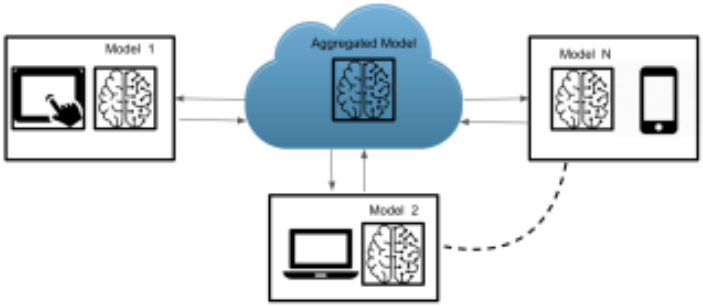
مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی	تخصص	مرتبه دانشگاهی	محل کار
دکتر نام فامیل	علوم کامپیوتر	استادیار	دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهرکرد

۱ - مقدمه و بیان طرح

یادگیری ماشین (ML)[1] یکی از زیر مجموعه‌های هوش مصنوعی است که به سیستم‌ها این امکان را می‌دهد که به صورت خودکار، یادگیری و پیشرفت داشته باشند؛ بدون اینکه برنامه‌نویسی صریحی برای آن داشته باشند. الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، یک مدل ریاضی را بر اساس داده‌های نمونه یا داده‌های آموزش، به منظور پیش‌بینی یا تصمیم‌گیری بدون برنامه‌ریزی آشکار، ایجاد می‌کنند. با محبوبیت بسیاری از دستگاه‌ها و گسترش اینترنت اشیاء (IOT)[2] ، میزان داده‌های توزیع‌شده به طور چشم‌گیری افزایش یافته‌است که توسعه شدید یادگیری ماشینی را در بسیاری از حوزه‌ها، مانند، مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، خانه‌های هوشمند، یا تشخیص تصادفات ترافیکی ارتقا می‌دهد [۱، ۲، ۳].

در حالی که مزیت یادگیری ماشین غیر قابل انکار است، جمع‌آوری حجم زیادی از داده‌ها در سرورهای مرکزی به منظور تجزیه و تحلیل، به علت نقض حریم خصوصی[3] شرکت کنندگان، غیر ممکن است.



شکل ۱-۱: یادگیری فدرالی

۲ - ارائه فرضیات، پیشینه پژوهش و بررسی منابع

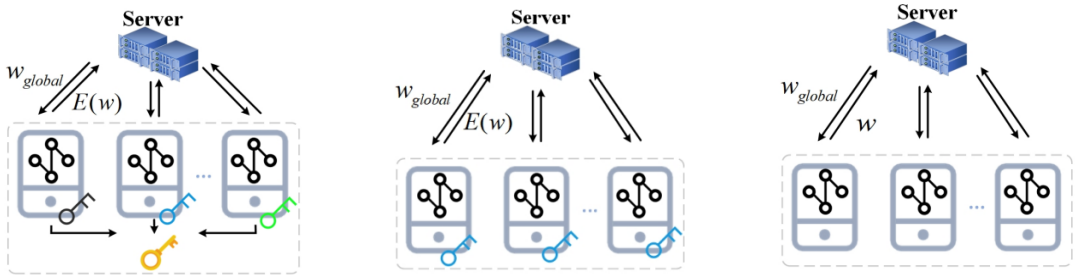
هدف از پیشنهادیه این پایان‌نامه این است که XMK-CKKS را به‌عنوان یک نسخه‌ی بهبود یافته از پروتکل رمزگذاری هومومورفیک چندکلیدی MK-CKKS [۴] برای افزایش حریم خصوصی بررسی کنیم. با توجه به اینکه از طریق مدل‌های آموزش دیده، امکان فاش شدن اطلاعات حساس برای مهاجم‌های خارجی و شرکت‌کنندگان کنجکاو داخلی وجود دارد، این نیاز وجود دارد که این مدل‌های محلی از طریق یک کلید عمومی رمزگذاری شوند و این کلید باید به گونه‌ای باشد که برای رمزگشایی، همکاری بین همه‌ی دستگاه‌های شرکت‌کننده لازم باشد. این طرح از نشت حریم خصوصی به‌روزرسانی‌های مدل‌های محلی جلوگیری می‌کند و در برابر تبانی $K < N - ۱$ دستگاه شرکت‌کننده و سرور مقاوم است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که این طرح با حفظ دقت مدل، در ارتباطات و هزینه‌های محاسباتی نیز بهتر عمل می‌کند.

1. machine learning
2. internet of things
3. privacy

سیاری از طرح‌های یادگیری فدرالی ایمن مبتنی بر فناوری‌های رمزنگاری در سال‌های گذشته پیشنهاد شده است، اما این راه‌حل‌ها مستقیما برای سناریوهای توزیع شده، قابل اجرا نیستند و یا از دست دادن عملکرد اجتناب‌ناپذیری دارند.

یادگیری فدرالی مبتنی بر محاسبات چندجانبه (MPC)[1] به افراد اجازه می‌دهد تا با استفاده از داده‌های ترکیبی خود، محاسباتی را انجام دهند، بدون اینکه ورودی فردی و خصوصی خود را آشکار کنند؛ اما با این حال، امکان نقض حریم خصوصی [2] توسط مهاجم درونی و بیرونی وجود دارد. برای رفع این مشکل، یادگیری فدرالی مبتنی بر محاسبات چندجانبه ایمن (SMPC)[3] را مطرح کردند. این پروتکل نیازمند دورهای زیادی از تعامل بین شرکت‌کنندگان برای دستیابی به تجمیع ایمن است، که برای سناریوهای توزیع شده، بسیار عملی نیست [۵، ۶، ۷، ۸].

در شکل ۲-۱آ نشان داده شده است که



(آ) یادگیری فدرالی بدون رمزگذاری

(ب) یادگیری فدرالی مبتنی بر رمزگذاری همومورفیک با استفاده از کلیدهای یکسان برای همه دستگاه‌ها

(ج) یادگیری فدرالی مبتنی بر رمزگذاری همومورفیک چندکلیدی با استفاده از کلیدهای متمایز. رمزگشایی تنها با ترکیب همه کلیدها امکان‌پذیر است.

شکل ۲-۱: مقایسه انواع پروتکل‌های یادگیری فدرالی

قضیه ۲-۱. *این قضیه بیان می‌کند*

حل. برهان این قضیه ■

قضیه ۲-۲. *این قضیه بیان می‌کند*

حل. برهان این قضیه ■

نتیجه ۲-۳. *نتیجه‌گیری می‌شود*

لم ۲-۴. *این لم بیان می‌کند*

حل. برهان این قضیه ■

لم ۲-۵. *این لم بیان می‌کند*

1. multi-party computation
2. privacy violation
3. secure multi-party computation

حل. برهان این قضیه ■

نکته ۲-۶. *نکته قابل تاملی که*

مثال ۲-۷. به عنوان یک مثال، رابطه زیر را در نظر بگیرید:

$$\sum_{i=۱}^{n} i = \frac{n \times (n+۱)}{۲} \tag{۲-۱}$$

در رابطه (۲-۱) داریم ...

۳- روش انجام پژوهش

ما در این رساله مشابه ...

۳-۱- پیاده‌سازی

در پیاده‌سازی مساله

۳-۱-۱- پیچیدگی

برای محاسبه پیچیدگی

پیچیدگی زمانی. برای محاسبه پیچیدگی زمانی

۴ - مراجع

[1] S. Kianoush, M. Raja, S. Savazzi, S. Sigg, A cloud-iot platform for passive radio sensing: Challenges and application case studies, IEEE Internet of Things Journal 5 (5) (2018) 3624–3636.

[2] J. Li, J. Jin, D. Yuan, M. Palaniswami, K. Moessner, Ehopes: Data-centered fog platform for smart living, in: 2015 International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), IEEE, 2015, pp. 308–313.

[3] J. Li, J. Jin, D. Yuan, H. Zhang, Virtual fog: A virtualization enabled fog computing framework for internet of things, IEEE Internet of Things Journal 5 (1) (2017) 121–131.

[4] H. Chen, W. Dai, M. Kim, Y. Song, Efficient multi-key homomorphic encryption with packed ciphertexts with application to oblivious neural network inference, in: Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC conference on computer and communications security, 2019, pp. 395–412.

[5] K. Bonawitz, V. Ivanov, B. Kreuter, A. Marcedone, H. B. McMahan, S. Patel, D. Ramage, A. Segal, K. Seth, Practical secure aggregation for federated learning on user-held data, arXiv preprint arXiv:1611.04482 (2016).

[6] K. Bonawitz, V. Ivanov, B. Kreuter, A. Marcedone, H. B. McMahan, S. Patel, D. Ramage, A. Segal, K. Seth, Practical secure aggregation for privacy-preserving machine learning, in: proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, 2017, pp. 1175–1191.

[7] Y. Li, Y. Zhou, A. Jolfaei, D. Yu, G. Xu, X. Zheng, Privacy-preserving federated learning framework based on chained secure multiparty computing, IEEE Internet of Things Journal 8 (8) (2020) 6178–6186.

[8] G. Xu, H. Li, S. Liu, K. Yang, X. Lin, Verifynet: Secure and verifiable federated learning, IEEE Transactions on Information Forensics and Security 15 (2019) 911–926.

۵- مراحل اجرا و جدول زمان‌بندی

شرح مراحل انجام پایان‌نامه	مدت زمان مورد نیاز از زمان شروع
۱ـ جستجو و گردآوری مقالات وابسته به این موضوع	شش ماه
۲ـ طبقه‌بندی مراجع بدست آمده	شش ماه
۳ـ مطالعه‌ی دقیق مراجع	یک سال
۴ـ پیاده‌سازی	شش ماه
۵ـ تجزیه و تحلیل داده‌ها	شش ماه
۶ـ نگارش رساله	شش ماه
۷ـ آمادگی برای دفاع از رساله	دو ماه
۸ـ دفاع از رساله	یک ماه

۶- هزینه‌ها

نوع هزینه	مبلغ به ریال
۵ بسته برگ A4	۲۵۰۰۰۰۰۰
چاپ رساله	۱۰۰۰۰۰۰۰
جمع کل	۳۵۰۰۰۰۰۰

تاییده دانشجو، اساتید راهنما و مشاور

نام و نام خانوادگی دانشجو: **نام فامیل**

امضاء

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: **دکتر نام فامیل**

امضاء

نام و نام خانوادگی استاد مشاور: **دکتر نام فامیل**

امضاء

موافقت محل اجرای طرح رساله

نام و نام خانوادگی مسئول محل اجرای طرح رساله

امضاء

موضوع طرح پیشنهادی رساله در جلسه شورای گروه ..... در تاریخ ..... مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

نام و نام خانوادگی مدیر گروه:

امضاء

موضوع این رساله در جلسه شورای پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم ریاضی مورخ ..... مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

معاون پژوهشی و تحصلات تکمیلی دانشکده علوم ریاضی

امضاء

موضوع طرح پیشنهادی رساله در شورای تحصیلات تکمیلی دانشگاه در تاریخ ..... مورد بررسی قرار گرفت و به تصویب رسید.

مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه

امضاء