

ارائه مدل توصیه‌گر برای بهبود عملکرد بلاکچین در اینترنت اشیاء با رویکرد یادگیری تقویتی عمیق

الناز ربیعی نژاد

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات؛

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ تهران؛ ایران.

شهریار محمدی*

دکتری مهندسی کامپیوتر؛

دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ تهران؛ ایران.

مهدی یادگاری

دانشجوی دکتری مهندسی فناوری اطلاعات؛

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ تهران؛ ایران.

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴ | پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱ | مقاله برای اصلاح به مدت ۳۵ روز نزد پدیدآوران بوده است

چکیده:

با پیشرفت جامعه بشری و فناوری اطلاعات و ارتباطات، اینترنت اشیاء در ابعاد مختلف زندگی روزمره مردم و صنایع نفوذ کرده است. با وجود تمامی تسهیلات اینترنت اشیاء، به دلیل ساختار ضعیف امنیتی تبدیل به یکی از اهداف هکرها شده است. فناوری نوظهور بلاکچین با توجه به ویژگی‌های ذاتی از قبیل توزیع‌شدگی، امنیت، تغییرناپذیری و قابل بررسی بودن تبدیل راه‌حلی مناسب برای تأمین امنیت اینترنت اشیاء شده است. با این وجود ادغام اینترنت اشیاء و بلاکچین دارای چالش‌هایی از قبیل تأخیر، گذردهی، مقیاس‌پذیری و محدودیت توان دستگاه است. روش‌های یادگیری ماشین در حل مسائل پیچیده که برای انسان دشوار است، کارایی مناسبی از خود نشان داده‌اند. به همین دلیل اخیراً به عنوان یکی از روش‌های حل چالش‌های بلاکچین در اینترنت اشیاء مطرح شده‌اند. در این پژوهش برای بهبود چالش‌های بلاکچین در اینترنت اشیاء یک مدل جدید مبتنی بر عامل توصیه‌گر ارائه داده‌ایم. هدف مدل بهبود چالش گذردهی پایین بلاکچین در اینترنت اشیاء و همچنین محدودیت منابع دستگاه‌های اینترنت اشیاء برای استفاده از بلاکچین است. برای بهبود گذردهی عامل

نشریه علمی (رتبه بین‌المللی)
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
شاپا(چاپی) ۲۲۵۱-۸۲۲۳
شاپا(الکترونیکی) ۲۲۵۱-۸۲۳۱
نمایه در SCOPUS، LISTA و ISC
<http://ijpm.irandoc.ac.ir>
دوره XX | شماره X | صص XX-XX
۱۳XX X

نوع مقاله: مروری / پژوهشی

به این مقاله به شکل زیر استناد کنید:

درون متن:

(ربیعی نژاد، و دیگران، زودآیند)

در فهرست منابع:

ربیعی نژاد، الناز، محمدی، شهریار. یادگاری، مهدی. زودآیند. ارائه مدل توصیه‌گر برای بهبود عملکرد بلاکچین در اینترنت اشیاء با رویکرد یادگیری تقویتی عمیق. پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات.

<http://Jipm.irandoc.ac.ir> (دسترسی در

روزنامه/سال)

توصیه‌گر که از یادگیری تقویتی عمیق استفاده می‌کند با تنظیم اندازه و زمان ساخت بلاک می‌تواند گذردهی را بهبود دهد. همچنین، با توجه به توان محاسباتی دستگاه اینترنت اشیا و میزان انرژی مورد نیاز برای فرآیند؛ استخراج بین انجام فرآیند استخراج در دستگاه اینترنت اشیا و یا واگذاری به لایه لبه محاسباتی، رویکرد بهینه را اتخاذ می‌کند. رویکرد بهینه در این پژوهش رویکردی است میزان تأخیر و انرژی مصرفی فرآیند استخراج را کمینه سازد. در این پژوهش علاوه بر ارائه معماری منطقی، به گردش کار عناصر مدل پیشنهادی را نیز با جزئیات پرداخته شده است. طراحی مدل پیشنهادی را توسط روش اصل واحد برای حل چالش‌های بلاکچین در اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفته است و نقاط ضعف و قوت مدل بیان شده است.

کلیدواژه‌ها: بلاکچین، اینترنت اشیا، گذردهی، عامل توصیه‌گر، یادگیری تقویتی عمیق.

* پدیدآور رابط Mohammadi@kntu.ac.ir

۱. مقدمه

اینترنت اشیا امروزه در بخش‌های مختلف زندگی روزمره مردم وارد شده است و تسهیلات بسیاری را برای آن‌ها فراهم کرده است (Yu et al. 2018). تکنولوژی اینترنت اشیا با ایجاد توانایی در زمینه‌ی تبادل و ارتباط بین دستگاه‌های مختلف بدون دخالت انسان، تسهیلات بسیاری را برای مردم ایجاد کرده است و امکان تولید خلاقانه، ارائه خدمات مؤثرتر و استفاده‌ی بهینه از منابع کمیاب را فراهم می‌کند. اما از آنجائی که استفاده از اینترنت اشیا به‌طور گسترده موجب اتصال میلیاردها دستگاه در شهرها، کشورها و نهادهای بین‌المللی به شبکه‌ی جهانی می‌شود، نگرانی‌هایی در خصوص مسائلی نظیر امنیت اطلاعات وجود خواهد داشت (زرگر ۱۳۹۸). بدون تردید امنیت یکی از جنبه‌های کلیدی اینترنت اشیا است. چالش‌های امنیتی فناوری اینترنت اشیا شامل شناسایی گره‌های جعلی، احراز هویت، مدیریت اعتماد، محرمانه بودن داده‌ها، امنیت شبکه و کنترل دسترسی است (Moin et al. 2019). لاکچین به دلیل خصوصیات ذاتی از قبیل امنیت، تغییرناپذیری، قابل بررسی و نظارت بودن گزینه مناسبی برای ارتقا امنیت و حریم شخصی در اینترنت اشیا است. ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین، به دلیل حذف واسطه صرفه‌جویی قابل توجهی را برای تولیدکنندگان این صنعت به همراه خواهد داشت. البته باید این نکته را در نظر داشت که ادغام بلاکچین و اینترنت اشیا دارای چالش‌هایی همچون محدودیت در توان و حافظه دستگاه‌های اینترنت اشیا، مقیاس‌پذیری، تأخیر و گذردهی پایین است (Dorri et al. 2019; Kumar and Mallick 2018). هوش مصنوعی یکی از راه‌حل‌های ارائه‌شده برای حل چالش‌های ادغام بلاکچین و اینترنت

اشیاء است و می‌تواند با ایجاد تعادل بین پارامترهای مختلف باعث عملکرد بهترشان شود (Jameel et al. 2020). یادگیری تقویتی شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که در آن عامل با یادگیری متوالی از طریق پاداش دریافت شده از نتیجه عمل خود سیاست خود را تنظیم می‌کند. برخلاف یادگیری نظارت‌شده و نیمه نظارت‌شده، تکنیک‌های یادگیری تقویتی معمولاً به اطلاعات قبلی در مورد محیط نیاز ندارند و این ویژگی یادگیری تقویتی را برای استفاده در هوشمندسازی بلاکچین مناسب می‌سازد (Jameel et al. 2020).

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، گذردهی یکی از چالش‌های اتخاذ بلاکچین در اینترنت اشیا است. گذردهی، حداکثر تعداد تراکنش‌هایی در هر ثانیه که سیستم با آن سروکار دارد، است (Herrera-Joancomartí and Pérez-Solà 2016). با افزایش تعداد تراکنش‌هایی که در هر ثانیه مورد پردازش قرار می‌گیرد، گذردهی نیز افزایش می‌یابد. یک راه‌حل برای حل این چالش، افزایش تعداد تراکنش در هر بلاک و کاهش زمان ساخت بلاک است اما این روش باعث افزایش زمان انتقال می‌شود چون هر استخراج‌کننده باید اعتبار تمامی تراکنش‌ها در بلاک را چک کند (Nguyen et al. 2020). به همین دلیل از اهداف مهم این پژوهش ارائه مدلی جهت افزایش گذردهی با در نظر گرفتن تعادل بین گذردهی و تأخیر انتقال است. از سوی دیگر ادغام دستگاه‌های اینترنت اشیا با در نظر گرفتن محدودیت منابع به مراتب متفاوت‌تر از حالتی خواهد بود که به صورت تئوری محدودیتی برای منابع وجود نداشته باشد؛ تحقیقات پیش از این نیز بیانگر آن است مدل و ساختاری که هم‌زمان پاسخگوی هر دو حالت باشد، وجود ندارد (Xiong et al. 2020). به همین دلیل نیاز است که مدلی وجود داشته باشد که برای تمام دستگاه‌های اینترنت اشیا قابل استفاده باشد و محدودیتی برایشان ایجاد نکند.

در این پژوهش مدلی جدید را پیشنهاد می‌دهیم که توسط عامل توصیه‌گر با استفاده از یادگیری تقویتی عمیق^۱ اندازه و زمان مناسب ساخت بلاک در جهت افزایش گذردهی و همچنین رویکرد بهینه انجام وظایف استخراج توسط استخراج‌کننده را تعیین می‌کند. در این مدل هر استخراج‌کننده با توجه به توان محاسباتی‌اش می‌تواند وظایف استخراج را خودش انجام دهد و یا اینکه آن را به لایه محاسبات لبه‌موبایل واگذار کند. منظور از رویکرد بهینه از این مورد عملی است که در طولانی مدت تأخیر و انرژی مصرفی فرآیند انجام استخراج را کمینه سازد. از سوی دیگر در سیستم بلاکچین اندازه و زمان ساخت بلاک را طوری تنظیم می‌کند که علاوه بر بالا بودن گذردهی، تأخیر انتقال از میزان آستانه‌ی در نظر گرفته‌شده، تجاوز نکند. در یادگیری تقویتی عمیق از ادغام دو روش یادگیری

^۱ Reinforcement learning

کیو^۱ و شبکه عصبی بازگشتی^۲ استفاده می‌شود. برای ارزیابی مدل پیشنهادی نیز از تئوری طراحی اصل واحد^۳ استفاده می‌شود. این تئوری برای بررسی دقیق ارتباط بین نیازمندی‌های عملکردی اینترنت اشیاء و راه‌های ارائه شده توسط مدل پیشنهادی است (Viriyasitavat et al. 2019).

ساختار پژوهش به این شرح است: ابتدا در بخش مقدمه، اهداف و اهمیت موضوع پژوهش ذکر شده است. در بخش ۲، به مفاهیم پرداخته شده است. مروری بر ادبیات موضوع در بخش ۳، آورده شده است. در بخش ۴، به ارائه مدل پیشنهادی و نحوه کار آن پرداخته می‌شود. بخش ۵ مدل ارائه شده را ارزیابی می‌کند و در نهایت بخش ۶، به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲. مفاهیم پژوهش

در این بخش به بررسی مفاهیم اصلی پژوهش خواهیم پرداخت. شفاف‌سازی هر یک از این مفاهیم اصلی تسهیل درک مدل پیشنهادی و ادغام آن‌ها را در پی خواهد داشت.

۲-۱. یادگیری تقویتی عمیق

یادگیری تقویتی شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که در آن عامل با یادگیری متوالی از طریق پاداش دریافت شده از نتیجه عمل خود سیاست خود را تنظیم می‌کند. به طور دقیق‌تر، تکنیک‌های یادگیری تقویتی می‌توانند بر اساس فرایند تصمیم‌گیری مارکوف^۴ باشند که از یک محیط و مجموعه‌ای از عوامل تشکیل شده است. فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف از مفاهیمی شامل حالت که توصیف‌کننده وضعیت فعلی عامل، عملی که باعث حرکت عامل بین حالات می‌شود و پاداش مشاهده شده از انتقال حرکت عامل بین حالات، استفاده می‌کند (Garcia and Rachelson 2013).

زمانی که عامل حرکتی را انجام می‌دهد و پاداشی را دریافت می‌کند، به حالت جدیدی می‌رود. در واقع عامل با انجام حرکت‌های معنادار به هدف خود در بلندمدت می‌رسد و سپس با استفاده از بازخورد برای هر حرکت در بلندمدت خروجی را بهبود می‌دهد. برخلاف رویکردهای تحت نظارت و نیمه نظارت، تکنیک‌های یادگیری تقویتی معمولاً به داده‌های دارای برچسب یا اطلاعات قبلی در مورد محیط نیاز ندارند. این ویژگی یادگیری تقویتی را برای فناوری بلاکچین مناسب می‌کند (Jameel et al. 2020). یادگیری کیو شناخته شده‌ترین روش یادگیری تقویتی است

^۱ Q learning

^۲ Recurrent neural network

^۳ Axiomatic design theory

^۴ Markov decision process

که در آن عامل بر اساس مقادیر موجود در جدول کیو عمل می‌کند. چهار مؤلفه اصلی در شبکه کیو شامل مجموعه حالات، مجموعه فعالیت‌ها، پاداش و احتمال انتقال است. برای هر حالت عامل فعالیتی را بر اساس سیاست از پیش تعیین شده اجرا می‌کند. عامل سیاستی را اتخاذ می‌کند که مقدار ارزش کیو را بیشینه کند. پس از هر دور عامل برای تخمین دقیق‌تر مقدار کیو و اتخاذ دقیق‌تر سیاست‌ها، جدول کیو را اصلاح می‌کند (Jameel et al. 2020). در روش یادگیری کیو از یک جدول دو بعدی برای ذخیره حالات و اعمال استفاده می‌کند، در حالی که در فضای بزرگ‌تر با حالات و اعمال بیشتر امکان استفاده از یک جدول دو بعدی وجود ندارد و کارایی لازم را نخواهد داشت. برای حل این چالش از یادگیری تقویتی عمیق استفاده می‌کنیم که بجای استفاده از جدول کیو، از شبکه عصبی عمیق برای تخمین تابع ارزش کیو استفاده می‌کند (Jameel et al. 2020).

۲- ۱. ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین

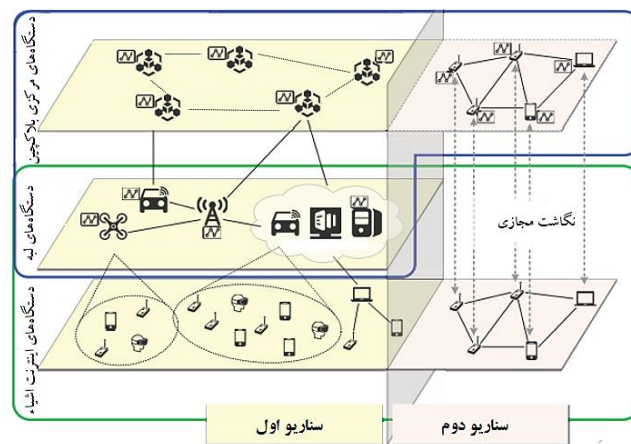
میزان استفاده از دستگاه‌های اینترنت اشیا رو به افزایش است و این موضوع چالش‌های بیشتری را در زمینه‌های امنیت، حریم شخصی، مقیاس پذیری و غیره ایجاد می‌کند. این دستگاه‌ها اطلاعات را در یک محیط متمرکز جمع‌آوری و نگهداری می‌کنند اما استفاده از سرور متمرکز برای دستگاه‌های اینترنت اشیا در مقیاس بزرگ کارایی ندارد و برای پردازش داده‌ها در مقیاس بالا نیاز به افزایش زیرساخت‌های اینترنت وجود دارد. یکی از بهترین راه‌حل‌های این مشکل، استفاده از شبکه توزیع شده که از توابع "شبکه همتابه‌همتا"، "اشتراک‌گذاری پرونده توزیع‌شده"^۱ و "هماهنگی دستگاه‌های مستقل"^۲ استفاده می‌کند. بلاکچین این سه عملکرد را پشتیبانی می‌کند و با ایجاد قابلیت‌هایی همچون امکان ردیابی دستگاه‌های اینترنت اشیا، افزایش حریم شخصی و قابلیت اطمینان، تسریع انتقال پیام بین اعضای شبکه همتابه‌همتا توسط دفترکل توزیع‌شده، ثبت داده‌های تاریخی، تغییرناپذیری داده‌ها می‌تواند نقش مهمی در مدیریت، کنترل و ایجاد امنیت در سیستم‌های اینترنت اشیا داشته باشد (Kumar and Mallick 2018).

دو سناریو برای ترکیب بلاکچین با اینترنت اشیا وجود دارد. در سناریو اول دستگاه‌های اینترنت اشیا به صورت مستقیم امکان شرکت در بلاکچین را ندارند و باید درخواست‌های خود را از طریق نقاط دسترسی به دستگاه‌های توان بالا که عضوی از بلاکچین هستند ارسال کنند. در این حالت نیازی به انجام وظایف سنگین محاسباتی و همچنین حافظه بالا برای ذخیره‌سازی در بلاکچین وجود ندارد. در سناریو دوم این دستگاه‌ها عضوی از شبکه بلاکچین هستند و به صورت مستقیم

^۱ Distributed file sharing

^۲ Autonomous device coordination

می‌توانند با بلاکچین تعامل داشته باشند. سناریو اول برای اینترنت اشیاء با توان و حافظه محدود مناسب‌تر است. با این وجود ارسال درخواست و دریافت پاسخ از یک دستگاه به دستگاه دیگر در اینترنت اشیاء؛ هم مصرف بیشتر انرژی و هم تأخیر را در پی دارد (Nguyen et al. 2020)، به همین دلیل برای دستگاه‌هایی که محدودیتی در منابع ندارند سناریو دوم بهینه است. شکل ۱ این دو سناریو را نشان می‌دهد.



شکل ۱. سناریوهای ادغام اینترنت اشیاء با بلاکچین (Xiong et al. 2020)

علی‌رغم محاسن بلاکچین در بهبود مشکلات امنیتی اینترنت اشیاء، ادغام این دو تکنولوژی دارای چالش‌هایی شامل محدودیت توان و حافظه در دستگاه‌های اینترنت اشیاء، مقیاس‌پذیری، گذردهی، تأخیر، حفظ همزمان حریم شخصی و شفافیت و امکان سرایت حملات بلاکچین به اینترنت اشیاء است (Kumar and Mallick 2018; Mohanty et al. 2020; Dorri et al. 2019).

۲-۱. یادگیری تقویتی عمیق برای بلاکچین در اینترنت اشیاء

بلاکچین شامل پارامترهای مختلفی مانند امنیت، کارایی، توزیع‌شدگی و بسیاری دیگر است که باید بین آن‌ها مصالحه برقرار کند. هوش مصنوعی می‌تواند این تصمیم‌گیری را تسهیل کند و باعث خودکارسازی و عملکرد بهتر بلاکچین شود و همچنین می‌تواند با پیش‌بینی حملات و تشخیص رفتارهای ناهنجار امنیت بلاکچین را ارتقا دهد (Dinh and Thai 2018). هوش مصنوعی می‌تواند توسط ایجاد مسیرهای بهتر اشتراک‌گذاری فایل‌ها، زمان رسیدن به اجماع را بهبود دهد (Tanwar et al. 2019) و با افزایش سرعت پردازش فرآیندهای سیستم بلاکچین، کارایی را افزایش

دهد (Kshetri 2019).

یکی از راه‌حل‌ها برای رفع چالش‌های موجود در ترکیب اینترنت اشیا و بلاکچین، هوش مصنوعی است. هوش مصنوعی توانایی تعیین اصول بهتر طراحی برنامه را دارد و می‌تواند با تنظیم پارامترهایی که برای انسان دشوار است، چالش‌های ادغام دو فناوری بلاکچین و اینترنت اشیا را بهبود دهد (Jameel et al. 2020). همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، یادگیری تقویتی نیازی به اطلاعات قبلی از محیط ندارد به همین دلیل برای استفاده در بلاکچین و بهبود آن مناسب‌تر از سایر روش‌های هوش مصنوعی است (Jameel et al. 2020). جدول ۱ به بررسی مزایا و چالش‌های استفاده از یادگیری تقویتی در اینترنت اشیا مبتنی بر بلاکچین می‌پردازد.

جدول ۱. مزایا و چالش‌های یادگیری تقویتی برای بلاکچین در اینترنت اشیا (Jameel et al. 2020)

چالش‌ها	مزایا
دستگاه‌های اینترنت اشیا با توان و حافظه محدود	کاهش پدیده فورک
مشکل مقیاس‌پذیری	افزایش گذردهی تراکنش‌ها
انتخاب روش مناسب یادگیری تقویتی	افزایش امنیت
استقلال روش‌های یادگیری تقویتی از بلاکچین	افزایش کارایی
	کاهش زمان ساخت و تایید بلاک

۳. مروری بر آثار پیشین

بلاکچین و هوش مصنوعی از قابلیت کامل‌کنندگی بسیار زیادی برخوردار هستند که می‌توانند تأثیرات چشم‌گیری بر عملکرد صنایع و بازار داشته باشد (Kshetri 2019). ترکیب این دو فناوری در سال‌های اخیر مورد توجه قرار

گرفته است و باعث ایجاد دو بخش هوش مصنوعی برای ارتقا عملکرد بلاکچین و بلاکچین برای بهبود عملکرد هوش مصنوعی شده است. با توجه به ماهیت پژوهش که درصدد بهبود اتخاذ بلاکچین در اینترنت اشیا است، آثار مرتبط با ترکیب هوش مصنوعی برای ارتقا عملکرد بلاکچین در محیط اینترنت اشیا را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در این راستا (Singh et al. 2020) یک معماری هوشمند با ترکیب هوش مصنوعی و بلاکچین برای اینترنت اشیا پیشنهاد داده‌اند. این معماری از ۴ لایه هوش دستگاه، هوش لبه، هوش مه و هوش ابر تشکیل شده است که در تمامی این لایه‌ها از بلاکچین به منظور ایجاد بستری امن با حفظ حریم شخصی و از هوش مصنوعی برای خودکار سازی، تحلیل و آنالیز در هر لایه استفاده شده است. در پژوهشی دیگر (Xiong et al. 2020) با استفاده

از یادگیری تقویتی عمیق نرخ انتقال‌های موفق درخواست‌های اینترنت اشیاء به بلاکچین را افزایش می‌دهد. همچنین (Liu et al. 2019) با استفاده از یادگیری تقویتی عمیق به بهبود مقیاس پذیری در بلاکچین با در نظر گرفتن تاخیر، توزیع شدگی و امنیت در اینترنت اشیاء صنعتی توسط یادگیری پرداخته است.

یادگیری تقویتی می‌تواند تاثیر شایانی در افزایش امنیت در بلاکچین داشته باشد (Rathore et al. 2019). یک معماری امنیتی غیر متمرکز مبتنی بر شبکه‌ی تعریف شده توسط نرم افزار، محاسبات مه و بلاکچین و یک مکانیزم تشخیص حملات در اینترنت اشیاء را توسط یادگیری عمیق ارائه می‌دهد. همچنین (Alkadi et al. 2020) یک سیستم کشف نفوذ مشارکتی براساس چارچوب بلاکچین و یادگیری عمیق برای ایجاد امنیت و حریم شخصی در اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد. در انتها به پژوهش (Tanwar et al. 2019) اشاره می‌کنیم که بررسی و طبقه بندی دقیق اتخاذ یادگیری ماشین برای بلاکچین از منظرهای مختلف شامل مبتنی بر هدف، مبتنی بر لایه، مبتنی بر اقدام متقابل و مبتنی بر اپلیکیشن‌های هوشمند می‌پردازد و از یادگیری ماشین برای مقاوم‌تر ساختن برنامه‌های کاربردی هوشمند مبتنی بر بلاکچین استفاده می‌کنند.

۴. مدل پیشنهادی

در این پژوهش یک مدل نوین برای بهبود گذردهی بلاکچین در اینترنت اشیاء و همچنین محدودیت توان و انرژی اینترنت اشیاء در استفاده از بلاکچین ارائه می‌دهیم. این مدل با استفاده از یک عامل توصیه گر می‌تواند به صورت پویا بهترین عمل را اتخاذ کند تا باعث افزایش کارایی سیستم شود. در واقع عامل توصیه گر برای بهبود گذردهی اندازه بلاک و زمان ساخت بلاک را در هر مرحله تنظیم می‌کند و همچنین در زمان شروع فرآیند استخراج با در نظر گرفتن میزان انرژی محاسباتی دستگاه اینترنت اشیاء، میزان انرژی مورد نیاز، رویکرد بهینه انجام فرآیند استخراج را اتخاذ می‌کند. رویکرد بهینه در اینجا رویکردی است که میزان انرژی و تأخیر در فرآیند استخراج را کمینه سازد. عامل توصیه گر از یادگیری تقویتی عمیق که از روش یادگیری کیو که توسط یک شبکه عصبی بازگشتی تجهیز شده است، استفاده می‌کند.

محیط مورد نظر ما فضایی است که از نظر جغرافیایی محدود است ولی در برگیرنده واحدها یا ساختمان‌های مجاورش است. فضای در نظر گرفته شده برای مدل را می‌توان مانند یک ساختمان هوشمند که از چندین واحد جداگانه تشکیل شده است و یا یک پردیس دانشگاهی که در برگیرنده ساختمان‌های مجاورش است ولی مدیریت یکسانی دارند، دانست. اشیاء در محیط مورد نظر ما دستگاه‌های هوشمند مختلف ولی با تعداد محدودی موجود هستند. اشیاء هوشمند در این محیط

صرفاً از وسایل صنعتی و توان بالا تشکیل نشده است و می‌تواند ابزار هوشمند با توان و حافظه پایین همچون تلفن همراه هوشمند نیز باشند که اجرای بلاکچین به دلیل توان پایین برایشان مقدور نیست. در لایه محاسباتی لبه موبایل از یادگیری تقویتی عمیق برای تنظیم سیاست‌ها در هر مرحله با هدف افزایش گذردهی در بلاکچین و کمینه شدن تأخیر و انرژی مصرفی در انجام فرآیند استخراج، استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی توانایی استفاده در تمامی انواع دستگاه‌ها (با محدودیت و بدون محدودیت در توان محاسباتی) را داراست، زیرا دستگاه‌های اینترنت اشیاء با منابع محدود می‌توانند وظایف محاسباتی خود را به لایه لبه محاسباتی واگذار کنند و دستگاه‌های بدون محدودیت می‌توانند خودشان وظایفشان را انجام دهند. در ادامه لایه‌های منطقی مدل پیشنهادی، فرآیند کار و نحوه کار عامل توصیه‌گر بیان می‌شوند.

۴-۱. لایه‌های منطقی مدل پیشنهادی

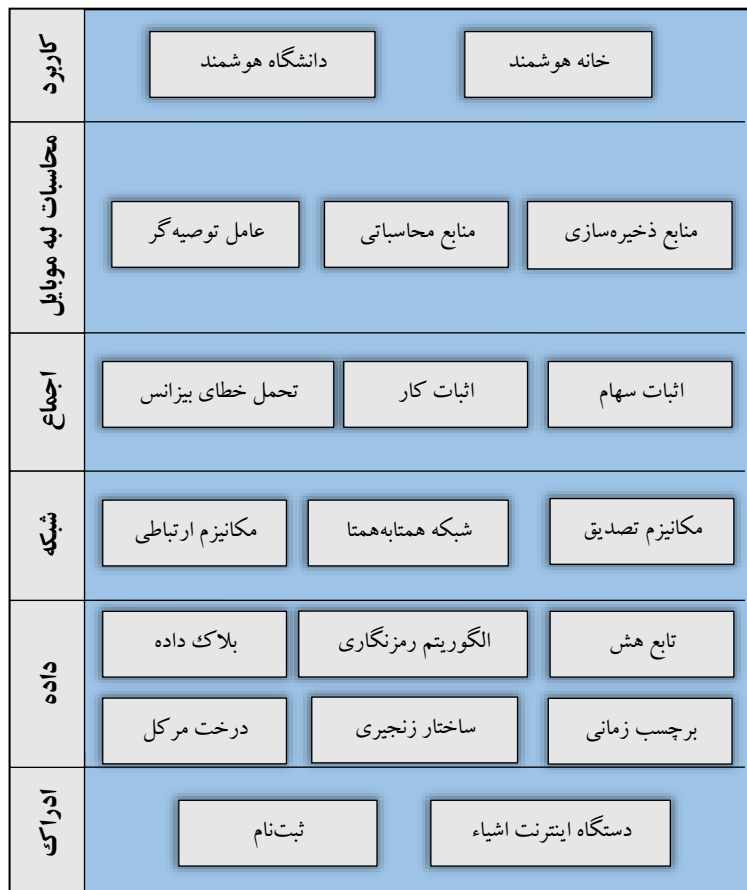
شکل ۲ لایه‌های منطقی مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد. لایه‌های تشکیل‌دهنده مدل به شرح زیر می‌باشند:

لایه ادراک: این لایه شامل تمامی دستگاه‌های اینترنت اشیاء است. به دلیل استفاده از بلاکچین خصوصی، نیاز است دستگاه‌های اینترنت اشیاء برای تعامل با بلاکچین ابتدا در آن ثبت‌نام کنند (Khalid et al. 2020). برای دسترسی سایر دستگاه‌های اینترنت اشیاء عضو در بلاکچین به کلید عمومی دستگاه جدید، پس از ثبت‌نام کلید عمومی دستگاه جدید برای در دفتر کل ثبت می‌شود. لایه داده: لایه داده به‌طور عمده شامل تراکنش‌ها و بلاک‌های داده است. هر بلاک شامل تعدادی تراکنش است که به بلاک قبلی مرتبط است. بلاک شامل دو بخش است: سریتیر بلاک و داده‌های اصلی. سریتیر بلاک فراداده^۱ را مشخص می‌کند که شامل نسخه بلاک، هش بلاک‌های قبلی و فعلی، برجسب زمانی و ریشه مرکل است و اطلاعات دیگر است. نسخه بلاک نشان‌دهنده نسخه بلاکچین و پروتکل مربوط به آن است. با استفاده از هش بلاک قبلی، تمامی بلاک‌ها همچون زنجیر به هم متصل می‌شوند. در انتها زمان ساخت بلاک در برجسب زمانی ثبت می‌شود (Liu et al. 2020). در هر بلاک، تمام تراکنش‌ها با استفاده از الگوریتم هش به صورت جداگانه هش می‌شوند. این مقادیر هش سپس به صورت جفتی ترکیب شده و دوباره تا زمانی که یک مقدار هش منفرد به دست آید، هش می‌شود. این مقدار به عنوان مقدار هش ریشه درخت مرکل شناخته می‌شود. با استفاده از مقدار هش ریشه درخت مرکل، تمام تراکنش‌های ثبت شده در بلاک به راحتی و به سرعت قابل بررسی است. داده‌های اصلی هر بلاک نیز شامل تمامی تراکنش‌های موجود در آن

^۱ Metadata

است. داده‌های موجود در این لایه توسط تابع هش و الگوریتم رمزنگاری نامتقارن رمزنگاری می‌شوند (Villegas-Ch, Palacios-Pacheco, and Román-Cañizares 2020).

لایه شبکه: این لایه شامل ساختار ارتباطی، شبکه همتابه‌همتا و مکانیسم تصدیق است. دستگاه‌های اینترنت اشیا از مکانیسم‌های ارتباطی مختلفی برای انتقال اطلاعات استفاده می‌کنند. زیرساخت ارتباطی اساس انتقال بلاک داده و ارتباط اعضا در شبکه همتابه‌همتا است. در شبکه همتابه‌همتا گره‌ها توسط ارتباطات باسیم و بی‌سیم متصل می‌شوند و امکان انتشار بلاک بین گره‌های سازنده بلاکچین فراهم می‌شود. هر گره وظیفه بررسی صحت گره دریافتی و انتشار آن به گره‌های همسایه را بر عهده دارد. یک گره به سادگی یک بلاک تراکنش را به سایر اعضای شبکه بلاکچین ارسال می‌کند و تصدیق آن را انجام می‌دهد. هر گره در شبکه همتابه‌همتا توسط چک کردن درستی شماره بلاک، اعتبار تراکنش‌های بلاک، اعتبار بلاک قبلی و هش بلاک، درستی بلاک تولید شده را بررسی می‌کند و در صورت تصدیق شدن به بلاکچین اضافه می‌شود (Ismail, Materwala, and Zeadally 2019).



شکل ۲. لایه‌های منطقی مدل پیشنهادی

لایه اجماع: اجماع پایه و اساس بلاکچین است و مکانیسمی برای اعتماد به داده‌های مورد استفاده است. این لایه مسئول ایجاد یک توافق توزیع شده برای درستی و صحت یک بلاک داده است. اجماع از طریق الگوریتم‌های مختلف اثبات کار، اثبات سهام، تحمل خطای بیزانس و غیره می‌تواند حاصل شود. هر بلاکچین باید مکانیسم اجماعی داشته باشد که طبق آن به گره‌هایی که در اجرای الگوریتم اجماع مشارکت کردند پاداش دهد. بدون پاداش گره‌ها انگیزه‌ی لازم برای تأیید بلاک‌هایی که متعلق به آن‌ها نیست را ندارند (Dwivedi et al. 2019). در مدل پیشنهادی برای فرآیند تأیید اعتبار پاداشی تعلق نمی‌گیرد چراکه تمامی این فرآیندها بخشی از فرآیند کاری یک شرکت است و تمامی این دستگاه‌ها نیز از اعضا داخلی شرکت هستند (Villegas-Ch, Palacios-Pacheco, and Román-Cañizares 2020).

۳. تراکنش به همراه امضای دیجیتالش برای تصدیق در شبکه همتابه‌همتا منتشر می‌شود. هر یک از اعضا شبکه همتابه‌همتا با استفاده از کلید عمومی دستگاه تراکنش رمزنگاری شده را رمزگشایی می‌کند و سپس آن را با هاش تراکنش دریافتی مقایسه می‌کند. توسط این کار از یکپارچگی تراکنش و اعتبار دستگاه تولیدکننده اطمینان حاصل می‌شود.
۴. تراکنش توسط اعضای شبکه همتابه‌همتا تصدیق می‌شود و به منظور انجام شدن در لیست انتظار قرار می‌گیرد.
۵. در صورتی که تراکنش توسط اعضای شبکه همتابه‌همتا تأیید نشود، فرآیند خاتمه می‌یابد و به اطلاع دستگاه درخواست‌کننده خواهد رسید.
۶. زمانی که تراکنش تأیید شده‌ای موجود باشد، اعلانی برای تنظیم اندازه و زمان ساخت بلاک ارسال می‌شود.
۷. برای تنظیم اندازه و زمان ساخت بلاک، درخواست تنظیم همراه حالات کنونی سیستم شامل متوسط اندازه تراکنش، توان محاسباتی دستگاه‌های اینترنت اشیاء عضو شبکه بلاکچین و نرخ انتقال بین دو دستگاه اینترنت اشیاء برای عامل توصیه‌گر ارسال می‌شود (Liu et al. 2019). حالات ارسال شده ورودی بخش سیاست‌گذاری به منظور افزایش گذردهی هستند.
۸. عامل توصیه‌گر توسط یادگیری کیو که با شبکه عصبی بازگشتی تجهیز شده است، اندازه و زمان ساخت بلاک را در جهت افزایش گذردهی تنظیم می‌کند.
۹. پس از تنظیم شدن اندازه و زمان ساخت بلاک، اطلاعات آمادگی شروع استخراج برای استخراج‌کننده‌ها ارسال می‌شود.
۱۰. استخراج‌کننده‌ها برای تصمیم‌گیری در مورد نحوه انجام عملیات استخراج (توسط خود دستگاه یا واگذاری به لایه محاسبات لبه‌موبایل) درخواستی را برای عامل توصیه‌گر ارسال می‌کند. این درخواست همراه حالت کنونی سیستم شامل تراکنش‌های موجود در سیستم، قدرت کانال بی‌سیم بین دستگاه استخراج‌کننده و سرور محاسبات لبه‌موبایل و میزان انرژی محاسباتی دستگاه است (Nguyen et al. 2020). این حالات ورودی بخش سیاست‌گذاری نحوه انجام وظایف با هدف کمینه ساختن تأخیر و انرژی مصرفی است.
۱۱. عامل توصیه‌گر توسط یادگیری کیو که با شبکه عصبی بازگشتی تجهیز شده است، شیوه مناسب انجام فرآیند استخراج برای استخراج‌کننده با هدف کمینه ساختن تأخیر و انرژی را انتخاب می‌کند.
۱۲. پس از تنظیم سیاست‌ها، تراکنش در بلاک قرار می‌گیرد و محتویات بلاک توسط تابع هاش، الگوریتم رمزنگاری و درخت مرکل رمز می‌شود.

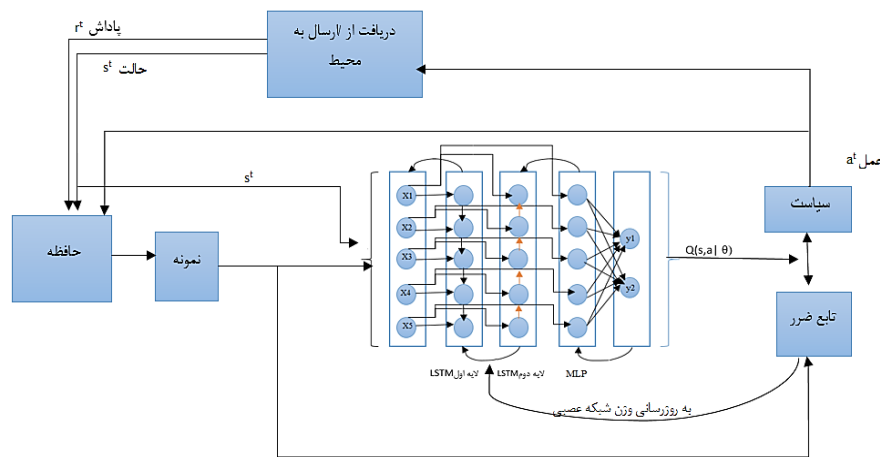
۱۳. دستگاه‌های اینترنت اشیاء به رقابت می‌پردازند و طی فرآیند اجماع سازنده بلاک مشخص می‌شود.
۱۴. بلاک ساخته شده برای تصدیق در شبکه همتابه‌همتا منتشر می‌شوند.
۱۵. در صورت تائید بلاک، بلاک به زنجیره اضافه می‌شود و تراکنش انجام می‌شود.
۱۶. در صورت عدم تائید بلاک، فرآیند خاتمه می‌یابد.
۱۷. در پایان هر دور و انجام تراکنش، گزارشی از سوی سیستم بلاکچین و هر استخراج کننده برای عامل توصیه گر ارسال می‌شود. گزارش به صورت دنباله (حالت، عمل، پاداش، حالت بعدی) است که نشان می‌دهد در حالت s^t و با عمل a^t میزان پاداش یا ضرر دریافتی چقدر است و حالت بعدی که با انجام عمل به آن خواهیم رفت را نشان می‌دهد. پاداش یا ضرر دریافتی در قسمت تنظیمات بلاکچین نشان دهنده میزان گذردهی کسب شده با اندازه و زمان ساخت بلاک تنظیم شده است. پاداش در هر استخراج کننده منفی مجموع تأخیر و انرژی مصرفی است و با بزرگ تر شدن میزان انرژی و تأخیر، میزان پاداش نیز کاهش می‌یابد. گزارش ارسال شده در حافظه قسمت‌های مربوطه در بخش سیاست گذاری ذخیره می‌شود و برای آموزش شبکه عصبی بازگشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۱۸. فرآیند خاتمه می‌یابد.

۳-۴. نحوه کار عامل توصیه گر

سیستم توصیه گر در این مدل، در حقیقت یک عامل توصیه گر است که از یادگیری تقویتی عمیق استفاده می‌کند. در بخش یادگیری تقویتی عمیق از یادگیری کیو که توسط یک شبکه عصبی بازگشتی تجهیز شده است، استفاده می‌کنیم. شبکه عصبی بازگشتی علاوه بر حل مشکل یادگیری کیو در مسائل با ابعاد بالا، امکان حفظ وابستگی‌های بلندمدت در آن را نیز داراست (Chen, Ying, and Laird 2016). شبکه عصبی بازگشتی برخلاف شبکه عصبی شامل یک حلقه بازگشتی است که موجب می‌شود اطلاعاتی که از قبل به دست آمده‌اند در شبکه بمانند و از بین نروند (Sherstinsky 2020). بنابراین قادر است که اطلاعات گذشته را حفظ کند و از آن‌ها برای پیش‌بینی بهتر مقادیر کیو استفاده کند (Chen, Ying, and Laird 2016).

مطابق شکل ۴؛ روند عامل توصیه گر مبتنی بر یادگیری تقویتی عمیق در مدل ارائه شده به این صورت است که در ابتدا حالت از محیط دریافت می‌شود و توسط شبکه عصبی بازگشتی عملی که میزان ارزش تابع کیو را به حداکثر برساند، انتخاب می‌گردد (در صورت عدم وجود عمل متناسب با حالت به صورت رندم عملی انجام می‌شود). عمل در محیط انجام می‌شود و پاداش دریافت

می‌شود. دنباله (حالت، عمل، پاداش، حالت بعدی) در حافظه ذخیره می‌شود. به صورت رندم از دسته کوچکی از تراکنش‌های موجود در حافظه برای آموزش شبکه عصبی بازگشتی نمونه‌برداری می‌شود. شبکه عصبی بازگشتی توسط به‌روزرسانی مکرر وزن شبکه برای به حداقل رساندن تابع ضرر، آموزش داده می‌شود.



شکل ۴. عامل توصیه‌گر مبتنی بر یادگیری تقویتی عمیق

در بخش استفاده از یادگیری تقویتی در پیدا کردن سیاست بهینه در نحوه انجام وظایف استخراج تراکنش‌های موجود برای پردازش، میزان انرژی محاسباتی دستگاه استخراج‌کننده‌ها و قدرت کانال بی‌سیم بین دستگاه استخراج‌کننده و لبه محاسباتی موبایل دریافت می‌شود. سیاست‌ها باید به گونه‌ای تنظیم شوند که عملی در هر مرحله انتخاب شود که میزان انرژی و زمان مصرفی انجام وظیفه استخراج حداقل شود. زمان مصرفی و واگذاری وظایف به لایه محاسباتی لبه موبایل شامل تأخیر بارگذاری یک وظیفه به لبه محاسباتی موبایل، تأخیر صف که بیانگر میزان زمانی است که وظیفه باید برای پردازش در انتظار بماند و تأخیر پردازش یک وظیفه توسط لبه محاسباتی موبایل است. انرژی مصرفی برای واگذاری وظایف به لبه محاسباتی موبایل شامل انرژی صرف شده برای بارگذاری وظایف به لبه محاسباتی موبایل، انرژی لازم برای پردازش وظیفه و انرژی لازم برای اجرای لبه محاسباتی موبایل است. در صورتی که دستگاهی بخواهد خودش وظایفش را به صورت محلی انجام دهد، میزان زمان و انرژی مصرفی شامل میزان زمانی که برای پردازش هر بیت داده صرف می‌شود و میزان انرژی صرف شده برای پردازش هر بیت داده است (Nguyen et al. 2020). در بخش استفاده از یادگیری تقویتی عمیق برای افزایش گذردهی در ابتدا حالت کنونی محیط

شامل ساینز تراکنش، توان محاسباتی دستگاه‌های اینترنت اشیا موجود در شبکه بلاکچین، نرخ انتقال بین دستگاه‌های مختلف اینترنت اشیا دریافت می‌شود. سیاست‌ها باید به گونه‌ای تنظیم شوند که گذردهی افزایش پیدا کند. برای افزایش گذردهی می‌توان ساینز بلاک را افزایش و زمان ساخت بلاک را کاهش داد. به صورت کلی زمانی که برای پردازش داده‌ها و اضافه شدن یک بلاک جدید به زنجیره صرف می‌شود شامل زمان تولید بلاک جدید، زمان منتشر شدن بلاک و زمان تصدیق آن است. با افزایش ساینز بلاک به دلیل افزایش تراکنش‌های هر بلاک، انتقال بلاک زمان بیشتری مصرف می‌کند و تأخیر کل افزایش پیدا می‌کند (Nguyen et al. 2020). به این منظور برای دستیابی به تأخیر مطلوب در شبکه اینترنت اشیا، ما فرض می‌کنیم بلاک‌ها باید در فواصل معینی صادر و تصدیق شوند و فاصله زمانی تأیید نهایی یک بلاک و اضافه شدن به زنجیره بلاکچین باید از فاصله زمانی تولید بلاک کمتر باشد به بیانی دیگر بلاکی که زودتر تولید شده باید قبل از تولید بلاک دیگر، عملیات پردازشش به پایان برسد. در صورتی که این شرط محقق نشود پاداش صفر تعلق می‌گیرد (Liu et al. 2019). از آنجایی که الگوریتم برای افزایش گذردهی درصدد کاهش زمان ساخت بلاک است، لذا این شرط باعث می‌شود که اندازه بلاک طوری تعیین شود که میزان تأخیر انتقال افزایش نیابد و در نتیجه تأخیر ساخت افزایش نیابد.

۵. ارزیابی

برای ارزیابی نقاط قوت و ضعف مدل پیشنهادی از روش طراحی اصل محور (اصل واحد) استفاده می‌کنیم. این روش برای ارزیابی طراحی سیستم‌های پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که ادغام دو سیستم بلاکچین با اینترنت اشیا یک سیستم پیچیده ایجاد خواهد کرد (Viriyasitavat et al. 2019)، از این روش برای ارزیابی مدل استفاده خواهد شد. روش اصل واحد شامل یک اثر متقابل بین آنچه می‌خواهیم به دست آوریم و شیوه دستیابی به آن است. در این مدل آنچه می‌خواهیم به دست آوریم؛ الزامات عملکردی (FR) نامیده می‌شوند که براساس نیازهای مشتری تعیین می‌شوند. شیوه دستیابی به الزامات عملکردی توسط پارامترهای طراحی (DP) مشخص می‌شود. رابطه بین الزامات عملکردی و پارامترهای طراحی به صورت یک ماتریس طراحی [A] نمایش داده می‌شود. عبارت (۱) یک ماتریس طراحی را نشان می‌دهد که در آن FR به لازمه‌های عملکردی و DP به راه‌حل ارائه شده، اشاره دارد.

$$\begin{pmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

روش اصل واحد، به عنوان یک رویکرد سیستماتیک برای توسعه برنامه‌های اینترنت اشیا به

دلایل فقدان مدل ارزیابی جامع که بتواند تمامی پارامترهای طراحی را در نظر بگیرد و همچنین معیارهایی که بتواند پارامترهای طراحی مختلف برای حل یک لازمه عملکردی مقایسه کند، آماده استفاده نیست (Viriyasitavat et al. 2019). به همین دلیل در این پژوهش ما از روش اصل واحد تنها برای نگاشت لازمه‌های عملکردی بلاکچین در اینترنت اشیا و پارامترها طراحی ارائه شده توسط مدل پیشنهادی برای بهبود این چالش‌ها و بدون ارزیابی کارایی استفاده می‌کنیم.

در این پژوهش ما چالش‌های ادغام بلاکچین و اینترنت اشیا را به عنوان لازمه‌های عملکردی (که درصد رفع آن‌ها هستیم) و راه حل‌های مدل پیشنهادی را به عنوان پارامترهای طراحی در نظر می‌گیریم. چالش‌های ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول چالش‌هایی هستند که ناشی از ترکیب فناوری بلاکچین با اینترنت اشیا هستند (F1) و دسته دوم چالش‌هایی هستند که به صورت ذاتی در بلاکچین وجود دارند و با ادغام در اینترنت اشیا به آن سرایت می‌کنند (F2). چالش‌های تأخیر، گذردهی، نیاز به توان و حافظه بالا در زمان ادغام بلاکچین و اینترنت اشیا خود را نشان می‌دهند (Dorri et al. 2019) و درحالی‌که چالش‌های امنیتی (مانند حملات ۵۱٪)، حفظ همزمان حریم شخصی و شفافیت و مقیاس‌پذیری چالش‌های موجود در بلاکچین است (Liu et al. 2020). براین اساس، جدول ۲ لازمه‌های عملکردی و جدول ۳ پارامترهای طراحی را نشان می‌دهد.

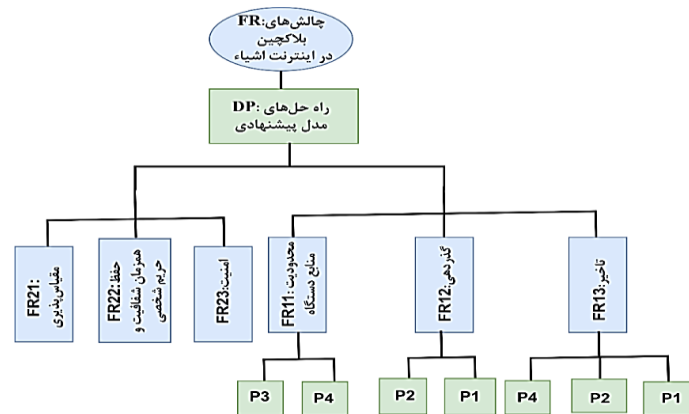
جدول ۲. لازمه‌های عملکردی ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین

نماد	لازمه‌های عملکردی
F11	محدودیت منابع در اینترنت اشیا
F12	گذردهی
F13	تأخیر
F21	مقیاس‌پذیری
F22	حفظ همزمان شفافیت و حریم شخصی
F23	امنیت

جدول ۳. پارامترهای طراحی

نماد	راه‌حل‌های ارائه‌شده
P1	تنظیم اندازه بلاک توسط عامل توصیه‌گر
P2	تنظیم زمان ساخت بلاک توسط عامل توصیه‌گر
P3	استفاده از لبه محاسباتی برای انجام وظایف محاسباتی و ذخیره‌سازی
P4	تنظیم رویکرد بهینه استخراج توسط عامل توصیه‌گر

نگاشت الزامات عملکردی و پارامترهای طراحی مطابق مدل پیشنهادی مطابق شکل ۵ است.



شکل ۵. نگاشت الزامات عملکردی و پارامترهای طراحی

عامل توصیه‌گر با تنظیم اندازه بلاک (P1) باعث بهبود گذردهی (FR12) می‌شود و همچنین با استفاده از ایجاد تعادل بین اندازه بلاک و تأخیر می‌تواند باعث بهبود تأخیر (FR13) شود. انتخاب مناسب زمان ساخت بلاک توسط عامل توصیه‌گر (P2)، باعث بهبود گذردهی (FR12) و همچنین به دلیل کاهش زمان ساخت بلاک باعث بهبود تأخیر (FR13) می‌شود. از سوی دیگر استفاده از لبه محاسباتی برای انجام وظایف پردازشی و ذخیره‌سازی (P3) این امکان را فراهم می‌سازد تا آن دسته از دستگاه‌هایی که توان و حافظه کافی ندارند، وظایف خود را به آن واگذار کنند و مشکلی از این بابت برای مدیریت بلاکچین نداشته باشند (FR11). عامل توصیه‌گر با اتخاذ بهترین رویکرد استخراج برای دستگاه‌ها (P4) این امکان را فراهم می‌سازد تا دستگاه‌ها در صورت نداشتن توان کافی وظایف خود را واگذار کنند (FR11). همچنین انتخاب بهترین رویکرد استخراج باعث کمینه شدن تأخیر (FR13) و انرژی در این فرآیند خواهد شد. به این ترتیب ماتریس طراحی حاصل از عبارت

(۱) به صورت عبارت (۲) خواهد بود.

$$\begin{matrix} & F11 & F12 & F13 & F21 & F22 & F23 \\ \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & & & & & \end{matrix} \quad (2)$$

همانطور که ماتریس فوق نشان می‌دهد مدل پیشنهادی در زمینه بهبود چالش‌هایی که در سطح ادغام بلاکچین و اینترنت اشیا ایجاد شده‌اند از نظر منطقی موفق عمل می‌کند اما در زمینه چالش‌هایی که مربوط به ساختار بلاکچین هستند، مورد توجه قرار نگرفته‌اند. در پژوهش‌های آتی مدل را برای بهبود این چالش‌ها نیز توسعه می‌دهیم.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

بلاکچین به دلیل خصوصیات ذاتی از قبیل رمزنگاری، شفافیت، تغییرناپذیری و عدم تمرکز راه‌حلی کلیدی برای بهبود آسیب‌پذیری‌های امنیتی اینترنت اشیا است. با این وجود ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین دارای چالش‌هایی از قبیل تأخیر، مقیاس‌پذیری، گذردهی و محدودیت توان و حافظه دستگاه‌های اینترنت اشیا است. یادگیری تقویتی عمیق به عنوان یکی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی راه‌حل مناسبی برای حل مشکلات ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین است. در این پژوهش ضمن بررسی آثار موجود در زمینه‌ی استفاده از هوش مصنوعی در بهبود چالش‌های بلاکچین، مدل نوینی با استفاده از یادگیری تقویتی عمیق برای افزایش گذردهی با قابلیت استفاده در دستگاه‌های اینترنت اشیا با توان محدود پیشنهاد شد. در این مدل با استفاده از یک عامل توصیه‌گر در هر مرحله به صورت پویا، اندازه و زمان ساخت بلاک به منظور افزایش گذردهی و همچنین تصمیم‌گیری رویکرد بهینه انجام وظایف استخراج برای استخراج‌کننده تعیین می‌شود. معماری منطقی و فرآیند کار بخش‌های مختلف مدل ذکر شده به تفصیل بررسی شده‌است و در نهایت جدول ۴ مدل ارائه‌شده را از نظر بهبود چالش‌های ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین با چندین مدل معروف مقایسه می‌کند. در نهایت مدل پیشنهادی برای حل چالش‌های ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین توسط تئوری اصل واحد مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. طبق این ارزیابی راه‌حل‌های ارائه‌شده توسط این مدل در بهبود چالش تأخیر، گذردهی و بهبود کارایی اینترنت اشیا با توان محدود تأثیر مثبت دارد ولی در زمینه‌ی بهبود مقیاس‌پذیری، حریم شخصی و امنیت نیاز به توسعه دارد. توسعه و بهبود چالش‌هایی که در مدل پیشنهادی پوشش نشده‌اند و همچنین پیاده‌سازی مدل پیشنهادی گزینه‌های مناسبی برای تحقیقات آتی هستند.

جدول ۴. مقایسه روش‌های پیشنهادی برای بهبود چالش‌های ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین

مرجع (نویسنده، سال)	ویژگی‌های مدل	چالش‌های بهبودیافته	رویکرد روش مورد استفاده		اینترنت اشیا مورد توجه در مدل
			ایستا	پویا	
Dorri et al. 2019	بهینه‌سازی ترکیبی با ایجاد یک الگوریتم اجماع مبتنی بر زمان، اعتماد و اطمینان توزیع شده، استراتژی مدیریت گذردهی توزیع شده و جداسازی ترافیک تراکنش از جریان داده‌ها	گذردهی، تأخیر، مقیاس پذیری	✓		✓
Biswas et al. 2018	استفاده از شبکه محلی همتا به همتا. در واقع با ایجاد یک دفترکل محلی مقیاس پذیر تراکنش‌های ورودی به داخل دفترکل عمومی را محدود می‌کند.	مقیاس پذیری، گذردهی	✓		✓
Mohanty et al. 2020	بهینه‌سازی ترکیبی توسط الگوریتم اجماع سبک، رمزنگاری بدون گواهی و مدیریت گذردهی توزیع شده	گذردهی، تأخیر، مقیاس پذیری	✓		✓
Liu et al. 2019	افزایش مقیاس پذیری در بلاکچین با استفاده ایجاد تعادل بین تأخیر، امنیت و توزیع شدگی	مقیاس پذیری، تأخیر، امنیت		✓	✓
Nguyen et al. 2020	ارائه مدلی بهینه و با حفظ حریم شخصی برای واگذاری وظایف استخراج و دیگر وظایف محاسباتی دستگاه‌های موبایل به لبه محاسباتی با استفاده از یادگیری تقویتی عمیق	کارایی اینترنت اشیا با منابع محدود، تأخیر، حریم شخصی		✓	✓
مدل پیشنهادی	استفاده از یک عامل توصیه گر مجهز به یادگیری تقویتی عمیق برای اتخاذ بهترین اندازه و زمان ساخت بلاک و همچنین انتخاب رویکرد بهینه برای انجام فرآیند استخراج با توجه به انرژی محاسباتی هر دستگاه و موردنیاز	کارایی اینترنت اشیا با منابع محدود، تأخیر، گذردهی		✓	✓

مطابق جدول ۴، مدل پیشنهادی علاوه بر مزیت پویایی در هر دو مدل اینترنت اشیا با محدودیت و بدون محدودیت منابع قابل استفاده است. پویایی مدل بر این موضوع دلالت دارد که عامل توصیه‌گر با بازخوردی که از محیط می‌گیرد خودش را با آن سازگار می‌سازد و عمل مناسب را شامل اندازه و زمان ساخت بلاک و همچنین نحوه استخراج را اتخاذ می‌کند. در روش‌های ایستا شرایط محیطی و ویژگی دستگاه‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شوند و از یک سیاست واحد برای بهبود ادغام اینترنت اشیا و بلاکچین استفاده می‌شود. درحالی‌که در صورتی که نوع دستگاه‌ها تغییر کنند کارایی مدل افت می‌کند. به عنوان مثال، اگر یک روش ایستا با دستگاه‌هایی که تعداد تراکنش بالا ولی اندازه کم طراحی شده باشد؛ اندازه و زمان ساخت بلاک را مطابق آن تنظیم می‌کند و تعدادی تراکنش را در هر بلاک قرار می‌دهد تا گذردهی افزایش یابد. سپس در صورتی که دستگاه با دستگاه دیگری که در آن نرخ تراکنش کم ولی اندازه هر تراکنش بالاست جایگزین شود، مدل منتظر سایر تراکنش‌ها برای ارسال بلاک می‌ماند و باعث تاخیر و همچنین کاهش گذردهی می‌شود. در مدل پیشنهادی عامل توصیه‌گر اندازه و زمان ساخت بلاک را در هر تکرار به صورتی به روز رسانی می‌کند که گذردهی افزایش یابد. از سوی دیگر، دستگاه‌هایی که حافظه و توان پردازشی محدودی دارند نمی‌توانند خودشان در مدیریت بلاکچین به صورت مستقیم شرکت کنند لذا می‌توانند از دو روش جایگزین واگذاری وظایف به لایه ابر و یا ارسال تراکنش‌ها برای نمایندگانی که محدودیت منابع ندارند، استفاده کنند. در صورتی که دستگاه‌های بدون محدودیت منابع ترجیح می‌دهند خودشان وظایفشان را انجام دهند تا از مشکلاتی مانند تاخیر و همچنین نفوذ اطلاعات در انتقال تراکنش جلوگیری کنند. در روش‌های ایستا غالباً یکی از این دو مدل دستگاه‌ها مورد نظر قرار می‌گیرد و در صورت تغییر دستگاه به مدل دیگر کارایی مدل کاهش می‌یابد. در مدل پیشنهادی از لایه لبه محاسباتی پشتیبانی می‌شود. عامل توصیه‌گر با دریافت انرژی محاسباتی مورد نیاز برای هر وظیفه و همچنین انرژی دستگاه نحوه بهینه فعالیت استخراج را مشخص می‌کند. در واقع این امکان را فراهم می‌سازد که دستگاه‌هایی که توان پایین تری از مقدار مورد نیاز دارند وظایفشان را به لایه لبه محاسباتی واگذار کنند و دستگاه‌هایی که توان کافی دارند خودشان به صورت محلی وظایفشان را انجام دهند.

در محیط‌های واقعی و خارج از شرایط آزمایشگاهی نیز دستگاه‌هایی با ویژگی‌های متفاوتی همچون نرخ تراکنش، اندازه تراکنش، حافظه، توان محاسباتی و غیره استفاده می‌شوند. بنابراین روش‌های ایستا که فقط نوع خاصی از این دستگاه‌ها را دربر می‌گیرند در شرایط واقعی کارایی مطلوبی نخواهند داشت. از سوی دیگر پیدا کردن مقادیر بهینه برای پارامترهایی مانند اندازه و زمان ساخت بلاک و همچنین نحوه انجام وظایف استخراج به صورت آزمون و خطا بسیار زمان‌بر و مشکل

است و همچنین لزوماً بهینه‌ترین مقدار را ارائه نمی‌کند. مدل پیشنهادی در این پژوهش، می‌تواند به صورت خودکار و بدون دخالت نیروی انسانی بهینه‌ترین عمل را متناسب شرایط دستگاه اتخاذ کند. مدل پیشنهادی می‌تواند در حوزه‌های کاربردی متنوعی که شامل دستگاه‌های مختلف است، تسهیلات ایجاد کند. زنجیره تأمین نمونه مناسبی که می‌تواند از مزایای مدل پیشنهادی بهره‌مند شود. یک شبکه زنجیره تأمین جهانی شامل بسیاری از ذینفعان مانند کارگزاران، ارائه دهنده‌گان مواد اولیه و غیره است که دید از ابتدا تا انتها را پیچیده می‌کند. با توجه به مشارکت چندین ذینفع، تأخیرهای تحویل به بزرگترین چالش تبدیل می‌شوند. بنابراین، شرکت‌ها در حال کار روی ساخت وسایل نقلیه با قابلیت استفاده از اینترنت اشیاء برای ردیابی حرکت در طی فرایند حمل و نقل هستند. به دلیل عدم شفافیت و عوارض موجود در زنجیره تأمین فعلی و لجستیک، ترکیب بلاکچین و اینترنت اشیاء می‌تواند به افزایش قابلیت اطمینان و قابلیت ردیابی شبکه کمک کند. سنسورهای اینترنت اشیاء مانند سنسورهای حرکتی، سنسورهای دما، اطلاعات مربوط به وسایل نقلیه یا دستگاه‌های متصل، جزئیات واضحی را درباره وضعیت حمل و نقل ارائه می‌دهند. اطلاعات سنسور سپس در بلاکچین ذخیره می‌شود. پس از ذخیره داده‌ها در بلاکچین، ذینفعان ذکر شده در قراردادهای هوشمند به زمان واقعی به اطلاعات دسترسی پیدا می‌کنند و براین اساس اقدامات الزم را انجام دهند. نوع دستگاه‌های مورد استفاده در زنجیره تأمین متفاوت هستند. به عنوان مثال دستگاه‌های اینترنت اشیاء موجود در کارخانه‌ها از نظر توان پردازشی و حافظه بسیار قوی‌تر از سنسورهای رهگیری محصولات هستند و همچنین به دلیل تعامل بالا در محیط عملیاتی تعداد تراکنش‌های بیشتری نیز تولید می‌کنند. در صورتی که از روش ایستا برای بهبود ادغام اینترنت اشیاء و بلاکچین در زنجیره تأمین استفاده شود، باید یکی از انواع دستگاه‌ها را مبنای قرارداد اما با رویکرد پویا می‌توان پاسخگوی انواع دستگاه‌های اینترنت اشیاء در سطوح مختلف زنجیره تأمین بود. استفاده از رویکرد پویا در زنجیره تأمین باعث افزایش گذردهی و همچنین کارایی دستگاه‌های می‌شود. با استفاده از این روش سرعت فعالیت‌های مختلف در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد و همچنین سرعت فرآیند تولید محصول تا رسیدن به مشتری افزایش می‌یابد. در نتیجه افزایش سرعت فعالیت‌ها در زنجیره باعث افزایش سود کلی می‌شود (Manupati et al. 2020).

فهرست منابع

- زرگر، سیدمحمد. ۱۳۹۸. ارزیابی موانع بکارگیری اینترنت اشیا در کتابخانه‌های ایران بر اساس یک رویکرد ترکیبی. *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۳۴ (۳): ۱۳۷۱-۱۳۹۸.
- Alkadi, O., Moustafa, N., Turnbull, B. and Choo, K.K.R. 2020. A deep blockchain framework-enabled collaborative intrusion detection for protecting IoT and cloud networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(12): 9463-9472.
- Biswas, S., Sharif, K., Li, F., Nour, B. and Wang, Y. 2018. A scalable blockchain framework for secure transactions in IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(3): 4650-4659.
- Chen, C., Ying, V. and Laird, D. 2016. Deep q-learning with recurrent neural networks. *Stanford Cs229 Course Report*, 4: 3.
- Dinh, T.N. and Thai, M.T. 2018. Ai and blockchain: A disruptive integration. *Computer*, 51(9): 48-53.
- Dorri, A., Kanhere, S.S., Jurdak, R. and Gauravaram, P. 2019. LSB: A Lightweight Scalable Blockchain for IoT security and anonymity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 134: 180-197.
- Dwivedi, A.D., Srivastava, G., Dhar, S. and Singh, R. 2019. A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for IoT. *Sensors*, 19(2): 326.
- Sigaud, O. and Buffet, O. eds. 2013. *Markov decision processes in artificial intelligence*. John Wiley & Sons.
- Herrera-Joancomartí, J. and Pérez-Solà, C. 2016. Privacy in bitcoin transactions: new challenges from blockchain scalability solutions. *International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence*: 26-44.
- Ismail, L., Materwala, H. and Zeadally, S. 2019. Lightweight blockchain for healthcare. *IEEE Access*, 7: 149935-149951.
- Jameel, F., Javaid, U., Khan, W.U., Aman, M.N., Pervaiz, H. and Jäntti, R. 2020. Reinforcement learning in blockchain-enabled IIoT networks: A survey of recent advances and open challenges. *Sustainability*, 12(12): 5161.
- Khalid, U., Asim, M., Baker, T., Hung, P.C., Tariq, M.A. and Rafferty, L. 2020. A decentralized lightweight blockchain-based authentication mechanism for IoT systems. *Cluster Computing*, 1-21.
- Kshetri, N., 2019. Complementary and Synergistic Properties of Blockchain and Artificial Intelligence. *IT Professional*, 21(6): 60-65.
- Kumar, N.M. and Mallick, P.K. 2018. Blockchain technology for security issues and challenges in IoT. *Procedia Computer Science*, 132: 1815-1823.
- Liu, M., Yu, F.R., Teng, Y., Leung, V.C. and Song, M. 2019. Performance optimization for blockchain-enabled industrial Internet of Things (IIoT) systems: A deep reinforcement learning approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6): 3559-3570.
- Liu, Y., Yu, F.R., Li, X., Ji, H. and Leung, V.C. 2020. Blockchain and machine learning for communications and networking systems. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2): 1392-1431.
- Manupati, V.K., Schoenherr, T., Ramkumar, M., Wagner, S.M., Pabba, S.K. and Inder Raj Singh, R., 2020. A blockchain-based approach for a multi-echelon sustainable supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(7): 2222-2241.
- Mohanty, S.N., Ramya, K.C., Rani, S.S., Gupta, D., Shankar, K., Lakshmanaprabu, S.K. and Khanna, A. 2020. An efficient Lightweight integrated Blockchain (ELIB) model for IoT security and privacy. *Future Generation Computer Systems*, 102: 1027-1037.
- Moin, S., Karim, A., Safdar, Z., Safdar, K., Ahmed, E. and Imran, M. 2019. Securing IoTs in distributed blockchain: Analysis, requirements and open issues. *Future Generation Computer Systems*, 100: 325-343.
- Nguyen, D.C., Pathirana, P.N., Ding, M. and Seneviratne, A. 2020. Privacy-preserved task offloading in

- mobile blockchain with deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 17(4): 2536-2549.
- Rathore, S., Kwon, B.W. and Park, J.H. 2019. BlockSecIoTNet: Blockchain-based decentralized security architecture for IoT network. *Journal of Network and Computer Applications*, 143: 167-177.
- Sherstinsky, A., 2020. Fundamentals of recurrent neural network (RNN) and long short-term memory (LSTM) network. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 404: 132306.
- Singh, S.K., Rathore, S. and Park, J.H. 2020. Blockiotintelligence: A blockchain-enabled intelligent IoT architecture with artificial intelligence. *Future Generation Computer Systems*, 110: 721-743.
- Tanwar, S., Bhatia, Q., Patel, P., Kumari, A., Singh, P.K. and Hong, W.C. 2019. Machine learning adoption in blockchain-based smart applications: The challenges, and a way forward. *IEEE Access*, 8: 474-488.
- Villegas-Ch, W., Palacios-Pacheco, X. and Román-Cañizares, M. 2020. Integration of IoT and Blockchain to in the Processes of a University Campus. *Sustainability*, 12(12): 4970.
- Viriyasitavat, W., Da Xu, L., Bi, Z. and Hoonsopon, D. 2019. Blockchain technology for applications in internet of things—mapping from system design perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5): 8155-8168.
- Xiong, Z., Zhang, Y., Luong, N.C., Niyato, D., Wang, P. and Guizani, N. 2020. The best of both worlds: A general architecture for data management in blockchain-enabled Internet-of-Things. *IEEE Network*, 34(1): 166-173.
- Yu, Y., Li, Y., Tian, J. and Liu, J., 2018. Blockchain-based solutions to security and privacy issues in the internet of things. *IEEE Wireless Communications*, 25(6): 12-18.

Provision of a recommender model for performance improvements for blockchain in the Internet of Things with a deep reinforcement learning approach

Elnaz Rabieinejad,

Master Student, K.N. Toosi University of Technology, Faculty of Industrial Engineering, Department of Information Technology, Tehran, Iran;

elnazrabinezhad@email.kntu.ac.ir

Shahriar Mohammadi*,

Associate Professor, K.N.Toosi University of Technology, Faculty of Industrial Engineering, Department of Information Technology, Tehran, Iran;

mohammadi@kntu.ac.ir

Mahdi Yadegari,

PhD Student, K.N. Toosi University of Technology, Faculty of Industrial Engineering, Department of Information Technology, Tehran, Iran;

myadegari@mail.kntu.ac.ir

Abstract:

With the advancement of human society and information and communication technology, the Internet of Things has penetrated into various aspects of the daily lives of people and industries. Emerging blockchain technology has become a viable solution to IoT security due to its inherent characteristics such as distribution, security, immutability, and traceability. However, the integration of IoT and blockchain has challenges such as latency, throughput, scalability, and device power limitation. Recent research has focused on the role of artificial intelligence methods in improving IoT performance in blockchain. According to the studies, there are few effects on improving the performance of IoT devices with limited power, so in this study, a conceptual model for improving blockchain performance in IoT devices

with limited power by deep reinforcement learning is proposed. According to studies, there is little research on improving the performance of IoT devices with limited power, so in this study, a conceptual model to improve blockchain performance in IoT devices with limited power by deep reinforcement learning is proposed. In this model, Internet devices with limited power can delegate their extraction task to the mobile edge computing layer. The presented model has six layers of perception, data, network, consensus, mobile edge computing and application, which are explained in detail. In this model, to improve the throughput and select the mining method, a recommender located in the mobile edge computation layer is used. recommender systems are adjusted by adjusting the size and time of building blocks to improve the throughput and also tries to minimize the delay and energy consumption of the mining operation by selecting suitable method. To achieve good performance in reinforcement learning, the use of Q learning and long- short term memory is suggested. the use of deep reinforcement learning is to set the block size by considering the transmission delay in order to increase throughput as well as mining with respect to the minimum delays and energy consumption in the proposed conceptual model can improve the performance of blockchain in the IoT.

Keywords: Blockchain, Internet of Things, Reinforcement Learning, Q Learning, Long–Short Term Memory.

بیوگرافی:

الناز ربیعی نژاد:

متولد سال ۱۳۷۴ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات در دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی است. بلاکچین، اینترنت اشیا، امنیت تجارت الکترونیک و همچنین یادگیری ماشین از علائق پژوهشی وی است.



دکتر شهریار محمدی:

دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر از دانشگاه سالفورد انگلستان است. ایشان هم‌اکنون دانشیار دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی است. امنیت در تجارت الکترونیک، رمزنگاری و رمزگشایی، پرداخت الکترونیک و ... از جمله علایق پژوهشی وی است.



مهدی یادگاری:

متولد سال ۱۳۷۰ دانشجوی دکتری رشته مهندسی فناوری اطلاعات در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است. بلاک‌چین، مباحث عدم قطعیت و شبکه‌های ادراکی فازی از جمله علایق پژوهشی وی است.

