

ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)

Цветелина Симеонова

PECULIARITIES OF REQUIREMENTS FOR INTEGRATED SERVICES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES

Tsvetelina Simeonova

Резюме: Цел на работата е да се изяснят съществените характеристики на изискванията за интегрирани услуги базирани на технологиите изкуствен интелект AI (Artificial Intelligence) и Интернет на нещата IoT (Internet of Things). Като резултати са получени описаните особености на общите изисквания при комплексни интегрирани системи в IoT/IIoT с вградени техники и методи на изкуствен интелект. Като приносен момент може да се посочи направеното обобщение на специфични изисквания за услуги на IoT базирани на AI/ML.

Ключови думи: Интернет на нещата, изкуствен интелект, изкуствен интелект на нещата, изисквания

Abstract: The aim of the work is to clarify the essential characteristics of the requirements for integrated services based on artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies. As a result, the described features of the general requirements for complex integrated systems in IoT/IIoT with built-in artificial intelligence techniques and methods were obtained. As a contribution point, the summary made of specific requirements for IoT services based on AI/ML can be pointed out.

Keywords: Internet of Things, Artificial Intelligence, Artificial Intelligence of Things, Requirements

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Понастоящем за събиране и обработка на големи данни (big data) се използват доминиращите технологии Интернет на нещата IoT (Internet of Things) и изкуствен интелект AI (Artificial Intelligence). IoT създава взаимосвързана система от машини, AI дава на машините способността да симулират човешкия интелект.

Очевидно AI и IoT могат да се допълват взаимно, така че на тяхна база да се изгради още една обещаваща технология, т.е. изкуствен интелект на нещата AIoT (Artificial Intelligence of Things). Като цяло AIoT има за цел да подобри ефективността на функционирането на IoT, да подобри способността за менажиране на данни и анализи, както и взаимодействията човек-машина. AI може да увеличи предимствата на IoT чрез добавяне на функционалност на подходящи места за информирание и вземане на решения съобразени с околната среда, за да увеличи ефективността и да подобри процесите [1].

IoT и AI са две от най-перспективните технологии и могат да работят в симбиоза, така че е изключително важно да се планира как те могат да се поддържат взаимно, за да бъдат от полза за корпоративните потребители.

Благодарение на скорошния напредък в хардуера (напр. интелигентни сензори, задействащи механизми и чипове с ниска консумация на енергия) и софтуера (напр. операционни системи, технология за виртуализация, рамки за машинно обучение),

**ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА
ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА
НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)**

ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА

конвергенцията на IoT и AI се превръща в реалност [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Примери за области водещи до интегрирането на IoT и AI са Умен дом, Умна фабрика и Умен град.

2. ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА И ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

2.1. Интернет на нещата

Интернет на нещата IoT (Internet of Things) се дефинира като динамична глобална мрежова инфраструктура със способности за самоконфигуриране, базирани на стандартни и оперативно съвместими комуникационни протоколи, където физическите и виртуалните „неща“ имат идентичности, физически атрибути и виртуални характеристики, използващи интелигентни интерфейси за непосредствено и безпроблемно интегриране в информационната мрежа [9].

IoT обикновено се състои от четири основни компонента: сензори, свързване, обработка на данни и потребителски интерфейс. Интернет на нещата е изграден от разнородни технологии, използвани основно за улавяне, събиране, съхраняване, преобразуване, обработка, извеждане, предаване на информация, както и за последващ анализ на данни и създаване на съобщения за мениджмънт.

Комплексното развитие на технологиите в IoT предопределя тяхната ускорена приложимост в различни области (домейни), например: Индустриален Интернет на нещата (IIoT), Интернет на нещата в домейни: "интелигентен град", "енергетика", "здравеопазване", "интелигентен дом", "земеделие" и др.

Интернет на нещата свързва множество разнородни обекти чрез Интернет, поради което има съществена необходимост от гъвкава слоеста архитектура.

Конвенционалната базова архитектура на IoT се разделя на три основни слоя: възприемащ слой; мрежов слой и приложен слой.

- Възприемащият слой е най-долният слой в трислойната архитектура на IoT, в него взаимодействието с физическите устройства и компоненти се извършва чрез интелигентни устройства (сензори, задействащи устройства и т.н.). Основните му цели са да свързва обектите на IoT в мрежа и да измерва, събира и обработва възприетата информация, получена от тези свързани обекти, чрез подходящо разгърнати интелигентни устройства, като предава обработената информация в горния слой посредством интерфейси между слоевете.
- Мрежовият слой е средният слой в архитектурата, в него се получава обработената информация, предоставена от възприемащия слой и се определят маршрутите за предаване на данните и информацията до IoT хъбове, устройства и приложения, чрез интегрирани мрежи. Мрежовият слой е много съществен слой в IoT архитектурата, защото в него са интегрирани както различни устройства (хъб, комутатор, шлюз, облачен компютинг и т.н.), така и различни комуникационни технологии (Bluetooth, WiFi, LTE и др.). Мрежовият слой трябва да предава данни към или от различни свързани обекти или приложения, чрез интерфейси или шлюзове между разнородни мрежи, с използване на различни комуникационни технологии и протоколи.
- Приложният слой е най-горният слой в архитектурата, в него се получават данните, предавани от мрежовия слой и се предоставят необходимите услуги или операции (съхранение, анализ).

2.2. Изкуствен интелект

Изкуственият интелект се дефинира като „способността на дадена система да интерпретира правилно външните данни, да се учи от тях и да използва тези знания за постигане на специфични цели и задачи чрез гъвкава адаптация“. AI представлява клас приложения, които интерпретират условия и вземат решения без да изискват пряка човешка намеса.

2.2.1. Форми на AI

Има четири широки форми на AI, които понастоящем се използват, вариращи от опростени и почти механични до сложни и почти човешки [10]:

- **Опростен или базиран на правила AI (Simple or rule-based AI)** е софтуер, който има правила или политики, които свързват задействащите събития с действия. Тези правила са програмирани, така че някои хора може да не разпознаят това като форма на AI. Много AI платформи обаче разчитат на тази стратегия.

- **Машинното обучение ML (Machine Learning)** е форма на AI, при която приложението не е програмирано, а се самообучава да има определено поведение, като постепенно се подобрява точността на алгоритъма. Машинното обучение предоставя на машините способността автоматично да се учат от данни и минал опит, за да идентифицират модели и да правят прогнози с минимална човешка намеса.

- **Невронни мрежи** - Невронните мрежи използват AI, за да изградят модел, който е проектиран да имитира биологичен мозък (използва взаимосвързани възли или неврони в слоевата структура) и да прави изводи, които генерират отговори на задействащи събития (triggers) въз основа на това, което моделът предполага (заклучава), че са условията. Понастоящем тази технология се прилага най-често за анализ на изображения и за комплексни анализи.

- **Генеративен AI (Generative AI)**, популяризиран от ChatGPT, функционира като изгражда база от знания чрез изследване на милиони онлайн документи и след това отговаря на заявки на обикновен език въз основа на тези знания и набор от правила, предоставени от инженери. Широчината на базата от знания и усъвършенстваните правила, които управляват заявките, могат да направят тази форма на AI да изглежда човешка и представлява най-съвременното състояние в областта.

Генеративния AI може да създава различни видове съдържание, включително текст, изображения, аудио и синтетични данни.

2.2.2. Типове изкуствен интелект

Според това как различните видове изкуствен интелект емулират и възпроизвеждат човешкото функциониране, AI може да се класифицира в четири типа: реактивен (reactive), с ограничена памет (limited memory), теория на ума (theory of mind) и самоосъзнат (self-aware) - табл. 1. [11]

Таблица 1. Типове изкуствен интелект.

Реактивен AI (Reactive AI)

Най-основният тип изкуствен интелект, който е програмиран да предоставя предвидим резултат въз основа на входа, който получава. Реактивните машини винаги реагират на идентични ситуации по абсолютно същия начин и не са в състояние да научат действия или да си представят миналото или бъдещето.
--

Особености: Reactive AI е огромна крачка напред в развитието на изкуствения интелект, но този тип AI не може да функционира извън задачите, за които първоначално е бил предназначен. Това го прави по същество ограничен и нуждаещ се от подобрения. Следващият тип AI беше разработен на тази основа.
--

Примери: Deep Blue, суперкомпютър на IBM за игра на шах. Филтри за нежелана поща, които предпазват от опити за фишинг. Механизмът за препоръки на Netflix.

**ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА
ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА
НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

AI с ограничена памет (Limited Memory AI)

AI с ограничена памет се учи от миналото и изгражда емпирични знания чрез наблюдение на действия или данни. Този тип AI използва исторически данни от наблюдения в комбинация с предварително програмирана информация, за да прави прогнози и да изпълнява сложни задачи за класификация. Това е най-широко използваният AI.

Особености: AI с ограничена памет все още е ограничен. Информацията, с която работят автономните превозни средства, е мимолетна и не се записва в дългосрочната памет на автомобила.

Примери: Например, автономните превозни средства използват изкуствен интелект с ограничена памет, за да наблюдават скоростта и посоката на други автомобили, като им помагат да „четат пътя“ и да се коригират, ако е необходимо. Този процес за разбиране и тълкуване на входящи данни ги прави по-безопасни по пътищата.

Тип AI Теория на ума (Theory of Mind AI)

Theory of Mind AI е проектиран да разпознава и реагира на човешките емоции. Тази характеристика позволява на машините да разберат емоционалните състояния на потребителите и да адаптират отговорите си съответно.

Особености: Все още има редица препятствия пред реализирането на този тип, тъй като процесът на промяна на поведението въз основа на бързо променящи се емоции е много непостоянен в човешката комуникация и е трудно да се имитира.

Примери: Главата на робота Kismet може да разпознава емоционални сигнали от човешки лица и да възпроизвежда тези емоции на собственото си лице.

Хуманоидният робот Sophia, разработен от Hanson Robotics в Хонг Конг, може да разпознава изражения на лица и при взаимодействия да реагира със собствено изражение на лицето.

Самоосъзнаващ се AI (Self-aware AI)

Когато машините могат да осъзнаят собствените си емоции, както и емоциите на другите около тях, те ще имат ниво на съзнание и интелигентност, подобни на човешките същества.

Те ще могат да правят изводи, които не са възможни с други видове AI.

Особености: Все още не сме разработили този тип сложен AI и нямаме хардуера или алгоритмите, които да го поддържат.

**3. ИЗИСКВАНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНИ ИНТЕГРИРАНИ СИСТЕМИ В IoT/IIoT С
ВГРАДЕНИ ТЕХНИКИ И МЕТОДИ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ**

При сложни приложения на IoT, рядко се налага да се прилагат два пъти едни и същи решения за една и съща ситуация и при едни и същи условия (дори когато те включват един и същ процес), тъй като контекстът и условията на работа в специфична среда (например напрежението или умората на оборудването), винаги допринасят за създаването на изцяло нов набор от входни стойности за модела. [9]

Комплексният характер на моделирането изисква и данни за обратна връзка, както и непрекъснато обучение (свързано и с производствено оборудване), което води, по подразбиране, до глобален (и следователно трансграничен) модел на AI.

Подходите за дълбоко обучение могат да обединяват основни входни данни за модела и постепенно да изграждат необходимите потребителски и контекстни профили, като обаче моделите (от ниско и високо ниво) трябва непрекъснато да се адаптират към притока на нови данни.

Мултипараметричният модел на профилите на производственото оборудване изисква обединяване на множество базови модели и данни (функционални, поведенчески, околна среда, оперативни, информационни и др.), ефективно организирани за съвместна работа

разпределено и децентрализирано, така, че да се гарантира, че оценката се извършва близо до източниците на данни (за осигуряване на реакции в реално време).

Следователно, приложенията в индустриалните сектори, интегриращи AI и IoT, трябва да отговарят на множество изисквания, за да извършват интегриране на функционални и нефункционални атрибути при такива комплексни системи. Общите изисквания към сложни системи в IoT/IIoT, с вградени техники и методи на изкуствен интелект, могат да бъдат обобщени и пояснени, както следва:

- **Обяснимост (Explainability):** Позволява на потребителите да разбират решенията, получени от системите с AI, както и тяхната обосновка.
- **Наличност (Availability):** Позволява на приложенията на IoT да могат да предоставят данни и ресурси своевременно и за определено време, както и да запазят основната си функционалност, дори ако системата е претърпяла атака срещу сигурността. Системите с AI трябва да са налични и в условия на интеграция с нови приложения, или при добавяне на нови стъпки на процеса.
- **Доверие (Trustworthiness):** Дава възможност да има доверие в системите на IoT, като позволява само автентифицирани (authenticated) устройства или услуги (идентифицирани по уникален начин) да участват в процесите на вземане на решения от системата.
- **Сигурност (Security):** Позволява на системите да гарантират разпределена сигурност "от край до край", което е от съществено значение за постигане на устойчивост срещу всички видове атаки в IoT. Това включва осигуряването на самата система с AI, както и на комуникацията между устройствата на IoT за компютинг в периферията, с механизми за криптиране и удостоверяване срещу атаки с манипулирани входни данни.
- **Безопасност (Safety):** При проектирането безопасността е от съществено значение, което изисква спазване на съответните стандарти за безопасност. Използваните системи с AI в IoT трябва да бъдат стабилни срещу неправдоподобни данни и да работят с изключително ниско закъснение, за да реагират бързо и по подходящ начин на непредвидени събития с цел предотвратяване на инциденти.
- **Поверителност (Privacy):** Изисква от системите, базирани на AI в IoT, които работят с данни, критични за задачата или за бизнеса, да запазят тези данни поверителни. Следователно, такива критични данни трябва да се обработват локално в периферията, както и да се използват само данни, достъпни в границите на поверителност.
- **Прозрачност (Transparency):** Позволява на системи, базирани на AI в IoT, да предоставят цялостен поглед върху устройства и процеси, в ситуации, като одит, проверки за оценка на уязвимости или когато възникнат нарушения на сигурността.
- **Справедливост (Fairness):** Позволява на системите в IoT, в които се вграждат технологии на AI, да поддържат или автоматизират процесите на вземане на решения, като се придържат към същите, като за хората, стандарти за справедливост и съвместимост.
- **Приобщаване (Inclusiveness):** Позволява на системи в IoT, базирани на AI, да разрешават човешка намеса и комуникация дори в най-автоматизираните процеси за вземане на решения.
- **Сътрудничество (Collaboration):** Позволява на системи за IoT, базирани на AI, да се самоорганизируют около обща цел - например, при наличие на заплаха, както и за сътрудничество с хората, както физически (например, сътрудничество човек-робот), така и чрез обмен на информация (интерфейси човек-машина).

ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)

ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА

- **Интеграция (Integration):** Позволява на системите с AI в IoT, да представят открита и гъвкава перспектива, като консолидират съществени моменти (прозрения) от всички съществуващи системи и процеси. Преодоляването на възможни несъответствия, съобразно устойчив план, е ключово условие за възприемане на методите на AI в индустрията.
- **Безотказност (Reliability):** Позволява на системите на IoT да работят без прекъсвания и без редовна човешка намеса. Безотказността е от съществено значение за производителността, и е ключово условие за системите с AI, които са с непрекъсната работа, с кратко време за поддръжка и често в критични производствени среди.
- **Устойчивост (Resiliency):** Позволява на системите на IoT с вграден AI, винаги да работят в стабилни състояния, вкл. да се връщат в такива състояния след откази (повреди). Устойчивостта е от съществено значение за цифровата икономика.
- **Отчетност (Accountability):** Позволява на системите на IoT, с вграден AI, които поддържат или дори заменят човешки решения, да бъдат отговорни към своите клиенти, партньори и регулатори. Обикновено функциите за отчетност са интегрирани „по дизайн“ и са достъпни чрез доставчика на тези системи.
- **Проверяемост (Verifiability):** Позволява на базирани на AI системи в IoT, да демонстрират присъщите си функционалност и свойства, които трябва да имат. Системите с AI за промишлени приложения трябва да отговарят на същите стандарти, като съществуващите (наследените) системи и да може да се прилагат при изпълнението на конкретни задачи в бизнеса, както и при задачи, критични за безопасността. Това изисква, за целите на приложенията, системите с вграден AI да може да бъдат валидирани (за постигане на правилни резултати), проверени (проверим AI) и сертифицирани (сертифициран AI).

4. ИЗИСКВАНИЯ ЗА УСЛУГИ НА IoT БАЗИРАНИ НА AI/ML

4.1. Изисквания за събиране и доставка на данни на IoT, базирани на AI/ML

Услугите на IoT включват използването на огромен обем данни, които устройствата на IoT периодично генерират, като тяхното почистване и анализиране са скъпи. Ефективният анализ на IoT данни се счита за най-важният фактор при обработката на данни, но ефективните методи за анализ и доставка на данни са други важни фактори, тъй като обемът на събираните данни нараства непрекъснато. Тъй като устройствата на IoT се внедряват в рамките на IoT мрежа, контролирането на събирането и доставката на данни за всяко от тях става почти невъзможно. Като възможно решение може да се разглежда въвеждането на техники на AI/ML за едновременно и ефективно управление на устройствата на IoT.

За събирането и доставянето на данни за IoT ще трябва да се вземат предвид основните два фактора - енергията на IoT устройствата и качеството на данните [12].

- **Енергия на IoT устройства.** Тъй като в мрежите на IoT се внедряват много IoT устройства, е предизвикателство едновременно доставяне на енергия на много IoT устройства. Поради това ефективното използване на батерията е важен въпрос. Ако периодите за събиране и доставка на IoT данни са твърде кратки, но чести, животът на батерията на IoT устройството може да бъде съкратен. От друга страна, ако периодът на събиране и доставка на IoT данни е твърде дълъг, качеството на предоставяните IoT услуги ще бъде намалено поради липсата на достатъчно детайли в данните. Като се вземе предвид потреблението на енергия на IoT устройствата, е необходимо проучване за правилно събиране на данни за IoT и за периодите на доставка.

- **Устройства на IoT използващи безжичен трансфер на енергия WET (Wireless Energy Transfer).** Когато много IoT устройства използват безжичен трансфер на енергия -

за зареждане, предаване на данни и извършване на изчисления, е трудно да се достави желания обем мощност на всички потребители. Следователно, от съществено значение е ефективният трансфер на енергия за комуникация. Когато устройството получава и предава енергия, използвайки WET, е необходимо да се вземе предвид количеството енергия, което да се предаде към всяка точка за достъп или потребител, за да се удовлетвори качеството на обслужване QoS (потребителската удовлетвореност). Нуждаем се също и от информация за оптималното количество енергия за живота на батерията. Следователно е необходимо проучване, като се има предвид консумацията на енергия и комуникационния трафик.

- **Качество на данните.** Тъй като данните, събрани от повечето устройства на IoT обикновено съдържат резервирана информация, това води до допълнителни разходи за процесите на събиране и "пречистване" на данните. Следователно, за да се намалят ненужните разходи в IoT мрежата, ще бъде необходимо да се подбере и достави значимата информация от резервираните IoT данни. За да се направи това са необходими проучвания, за да се идентифицират връзките между събраните данни от различни устройства и да се интерпретира информацията, която данните съдържат.

- **Оптимална работа на устройство на IoT.** Всяка услуга на IoT може да има свои собствени дефинирани информационни изисквания и е наложително данните да се събират с определено ниво на качество, за да се извлече основната информация за всяка ситуация. Тъй като схемата за събиране на данни значително влияе върху качеството на данните, работата на устройствата на IoT трябва да бъде ефективно коригирана, за да се гарантира качеството на данните. Като цяло, за висококачествени данни са необходими висока разделителна способност на данните събрани от устройствата на IoT, както и предварителната обработка на тези данни.

4.2. Изисквания към съобразени с контекста интелигентни услуги на IoT

В среда на контекстно осъзната IoT услуга е важно да се установи контекст за който да има яснота предварително, тъй като IoT устройствата ще бъдат разгърнати съгласно предварително проектирана архитектура. Използвайки тази информация, данните генерирани от устройства на IoT трябва да бъдат прегледани и проверени, за да се осигури целевата услуга съобразена с контекста.

Някои от необходимите техники и технологии са [12]:

- **Физическо клъстериране.** За да се повиши точността на осъзнаването на контекста, трябва да се обмисли предоставянето на контекстно-зависими (осъзнати) услуги в ситуация, в която може да се взема предвид връзката между устройствата на IoT с отчитане на физическата среда. Задаването на правило, използващо знанията за домейна на доставчика на услуги, може да е възможно, но въвеждането на физическото клъстериране в разнообразна IoT среда (напр. в спалня, кухня, балкон или пространство, свързано чрез отворена врата) ще изисква идентифициране на физическата връзка между устройствата.

- **Допълнителна обработка на данни.** За да се предотврати влошаване на качеството на услугата поради грешки в стойностите на данните или неизправности на устройството, в повечето IoT среди трябва да бъдат поставени допълнителни сензори. В услуга, съобразена с контекста, данните съдържат една и съща информация, така че ще са необходими технологии, филтриращи данните, които съдържат само съществена част от същата информация, като същевременно предотвратяват грешки в данните.

**ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА
ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА
НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

- **Обработка на неотчетени данни.** При настъпило събитие на конкретно устройство на IoT, то ще предава данни независимо от интервала на отчитане и доставка на устройството. Понастоящем данните на устройства на IoT, които са физически клъстерирани, са необходими за точно откриване на настъпили събития и е трудно да се очаква, че тези устройства ще предоставят данни по едно и също време. Шлюзът може да изисква данни от клъстерирани устройства, но има проблем с обработката в реално време при спешни ситуации. Следователно ще се изисква обработка на неотчетени данни въз основа на предварително събрани данни.

- **Необичайни данни в AI/ML.** В случай на услуги, съобразени с контекста, които работят въз основа на предварително определено правило, гъвкавостта за справяне с извънредни ситуации, които не са били взети под внимание, е ниска и по този начин за интелигентно справяне с огромен брой ситуации са необходими алгоритми за AI/ML. Също така, в зависимост от условията на околната среда се генерират много необичайни данни, като например свързани със състоянието на устройството, така че трябва да бъдат разгледани алгоритми на AI/ML, които да могат да работят в такава несъвършена среда.

- **Компютинг в периферията при IoT (Edge computing in IoT).** Съществуват две необходими предпоставки, изисквани в услугите на IoT, които са съобразени с контекста: - управление на устройства на IoT в реално време; - мрежова архитектура на IoT, поддържаща предаването на големи обеми данни. В случай на необичайна ситуация, трябва да се използват големи обеми данни за адекватно наблюдение на ситуацията чрез управление на устройството на IoT в реално време. За разлика от конвенционалните структури за изчисления в облак, изчислителната структура в периферията осигурява по-висока енергийна ефективност и по-малко забавяне (delay) на комуникацията, тъй като сървърите за обработка на данни на IoT са разположени в по-голяма близост до устройствата на IoT.

4.3. Изисквания за прилагане на AI/ML към данни на IoT

4.3.1. Обучение на модел на AI/ML

За да се използва алгоритъм за AI/ML са необходими два елемента: модел на AI/ML и данни за обучение. Наличието на набор от данни за обучение с добро качество е важен фактор за производителността на модела на AI/ML, тъй като моделът се обучава итеративно с данните за обучение [12].

За откриване на аномалии обаче няма достатъчно данни за обучение, тъй като не само вероятността за възникване на аномалия е много ниска, но също така е трудно да се извлече истинска стойност дори когато ситуацията е настъпила. Следователно, като се използват познания за домейна, трябва да се обмисли обучение на AI/ML въз основа на генериране на данни за необичайна ситуация или симулация. По този начин, с използване на знанията за домейна, правилото по отношение на работния сценарий на приложението на IoT се генерира като данни за обучение. Тези генерирани данни за обучение могат да се използват за обучение на модела. Това не само ще даде възможност за научаване на алгоритъма за откриване на аномалии в конкретно приложение на IoT, но и ще подобри точността. Следователно, приложение на IoT за което е трудно да се получи подходящ набор от данни с добро качество, ще изисква генериране на данни за AI/ML въз основа на познания за домейна.

4.3.2. Изводи (заключения) на AI/ML в приложение на IoT

За да може технологията AI/ML да бъде приложена към приложения на IoT, данните за обучение и входните данни за тестване на моделите и изводите (заключенията) трябва да

имат едни и същи характеристики, като измерение, времеви интервал, типове функции и т.н.

Също така, поради променливите характеристики на данните на IoT, които в много приложения на IoT зависят от ситуациите, директното прилагане на алгоритмите на AI/ML е трудно.

Например, при обичайна фаза на наблюдение, устройствата на IoT периодично изпращат сензорни данни и алгоритмите на AI/ML нямат затруднения при работа. Обаче, в необичаен режим, приложенията на IoT изискват бърза реакция, а устройствата на IoT предават данни на по-кратки интервали от обичайното, което променя характеристиките на данните, които се въвеждат в алгоритъма на AI/ML.

Следователно, необходима е технология за предварителна обработка на данни, обработваща необичайните данни, като например отстраняване на данни, коригиране на аномалии в данните и интерполация на неотчетени данни.

4.3.3. Актуализация на модели на AI/ML в приложение на IoT

Устройствата на IoT непрекъснато събират и предават необходимите данни към IoT сървър, а IoT сървърът доставя интелигентни услуги на тези устройства, използвайки AI/ML модели, въз основа на събраните данни. Тъй като устройствата на IoT наблюдават много разнообразна информация за околната среда на IoT (свързана с времето и мястото), данните, събрани от устройства на IoT, се променят значително в зависимост от събитията, настъпили в средата на IoT. Поради тази причина, по време на обучението на AI/ML вече не се отразява пълната информация и това рано или късно се отразява на качеството на предоставяните услуги на IoT.

Следователно, моделите на AI/ML трябва да се актуализират периодично, след събраните впоследствие данни. Също така, ако моделите се актуализират твърде често (за твърде кратък период от време), не само са необходими високи разходи за мениджмънт на актуализации, но това може да повлияе негативно и на тяхната цялостна производителност.

Следователно моделите трябва да се актуализират чрез справедлива преценка между разходите, необходими за актуализиране на моделите на AI/ML и предимствата при използването на актуализирани модели на AI/ML.

4.4. Изисквания при използване на разпределен компютинг за услуги на IoT, базирани на AI/ML

Услугите на IoT, базирани на AI/ML, изискват мащабни изчисления. Самите устройства на IoT може да нямат достатъчно изчислителна мощност, за да се справят с тези мащабни изчисления. Следователно е необходимо да се преодолеят ограниченията на изчислителната мощност на устройствата на IoT чрез разпределяне на изчислителното натоварване между шлюзове, малки облаци (cloudlets) и облаци.

Тъй като има много предизвикателства при разпределянето на изчислителните натоварвания, трябва да се вземат предвид следните фактори:

- **Консумация на енергия.** В повечето услуги на IoT, базирани на AI/ML, данните, събрани от устройства на IoT се предават за обработка към периферията на мрежата или към облака. Тъй като устройствата на IoT имат ограничен живот на батерията и е непрактично да се зареждат често, при разпределените изчисления е необходимо да се вземе предвид консумацията им на енергия. Консумацията на енергия на устройствата на IoT се дължи на много фактори, като предаването на данни "нагоре" и обемът изчисления.

**ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА
ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА
НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

За да се сведе до минимум консумацията на енергия от устройствата на IoT, при разпределените изчисления тези фактори трябва да се вземат предвид.

- **Забавяне (латентност)¹.** При разпределените изчисления общото забавяне се състои от много фактори, като забавяне при комуникацията (delay), забавяне в опашката и време за обработка. Ако всички тези фактори не се вземат предвид правилно, общото забавяне може да се увеличи. Следователно е необходимо да се намали общото забавяне, като се вземат предвид тези различни фактори.

- **Комуникационни разходи.** При разпределяне на изчислителното натоварване, между възлите е необходимо да се обменят входни/изходни данни и междинни резултати. С други думи, през мрежата трябва да се преместват допълнителни данни, което води до режимни (излишни) разходи за комуникация, т.е. трябва да се обмисли как тези режимни разходи да се намалят.

- **Поверителност на данните.** Данните от устройствата на IoT при разпределена обработка трябва да се предават на други възли. Ако тези данни са свързани с лична информация на потребителя или с чувствителни данни, потребителят няма да е склонен да изпрати тези данни. В тази връзка, при разпределените изчисления се изисква съобразяване с поверителността на данните.

От техническа гледна точка, **разпределянето на изчислителните натоварвания** изисква следните технологии:

- **Избор на изчислителен възел.** За да се разпределят изчислителните натоварвания, трябва да бъдат избрани подходящите целеви възли. Като цяло е необходимо да се избере възел, подходящ за целите на разпространението, като се има предвид информацията за състоянието на възела и информацията за връзката между възлите. В този случай състоянието на опашката и честотната лента на комуникацията ще бъдат важни фактори за целите на минимизиране на забавянето.

Консумацията на енергия за предаване между възлите и състоянието на батерията на възлите ще бъдат важни фактори за целите на минимизиране на консумацията на енергия. Ако целта е да се подобри наличността (availability) на услугата, критични съображения ще бъдат неизправността на възлите и степента на неизправност.

Следователно е необходимо да се определи важността на факторите, които трябва да се вземат предвид според целта на разпределението и въз основа на това да се изберат подходящи възли.

- **Сътрудничество между изчислителните възли.** За да може да се сведе до минимум забавянето за приложенията на IoT, от съществено значение е сътрудничеството между изчислителните възли. След избора на възможни изчислителни възли, въз основа на състоянието на IoT мрежата се извършва разделянето на подзадачи и разпределяне на задачите между възлите. Като цяло, повечето алгоритми на AI/ML могат да бъдат разделени на няколко подзадачи и подзадачите могат да бъдат разпределени към подходящите изчислителни възли въз основа на няколко фактора, като изчислителен капацитет на възела и честотна лента на мрежата.

Също така, при разпределяне на подзадачи между възлите, трябва да се вземе предвид забавянето, поверителността на данните и консумацията на енергия. Например, за да се защити поверителността на потребителските данни, е необходимо към конкретно крайно устройство да се разпредели първоначална част от алгоритмите на AI/ML. За намаляване на консумацията на енергия е необходимо, доколкото е възможно, да се сведе до минимум обемът изчисления в крайното устройство и да се намали обемът на данните на предаване

¹ Ще използваме термина "забавяне", като ще имаме предвид, че той включва две компоненти:

- в управляващата равнина (control plane) - "латенция" (latency);
- в потребителската равнина (user plane) - "закъснение" (delay).

"нагоре". Като се имат предвид тези няколко предизвикателства, са необходими техники за оптимално разпределение на задачи, които имат за цел да минимизират забавянето.

- **Мрежово "нарязване" (Network Slicing).** Координацията на мрежовите "срезове" е необходима за ефективно менажиране на "нарязването" на мрежата. Тъй като за обслужване на услугите, към различните "срезове" има различни изисквания, балансираното разпределение на физически ресурси (като честотна лента, кеш памет и капацитет на линията за обратна връзка) между "срезове" е важно за гарантиране на изискванията, свързани с устройствата на IoT.

За балансирано разпределение на физическите ресурси трябва да се вземе предвид не само количеството налични физически ресурси, но и изискванията и характеристиките на трафика на устройствата на IoT.

Масовите устройства на IoT, при които тенденцията е за малък размер на пакетите, изискват ниска вероятност за прекъсване на тяхната свързаност. Също така, критичните за задачата устройства на IoT изискват както ниско забавяне, така и висока надеждност. Ниско забавяне може да се постигне при предаване чрез заемане на сравнително малък размер на честотната лента и с използване на хибридна заявка за автоматично повторение HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request), но такова предаване е уязвимо към прекъсвания. За да се намали вероятността за прекъсвания, от съществено значение е осигуряването на достатъчно честотна лента.

Задачата за разпределяне на физическите ресурси ("нарязването" на мрежата), като се вземат предвид изискванията и характеристиките на трафика на множество IoT устройства, става по-трудна когато характеристиките и изискванията на трафика варират във времето. Поради тези съображения не може да бъде получено числено решение. Следователно използването на обучение от исторически данни става важно, при което алгоритмите на AI/ML могат да се прилагат за интелигентно управление на "нарязването" на мрежата.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледана е спецификата на Интернет на нещата, както и формите и типовете на изкуствения интелект. Обсъдени са общите изисквания при комплексни интегрирани системи в IoT/IIoT с вградени техники и методи на изкуствен интелект и изискванията за услуги на IoT базирани на AI/ML

Специфичните изисквания за услуги на IoT базирани на AI/ML са групирани както следва: изисквания за събиране и доставка на данни на IoT, изисквания към съобразени с контекста интелигентни услуги на IoT, изисквания за прилагане на AI/ML към данни на IoT, изисквания при използване на разпределен компютинг за услуги на IoT.

Изискванията за прилагане на AI/ML към данни на IoT от своя страна са подразделени на обучение на модел на AI/ML, изводи (заклучения) на AI/ML и актуализация на модели на AI/ML в приложение на IoT. Правилното разбиране и изпълнението на изискванията е ключово за внедряването и прилагането на услуги на IoT базирани на AI/ML.

ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ REFERENCES

- [1] RONG, G., XU, Y., TONG, X. et al. An edge-cloud collaborative computing platform for building AIoT applications efficiently. *Journal of Cloud Comp* [online]. 2021, vol. 10, article number 36 [viewed 03.06.2026]. ISSN 2192-113X. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00250-w>

**ОСОБЕНОСТИ НА ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИНТЕГРИРАНИ УСЛУГИ БАЗИРАНИ НА
ТЕХНОЛОГИИТЕ ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ AI (ARTIFICIAL INTELLIGENCE) И ИНТЕРНЕТ НА
НЕЩАТА IoT (INTERNET OF THINGS)
ЦВЕТЕЛИНА СИМЕОНОВА**

- [2] ПАСАРЕЛСКИ, Росен Иванов. *Нови 5G мобилни клетъчни системи: Изследване на взаимодействието между 4G-LTE и 5G системите: архитектура, мрежови функции, интерфейс и протоколи*. София: Нов български университет, 2024. ISBN 978-619-233-282-2. [PASARELSKI, Rosen Ivanov. *Novi 5G mobilni kletachni sistemi: Izsledvane na vzaimodeystviето mezhdu 4G-LTE i 5G sistemite: arhitektura, mrezhovi funktsii, interfeys i protokoli*. Sofia: Nov balgarski universitet, 2024. ISBN 978-619-233-282-2.]
- [3] ПАСАРЕЛСКИ, Росен, Тереза СТЕФАНОВА, Теодора ПАСАРЕЛСКА. Анализ на управлението на мобилността в 5G мобилни клетъчни мрежи. *Сборник статии от научна конференция „Знание, Наука, Иновации, Технологии”* [онлайн]. 2023, год. 1(1), с. 586-601 [прегледан 03.06.2026]. ISSN 2815-3480. CEEOL. Достъпен на: <https://www.cceol.com/> [PASARELSKI, Rosen, Tereza STEFANOVA, Teodora PASARELSKA. Analiz na upravlението na mobilnostta v 5G mobilni kletachni mrezhi. *Sbornik statii ot nauchna konferentsia „Znanie, Nauka, Inovatsii, Tehnologii”* [onlayn]. 2023, god. 1(1), s. 586-601 [pregledan 03.06.2026]. ISSN 2815-3480. CEEOL. Dostapen na: <https://www.cceol.com/>]
- [4] ПАСАРЕЛСКИ, Росен и Теодора ПАСАРЕЛСКА. Виртуализация и сигурност в петото поколение 5G мобилни клетъчни мрежи. *Сборник статии от научна конференция „Знание, Наука, Иновации, Технологии”* [онлайн]. 2023, год. 2(1), с. 374-387 [прегледан 03.06.2026]. ISSN 2815-3480 . CEEOL. Достъпен на: <https://www.cceol.com/> [PASARELSKI, Rosen i Teodora PASARELSKA. Virtualizatsia i sigurnost v petoto pokolenie 5G mobilni kletachni mrezhi. *Sbornik statii ot nauchna konferentsia „Znanie, Nauka, Inovatsii, Tehnologii”* [onlayn]. 2023, god. 2(1), s. 374-387 [pregledan 03.06.2026]. ISSN 2815-3480 . CEEOL. Dostapen na: <https://www.cceol.com/>]
- [5] ПАСАРЕЛСКИ, Росен. *Услуги в центровете за данни* [онлайн]. София: Нов български университет, 2024 [прегледан 03.06.2026]. ISBN 978-619-233-300-3. Достъпен на: <https://publishing-house.nbu.bg/bg/elektronni-izdaniq/knigi/uslugi-v-centrovete-za-danni> [PASARELSKI, Rosen. *Uslugi v tsentrovete za danni* [onlayn]. Sofia: Nov balgarski universitet, 2024 [pregledan 26.03.2025]. ISBN 978-619-233-300-3. Dostapen na: <https://publishing-house.nbu.bg/bg/elektronni-izdaniq/knigi/uslugi-v-centrovete-za-danni>]
- [6] ПЕТРОВ, Георги. *Развитие на Интернет и отворените системи*. Ч. 1. София: Авангард Прима, 2017. ISBN 978-619-160-834-8. [PETROV, Georgi. *Razvitie na Internet i otvorenite sistemi*. Ch. 1. Sofia: Avangard Prima, 2017. ISBN 978-619-160-834-8.]
- [7] ПАСАРЕЛСКИ, Росен и Тереза СТЕФАНОВА. Методи за преход и внедряване на IPv6. *Управление и образование* [онлайн]. 2012, год. VIII (4), с. 203-211 [прегледан 20.03.2025]. ISSN 1312-6121. Достъпен на: https://www.conference-burgas.com/maevolumes/vol8/BOOK%204/b4_31.pdf [PASARELSKI, Rosen i Tereza STEFANOVA. Metodi za prehod i vnedryavane na IPv6. *Upravlenie i obrazovanie* [onlayn]. 2012, god. VIII (4), s. 203-211 [pregledan 20.03.2025]. ISSN 1312-6121. Dostapen na: https://www.conference-burgas.com/maevolumes/vol8/BOOK%204/b4_31.pdf]
- [8] ИВАНОВА, Йоана. Методи и средства за агентно-базирана визуализация на дигитализирани данни. *Годишник Телекомуникации* [онлайн]. 2021, Т. 8, с. 13-22 [прегледан 20.03.2025]. eISSN 2534-854X. Достъпен на: <https://doi.org/10.33919/YTelecomm.21.8.2> [IVANOVA, Yoana. Metodi i sredstva za agentno-bazirana vizualizatsia na digitalizirani danni. *Godishnik Telekomunikatsii* [onlayn]. 2021, T. 8, s. 13-22 [pregledan 20.03.2025]. eISSN 2534-854X. Dostapen na: <https://doi.org/10.33919/YTelecomm.21.8.2>]
- [9] СИМЕОНОВА, Цветелина. *Развитие на перспективните технологии в „Интернет на свързаните неща“ IoT (Internet of Things)*. София: Асеновци, 2021. ISBN 978-619-7586-25-1. [SIMEONOVA, Tsvetelina. *Razvitie na perspektivnite tehnologii v „Internet na svarzanite neshta“ IoT (Internet of Things)*. Sofia: Asenevtsi, 2021. ISBN 978-619-7586-25-1.]
- [10] NOLLE, Tom. AI and IoT: How do the internet of things and AI work together? *Techtarget.com* [online]. 16 Jun 2025 [viewed 03.06.2026]. Available from: <https://www.techtarget.com/iotagenda/tip/AI-and-IoT-How-do-the-internet-of-things-and-AI-work-together>
- [11] MARR, Bernard. Understanding the 4 Types of Artificial intelligence. *Bernardmarr.com* [online]. [viewed 03.06.2026]. Available from: <https://bernardmarr.com/understanding-the-4-types-of-artificial-intelligence/>

- [12] CHOI, J.K., J.S. HAN., G.H. LEE., H.S. PARK. Requirements and Challenges for User-level Service Managements of IoT Network by utilizing Artificial Intelligence. *Datatracker* [online]. 2022 [viewed 03.06.2026]. Available from: <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-choi-icnrg-aiot/>

Информация за автора:

гл. ас. д-р инж. Цветелина Симеонова, НБУ, департамент "Телекомуникации", ул. Монтевидео № 21, Тел.: 02 8110609, tsvsimeonova@nbu.bg

Contacts:

Assist. Prof. Tsvetelina Simeonova, PhD, New Bulgarian University, Department "Telecommunications", Tel.: 02 8110609, e-mail: tsvsimeonova@nbu.bg

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 10.10.2024

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 30.09.2025