



Технологии и предизвикателства пред интелигентните градове

Мария АРМЯНОВА¹

¹ ORCID id 0000-0002-5759-4546, Икономически университет – Варна, България, e-mail: armianova@ue-varna.bg

DOI: <https://doi.org/10.56065/fncwvf75>

Резюме:

JEL:

C63; O18;
O33

Ефективното управление на ресурсите на градовете подпомага решаването на съвременните проблеми, като глобалното затопляне, нарастването на населението и изчерпването на ресурсите. Затова основна тенденция е създаването на интелигентни градове (ИГ), в които съвременни технологии си сътрудничат, за да създадат ползи за гражданите и да предложат решение за част от тези проблеми. Разработването на ИГ се базира на информационни технологии, като Интернет на нещата, безжичните мрежи, виртуалната реалност и 3D моделирането, обработката на големи данни и изкуствения интелект. Целта на доклада е да се определят и систематизират предизвикателствата пред създаването на ИГ и пред възможностите за използването му. Преодоляването на предизвикателствата става с въвеждането на подходящи мерки. В доклада се систематизира ролята и мястото на ИГ, разгледани са технологиите за ИГ и предизвикателствата пред прилагането им, определени са и предизвикателства, свързани с етични, психологически и правни въпроси. Познаването на предизвикателствата и възможностите за преодоляването им, позволява да се създаде по-сигурен и надежден ИГ, който да се ползва с доверието на обществото.

Ключови думи:

Интелигентен град, изкуствен интелект, интернет на нещата, дигитален близък, машинно обучение

Цитиране:

Армянова, М. (2025). Технологии и предизвикателства пред интелигентните градове. *Строително предприемачество и недвижима собственост* = *Construction Entrepreneurship and Real Property*, 2 (1), 18-32. <https://doi.org/10.56065/fncwvf75>

Copyright © 2025
от автора/
авторите

Въведение

Градското население непрекъснато нараства, като пренаселването поставя големите градове пред нови предизвикателства пред инфраструктурата, администрацията и гражданите. Проблемите се задълбочават – трафик, престъпност, замърсяване. В резултат на търсене на решения за проблемите възниква концепцията за интелигентните градове (ИГ smart cities). Целта на ИГ е животът да е по-удобен, здравословен и спокоен. ИГ се определя като общински регион, който зависи от информационните и комуникационни технологии за установяване на икономическо развитие, подобряване на качеството на живот и подкрепа на системите за управление (Kim et al., 2017). ИГ предлага някои решения в областта на трафика, околната среда, управлението на отпадъците, осигуряването на енергия, интелигентния транспорт, планирането и др.

Напредъкът в технологиите за изкуствен интелект и машинно обучение през последните години доведе до тяхното повсеместно приложение във всички сфери на икономиката и обществения живот (Aleksandrova, 2021). За да постигне целите си, ИГ се базира на технологиите на ИИ (Изкуствения Интелект), като машиннообучение, обработката на видеоизображения, невронни мрежи и дълбоко обучение. За разработването на ИГ се използват още технологиите за взаимосвързани системи и мрежи, за събиране и предаване на големи данни, IoT (Интернет на Нещата), съчетан с нарастващите възможности на ИИ и добавената реалност. ИГ интегрира множество системи за различни сектори, и обединява модели и дигитални близнаци на IoT устройства и системи. Основните предизвикателства са свързани с конфигурирането и синхронизирането на множеството системи и участници в средата на ИГ, така че да се осигури ефективно и своевременно изпълнение на всички задачи. Тъй като ИГ съхраняват огромни обеми от данни, въпросите за киберсигурността, защитата на данните и злонамерената употреба, като отговорността за качеството на данните, надеждността, управлението и доверието в технологиите са критични.

Затова целта на доклада е да се определят и систематизират предизвикателствата пред създаването и използването на ИГ, както и да се предложат мерки за преодоляването им. Изясняването на предизвикателствата и възможностите за преодоляването им, открива нови перспективи пред ИГ. За да се постигне целта се налага решаване на следните задачи:

- Да се определи необходимостта и предимствата на ИГ, като се открие и систематизира ролята и мястото на ИГ и възможностите, които предлага, за подобряване на условията на живот;
- Да се разгледат технологиите за ИГ, тъй като прилагането им поставя някои предизвикателства;
- Да се открият и други предизвикателства, които са свързани с етични, психологически и правни въпроси.

Технологии за ИГ

Концепцията за ИИ стои в основата на съвременните ИТ. В ИГ се използват сензори, IoT устройства, сателити и снимки, които могат да събират информация дистанционно и непрекъснато, за да следят състоянието на

различни градски елементи. Терминът ИИ е много широко понятие, което обхваща различни технологии. Технологиите на ИИ важни за градовете са машинното обучение, невронни мрежи, дълбокото обучение, компютърното зрение и обработка на естествен език.

Машинното обучение (МО) стои в основата на разбирането за ИИ. Същността му е статистическо моделиране за откриване на модели на база на събраните данни и емпиричната информация, при това без директни команди за програмиране (Theobald, 2017). Има множество алгоритми за машинно обучение – ръководено, полуръководено, неръководено и подсилено.

Концепцията за дълбоко обучение е тясно свързана с невронните мрежи. Невронните мрежи разпознават основните връзки в набор от данни, като имитират начина на функциониране на човешкия мозък (Chen, 2020). Най-често се използват три вида невронни мрежи – многослоен перцептрон, конволюционни невронни мрежи и повтарящи се невронни мрежи.

Дълбокото обучение се отнася за невронни мрежи, които се състоят от множество слоеве. Основната разлика с машинното обучение е в начина, по който се въвежда алгоритъмът за обучение. При МО не се подава структуриран и избран набор от тестови данни, докато дълбокото обучение се нуждае от много по-голям набор от данни, които може да не са напълно структурирани.

Технологията за компютърно зрение е насочена към разпознаване на изображения и видеоклипове по подобие на човешкия мозък (Quarantotto, 2021). Алгоритъмът за компютърно зрение трябва да обработи данните и да вземе решение.

Обработката на естествен език включва синтактически и семантичен анализ и интерпретация на текст, което позволява на компютрите да анализират, разбират и учат естествените езици (Sodha, 2019). Огромният обем текстова информация може да се използват, за да се разберат по-добре поведението на гражданите или да се подобри ефективността на административната дейност. Данни могат да се извличат от постове, статии, комуникация с чатботове, интелигентни съветници и след като се анализират да се определят желанията на гражданите.

Интелигентният дом и град са разчитат на IoT технологията, която включва сензори, задвижващи механизми, хардуер и умни устройства. Устройствата и сензорите могат не само да изпращат данни към общата инфраструктура за мониторинг, планиране, контролиране, но могат да получават управляващи сигнали и да се адаптират спрямо изискванията на средата. За да могат отделните устройства да си взаимодействат и да се адаптират към средата се използват възможностите на облачните среди. Дори Jedari (2019) въвежда термина „Cloud of Things“, т.е. облак от неща. Услугите за градската система се предлагат на гражданите през облачната среда, като облачни услуги.

Блокчейн технологията се използва за конструиране на децентрализирани приложения и съхранение на данни. Тя позволява създаването на разпределен и многократно дублиран запис на събития, транзакции и данни, създадени от различни ИТ процеси, със силни криптографски гаранции за устойчивост на подправяне, неизменност и достоверност (Hendy et.al, 2015).

Необходимостта от осигуряване на надеждност, точност, бързина и сигурност при преноса и обработката на непрекъснато нарастващия обем данни поставя много високи изисквания към комуникационните и изчислителните ресурси. Проблемът се усложнява от изискването за ефективност и мащабиране на обработките. В опит да се решат тези проблеми се въвежда идеята за разпределена, а не централизирана обработка на данните и децентрализирано обучение. Федеративното обучение (FL) е разновидност на МО, което се опитва да разреши предизвикателствата пред преноса и обработката на големи данни в IoT. Целта е да се използва подобряващият се хардуер на устройствата, като моделите за МО се обучават с ресурсите на устройствата, без да се налага данните събрани от тях да се изпращат на централизирано място. По този начин се гарантира поверителността и сигурността на данните, които не напускат устройствата в суров вид или дори изобщо не се прехвърлят към централизирано хранилище. FL може да работи с различни количества и видове данни на много устройства. FL помага на IoT системите да се мащабират ефективно, като същевременно запазват информацията за потребителите поверителна и защитена (Yadav et.al, 2022). FL има потенциал да се използва, защото повишава ефективността, надеждността и гъвкавостта.

В ИГ се използват възможностите за симулацията, оптимизацията, дигитален прототип, както и дигитални близнаци. Дигиталният близнак (ДБ) е виртуален модел на реално съществуващ физически обект, система или процес, създаден с помощта на данни и информация, събрани от сензори и други източници. Технологията се основава на идеята, че цифровата информационна конструкция за физическа система може да бъде използвана като самостоятелна единица, често пъти независимо от реалната. Тази цифрова информация се определя като дигитален близнак на информацията, която е вградена в самата физическа система и е свързана с тази физическа система през целия жизнен цикъл на дигиталния близнак (Grieves & Vickers, 2017).

ДБ често използват данни в реално време, събрани от сензори и или интернет източници. След това данните се анализират, като се използват експертни системи, машинно обучение или ИИ. ДБ изпълняват три основни функции: прототипиране, мониторинг и контрол на реалния обект. Според някои автори дигиталните близнаци се делят на три вида (Grieves, 2023) – дигитален модел, дигитална сянка и дигитален близнак. А според други на четири (Qian et.al., 2022): прототип (DTP), ДБ инстанция (DTI), ДБ агрегация (DTA) и ДБ среда (DTE) (Liu, 2005).

Пълноценният ДБ или ДБ агрегацията може автоматично да влияе върху реалната система и да бъде повлиян от нея. Връзката е двупосочна, като всяка промяна в реалната система се отразява в ДБ, а с контролната система на ДБ може да се повлияе на реалната система, за да се постигне желаният резултат. Своевременно могат да се внасят корекции и да се задават стратегии.

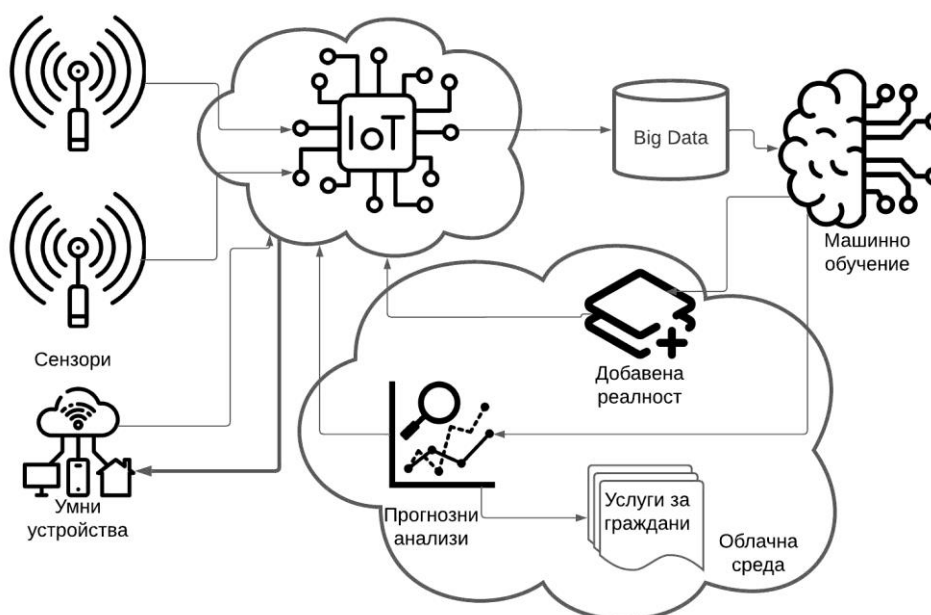
ДБ по модела на цифровата среда може да се разглежда като съвкупност от много дигитални близнаци, които си взаимодействат помежду си. Дигиталната среда спомага за управлението на всички ДБ, включени в обхвата ѝ и се използва за големи системи като интелигентни домове, градове, здравни системи. Дигиталната среда синхронизира обработката на заявките между множество близнаци и съчетава целите на различните ДБ, за да

максимизира общата ефективност, например при потреблението на ток от няколко домакинства. За ИГ най-подходящ е именно този модел, тъй като в него се създават ДБ за множество системи, като транспорт, екосистема и т.н.

ИГ се базират още на съвременните компютърни мрежи и големите данни, които се обработват с помощта на ИИ. Те използват симулации, оптимизации, прототипи и ДБ. Но често погрешно се поставя знак за равенство между ИГ и ДБ. В ИГ може да се използват МО или агент-базирано моделиране, които са технологии на ИИ, но те не винаги създават копие на реално съществуващи обекти. Автономните системи, използвани в градовете, могат да управляват даден процес, но не е задължително и да се подобряват, като ДБ (Sharma et.al., 2022).

В ИГ и ДБ използват IoT устройства за събиране на информация от сензори за реалния обект и крайните устройства (фиг. 1). За разлика от ДБ, за който е необходима високоскоростна връзка, която да позволи включване на устройствата в IoT, при ИГ е необходимо да се осигури достъп на всички граждани до системите, независимо от възможностите им и затова се използват възможностите на облачните системи за предлагане на услуги на гражданите. И при двете технологии се разчита на технологиите за съхранение и обработка на големите данни, за да се съберат данните от IoT устройствата, които се предоставят на системата за МО. МО се използва за прогнози и обратна връзка и за откриване на стратегии за смекчаване на нежеланите резултати. Трябва да се гарантира сигурността на данните, които са събрани, както и сигурността на преноса им между различните компоненти. Разчита се на протоколи за сигурност при споделяне и механизми за оторизация и удостоверяване.

Фигура 1. Основни технологии използвани в интелигентен град

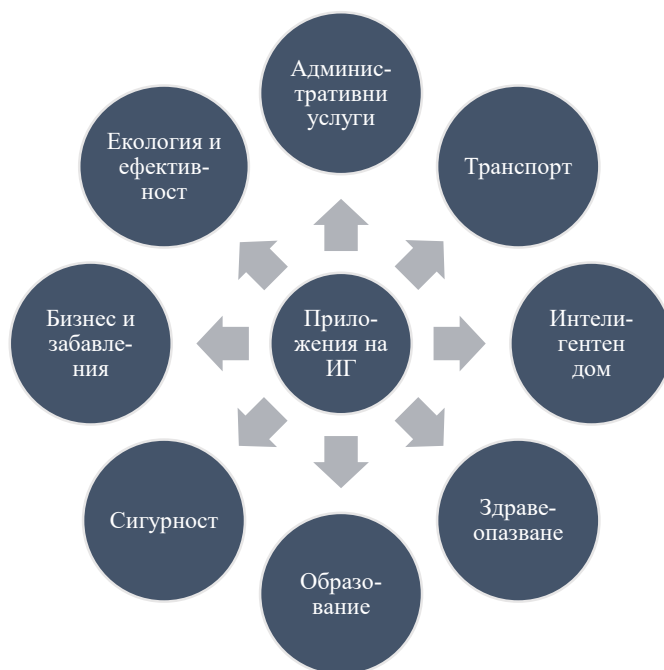


Източник: Разработка на автора

Подсистеми на ИГ

ИГ осигурява услуги в много области (фиг. 2). Основна негова задача е да се осигури електронно управление и дистанционни административни услуги за гражданите. Затова и първата сфера на приложение са административните услуги. Те включват системи за дистанционно получаване на услуги и когнитивни експертни съветници, които да подпомагат гражданите. Тяхна цел е и ангажиране на гражданите за различни инициативи и анализ на нуждите им.

Фигура 2. Подсистеми на интелигентните градове



Източник: Разработка на автора

Друга подсистема е свързана с транспорта. Тя включва, както управление на трафика и намаляване на задръстванията, така и управление на паркоместата и прогнозиране на бъдещите инфраструктурни нужди за транспортната система. Тази система трябва да позволи и контрол на извънредни ситуации. В бъдеще се очаква и включване на автономни превозни средства в обществения транспорт.

В сектора на здравеопазването се използват подсистеми за поддържане на данните за здравето на пациентите и възможностите на ИИ за откриване на различни заболявания в ранен стадий, както и използване на роботизирани инструменти за лечение. Освен това се използват възможностите на IoT устройствата за мониторинг на състоянието в домашни условия и за прогнозиране на здравните нужди на гражданите. ИИ намира приложение и за администриране на данните за пациентите.

Друга основна услуга, която получават гражданите е в сферата на образованието, както се използват възможностите на ИИ за подобряване на обучението и облекчаване на работата на преподавателите чрез генериране на

съдържание, създаване на интерактивно обучение, персонализиране на обучението и автоматично оценяване.

Една от най-важните подсистеми е тази за сигурността. Тук се включват системите за киберсигурността, тъй като в ИГ се съхраняват много лични данни и той е честа мишена за атака. ИИ подобрява мрежовата сигурност, сигурността на личните данни, автентикацията, спам филтъра, откриването на слабости и заплахи. В ИГ има възможността за предотвратяване на физически престъпления чрез мониторинг на градската среда и използване на ИИ за разпознаване на измами и лицево разпознаване на граждани от охранителните камери.

ИГ започват от системите за интелигентните домове (ИД). ИД включва системите за интелигентно осветление, потребление на електроенергия, отопление, сигурност и IoT устройства.

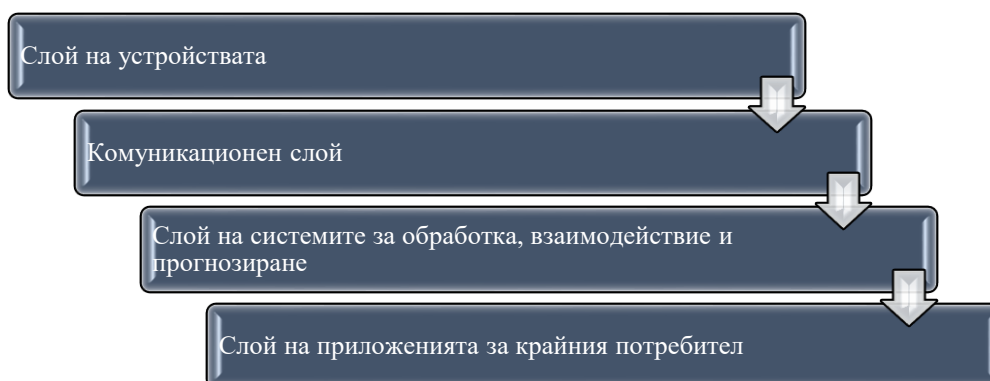
Част от системите са свързани с изпълнение на целите за екологичност и ефективност на градската среда. ИГ предлага ефективното използване на ресурсите като електричество или вода, мониторинг и подобряване на показателите на въздуха и повторното използване на отпадъците. Честа реализация е управление на обществена осветителна система.

Не на последно място са подсистемите за бизнеса и забавленията, свързани с осигуряването на различни услуги за гражданите и подобряване на обслужването и потребителското изживяване чрез прогнозиране на поведението на клиентите.

Архитектура на ИГ

Повечето автори се придържат към четирислойна архитектура с някои вариации, а някои дори предлагат трислойна архитектура без да идентифицират слой на приложенията за крайния потребител. Придържайки се към предложената четирислойна архитектура може да внесем някои изменения (фиг. 3).

Фигура 3. Четирислойна архитектура за интелигентен град



Източник: Адаптиран от (Čolaković and Hadzialic, 2018)

Слоят на устройствата се състои от сензорите и IoT устройствата. Слоят служи за събиране на данни за средата и устройствата, работещи в нея. Събраната информация е ключова за ИИ и бъдещите прогнози. Често в слоя

се извършва и първоначална обработка на събраните данни, а при федеративното обучение се изпълняват и някои алгоритми за обучение в IoT устройствата.

Следващият слой е комуникационният. Той осигурява инфраструктурата за прехвърляне на данни между средата и подсистемите на града. В ИГ се осъществяват три типа комуникации: между средата и системите на ИГ; между различните подсистеми на ИГ; между ИГ и гражданите. Целта на така определения комуникационен слой е да предава информацията, като гарантира нейната сигурност и надеждност. В комуникационния слой могат да работят различни шлюзове, които да събират и обобщават информация от сензори и устройства с по-малки изчислителни възможности. Този слой включва и комуникационните протоколи. Поради ограниченията на мрежовата инфраструктура се разработват, различни протоколи, които да ускорт преноса на данните.

Слоят на системите за обработка картографира получените данни от комуникационния слой (Hatcher et.al., 2021), за да може да локализира различните ресурси. След това данните се подлагат на анализ с моделите на ИИ, базирани на машинно или дълбоко обучение. Резултатите от анализа и прогнозите могат да се използват за управление на устройствата или да се предадат на слоя на приложенията за крайния потребител. В този слой потребителят изпраща различни заявки, за да получи актуална информация, прогнози или услуги.

Поради голямото значение на проблема за осигуряване на сигурността на данните и опасността от злонамерени атаки, може да се въведе и отделен слой, който да отговаря за сигурността (Abadía et.al., 2022). Мерките и дейностите за сигурност са пряко свързани с начина на обработка, съхранение и използване на данните във всеки слой, затова те не могат да се изпълняват отделно в друг слой, а по-скоро целта на авторите е да се подчертае важността им. Ако се избере модел на FL, първичните, необработени данни се използват и съхраняват в устройствата или в междинен сървър, без да достигат слоя на системите за обработка, което променя изискванията за сигурността в слоевете.

Събирането на данни е изключително важно за създаването и работата на модела с ИИ, защото качеството и количеството на събраните данни, пряко определят качеството на работата на целия модел. Затова в платформата предложена на фиг. 4 е отделено специално място за първоначалното натрупване на данни. Втората голяма група функционалности включва съхранението, обобщението и обработката на данните, така, че да се премахне дублирането, да се коригират грешките и липсващите стойности, да се преобразуват типовете данни и др. В зависимост от избрания тип на обучението, тези дейности могат да се извършват в IoT устройствата при FL или в слоя на системите за обработка при централизираното обучение. Третата група функции за планиране и вземане на решения, включва работата на моделите с ИИ. Използваните модели за ИИ могат да се базират на различни алгоритми за статистически обработки на данните, като KNN, SVM, Random Forest и др. или на невронните мрежи. Последната функционалност е свързана с обединяването на резултатите с други информационни системи на

банкови институции, застрахователни компании, международни пазари, логистични и маркетингови системи, които са част от приложния слой.

Фигура 4. Концептуален модел за използване на ИИ в ИГ



Източник: Разработка на автора

Предизвикателства на ИГ

ИГ носят много предимства за гражданите. Едно от най-популярните приложения, както за интелигентните домове, така и за ИГ, е интелигентното улично осветление, защото намалява разходите и съответства на изискванията за екологичност. Използват се LED крушки и възможности за дистанционно и оптимално контролиране на графиците за осветление. Предимства на ИГ могат да се сведат до следните:

- подобряване на административното обслужване;
- контрол на замърсяването и подобряване на условията;
- минимизиране на разходването на ресурсите;
- мониторинг на условията и изготвяне на прогнози и анализи;
- автоматизиране на дейности и подобряване на качеството на услугите;
- обвързване с външни системи.

Всяка технология се изправя пред предизвикателства пред реализацията и приемането ѝ. Основните предизвикателства са свързани с:

- обработката на лични данни и пренос през Интернет;
- особеностите на ИИ, като възможността за пристрастия и дискриминация в данните, липса на прозрачност и на здрав разум в ИИ;
- начална инвестиция, обвързване на технологиите за ИГ със съществуващите софтуерни системи, бързото развитие на технологиите и разходите за поддръжка;
- психологическо фактори за приемане от гражданите, като доверие в технологиите, умения за използване, надеждност и достъпност на услугите на ИГ.

Предизвикателствата пред ИГ са обобщени в Таблица 1. ИГ носи много ползи, но може да се използва и за злонамерени цели, тъй като събира много информация и е публично достъпен. Данните в ИГ могат да се използват за хакерска или дори терористична атака. Освен това в ИГ се съдържат **лични данни** за гражданите. За ИГ може да се включи и система за **лицево разпознаване** за проследяване и наблюдение на хора, както от съображения за безопасност, така и от съображения за персонализиране на услуги и реклами. При обработката на личните данни, има редица предизвикателства за осигуряване на поверителността и управлението им. Използването на съвременните мерки за киберсигурност може да осигурят адекватна защита на личните данни. Могат да се използват защитни стени, антивирусен софтуер, хигиена на паролите, наличие на актуализация и корекция на защитата и др.

Таблица 1. Предизвикателства пред ИГ

Предизвикателства	Възможности
Интеграция със съществуващите софтуерни системи	Откриване на оптимални възможности за интеграция
Големи разходи	Събиране на минимум данни с различно качество, без значително и отрицателно въздействие върху ефикасността чрез FL или създаване на допълнителен сървърен слой
Обработка на лични данни и IoT с връзка към обществения интернет	Прилагане на киберсигурност чрез използване на различни механизми, като хеш функции и сигурно агрегиране
Избягване на пристрания и дискриминация на ИИ	Подходящ подбор на набора от данни за обучение
Липса на прозрачност и на механизъм за смислен контрол	Механизъм за извеждане на пояснения и проверката на системата
Липса на умения за използване	Интуитивни приложения, общо достъпни чрез браузер и с минимални изисквания към мрежова връзка и хардуер
Надеждност на приложенията за крайния потребител	Блокчейн технология и дублиране на устройства
Доверие в технологията и липса на здрав разум в ИИ	Изясняване на отговорността и популяризиране

Важен момент при продължаващото внедряване на оборудван със сензори IoT и други технологии за ИГ е дали технологията, като например интелигентен измервателен уред или интелигентен светофар, е била **автоматично оборудвана с връзка към отворения интернет**. Това повишава рисковия профил на системата и възможността за прихващане и завладяване на устройствата. Атаките могат да са директно върху IoT устройства или може да се атакува комуникационния слой, например шлюза, чрез който IoT устройства качват данни и получават управляващи сигнали. Атаката може да е и в следващите слоеве, например срещу хранилището или друга система. При защитата на устройствата основното предизвикателство е свързано с начините за внедряване на сигурни механизми за удостоверяване, които да са с нисък разход на енергия. Такова възможно решение е VREFL (Ye et.al, 2022), което интегрира сигурно агрегиране с функции, които гарантират както възможност за проверка, така и ефективност на повторното свързване.

Освен това може да има допълнителни предизвикателства по отношение на **справедливостта и надеждността** на алгоритъма. Например, при технологиите за разпознаване на лица, внедрени за полицейска дейност и обществена безопасност, е нужно наборът от данни за обучение на технологията да има достатъчно широко представяне на различни

демографски данни. Само така могат да се идентифицира правилно хора от различен расов и етнически произход, и да се избегнат етнически и расови пристрастия в алгоритъма за ИИ. При внедряването трябва да има разработени механизми за управление, за да се гарантира, че всяка потенциална несправедливост може да бъде маркирана от гражданите, включително пристрастия, **дискриминация** или лошо представяне на системата. Друг пример са данните за характеристиките на популацията от пациентите, използвани в прогнозния анализ. Ако те са неточни прогнозата може да бъде подвеждаща или дори дискриминационна. Проблемът с дискриминацията на ИИ може да се смекчи, ако се подбира достатъчно разнообразен набор от данни за обучение и се следи непрекъснато за резултатите на модела. Нужни са и техники за корекция на модела при подобни отклонения.

Спазването на изискванията за **прозрачност** е основно предизвикателство в ИГ. По-специално, необходимо е да се комуникира ефективно с гражданите, при взаимодействието им със системите с ИИ. ИИ често работи на принципа на черната кутия и е нужно включване на механизми за извеждане на пояснения по резултатите от обучението на модела.

Предизвикателство е и да се установят **подходящи механизми за човешки надзор**. Има модели, които позволяват въвеждане на контрол, но предизвикателството е в определянето на правилното място за въвеждане на смислен човешки надзор. Причината е, че обемът и скоростта на обработката на данните в ИИ са големи. За всяка система трябва да има механизъм, който да улесни проверката на системата.

Използването на технологията за ИГ изисква добре подготвени специалисти и големи начални **разходи**. Освен това ИГ се използва в дълъг период от време, а технологиите включени в него непрекъснато се развиват и изискват актуализация, което означава допълнителни разходи за оптимизиране, като закупуване на нови IoT устройства и сензори. Трябва да се предвидят и разходи за текущо управление, администриране.

Съхранението, предаването и обработката на големи количество данни, създава значителни **разходи** за компютърната инфраструктура, за да се постигне висока производителност. Затова се търси метод за събиране на минимум данни при това с различно качество, без значително и отрицателно въздействие върху ефикасността, например разчитайки на устройствата за FL. Друга възможност е създаване на допълнителен сървърен слой, в който да се извършва началната обработка на данните, след което да се изпращат към централизираното хранилище.

Гражданите и служителите имат нужда от обучение, за да се възползват пълноценно от възможностите на ИГ. И докато от служителите се очаква постигане на някакво ниво на **умения**, за гражданите това не е задължително. Това зависи от образованието, възрастта и други фактори, а ИГ не трябва да дискриминира гражданите си, а да позволява всички да имат достъп до предлаганите услуги. Приложенията от последния слой на ИГ трябва да са надеждно достъпни чрез браузер и с минимални изисквания към мрежовата връзка.

Друг проблем е необходимостта от обвързване на технологиите за ИГ, като ИИ и ДБ със **съществуващите софтуерни системи** (Grieves, 2019). Системите с ИИ, използват събраната информация от съществуващите системи и предоставят нови услуги. Данните, често са събрани през различни времеви периоди и са с различно качество и параметри. Дори събраните в реално време данни рядко са с еднакви формат, пълнота и качество, заради използването на сензори и устройства с различни възможности. Това се преодолява с начално проучване, преформатиране и обогатяване на данните.

ИГ трябва да е надежден, но могат да възникнат проблеми с хардуера или мрежови повреди, които да намалят **надеждността** на работата. Включването на голям брой потребители предполага възникване на проблеми с претоварването на мрежите и високата сложност на алгоритъма за управление. Възможно решение е използване на механизми за FL, които обаче поставят изисквания към хардуера. Осигуряването на надеждна комуникация между различните системи става с дублиране на захранване, сървъри и блокчейн технологията и така могат да се избегнат софтуерни проблеми или други непредвидени обстоятелства. При предаването на данните, трябва да се отчетат не само особеностите на текущата комуникационна среда, но и пространството за съхранение на данни на устройството.

Важно е да се създаде **доверие** в работата на ИГ. Нужни са не само процедури и механизми, които да гарантират, че платформата работи по предназначение, но и да се популяризират. Трябва да има ясно поставени правила, които да определят, ролите и отговорностите за работата на системите. Възникват въпроси за уреждането на правния статут и последиците от използването на ИИ. Важно е определянето на собствеността на данните, отговорността за тях и управлението им.

Предизвикателство е и определянето на **отговорността** за резултатите от работата на системите в ИГ. Трябва ясно да се определи субектът, който поема отговорността за спазването на правилата и точността на резултатите от работата на системите с ИИ. Възможно е да има дефекти или повреди и трябва да е ясна отговорността за качеството на работата. При грешни резултати може да се стигне до сериозни материални или морални щети или да има последици за реални личности.

Заклучение

Събраните данни позволяват управление от разстояние, взаимодействие на IoT устройствата в градската среда, мониторинг, контрол и прогнозиране на условията в града и предоставяне на услуги за гражданите. Съвременните ИТ са основа за изграждане на ИГ. Но заедно с възможностите, които предлага, за подобряване на условията на живот, създаването и използването на ИГ е изправено пред редица предизвикателства. Някои от тях са следствие от особеностите на технологиите, използвани в ИГ, а други повдигат етични, психологически и правни въпроси.

Предизвикателствата пред въвеждането на различни подсистеми за ИГ са преодолими с въвеждането на подходящи мерки. Част от тях изискват добра информираност и обучение на гражданите за възможностите и предимствата му. Но също така се налага да се приемат и мерки, които да

преодолеят предизвикателствата пред многобройните технологии, използвани за създаването му. Подходящите мерки са, както технологични като дублиране на устройства, предварително обработване и криптиране на чувствителни данни, съобразяване с възможностите на комуникационните канали, така и нормативни мерки – информационни и обучителни кампании, прилагане на правила за автентификация и др.

Познаването на предизвикателствата и възможностите за преодоляването им, позволява да се създаде по-сигурна и надеждна система за ИГ, която да се ползва с доверието на обществото. Постигната е целта да се определят и систематизират предизвикателствата пред създаването на ИГ и пред възможностите за използването му.

ИГ непрекъснато разширява възможните си приложения – към точно прогнозиране и мониторинг и автоматизация на градската среда, като същевременно се изискват по-малко хардуерни ресурси от гражданите и се подобрява обслужването им. Въпреки някои предизвикателства пред ИГ, той има безспорни предимства. Следователно ролята и възможностите на ИГ се очаква да нараснат. Затова е важно да се продължи работата в преодоляване на предизвикателствата пред ИГ. В бъдеще трябва да се изследват възможностите на технологиите в ИГ, за извършване на обработки с използване на по-малко изчислителни ресурси, което позволява пренос на вече обработени данни и води до повишаване на сигурността на данните.

Източници

- Abadía, J., Walther, C., Osman, A. & Smarsly, K., (2022). A systematic survey of Internet of Things frameworks for smart city applications. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 83, 2022, 103949, ISSN 2210-6707.
- Aleksandrova, Y., (2021). Comparing Performance of Machine Learning Algorithms for Default Risk Prediction in Peer to Peer Lending, *TEM Journal*, vol. 10, is. 1, pp. 133-143.
- Aleksandrova, Y. & Parusheva, S. (2021). Optimizing financial results for credit risk prediction in peer to peer lending platforms using machine learning. *Tenth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)*, Cairo, Egypt, 2021, pp. 369-374.
- Batty, M. (2018). "Digital twins," *Environ. Planning B, Urban Anal. City Sci.* vol. 45, p. 817_820, Sep. 2018.
- Chen, J., (2020). *Neural Network*, [Online]. Available at: <https://www.investopedia.com/terms/n/neuralnetwork.asp> (Accessed: 02.11.2021)
- Čolaković, A. & Hadzialic, M. (2018). Internet of Things (IoT): A Review of Enabling Technologies, Challenges, and Open Research Issues. *Computer Networks*. 144.
- Grieves, M. & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Kahlen, J., Flumerfelt, S., Alves, A. (eds) *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Springer, Cham. pp. 85–113.
- Grieves, M. (2019). Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins, in: *Complex Systems Engineering: Theory and Practice. American Institute of Aeronautics and Astronautics*. pp. 175–200.
- Grieves, M. (2023). *Digital Model, Digital Shadow, Digital Twin*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/369830792_Digital_Model_Digital_Shadow_Digital_Twin [Accessed 2/09/2024].

- Hatcher, W. G. et.al. (2021). Towards Efficient and Intelligent Internet of Things Search Engine. *IEEE Access*, 9, pp. 15778-15795.
- Hendy, M., Miniaoui, S. & Fakhry, H. (2015). Towards strategic information & communication technology (ICT) framework for smart cities decision-makers. *2nd Asia_Pacific World Congr. Comput. Sci. Eng. (APWC CSE)*, Dec. 2015, pp. 17, doi: 10.1109/APWCCSE.2015.7476218.
- Jedari, B. , Xia, F., Chen, H., Das, S. K., Tolba, A. & Zafer, AL-M. (2019). A social-based watchdog system to detect selfish nodes in opportunistic mobile networks. *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 92, no. 3, pp. 777-788, Mar. 2019.
- Liu, Z. (2005). Reading behavior in the digital environment: Changes in reading behavior over the past ten years. *Journal of Documentation*. Bradford. 61, Iss. 6. pp. 700–712.
- Qian, C. et.al. (2022). Digital Twin—Cyber Replica of Physical Things: Architecture, Applications and Future Research Directions. *Future Internet*. 14(2):64.
- Sharma, A., Kosasih, E., Zhang, J., Brintrup, A. & Calinescu A. (2022). Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions. *Journal of Industrial Information Integration*.
- Sulova, S. (2023). A conceptual framework for innovative digital data processing in the construction business. *The 2st International Conference on Emerging Technology Trends on the Smart Industry and the Internet of Things January 24-25th 2023*. pp. 48-53.
- Theobald, O., (2017). *Machine Learning for Absolute Beginners: A Plain English Introduction*, Scatterplot Press.
- Vasilev, J., Nikolaev, R. & Milkova, T. (2023). Transport Task Models with Variable Supplier Availabilities. *Logistics* 7, no. 3: 45. <https://doi.org/10.3390/logistics7030045>
- Yadav, S.P., Bhati, B.S., Mahato, D.P. & Kumar, S. (2022). *Federated Learning for IoT Applications*. Springer.
- Ye, H. et.al. (2022). VREFL: Verifiable and reconnection-efficient federated learning in IoT scenarios. *Journal of Network and Computer Applications*.



Technologies and Challenges Facing Smart Cities

Mariya ARMYANOVA¹

¹ ORCID id 0000-0002-5759-4546, University of Economics – Varna, Bulgaria, e-mail: armianova@ue-varna.bg

DOI: <https://doi.org/10.56065/fncwvf75>

Abstract:

JEL:
C63; O18; O33

The effective management of urban resources helps to solve contemporary problems, such as global warming, population growth and resource depletion. Therefore, a major trend is the creation of smart cities (SC), in which modern technologies cooperate to create benefits for citizens and offer a solution to some of these problems. The development of SC is based on information technologies, such as the Internet of Things, wireless networks, virtual reality and 3D modeling, big data processing and artificial intelligence. The aim of the report is to identify and systematize the challenges to the creation of SC and the possibilities for their use. Overcoming the challenges is achieved by introducing appropriate measures. The report systematizes the role and place of SC, examines SC technologies and the challenges to their implementation, and identifies challenges related to ethical, psychological and legal issues. Knowing the challenges and the opportunities to overcome them allows for the creation of a more secure and reliable SC that enjoys the trust of society.

Keywords:

Smart city, artificial intelligence, internet of things, digital twin, machine learning

Now to cite:

Armyanova, M. (2025). Tehnologii i predizvikatelstva pred inteligentnite gradove [Technologies and Challenges Facing Smart Cities]. *Stroitelno predpriemachestvo i nedvizhima sobstvenost = Construction Entrepreneurship and Real Property*, 2 (1), 18-32. <https://doi.org/10.56065/fncwvf75>

Copyright ©2025
by author(s)