

ИНОВАЦИИ В ГРАДСКАТА ИНФРАСТРУКТУРА ЧРЕЗ УМНИ СТЬЛБОВЕ: УСТОЙЧИВ БИЗНЕС МОДЕЛ ЗА IoT ТЕХНОЛОГИИ В БЪЛГАРИЯ

Васил Лукарев

INNOVATIONS IN URBAN INFRASTRUCTURE THROUGH SMART POLES: A SUSTAINABLE BUSINESS MODEL FOR IOT TECHNOLOGIES IN BULGARIA

Vasil Lukarev

Abstract: The article explores the opportunities for innovation in urban infrastructure through the implementation of smart poles as a sustainable Internet of Things (IoT) technology in the Bulgarian context. Faced with challenges such as pollution, energy inefficiency and social polarization, modern cities increasingly need smart solutions to improve the quality of life and efficient resource management. The proposed concept includes the transformation and modernization of the existing infrastructure from street poles into multifunctional devices equipped with sensors, cameras, lighting systems, air monitoring modules with real-time data collection and analysis capabilities.

Through a detailed analysis of the business environment in Bulgaria, market needs and consumer preferences, a sustainable entrepreneurial IoT model with applicable value in different urban scenarios is presented. The model focuses on low investment costs, use of existing infrastructure, modular architecture and monetization opportunities through digital services and platforms. The empirical part includes prototyping and testing in a real-world environment, as well as assessing the impact on energy efficiency, safety and social connectivity.

The results of a study show that smart poles can become a key component of the sustainability of cities in Bulgaria, while providing a basis for a new business model based on data and digital services. The article contributes to the topic of digital transformation of the urban environment by proposing a practical and applicable approach to implementation of IoT innovations.

Key words: Internet of Things (IoT) business model; Smart City; Smart Pole; Sustainable Development Model.

Увод

Статията разглежда актуални и въпреки продължаващото развитие още нерешени проблеми на градската среда, като най-голямо внимание е обърнато на възможните решения в контекста на умни градове, умни сгради и в частност умни стълбове като концепция за подобряване на условията за живот. Сред най-значимите от тях са замърсяването на въздуха, високите разходи за енергия, трудностите в мобилността и недостатъчната ефективност при управлението на градските ресурси и инфраструктура. Работната хипотеза на изследването е, че интегрирането на IoT технологиите в градската инфраструктура ще направят градовете приобщаващи, ще се подобри качеството на живот на жителите и да се повишат социално-икономическите резултати. Всичко това, чрез интелигентно управление на ресурсите и управление на процесите. Оптимизиране на трафикът и замърсяването в градовете, повишаването на енергийната ефективност, подобряване на сигурността, създаването на работни места и допълнителни възможности за бизнес, намаляване на въглеродните емисии са

само някои от ползите до които ще доведе внедряването и използването на умни стълбове.

Статията разглежда предизвикателствата и възможностите пред технологичните предприемачи свързани с иновациите на градската среда, породени от навлизащите нови технологии. Представено е конкретно техническо решение с потенциални клиенти и възможности за бъдещо развитие, без да е необходимо да се инвестира в скъпа нова градска инфраструктура.

1. Умни градове и IoT

„Умен град“ е градска зона, в която технологиите и събирането на данни спомагат за подобряване на качеството на живот, както и на устойчивостта и ефективността на градските дейности (Gomstyn, 2023). Технологиите за умни градове, включват Информационни и Комуникационни Технологии (Information and Communication Technologies, ICT) и “Интернет на Нещата” (Internet Of Things, IoT). Когато един град надгражда своите системи и инфраструктура, за да включи тези технологии, се приема, че той става по-умен. Предизвикателството, пред което е изправен всеки град, е как най-

добре да подобри инфраструктурата и услугите, необходими за осигуряване на добруващо население и добри икономически резултати по устойчив начин. Това е огромно предизвикателство като се има предвид, че решенията, взети за инфраструктурата и застроената среда днес, ще имат трайно въздействие върху градовете в продължение на минимум от няколко десетилетия. Основните градски проблеми могат да се обобщят в следните групи: липса на напредък в прехода към чисти, достъпни и сигурни енергийни системи; претоварени, претъпкани и затрупани градове, по-специално по отношение на мобилността и достъпността; лошото качество на местната жизнена среда и обществените пространства и недостъпните жилища; социална поляризация в резултат на глобализацията и миграцията; високи разходи за здравеопазване; икономическа конкурентоспособност; липса на визия на това какво могат да означават новите технологии за градовете и техните жители. Като допълнение решенията за умни градове могат да бъдат двигател за икономически растеж, тъй като по-добрата инфраструктура и технологичните иновации насърчават създаването на работни места и увеличават възможностите за бизнес.

Условно можем да идентифицираме три отличителни белега на умните градове:

Мрежи. Мрежите от сензори събират и интегрират данни, които могат да се използват за различни приложения и градски услуги.

Свързаност. Свързаността позволява на ползвателите и частност общинските служители да взаимодействат директно с общността, както и да наблюдават и управляват градската инфраструктура.

Данни. Местната власт се ангажира данните да са публични и регулярно да споделя намерения за промени и данни за планиране с обществеността.

Едно от възможните решения за устойчиво развитие е използването на IoT технологиите за изграждане на умни градове, умни сгради и в частност „умни стълбове“ като концепция за подобряване на условията за живот. Платформата от „умни стълбове“ ще позволи събирането на данни в реално време, които ще помагат на местните власти да подобрят градското планиране и внедряването на градски услуги, които ще допринесат за подобряване на енергийната ефективност, оптимизиране на транспортните потоци, наблюдение на качеството на въздуха,

подобрява икономическата устойчивост чрез намаляване на оперативните разходи както и за значително намаляване на екологичния отпечатък, осигурявайки дългосрочни ползи за обществото и бизнеса.

„Умните стълбове“ представляват модернизиран, съществуващи стълбове за улично осветление, оборудвани с интелигентни модули и сензори. Те предоставят възможности за енергийно ефективно осветление, мониторинг на качеството на въздуха, трафика и метеорологичните условия, както и интегриране на системи за безопасност като видеонаблюдение и SOS бутона за спешни случаи. Предимството на тази технология е, че тя се основава на съществуваща инфраструктура, което значително намалява необходимостта от първоначални инвестиции в нова такава. Също така има и многостранни ползи като: намалени оперативни разходи за електроенергия и поддръжка, повишена ефективност на градските услуги и управление на инфраструктурата, създаване на нови предприемачески възможности и бизнес модели, както и значително подобряване на екологичната устойчивост и качеството на живот на градското население. По този начин внедряването на „умни стълбове“ може да осигури значителна добавена стойност както за публичния, така и за частния сектор, превръщайки се във важен компонент за развитието на модерните интелигентни градове в България.

2. Предприемачество и бизнес модели в контекста на IoT

IoT насърчава иновациите в предприемачеството чрез множество бизнес модели – ориентирани към продукта, базирани на услуги, ориентирани към платформата и базирани на данни подходи (Westerlund & Rajala, 2014). Продуктовите иновации в IoT например включват разработване на устройства като сензори за качество на въздуха и интелигентни устройства за наблюдение. Градовете могат да модернизират съществуващата инфраструктура за улично осветление с тези технологии, превръщайки ги в многофункционални „умни стълбове“ с минимални допълнителни инвестиции.

Умните стълбове се възползват от близостта до пътищата, съществуващите източници на енергия и широкото градско разпространение. Чрез вграждане на IoT компоненти в тези структури, клиентите получават достъп до данни в

реално време за трафика, времето, шума и замърсяването - полезни както за непосредствени градски оперативни нужди, така и за дългосрочно планиране. Използваният модулнен дизайн позволява мащабиране и адаптивност въз основа на специфичните градски нужди.

По отношение на монетизацията, клиентите могат да приемат модели за еднократна покупка, абонаментни услуги за управление на инфраструктурата или стратегии за комерсиализация на данни (Westerlund & Rajala, 2014). В България такива стратегии за монетизация могат да бъдат съобразени с местното управление и динамиката на пазара, за да се насърчи устойчивото предприемачество.

В български контекст приложимите механизми за осигуряване на приходи включват:

Модел Платформа, при който общини или организации еднократно закупуват хардуер и софтуер за "умни стълбове" и управляват платформата със собствени ресурси;

Модел на Услуга (абонаментно обслужване), при който доставчикът предлага цялостна инфраструктурна поддръжка, като клиентът заплаща редовна такса за експлоатация, мониторинг и поддръжка;

Осигуряване на приходи чрез продажба на анонимни данни, събрани от IoT устройства-

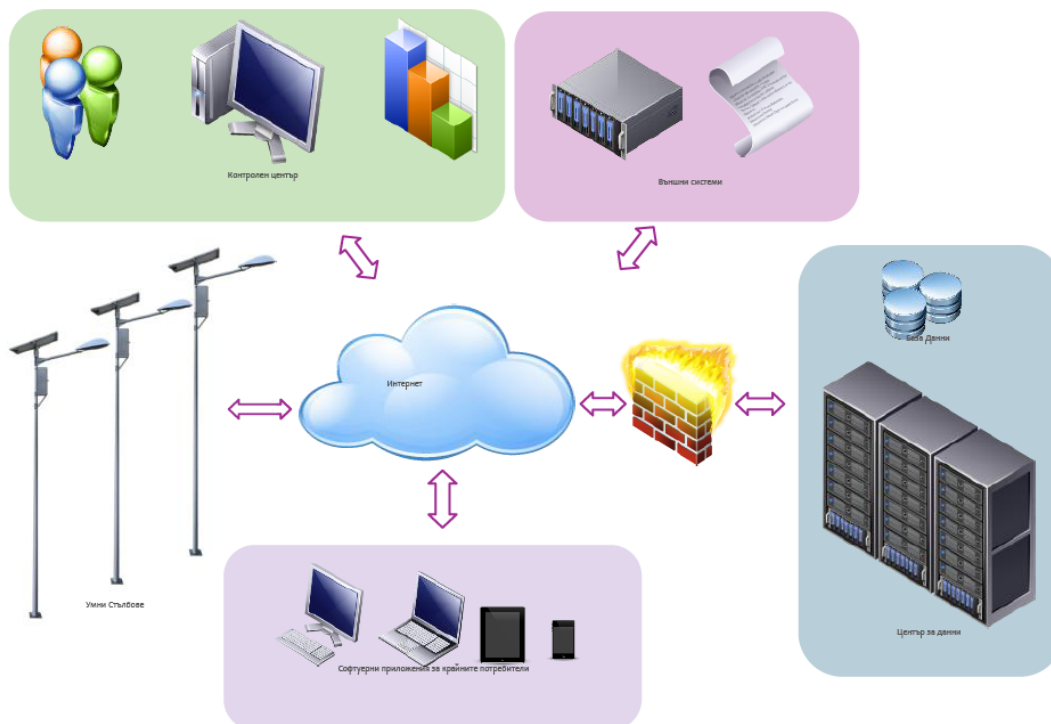
та, които могат да се използват за градско планиране, маркетингови анализи или научни изследвания.

В случая с „умните стълбове“ се обмисля възможността за генериране на приходи както от продажбата на самите IoT устройства и инфраструктура, така и от предоставянето на облачни услуги за управление и поддръжка на инфраструктурата, с месечен или годишен абонаментен модел.

Този спектър от възможности за иновации и модели за монетизация предоставя значителен потенциал за развитие на предприемачеството и икономически растеж, особено когато тези модели са адаптирани към специфичните нужди и условия на българския пазар.

3. Техническа имплементация

Екосистемата от „умни стълбове“ се състои от пет интегрирани подсистеми: *физическа инфраструктура, централизиран център за данни, оперативен контролен център, външни системни интерфейси и приложения, насочени към потребителите*. Всеки стълб е оборудван с модулни компоненти, включително сензори за качество на въздуха, осветление, наблюдение на трафика и аварийна комуникация (Фиг. 1).



Фиг. 1. Архитектура на платформа за „Умни стълбове“

Центърът за данни обобщава и обработва информация чрез сигурна, мащабируема архитектура, която може да работи на публична (AWS, Azure) или собствена инфраструктура. Достъпът до данните се управлява чрез персонализирани API (Application Programming Interface), осигуряващи сегментиране, базирано на роли, както целостта на данните (Gubbi et al. 2013). Контролният център осигурява 24/7 наб-

людение, конфигуриране, управление и диагностика на платформата. Приложенията за крайни потребители предоставят достъп до събраните данни (напр. качество на въздуха, свободни места за паркиране) чрез мобилни и уеб интерфейси, като повишават обществената прозрачност и гражданската ангажираност.

Табл. 1 представя ключовите модули и функционалности на умните стълбове.

Таблица 1

„Умни стълбове“ модули

Модул	Функция
Контролен модул	Управлява всички функции и модули; Поддържа комуникация и мониторинг на състоянието на системата
Комуникационен модул	Свързва стълба с центъра за данни чрез WiFi, 4G/5G или LoRAWAN
Модул ел. захранване	Доставя електрическо захранване на всички модули и следи консумацията на енергия
Модул осветление	Автоматично дистанционно управление на уличното осветление базирано на околната светлина и/или график
Модул аудио	Възпроизвежда предварително заредени аудио съобщения за спешни случаи, обществена информация или реклами
Модул видеонаблюдение	Камери с изкуствен интелект за наблюдение, преброяване и разпознаване на обекти, управление на паркирането
Модул видео	Показва предварително заредени видеосъобщения или реклами с помощта на различни типове екрани
Модул метеорологични данни	Измерва температура, влажност, налягане и скорост на вятъра
Модул качество на въздуха	Следи нивата на замърсяване/качеството на въздуха, визуализирано чрез цветни индикатори или цифров дисплей
Модул за извънредни ситуации	Аварийен бутон за незабавна аудио връзка с Контролния център

4. Монетизация и бизнес модел

Платформата от "умни стълбове" ще се предлага в два основни модела – *като платформа и като услуга*. Възможно е и комбинация между двата модела, в зависимост от изискванията и нуждите на пазара и клиентите. Например, инсталирането на инфраструктурата на стълбовете се покрива от клиента, а частта за управление/поддръжка се покрива от доставчика на платформата. И двата модела имат своите предимства.

Умни стълбове - модел "Платформа"

При този модел клиентът заплаща еднократно доставката на:

- "Умни стълбове" – цената се определя в зависимост от броя и функциите на стълбовете (нови или модернизиращи съществуващи стълбове).
- Право на ползване, лиценз, обхващащ софтуер за "Център за данни", "Център за управле-

ние", "Външни системи", "Софтуерни приложения за крайни потребители".

Лицензирането се базира на броя на стълбовете с предварително зададена стъпка за "Контролен център" (100, 200, 500, 1000+ стълба), а лицензът за "Софтуерни приложения за крайни потребители" се базира на приложенията и броя на абонатите. Лицензът включва гаранционен срок (2 години), актуализации на софтуера (1 път годишно), ограничена техническа поддръжка (доставка на софтуер и резервни части) през нормалното работно време, с предварително определено време за реакция.

При този модел клиентът поема изграждането на цялата инфраструктура, инсталирането и управлението на софтуера, осигуряването на необходимия персонал за експлоатацията и поддръжката на системата.

Допълнително срещу заплащане може да се осигури обучение на персонала и възможност за

разработване на персонализирани функционалности за клиента (нови модули, приложения, оптимизации, приложения за крайни потребители и др.).

Умни стълбове - модел "Услуга"

Когато се използва като услуга, клиентът получава готова и функционираща платформа от „умни стълбове“ включително инфраструктура, софтуер, персонал за експлоатация и поддръжка на системата директно готова за употреба, като

заплаща годишна абонаментна такса. С този модел клиентите получават повече стойност и повече качество за своята инвестиция. За да се гарантира достатъчна рентабилност, минималният срок за ползване на услугата е 5 години.

Тези модели на внедряване обхващат различни бюджетни възможности и оперативен капацитет, което дава възможност за по-широко приемане на интелигентната градска инфраструктура. (Табл. 2).

Таблица 2

Сравнение на бизнес моделите на монетизация

Компонент	Платформа	Услуга
Инфраструктура „умни“ стълбове – монтаж и инсталация	Извършва се от клиента	Включени
Инфраструктура Софтуер	Предоставя се от клиента	Включени
Софтуер/Център за данни	Лиценз на брой стълбове	Включени
Софтуер/Контролен център	Лиценз на брой стълбове	Включени
Софтуер/Външни системи	Лиценз на брой клиенти	Включени
Софтуер/Приложения за крайните потребители	Лиценз на функционален модул и брой клиенти	Включени
Поддръжка „умни“ стълбове	Ограничена. Резервни части в работно време	Пълна, 24x7
Поддръжка Софтуер	Ограничена. Отдалечена помощ, в работно време	Пълна, 24x7
Софтуерни обновявания	1 годишно	2+ годишно
Добавяне на нови функционалности	При поискване, по задание на клиента (заплаща се отделно)	При поискване, по задание на клиента (заплаща се отделно)
Персонал използващ платформата	Предоставя се от клиента	Включен
Обучение на персонал използващ платформата	10 човека	Не е необходимо
Лицензиране	Еднократно	Годишна такса

5. Методология на изследването и изследователски подход

Изследването използва количествен подход, включвайки структурирани проучвания, насочени към общинските администрации и потенциални бизнес партньори. Основната цел беше да се проучи осведомеността, очакванията и нивото на подготвеност по отношение на приемането на IoT технологии и платформи за „умни стълбове“ в Българската градската среда. Въпросникът включваше различни сегменти: разбиране на IoT и интелигентни стълбове; очаквани обществени и икономически ползи; готовност на инфраструктурата, капацитет на работната сила и управление на данните (Westerlund and Rajala 2014).

Целта на респондентите беше да оценят ико-

номическите и екологичните последици, да идентифицират движещите мотиви за изпълнение и да предложат потенциални стратегии за публично-частно сътрудничество. Проучването също така интегрира демографско профилиране, за да интерпретира нагласите и тенденциите, наблюдавани в различните групи заинтересовани страни.

Отговорите на проучването отразяват специфични за региона характеристики и разкриват ограничена осведоменост за концепцията за умните стълбове, въпреки общото познаване на IoT. Това представлява както предизвикателство, така и възможност - кампаниите за повишаване на осведомеността биха могли да улеснят по-широкото приемане. Както се вижда от отговорите, участниците признават предимствата на предложената система за намаляване на потреб-

лението на енергия, подобряване на градското планиране и подкрепа на местната икономика (Zanella et al. 2014).

В отговорите на „Общи въпроси и информираност“ (Фиг.1) се вижда, че по-голямата част от участниците са запознати с IoT технологията, но не и с концепцията за „умни стълбове“. Това ще изисква допълнителни усилия за постигане на добро ниво на осведоменост, като в същото време адаптирането на IoT технологиите е много ограничено, и това може да се счита за добра възможност за увеличаване на търсенето и покриване на нуждите.



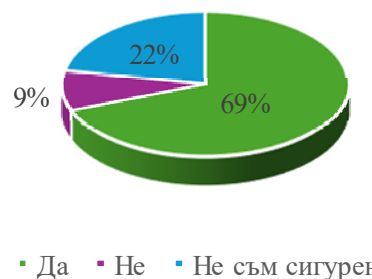
Фиг. 1. Общи въпроси и информираност

Отговорите относно „Потенциалните ползи“ (Фиг. 2) ясно показват, че IoT технологиите и платформата от „умни стълбове“ могат да донесат значителни предимства на цялата градска екосистема, като намаляване на енергийните разходи, подобряване на планирането и транспортните потоци, намаляване на замърсяването на въздуха и в същото време да създадат нови работни места и възможности за бизнес и икономически растеж. Всичко това заедно ще подобри качеството на живот.



Фиг. 2. Потенциални ползи

На въпроса „Имате ли интерес да внедрите умни стълбове във вашата община/организация?“ получихме положителен отговор от 2/3 от участниците. Също така има не малка група хора, които не могат да решат.



Фиг. 3. Имате ли интерес да внедрите умни стълбове във вашата община/организация?

На въпроса „Какъв е основният фактор, който би ви мотивирал за внедряване на IoT?“ повечето от участниците изразиха мнение, че внедряването и използването на IoT технологии ще се ръководи от множество фактори, като основните са свързани с намаляване на разходите, повишаване на ефективността и положителни ползи за околната среда. (Фиг. 4)



Фиг. 4. Какъв е основният фактор, който би ви мотивирал за внедряване на IoT?

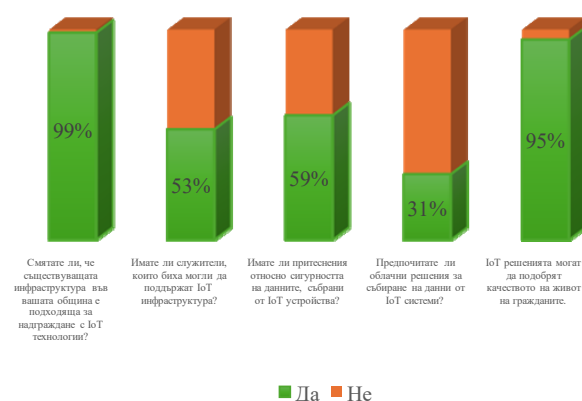
На въпросите от група „Технологични аспекти и предизвикателства“ и „Какви са основните технологични пречки, които виждате пред внедряването на умните стълбове?“ (Фиг. 5) е важно да споменем трите най-често срещани отговора. Участниците определиха като основна пречка осигуряването на дългосрочна поддръжка. Много често в България има добри инициативи, завършени и след известно време оставени без надзор и без подходяща поддръжка. Това е

адресирано с използването на платформата от "умни стълбове" като услуга, с най-малко 5 години експлоатационно време, където поддръжката е включена. Другите две предизвикателства също са важни и не бива да се пренебрегват – как ще се използват събраните данни (и дали изобщо ще се използват) и състоянието на съществуващата инфраструктура, която в повечето случаи е стара и не се обслужва редовно.



Фиг. 5. Какви са основните технологични пречки, които виждате пред внедряването на умните стълбове?

В другите въпроси от секцията „Технологични аспекти и предизвикателства“ получихме следните отговори, посочващи предизвикателства с наличието на обучени хора за поддръжка на IoT инфраструктурата, сигурността на данните и използването на публичните услуги (центрове за данни) за предоставяне на услугата. (Фиг. 6) Докато предизвикателството с подготвените хора може да бъде разрешена сравнително лесно, с допълнителни специализирани обучения или аутсорсинг на доставчици от трета страна, сигурността на данните се нуждае от специално внимание. Сигурността в IoT инфраструктурата винаги е предизвикателство поради необходимостта от разпределена сензорна архитектура. Сигурността също не е евтина, така че трябва да намерим правилния баланс. Платформата от „умни стълбове“ разчита на индустриални стандарти/протоколи за сигурност и добри практики, които се следват, за да се гарантира приемливо ниво на сигурност. Също така са планирани редовни софтуерни актуализации за предотвратяване на проблеми със сигурността. Във връзка с притесненията относно използването на публични центрове за данни, винаги можем да използваме локална инфраструктура, но това ще бъде по-скъпо за имплементация и поддръжка.



Фиг. 6. Технологични аспекти и предизвикателства

Приблизително две трети от анкетираните изразиха интерес към внедряването на интелигентни стълбове. Оптимизацията на разходите, автоматизацията на услугите и екологичната устойчивост се очертават като ключови за адаптирането на IoT технологиите. Въпреки това, дългосрочната поддръжка, недостатъчно развитата инфраструктура и как ще се използват данните остават значителни слабости.

Проучването също така разкри предизвикателствата, свързани с наличието на обучен персонал и надеждността на публичните облачни инфраструктури. Докато ограниченията на работната сила могат да бъдат смекчени чрез специализирано обучение или аутсорсинг, осигуряването на сигурна защита на данните изисква спазване на признати стандарти за сигурност и непрекъснати актуализации на системата (Bibri 2021).

Въз основа на данните, събрани от проучването, можем да направим следните изводи и препоръки относно готовността на пазара за приемане на IoT технологиите и платформата от „умни стълбове“:

– Българският пазар има добър потенциал за внедряване на нови IoT технологии и платформата от „умни стълбове“.

– Изграждане на по-голяма осведоменост относно концепцията за „умни стълбове“ ще е ключова за внедряването както и първият референтен клиент.

– Справянето с технологичните предизвикателства е от съществено значение за успеха на приемането на платформата с фокус върху сигурността, обработката на данни и готовността на работната сила.

– Първоначално трябва да се съсредоточим

повече върху повишаване на информираността за потенциалните ползи от платформата с приоритет върху обслужването и дългосрочните взаимоотношения.

– Използване на финансиране от ЕС може да послужи като критичен фактор за първоначалното внедряване и изграждане на дългосрочни партньорства.

6. Ползи, анализ и интерпретация на данните

Внедряването на платформа от „умни стълбове“ предоставя значителни екологични възможности, съобразени с ESG (Environmental, Social, and Governance) законови рамки. От екологична гледна точка намаляването на въглеродните емисии и потреблението на енергия са приоритети, но трябва да се обърне допълнително внимание и на въздействието на платформата върху целия жизнен цикъл - от производството и внедряването до поддръжката и рециклирането (Bibri, 2021).

IoT устройствата са проектирани за ниска консумация на енергия, като използват енергийно ефективни SoC (System-on-Chip) и LED базирани осветителни системи с адаптивен контрол. Интегрирането на възобновяеми енергийни източници като слънчеви панели може допълнително да намали зависимостта от електричество от мрежата, макар и с последици за въглеродния отпечатък през целия жизнен цикъл. Центровете за данни, които обслужват работата на платформата, също допринасят за общото потребление на енергия и трябва да бъдат взети предвид в екологичните оценки.

Поддръжката на софтуерни актуализации OTA (Over-the-Air) разширява използваемостта на устройствата, допринасяйки за дългосрочна устойчивост. Излезният от употреба хардуер трябва да отговаря на разпоредбите на ЕС, включително Директива 2012/19/ЕС и Закона за управление на отпадъците на България.

Използването на платформата ще доведе и до подобряване на градската инфраструктура, намаляване на въглеродния отпечатък, повишаване на енергийната ефективност, както и ще спести време, обществени ресурси и намаляване на замърсяването на околната среда. С помощта на събраните данни градската администрация ще може да взема информирани решения за ограничаване на замърсяването, оптимизиране на транспортните потоци, включително градския

транспорт, и като цяло подобряване качеството на живот на жителите. Използването на „умни стълбове“ ще донесе допълнителни икономически ползи и бизнес възможности със създаването и използването на различни софтуерни приложения за крайните потребители. Като пример можем да посочим приложение, което показва в реално време свободните места за паркиране в даден градски район или улица(и). Това ще спести време (няма нужда да шофираме, търсейки място за паркиране), ще намали замърсяването (по-малко трафик), както и ще подобри здравето и безопасността както за жителите, така и за пътниците. Също така, данните, събрани от платформата, могат да се използват за създаване на нови продукти и услуги или за продажба на анонимизирани данни на трети страни.

7. Пазарен анализ на IoT в България

Пазарът на IoT в България е готов за стабилно разширяване до 2030 г., движен от технологичния напредък, повишеното секторно търсене и благоприятните рамки на политиката. Основните допринасящи сегменти включват хардуерни компоненти (сензори, процесори), софтуерни платформи (анализ на данни, мониторинг, сигурност) и управлявани услуги (Zanella et al. 2014).

Като основна тенденция можем да определим стабилния растеж на IoT устройствата в България. Броят на свързаните IoT устройства продължава да расте, като се очаква значително увеличение през следващите години. Технологии като LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) и LEO (Low Earth Orbit) сателитни комуникации ще играят важна роля в развитието на пазара. Доминиращите технологии като Wi-Fi, Bluetooth и клетъчните IoT връзки са основните, които движат пазара днес, но това може да се промени в близко бъдеще. Приемането на нови стандарти като Wi-Fi6/Wi-Fi6E също подобрява ефективността и надеждността на IoT комуникациите, които могат да повлияят на пазара. IoT приложенията са широко възприети в различни сектори, като например (Lasse, 2014):

– Здравеопазване. Внедряването на IoT в здравеопазването подобрява наблюдението на пациентите и подобрява ефективността на здравните услуги.

– Автомобили и транспорт. IoT е от основно значение за напредъка на интелигентните транспортни системи и автомобилните иновации.

– Автоматизация на сгради и строителство. IoT решенията се използват за оптимизиране на потреблението на енергия, подобряване на сигурността в сградите, намаляване на експлоатационните разходи и подобряване на производителността. Интелигентните сензори и RFID етикетите помагат за идентифициране на потенциални рискове и оптимизиране на ресурсите.

– Производство. Интелигентните производствени процеси се управляват от IoT технологиите, повишавайки ефективността на производството и намалявайки разходите.

– Търговия на дребно. IoT трансформира сектора на търговията на дребно чрез подобро управление на инвентара и персонализирано клиентско изживяване.

– Селско стопанство. Решенията за интелигентно земеделие помагат за увеличаване на производителността и устойчивостта на селското стопанство.

– Енергия. IoT решенията помагат за наблюдение и управление на енергийните ресурси, което води до по-ефективно използване на енергия и намалени емисии на въглероден диоксид.

Българският пазар на IoT е конкурентен, като има няколко ключови компании, които допринасят за растежа му. Тези компании се фокусират върху техническия и оперативния сравнителен анализ, за да останат напред на пазара. Стратегическите препоръки включват инвестиране в научноизследователска и развойна дейност, разширяване на предлаганите услуги и повишаване на ангажираността на клиентите за поддържане на конкурентно предимство. IoT пазарът в България предоставя много възможности, особено в областта на интелигентното производство, интелигентния транспорт, интелигентната енергия и свързаното здравеопазване. Някои от компаниите в България, които активно разработват IoT решения, са изброени по-долу.

A1 България - A1 е първият телеком в България, който предлага мобилни Narrowband-IoT (NB-IoT) решения. Компанията има множество проекти, включително мониторинг на потреблението на вода, управление на отпадъците, интелигентно градско осветление и интелигентно паркиране. (A1)

Smart IT - технологичният център на MFG, Smart IT, работи по различни IoT проекти, включително разработване на софтуерни продукти в различни области. Тези проекти включват функции като отдалечен достъп и управле-

ние на различни сензори и устройства. (SmartIT)

Техно Логика - Тази компания има дългогодишен опит в ИТ сектора и работи по проекти и решения, насочени към българското общество и икономика. (TechnoLogica)

DataArt - Със собствен иновативен проект те спечелиха награда в категория "Интернет на нещата Интелигентен град" на IoT Adventure Awards. Проектът включва интелигентни асансьори, които използват IoT технологии за подобряване на ефективността и безопасността. (DataArt)

Devision - Разработва облачен IoT софтуер за водеща международна компания в областта на автоматизацията на интелигентни домове и сгради. Проектите включват интелигентно управление на частни домове и бизнес сгради. (Devision)

Заслужава си да се споменат и някои успешни стартиращи компании, които разработват иновации в областта на IoT:

Melissa Climate - известна със своите решения за управление на климата в интелигентния дом. Те предлагат устройства, които позволяват дистанционно управление на климатици и други уреди чрез мобилно приложение. (MClimate)

Allterco Robotics - Известни със своите продукти Shelly, които включват интелигентни реле-та и сензори за домашна автоматизация. Техните устройства са популярни както в България, така и на международния пазар. (Allterco)

Develiot - Разработва IoT решения за мониторинг на качеството на въздуха и водата. Техни продукти се използват за събиране на данни в реално време и предоставяне на анализи за подобряване на околната среда. (Develiot)

Bosch Startup Harbour - Програмата Bosch.IO в България подкрепя множество стартапи, включително Efemarai и QuarkXR, които работят в областта на машинното обучение и добавената виртуална реалност. (Bosch-digital)

Тези компании демонстрират как българските компании могат да бъдат иновативни и да се конкурират на булагруанския и международния пазар. Като цяло пазарът на IoT в България е настроен за значителен растеж, движен от технологичния напредък и нарастващото приемане в различни сектори. Бизнесът и заинтересованите страни трябва да се съсредоточат върху иновациите и стратегическото планиране, за да използват пълния потенциал на интернет на нещата в България.

8. IoT пазар - приходи и обем

Приходите на пазара на интернет на нещата в България се очаква да достигнат 764,31 милиона долара през 2025 г., като автомобилният IoT сектор доминира на пазара с прогнозиран пазарен обем от 206,17 милиона долара през 2025 г. Очаква се приходите да покажат годишен темп на растеж (CAGR 2025-2029) от 9.06%, което ще доведе до пазарен обем от 1.08 милиарда долара до 2029 г. България се очертава с много добри възможности на пазара на Интернет на нещата с нарастващ брой технологични стартапи, специализирани в IoT решения. (IoT Bulgaria, 2024)

Значителен растеж се наблюдава в различни сегменти, като се очаква потребителският IoT да достигне 169.85 милиона долара през 2025 г., с комбиниран годишен темп на растеж (CAGR) от 8.30% от 2025 до 2029 г. (Consumer IoT - Bulgaria, 2024). Очаква се интелигентните градове да генерират приходи от 56.54 милиона долара до 2025 г., нараствайки с CAGR от 8.46% от 2025 до 2029 г. (Smart Cities – Bulgaria, 2024), а други IoT системи се очаква да достигнат 9.03 милиона долара до 2025 г., с годишен темп на растеж от 11.39% от 2025 до 2029 г. Общият обем на пазара на IoT в България също се разширява бързо и се очаква да достигне 684,40 милиона долара през 2024 г. и да нарасне до 1 081 милиона долара до 2029 г. с годишен темп на растеж от 9,57%. (Other IoT – Bulgaria, 2024)

Растежът се дължи на разпространението на интелигентни устройства, сензори и свързани уреди. Наред с устройствата, пазарът на IoT платформи и услуги се разширява бързо. Компаниите инвестират в платформи, които предлагат решения за управление на устройства, анализи и сигурност, които са от съществено значение за управлението на нарастващия обем IoT устройства. Подобреността в свързаността (като 5G), анализа на данни и AI позволяват по-сложни IoT приложения, които от своя страна стимулират растежа на пазара.

IoT пазарът в България преживява все по-голям растеж, както по отношение на приходите, така и по отношение на броя на свързаните устройства. Разширяването на пазара е подкрепено от технологичния напредък и нарастващото приемане в различни сектори. Положителната перспектива предполага продължаване на инвестициите и иновациите в IoT технологиите.

9. Заключение

Проведените изследвания за внедряване на умни IoT технологии и по-специално концепцията за „умни стълбове“ в българската градска среда потвърждават първоначалната хипотеза, че интегрирането на IoT решения в съществуващата инфраструктура допринася не само за икономическата устойчивост чрез намаляване на оперативните разходи, но и за подобряване на околната среда и дългосрочна устойчивост на градовете. Проведеното изследване разкрива значителна готовност и интерес към внедряване на технологии за умни градове, макар и с известни резерви по отношение на инфраструктурата и поддръжката.

Анализът ясно показва множество икономически ползи. Сред най-цитираните от респондентите са намаляването на потреблението на електроенергия поради интелигентно управление на осветлението, повишената ефективност в градските услуги и създаването на нови предприемачески възможности чрез монетизиране на данни и базирани на платформи бизнес модели. Освен това възможността за модернизиране на съществуващата осветителна инфраструктура без мащабни инвестиции прави решението едновременно рентабилно и мащабируемо, особено в контекста на ограничени общински бюджети.

От екологична гледна точка платформата от „умни стълбове“ предлага значителни ползи. Те включват по-ниски въглеродни емисии, подобрен мониторинг на качеството на въздуха и оптимизиране на трафика и енергийните потоци. Модулният дизайн, енергийно ефективният хардуер и интегрирането на възобновяеми енергийни източници (напр. слънчеви панели) допълнително засилват екологичната стойност на системата. Освен това възможността за събиране и обработка на данни за околната среда в реално време предоставя на градските администрации мощни инструменти за управление и устойчиво планиране.

Въпреки тези предимства остават и няколко предизвикателства. Изследването идентифицира критични бариери като липсата на обучен персонал за поддръжката на IoT системите, опасенията за поверителността на данните и киберсигурността, не-доброто състояние на голяма част от съществуващата градска инфраструктура. Преодоляването на тези пречки ще изисква координирани усилия с участието на публичните органи, частните доставчици на технологии и

академичните среди. По-специално, създаването на програми за обучение, стратегически партньорства и регулаторни рамки, подкрепящи сигурно и етично използване на данни, ще бъде от решаващо значение за устойчивото внедряване.

Валидирането на работната хипотеза отваря пътища за бъдещи изследвания и практическо прилагане. Една обещаваща посока включва разработването на специализирани пилотни проекти в средно големи Български градове за по-нататъшна оценка на реалната производителност, изискванията за поддръжка и приемането от общността на умните стълбове. Тези пилотни инициативи могат да служат като тестови инкубатори за иновации, генерирайки ценна обратна връзка за оптимизиране както на технологията, така и на бизнес модела. Освен това се препоръчват дълготрайни проучвания за наблюдение на екологичното и социално-икономическото въздействие на приемането на IoT с течение на времето.

Друга бъдеща изследователска посока се крие в разширяването на функционалностите на IoT платформата чрез интеграция с изкуствен интелект (AI) и машинно обучение (ML). Прогнозният анализ може да повиши стойността на събраните данни, поддържайки усъвършенствани сценарии за градско планиране като прогнозна поддръжка, динамично пренасочване на трафика и оптимизиране на реакцията при извънредни ситуации. Освен това разработването на отворени API за разработчици трети страни ще насърчи създаването на допълнителни услуги и приложения, стимулирайки иновациите и предприемаческите екосистеми.

В заключение, внедряването на интелигентни IoT технологии в България представлява реалистичен, иновативен път към по-устойчиви, интелигентни и икономически жизнени градове. Инициативата "умни стълбове" служи не само като технологичен напредък, но и като стратегическа възможност за преосмисляне на градския живот. Чрез информирани политически решения, сътрудничество със заинтересованите страни и непрекъснати изследвания, България може да се позиционира като регионален лидер в иновациите в интелигентните градове, привеждайки националното развитие в съответствие с глобалните цели за екологична и дигитална трансформация.

Литература

A1. Available at: <https://www.a1.bg/en> (Accessed: 8 April 2025)

Allterco. Available at: <https://allterco.com/en/home/> (Accessed: 8 April 2025)

Bibri, Simon Elias. (2021). "Smart Sustainable Cities of the Future: The Untapped Potential of Big Data Analytics and Context-Aware Computing for Advancing Sustainability." *Sustainable Cities and Society* 74: 103130.

Bosch-digital. Available at: <https://www.bosch-digital.com/> (Accessed: 8 April 2025)

Consumer IoT Bulgaria. (2024). "Statista Market Forecast, Jun 24". Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/consumer-iot/bulgaria>, (Accessed: 24 April 2025)

Dataart. Available at: <https://www.dataart.team/> (Accessed: 8 April 2025)

Develiot. Available at: <https://www.linkedin.com/company/develiot> (Accessed: 8 April 2025)

Devision. Available at: <https://www.devision.com/> (Accessed: 8 April 2025)

Gomstyn, Alice. (2023). "What is a Smart City". Available at: <https://www.ibm.com/topics/smart-city> (Accessed: 25 April 2025)

Gubbi, Jayavardhana, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, and Marimuthu Palaniswami. (2013). "Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions." *Future Generation Computer Systems* 29 (7): 1645–1660.

IoT Bulgaria. (2024) "Statista Market Forecast, Jun 24". Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/bulgaria> (Accessed: 8 April 2025)

Lasse Lueth, Knud. (2014). "IoT market segments – Biggest opportunities in industrial manufacturing". Available at <https://iot-analytics.com/iot-market-segments-analysis/> (Accessed: 8 April 2025)

Mclimate Available at: <https://mclimate.eu/> (Accessed: 8 April 2025)

Other IoT – Bulgaria. (2024). "Statista Market Forecast, Jun 24". Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/other-iot/bulgaria> (Accessed: 9 April 2025)

Smart Cities – Bulgaria. (2024). "Statista Market Forecast, Jun 24". Available at: <https://www.statista.com/outlook/tmo/internet-of-things/smart-cities/bulgaria> (Accessed: 9 April 2025)

SmartIT. Available at: <https://mfg.bg/companies/smart-it> (Accessed: 9 April 2025)

TechnoLogica. Available at: <https://technologica.com/en/> (Accessed: 9 April 2025)

Westerlund, Mika, and Risto Rajala. (2014). "The Role of Business Models in the Development of Smart Cities." *IEEE Software* 31 (6): 52–56.

Zanella, Andrea, and Michele Zorzi. (2015). "The Role of Smart City Data in Urban Applications." In *Smart Cities: A Data-Driven Approach*, 27–44. Springer.

PhD student Vasil Lukarev MSc
University of National and World Economy,
Entrepreneurship Department
1700 Sofia, Student Town, UNWE
E-mail: vlukarev@gmail.com