

ИНТЕРНЕТ НА ОБЕКТИТЕ И ДИГИТАЛНИ ДВОЙНИЦИ В ОБЩЕСТВЕНИТЕ ПОРЪЧКИ: МОДЕЛ ЗА УМЕН КОНТРОЛ И ПРЕВЕНЦИЯ НА КОРУПЦИОННИ ПРАКТИКИ

Internet of Things and Digital Twins in Public Procurement: A Model for Smart Control and Corruption Prevention

Теодор Буров¹

email: teodor.burov@unwe.bg¹

Абстракт

Настоящият доклад представя концептуален модел за прилагане на технологии от типа Интернет на обектите (IoT) и Дигитални двойници (Digital Twins) в процеса на възлагане и изпълнение на обществени поръчки. Моделът обединява структурирани данни от електронната платформа ЦАИС ЕОП и сензорни данни от реалното изпълнение на проектите, за да създаде интерактивен дигитален близък на поръчката. Чрез алгоритми за машинно обучение се анализират ключови рискови индикатори – вид процедура, критерии за подбор, прогнозни стойности, концентрация на участници и отклонения в срокове и бюджети. България разполага с отлична основа за развитие на подобен модел благодарение на отворените данни, публикувани от ЦАИС ЕОП, и възможностите за експорт в CSV и XLS формати. Предстоящото публикуване на данни в OCDS (Open Contracting Data Standard) ще улесни изграждането на аналитични платформи, визуализации и граждански мониторинг. Липсата на интеграция на България в Public Procurement Data Space (PPDS) е силен аргумент за оригиналността и необходимостта от национален модел. Данните могат да бъдат използвани от институции като КПК, КЗК, ГДБОП за анализ на картелни практики и корупционни рискове, както и от граждански организации за независим надзор. Този подход превръща контрола върху обществените поръчки от реактивен в интелигентен, предсказуем и прозрачен процес, подпомагащ изграждането на доверие и интегритет в публичните разходи.

Abstract

The present report introduces a conceptual model for applying Internet of Things (IoT) and Digital Twin technologies in the process of awarding and implementing public procurement contracts. The model integrates structured data from the national e-procurement platform CAIS EOP with sensor data from the actual execution of projects, creating an interactive digital twin of each procurement procedure. Machine learning algorithms are used to analyze key risk indicators such as the type of procedure, selection criteria, estimated values, concentration of bidders, and deviations in deadlines and budgets. Bulgaria has a strong foundation for developing such a model thanks to the open data published by CAIS EOP and the possibility to export datasets in CSV and XLS formats. The forthcoming publication of data in the OCDS (Open Contracting Data Standard) format will further facilitate the development of analytical platforms, visualizations, and civic monitoring tools. The absence of Bulgarian integration into the Public Procurement Data Space (PPDS) provides a strong argument for the originality and necessity of a national-level model. The data can be used by institutions such as the Commission for Counteracting Corruption, the Commission on Protection of Competition, and the Cybercrime Directorate to analyze cartel practices and corruption risks, as well as by civil society organizations for independent oversight. This approach transforms public procurement oversight from

¹ Докторант, катедра „Финансов контрол“, Финансово-счетоводен факултет, УНСС, ORCID 0009-0007-8998-2985, email: Teodor.Burov@unwe.bg.

a reactive process into an intelligent, predictive, and transparent system, strengthening trust and integrity in public spending.

Ключови думи: интернет на обектите, дигитални двойници, стандарт за отворени данни при обществените поръчки (OCDS), превенция на корупцията.

JEL: H57, D83, O33, H83

Въведение

Дигитализацията на публичния сектор се превърна в ключов фактор за повишаване на прозрачността, ефективността и отчетността на публичните институции. В областта на обществените поръчки, където управлението на значителни финансови ресурси е свързано с висок риск от нередности и корупционни практики, внедряването на интелигентни технологии за контрол е не само технологична иновация, но и инструмент за укрепване на доверието в публичните процеси. През последното десетилетие Европейският съюз насърчава изграждането на общи стандарти и инфраструктури за обмен и анализ на данни в обществените поръчки. Сред тях особено значение имат Open Contracting Data Standard (OCDS), разработен от *Open Contracting Partnership*, и инициативата на Европейската комисия Public Procurement Data Space (PPDS), целяща интеграция на националните платформи с европейските бази данни като TED (Tenders Electronic Daily). Тези усилия създават предпоставки за повишаване на прозрачността и съпоставимостта на данните между държавите членки.

Въпреки това, България все още не е интегрирана в PPDS, а публикуваните данни за страната се ограничават единствено до процедурите над европейските прагове, отразени в TED. Националната система Централизирана автоматизирана информационна система „Електронни обществени поръчки“ (ЦАИС ЕОП) предоставя значително по-богат и детайлен масив от информация, включващ целия жизнен цикъл на обществените поръчки – от планирането и откриването до изпълнението и измененията на договорите. Това създава възможност за изграждане на национален модел за интелигентен контрол, който да използва отворените данни от ЦАИС ЕОП и предстоящото въвеждане на OCDS формат за периодично публикуване.

Едновременно с това, технологичните тенденции в сферата на Интернет на обектите (Internet of Things – IoT) и Дигиталните двойници (Digital Twins) откриват нови перспективи за управление и наблюдение на реални процеси чрез виртуални модели и сензорни данни в реално време. Докато IoT осигурява събиране и предаване на информация от физическата среда, дигиталните двойници позволяват създаване на динамични симулации, чрез които може да се проследява, прогнозира и оптимизира поведението на даден обект или процес. Приложени в контекста на обществените поръчки, тези технологии биха могли да осигурят интелигентен, предсказуем и прозрачен контрол върху възлагането и изпълнението на договори.

Настоящият доклад представя концептуален модел, който комбинира принципите на IoT и дигиталните двойници с потенциала на отворените данни от ЦАИС ЕОП, за да се създаде умна система за превенция на корупционни рискове и анализ на ефективността на обществените поръчки. Основната цел е да се предложи рамка за прилагане на технологии за реално-времеви мониторинг и аналитичен контрол, която надгражда съществуващите европейски модели и отговаря на специфичните особености на българската среда.

Задачите на изследването включват:

- анализ на концепциите за Интернет на обектите и дигиталните двойници и тяхната приложимост в публичния сектор;
- идентифициране на възможностите за използване на националните отворени данни (ЦАИС ЕОП, OCDS) за изграждане на дигитални модели на обществените поръчки;
- формулиране на архитектура за интелигентен контрол, базирана на рискови индикатори и машинно обучение;
- очертаване на потенциала за институционално и гражданско приложение на подобен модел.

В резултат се цели да се демонстрира, че при наличие на подходящи стандарти за публикуване и интегриране на данни, България може да изгради собствен модел на дигитален контрол и прозрачност, съвместим с европейските инициативи, но адаптиран към националния контекст. Този подход не само ще подпомогне ефективното управление на публичните ресурси, но и ще създаде устойчива основа за изграждане на доверие, интегритет и отговорност в процеса на обществените поръчки.

Теоретични и концептуални основи

Концепцията за Интернет на обектите (IoT) и приложението ѝ в публичния сектор

Интернет на обектите (Internet of Things, IoT) представлява мрежа от физически устройства, оборудвани със сензори, софтуер и комуникационни технологии, които събират и обменят данни с минимална човешка намеса. В основата си IoT позволява наблюдение и управление на физически процеси в реално време, което води до по-висока ефективност, предсказуемост и прозрачност.

В публичния сектор IoT намира приложение в различни области: интелигентна инфраструктура, управление на трафика, мониторинг на енергийна ефективност, градско планиране и дори здравеопазване. Тези технологии дават възможност за изграждане на „умни градове“ и интелигентни системи за управление на публичните ресурси, при които решенията се основават на реални данни, а не на субективни оценки.

В контекста на обществените поръчки IoT може да се използва за проследяване на изпълнението на договори – например чрез сензори, които подават данни за напредъка на строителни дейности, доставки или услуги. Тези данни могат да се комбинират със структурирана информация за самата процедура (оферти, участници, цени), което отваря път към интегрирани модели на контрол и оценка.

Дигиталните двойници (Digital Twins) – от индустриални симулации към управление на обществени процеси

Понятието „дигитален двойник“ се отнася до виртуално представяне на реален обект, система или процес, което позволява неговото наблюдение, анализ и оптимизация. Дигиталните двойници възникват в индустрията – например при проектирането на машини, транспортни системи и производствени линии – но все по-често се прилагат и в управлението на сложни обществени системи.

Основната им функция е да създадат динамична симулация, която отразява реалното състояние на обекта в даден момент, като използва данни от различни източници: сензори, бази данни, административни регистри и аналитични модели. В контекста на обществените поръчки това означава, че всеки проект или договор може да има свой „дигитален близък“, който обединява информация за:

- планиран бюджет, прогнозни стойности и критерии за възлагане;
- участници и подизпълнители;
- хронология на изпълнението, срокове и плащания;
- отклонения от първоначалните параметри.

Този подход позволява възпроизвеждане на реалните процеси в цифрова среда и прилагане на аналитични алгоритми за откриване на аномалии, оценка на риска и прогнозиране на резултати. По този начин дигиталният двойник се превръща в инструмент за интелигентен контрол и превенция на нарушения в реално време.

Синергия между IoT и дигиталните двойници за контрол в обществените поръчки

Комбинирането на IoT и дигиталните двойници представлява следващ етап в еволюцията на дигиталния контрол. Докато IoT осигурява потоци от сензорни данни, дигиталният двойник ги интерпретира в контекста на конкретната обществена поръчка, позволявайки интерактивен анализ и симулация.

Тази синергия има няколко ключови предимства:

- Непрекъснат мониторинг – данните за изпълнение се подават автоматично, без забавяне.
- Идентификация на рискови отклонения – чрез анализ на ключови индикатори (срокове, цени, концентрация на участници, промени в договора).
- Подкрепа за вземане на решения – чрез прогнозни модели и визуални панели.
- Интеграция на институционален и граждански контрол – достъп до визуализирани данни в реално време.

В резултат контролът върху обществените поръчки може да се трансформира от последващ и документален към динамичен и предсказуем, което съществено намалява възможностите за корупционни практики и неефективно разходване на публични средства.

IoT и дигиталните двойници в контекста на прозрачността и интегритета

Връзката между дигиталните технологии и интегритета на публичния сектор се разглежда все по-често в рамките на концепцията за „data-driven integrity“ – интегритет, основан на данни. Изследвания на OECD, World Bank и European Commission посочват, че използването на структурирани и достъпни данни позволява не само откриване на нередности, но и предварително прогнозиране на рискове, което е същността на съвременния контрол.

В този контекст дигиталните двойници и IoT се явяват инструмент на управлението по интегритет, като осигуряват прозрачност, автоматизация и аналитичен капацитет. Прилагането им в обществените поръчки ще позволи:

- обективна оценка на изпълнението на договори;
- наблюдение на съответствието със законовите изисквания;
- откриване на потенциални конфликти на интереси и картелни съглашения;
- предоставяне на достоверна информация за граждански мониторинг.

Така концепцията за дигитален контрол не се свежда единствено до техническа модернизация, а представлява нова управленска философия, при която прозрачността и отчетността се постигат чрез технологии, данни и отворени алгоритми.

Данни, инфраструктура и национален контекст

Националната система ЦАИС ЕОП като основа за дигитален контрол

България разполага с една от най-структурираните платформи за електронни обществени поръчки в Европейския съюз – Централизираната автоматизирана информационна система „Електронни обществени поръчки“ (ЦАИС ЕОП). Системата е разработена и поддържана от Агенцията по обществени поръчки (АОП) и осигурява пълна дигитализация на възлагателния процес, включително публикуване на обявления, подаване на оферти, сключване и изпълнение на договори. ЦАИС ЕОП съдържа богат масив от структурирани данни, който покрива всички етапи от жизнения цикъл на обществената поръчка:

- планиране и прогнозна стойност;
- откриване на процедурата и публикувани документи;
- подаване и оценка на оферти;
- възлагане на изпълнител;
- сключване и изменения на договора;
- проследяване на изпълнението.

Наличието на централизиран достъп и унифициран формат на публикуваната информация позволява автоматизирано извличане и анализ на данни, което създава предпоставки за изграждане на модели за ранно предупреждение и превенция на рискове. Допълнителен потенциал представлява възможността за експорт на данни в CSV и XLS формати, което улеснява машинната обработка и интеграцията с външни аналитични системи.

Отворени данни и инициативи за прозрачност: примерът на OpenTender.eu

В допълнение към националната система, България присъства в международни проекти за прозрачност като OpenTender.eu, създаден в рамките на инициативата DIGIWHIST и поддържан

от организацията *Open Knowledge Foundation*. Платформата предоставя възможност за сравнителен анализ между държавите членки на ЕС, като използва данни от националните портали за отворени данни и от TED (Tenders Electronic Daily). За България източникът на данни, използван от OpenTender.eu, е националният портал за отворени данни (data.egov.bg). Към момента порталът публикува два основни набора – *данни за сключени договори* и *данни за изменения на договори*, предоставяни от ЦАИС ЕОП. Въпреки че това представлява важна стъпка към прозрачност, информационният обхват е ограничен, тъй като липсват данни за планиране, процедури, подадени оферти и реално изпълнение. Освен това данните не се обновяват в реално време, а последната налична информация в OpenTender.eu за България е към края на 2023 г. Тази структура на данните е недостатъчна за създаване на дигитални двойници, които изискват пълна и динамична картина на възлагателния процес. Без информация за предварителните етапи (обявяване, офертиране) и за последващото изпълнение е невъзможно да се изгради симулационен модел, който да проследява реалните зависимости и отклонения. Следователно, за да бъде приложен концептуалният модел на интелигентен контрол, е необходимо публикуване на данни във формат, който осигурява цялостен и актуален жизнен цикъл на поръчката.

Ролята на стандарта OCDS за изграждане на пълна картина на процеса

Решението на този проблем се съдържа в стандарта OCDS (Open Contracting Data Standard), разработен от *Open Contracting Partnership* и прилаган от редица държави и международни организации.

OCDS дефинира унифициран модел за структуриране и публикуване на данни за обществени поръчки, който обхваща всички етапи от жизнения цикъл – *планиране, откриване, офертиране, възлагане, договаряне, изпълнение и изменения на договорите*.

Основното предимство на OCDS е, че позволява:

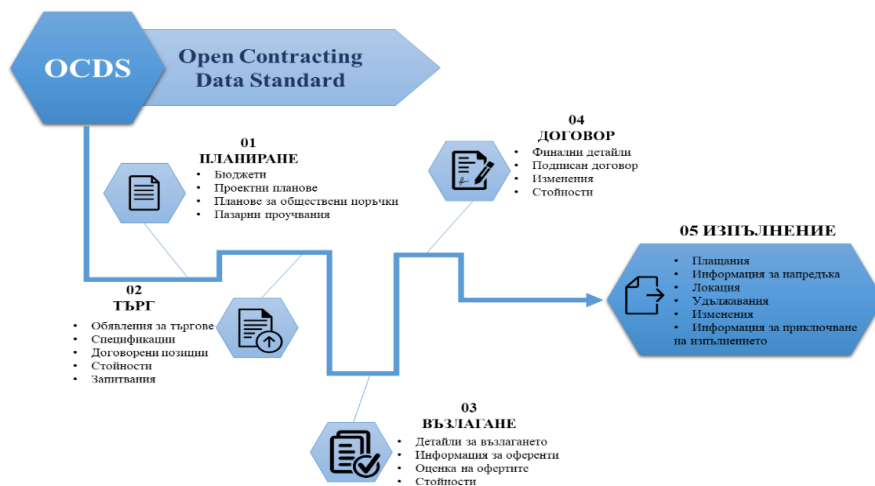
- интеграция между различни системи (напр. национални платформи и европейски бази данни);
- машинно четими данни, подходящи за анализ и автоматизирано извличане на рискове;
- повторна употреба на данни за изследвания, визуализации и граждански мониторинг.

Въвеждането на OCDS в България, което предстои като функционалност в ЦАИС ЕОП, ще осигури необходимата инфраструктура за прилагане на модели, базирани на дигитални двойници и IoT.

Този формат ще позволи създаването на национална база данни с реално-времеви актуализации, която може да бъде интегрирана с аналитични и симулационни системи, поддържащи интелигентен контрол и превенция на корупционни практики.

Българският контекст спрямо PPDS: предизвикателства и възможности

Липсата на интеграция на България в Public Procurement Data Space (PPDS) не е технологичен, а по-скоро политически и управленски въпрос. Към настоящия момент PPDS извлича информация за страната единствено от TED, което означава, че процедурите под европейските прагове остават извън обхвата на европейския анализ. В същото време националната система ЦАИС ЕОП предоставя пълни и детайлни данни за тези поръчки. Това обстоятелство може да се разглежда не като слабост, а като възможност за създаване на специфичен национален модел, който отразява особеностите на българската практика и може да служи като пример за интегриране „отдолу нагоре“ (*bottom-up integration*) в PPDS. По този начин България би могла да предложи иновативен подход, при който отворените данни и стандартът OCDS се използват за създаване на реално действащ дигитален близък на обществените поръчки – модел, който впоследствие може да бъде синхронизиран с европейската инфраструктура.



Източник: Систематизация на автора

Фигура 1: OCDS – пълен жизнен цикъл на поръчката

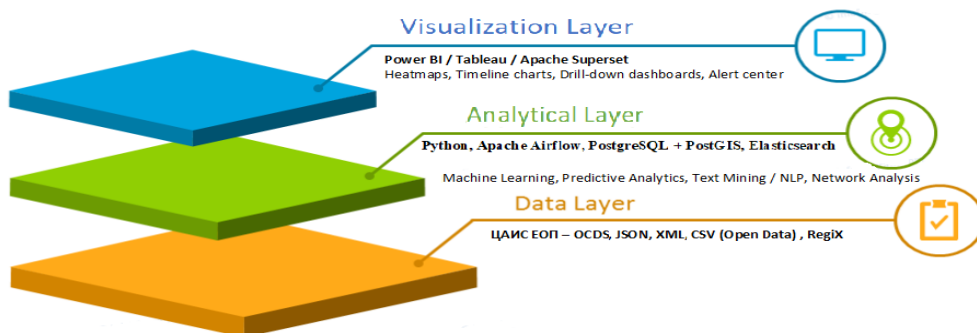
Предложен модел за интелигентен контрол

Концепция и архитектура на модела

Предложеният модел за интелигентен контрол в обществените поръчки се основава на интеграция между структурирани административни данни и сензорна информация от реалното изпълнение на проектите. Неговата основна цел е да се създаде дигитален двойник на обществената поръчка, който отразява в реално време състоянието и напредъка на процесите по възлагане и изпълнение.

Моделът включва три основни слоя:

- Данни и интеграция (Data Layer) – обединява данни от ЦАИС ЕОП, OCDS, националния портал за отворени данни и външни сензорни източници (напр. IoT устройства за мониторинг на строителни дейности, доставки или услуги). Този слой гарантира съвместимост и синхронизация между административните и оперативните потоци от данни.
- Аналитичен слой (Analytical Layer) – реализира обработка и анализ чрез алгоритми за машинно обучение и предиктивен анализ, насочени към идентифициране на рискови модели и отклонения. Тук се изчисляват рискови индикатори, „червени флагове“ и се извършват симулации върху дигиталния близък на поръчката.
- Визуализационен и контролен слой (Visualization & Control Layer) – осигурява визуално представяне на състоянието на поръчките чрез табла (dashboards), карти и времеви линии. Данните могат да бъдат достъпни както за контролни институции (КПК, КЗК, ГДБОП), така и за граждански организации и медии в режим на прозрачност.



Източник: Систематизация на автора

Фигура 2: Архитектура на модела за интелигентен контрол в обществените поръчки

Ключови рискови индикатори и „червени флагове“

В основата на аналитичния слой стоят рискови индикатори, които се изчисляват въз основа на исторически данни и текуща информация от изпълнението. Някои от индикаторите са общовалидни за всички държави членки на ЕС, докато други са специфични за българския контекст. Примери за ключови индикатори включват:

- ✓ Договор, сключен без конкуренция
- ✓ Пряко договаряне без обявление
- ✓ Критерии за избор само най-ниска цена
- ✓ Повтарящи се изпълнители
- ✓ Необичайни изменения на договор
- ✓ Минимална разлика или равенство между прогнозни и договорни стойности
- ✓ Голяма разлика между цената на победителя и останалите участници
- ✓ Цена за наем vs. Цена за покупка на същата стока
- ✓ Един участник подава оферти с голяма разлика в цените при различни възложители
- ✓ Съкратени срокове за оферти, избор на изпълнител и/или за изпълнение
- ✓ Непубликуване на договор и/или приложенията

Всеки индикатор може да бъде нормализиран и оценен по скала на риска (например 0–1), което позволява агрегиране на данните в композитен индекс на интегритета на обществените поръчки. При превишаване на зададени прагове системата може автоматично да генерира аларми („red flags“) и уведомления за отговорните институции.

Дигиталният двойник като инструмент за симулация и прогнозен контрол

Дигиталният двойник на обществената поръчка представлява виртуална реплика на реалния процес, която се актуализира непрекъснато чрез данни от административни и IoT източници. Чрез него могат да се извършват симулации на различни сценарии – например:

- какви ще бъдат ефектите при забавяне на изпълнението с 20%;
- как би се отразила промяна в прогнозната стойност или критериите за оценка;
- какви вероятности от нарушение или конфликт на интереси произтичат от повтаряемостта на участниците.

Тази симулационна среда позволява прилагане на предиктивен контрол – откриване на потенциални нарушения преди те да се случат, а не след приключване на процедурата. Освен това, дигиталният близък може да се използва като инструмент за обучение и тестване на антикорупционни алгоритми, което е особено ценно за бъдещи системи на изкуствен интелект в публичния сектор.

Институционални и граждански приложения

Моделът предлага двупосочна употреба:

- Институционален контрол – предоставяне на данни и визуални панели на органи като Комисията за защита на конкуренцията (КЗК), Комисията за противодействие на корупцията (КПК), Главна дирекция „Борба с организираната престъпност“ (ГДБОП) и Сметната палата. Тези институции могат да използват системата за анализ на картелни практики, отклонения в ценообразуването или нередности при възлагането.

- Граждански мониторинг – достъп до обобщени визуализации и отворени данни чрез публичен портал. Това ще насърчи участието на гражданското общество и ще засили доверие в системата на обществените поръчки.

По този начин моделът реализира концепцията за „умно управление на интегритета“, при което технологиите, данните и прозрачността действат като взаимно подсилващи се фактори.

Очаквани ползи и принос

Прилагането на модела би имало няколко стратегически ползи:

- Преминаване от реактивен към предиктивен контрол;
- Намаляване на човешкия фактор при оценката на риска;

- Повишаване на доверието в обществените разходи чрез достъпна и разбираема визуализация на данните;
- Създаване на база за бъдещи интеграции с PPDS и европейски инициативи за прозрачност.

В научен аспект приносът се състои в разработването на интегративен модел, съчетаващ принципите на IoT, дигиталните двойници и отворените данни в обществените поръчки – област, която до момента не е разглеждана системно в българската литература.

Заклучение и насоки за бъдещи изследвания

Дигиталната трансформация на обществените поръчки представлява един от най-значимите процеси в развитието на съвременното публично управление. Настоящият доклад очерта концептуален модел, базиран на интеграцията между Интернет на обектите (IoT), дигиталните двойници (Digital Twins) и отворените данни, чрез който контролът върху обществените поръчки може да бъде трансформиран от реактивен в интелигентен, превантивен и прозрачен процес. Предложената рамка демонстрира как съчетаването на реално-времеви данни от изпълнението на договорите с структурирана информация от електронните платформи (ЦАИС ЕОП) позволява изграждането на динамичен дигитален близък на всяка обществена поръчка. Този близък не само отразява текущото състояние на договора, но и дава възможност за симулации, прогнозен анализ и автоматично откриване на рискове чрез алгоритми за машинно обучение. България притежава значителен потенциал за развитие на подобен модел. Наличието на пълна електронна система за възлагане (ЦАИС ЕОП), възможностите за експорт в отворени формати (CSV, XLS) и предстоящото въвеждане на OCDS (Open Contracting Data Standard) създават стабилна основа за национален подход към дигиталния контрол. Липсата на пълна интеграция с Public Procurement Data Space (PPDS) следва да се разглежда не като слабост, а като възможност за разработване на независим национален модел, който да служи като пилотен пример за адаптиране към европейските рамки. Предимствата на предложената система са многопластови:

- Повишаване на прозрачността и отчетността на възлагащите органи;
- Намаляване на възможностите за корупционни практики и картелни съглашения;
- Улесняване на контролните институции (КПК, КЗК, Сметна палата, ГДБОП) чрез автоматизирани анализи и визуализации;
- Активизиране на гражданското общество чрез достъп до разбираеми данни и визуални панели.

Научният принос на изследването се състои в предложението на иновативен интегриран модел за дигитален контрол, който съчетава технически, организационни и етични измерения на управлението на обществени ресурси. Той поставя основите за изграждането на нова парадигма на контрол – базирана на данни, алгоритми и предсказуемост, вместо на ръчен одит и последваща реакция.

В заключение, интелигентният контрол в обществените поръчки не е просто технологична новост, а необходима управленска трансформация, която поставя данните, прозрачността и доверието в основата на публичните политики. Внедряването на подобен модел в България би могло да превърне страната в иноватор в областта на дигиталния публичен контрол в рамките на Европейския съюз.

Литература

1. Агенция по обществени поръчки (АОП). (2024). *Централизирана автоматизирана информационна система „Електронни обществени поръчки“ (ЦАИС ЕОП)*. <https://eop.bg>
2. Министерство на електронното управление. (2024). *Национален портал за отворени данни – Data.egov.bg*. <https://data.egov.bg>

3. Open Knowledge Foundation. (2023). *OpenTender.eu – Public Procurement Analytics Platform*. <https://opentender.eu>
4. Open Contracting Partnership. (2024). *Open Contracting Data Standard (OCDS) Documentation*. <https://standard.open-contracting.org>
5. European Commission. (2023). *Public Procurement Data Space (PPDS): Towards a European Data Infrastructure for Public Procurement*. Brussels: European Commission.
6. OECD. (2022). *Integrity and Transparency in Public Procurement: Using Data for Accountability*. Paris: OECD Publishing.
7. World Bank. (2023). *Digital Government and Data-Driven Integrity*. Washington, D.C.: The World Bank Group.
8. Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). *Digital Twin in Manufacturing: A Categorized Literature Review and Classification Framework*. IFAC-PapersOnLine, 51(11), 1016–1022.
9. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). *The Internet of Things: A Survey*. Computer Networks, 54(15), 2787–2805.