

## ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДИГИТАЛНИ БЛИЗНАЦИ И ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ ПРИ УСТОЙЧИВ ПОДБОР НА СТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ

Радослав Симионов, Радостин Долчинков, Камен Сейменлийски  
*Бургаски свободен университет*

## APPLICATION OF DIGITAL TWINS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SUSTAINABLE SELECTION OF CONSTRUCTION MATERIALS

Radoslav Simionov, Radostin Dolchinkov, Kamen Seymenliyski  
*Burgas Free University*

**Abstract:** *The report examines how algorithms for machine learning and big data processing can assess and classify suitable combinations of materials based on indicators such as thermal insulation, cost, environmental footprint, and durability. In addition, the study discusses architectural strategies for façade systems with adaptive behavior, as well as the integration of renewable energy sources into the building's energy ecosystem.*

*No less significant is the section addressing normative, ethical, and regulatory frameworks – the report links the topic to the European Green Deal, the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), and the proposed EU legislation on artificial intelligence. The final conclusion is that AI should not be regarded as a substitute for engineering thinking, but as an intellectual tool and partner that enhances the capacity for sustainable design, precision, and differentiated solutions in the context of Industry 5.0.*

**Keywords:** *Artificial Intelligence (AI), Sustainable Construction, Energy Efficiency, Building Information Modeling (BIM), Digital Twin, Material Optimization*

### Въведение

Докладът разглежда как алгоритми за машинно обучение и обработка на големи данни могат да оценяват и класифицират подходящи комбинации от материали въз основа на показатели като топлоизолация, цена, екологичен отпечатък и дълготрайност. В допълнение, изследването обсъжда архитектурни стратегии за фасадни системи с адаптивно поведение, както и интеграция на възобновяеми енергийни източници в енергийната екосистема на сградата.

Не по-малко значим е и разделът за нормативни, етични и регулаторни рамки – докладът свързва темата с Европейската зелена сделка, Директивата за енергийна ефективност на сградите (EPBD) и предложеното законодателство относно изкуствения интелект на ЕС. Заключениеният извод е, че ИИ не трябва да се разглежда като заместител на инженерното мислене, а като интелектуален инструмент и партньор, който подсилва капацитета за устойчиво проектиране, прецизност и диференцирани решения в контекста на Индустрия 5.0.

## I. Въведение

В контекста на прехода към Индустрия 5.0, където човекът и интелигентните технологии съвместно формират нови модели на взаимодействие, възниква необходимостта от осмисляне на ролята на ИИ като помощник и партньор в инженерните процеси. Докато ИИ вече намира широко приложение в производството, енергетиката и транспорта, строителната индустрия остава сравнително изостанала в неговата интеграция, особено по отношение на енергийно ефективното проектиране и устойчивия избор на строителни материали [1, 2].

В България продължава да доминира традиционният подход, базиран на остарели методологии и ограничени бази данни за строителни материали. Това възпрепятства възможността за обективен анализ на техните енергийни и екологични характеристики, както и за ефективна оптимизация на материалните системи. В този контекст изкуственият интелект се явява иновативен инструмент за събиране, обработка и интерпретация на данни, чрез който могат да се формират по-прецизни и устойчиви инженерни решения.

Настоящият научен доклад има концептуален характер и цели да изследва потенциала на ИИ в процеса на подбор на строителни материали, насочен към постигане на висока енергийна ефективност и минимален въглероден отпечатък на сградите. Акцентът се поставя върху възможностите за прилагане на алгоритми за оптимизация и симулации, които да подпомогнат инженери, архитекти и изследователи при вземането на информирани решения още във фазата на проектиране.

## II. Интелигентно проектиране с BIM и изкуствен интелект

BIM представлява интегрирана цифрова среда, в която архитектурните, конструктивните и енергийни данни се обединяват в единен триизмерен модел. Този подход осигурява прозрачност, съгласуваност и точност във всички фази на жизнения цикъл на сградата – от концептуалното проектиране до експлоатацията и поддръжката.

В последните години се наблюдава синергия между BIM и изкуствения интелект, която открива нови възможности за оптимизация и автоматизация на инженерните решения. Чрез машинно обучение, невронни мрежи и алгоритми за анализ на данни, ИИ може да интерпретира геометрията на обекта, ориентацията, избраните материали и климатичните параметри, за да предложи енергийно оптимални конфигурации още във фазата на проектиране [3,4].

От гледна точка на устойчивото строителство, тази интеграция има ключово значение за изпълнение на целите, заложи в Европейската зелена сделка (European Green Deal) и Директивата за енергийна ефективност на сградите (EPBD – Energy Performance of Buildings Directive). ЕС поставя акцент върху постигането на въглеродна неутралност до 2050 г., което предполага прецизен подбор на материали с нисък екологичен отпечатък и енергийно ефективни архитектурни решения.

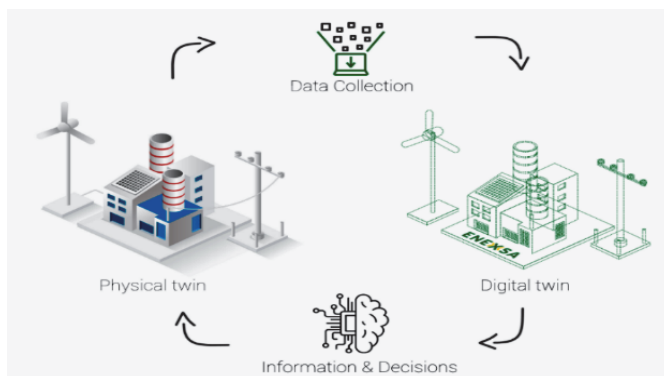
Изкуственият интелект позволява прилагането на ранни енергийни симулации в BIM среда, чрез които се изчисляват топлинните загуби, потенциалното слънчево греене и възможните варианти за естествена вентилация. По този начин се осигурява предсказуемост и устойчивост на проекта още преди неговото физическо изграждане. Освен това AI може да открива конфликти и несъответствия между отделните инженерни системи, което води до по-ниски разходи и по-високо качество на крайния резултат [5].

В практическо отношение, прилагането на BIM в комбинация с изкуствен интелект създава предпоставки за нов модел на проектиране – „интелигентен дизайн“,

при който решенията не се базират на интуицията, а на анализ на големи масиви от данни. Това дава възможност за многофакторна оптимизация – едновременно по критерии за енергийна ефективност, икономическа целесъобразност и екологична устойчивост.

### III. Дигитални близнаци и прогнозни симулации в строителството

Концепцията за дигитален близнак (Digital Twin) представлява динамичен виртуален модел на физически обект или система, който отразява в реално време неговите характеристики, поведение и състояние. В строителния сектор дигиталният близнак се използва като виртуално отражение на сградата, което събира и анализира информация от различни източници – проектни данни, сензори, IoT устройства и енергийни измервания. По този начин се осигурява непрекъсната двупосочна връзка между физическата и дигиталната реалност (Фигура 1)



Фигура 1. Концептуална схема на дигитален близнак в строителството, представяща двупосочната връзка между физическата сграда и нейния виртуален модел в реално време. (Източник: European Commission, 2023)

В контекста на енергийната ефективност, дигиталният близнак се превръща в ключов инструмент за прогнозни симулации и оптимизация на поведението на сградата през целия ѝ жизнен цикъл – от проектирането до експлоатацията. Чрез интеграция с изкуствен интелект, моделът може да предсказва енергийното потребление, поведението на материалите при различни натоварвания, както и въздействието на климатичните фактори върху топлинния комфорт и ефективността на системите [6,7].

Практическото приложение на дигиталните близнаци включва възможности за:

- оценка на строителните материали по техните физико-механични и термични характеристики;
- идентифициране на топлинни мостове и енергийни загуби в проектираната обвивка на сградата;
- анализ на различни сценарии за експлоатация, включително сезонни промени, потребителско поведение и интеграция на възобновяеми енергийни източници;
- планиране на ремонтни дейности и реновации на базата на прогнозно изчисление на деградация на материалите.

Тази методология е в пълно съответствие с европейската стратегия за дигитализация и устойчивост, част от Програмата „Цифрова Европа“ и инициативите на Horizon Europe в областта на „умните градове“ и „интелигентната енергийна инфра-

структура“. В контекста на Зелената сделка, дигиталните близнаци се разглеждат като технологична основа за декарбонизация на сградния фонд, тъй като позволяват прецизно планиране и управление на енергийния баланс още преди физическото изграждане на обекта.

В перспектива, комбинирането на BIM, изкуствен интелект и дигитални близнаци очертава нов модел на планиране и устойчиво строителство – такъв, при който инженерните решения се базират на данни, симулации и адаптивни алгоритми, осигуряващи минимален екологичен отпечатък и максимална ефективност [8,9,10].

#### **IV. Изкуствен интелект при подбор на строителни материали**

В съвременната строителна практика изборът на подходящи материали има решаващо значение за постигането на висока енергийна ефективност, устойчивост и минимално въздействие върху околната среда. Традиционните методи за оценка и подбор често разчитат на ограничени бази данни и експертна интуиция, което води до субективност и неоптимални решения. В този контекст изкуственият интелект (ИИ) предоставя нови възможности за анализ, класификация и оптимизация на строителните материали чрез използване на големи масиви от данни (Big Data) и машинно обучение (Machine Learning).

ИИ системите могат да обработват комплексна информация за материалите – топлопроводимост, плътност, паропропускливост, трайност, екологичен отпечатък и икономическа ефективност. Чрез обучени модели, базирани на реални данни, алгоритмите са способни да идентифицират оптимални комбинации от материали според конкретни проектни условия – климатична зона, ориентация на сградата, предназначение и експлоатационно натоварване [11,12].

Особено значение има прилагането на многофакторна оптимизация, при която ИИ балансира между няколко критерия:

- енергийна ефективност – минимални топлинни загуби и висока изолационна способност;
- икономическа целесъобразност – ниска стойност на жизнения цикъл (Life Cycle Cost);
- екологична устойчивост – нисък въглероден отпечатък и възможност за рециклиране;
- функционална пригодност – съвместимост с конструктивни и архитектурни системи.

Интеграцията на ИИ и оценка на жизнения цикъл (Life Cycle Assessment – LCA) позволява провеждането на комплексен анализ на материалите от момента на тяхното производство до края на експлоатацията. Така се отчита не само енергията, необходима за експлоатация на сградата, но и вградената енергия (embodied energy) в самите материали. Подобен подход дава възможност за обективно сравнение между традиционни и иновативни решения, като например:

- геополимерни бетони с ниски емисии CO<sub>2</sub>;
- био-базирани изолации от коноп, целулоза или лен;
- фотокаталитични материали, които подпомагат пречистването на въздуха;
- интелигентни фасадни системи, адаптиращи се към климатичните промени.

На приложно ниво, разработват се интелигентни платформи за избор на материали, които комбинират BIM модели, бази данни за продукти и ИИ алгоритми за анализ на ефективността. Такива системи могат автоматично да препоръчат алтернативи с по-нисък енергиен разход или по-добър екологичен профил, като вземат предвид локалната наличност и транспортните емисии [13,14,15].

В перспектива, прилагането на ИИ в подбора на строителни материали представлява основа за нов етап в устойчивото проектиране – етап, в който инженерните решения се вземат не на базата на предположения, а на обективни данни и прогностични модели. Това съответства напълно на целите на Европейската зелена сделка, насочени към декарбонизация на строителния сектор и цялостен преход към кръгова икономика.

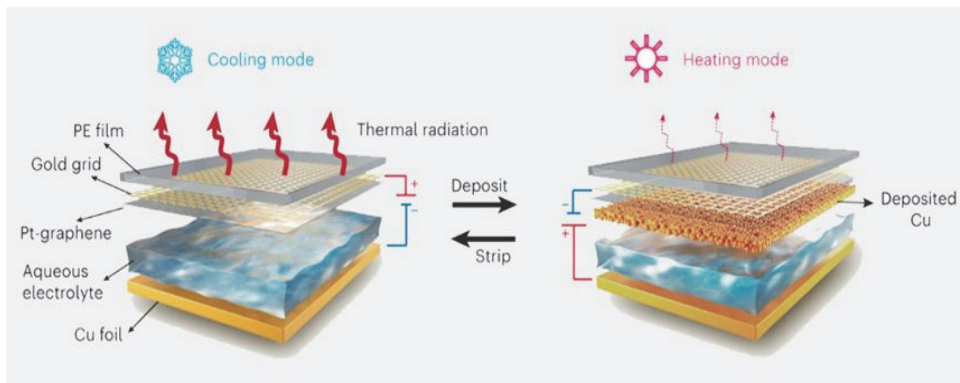
## V. Интелигентен анализ и оптимизация на фасадните системи

Фасадата и обвивката на сградата представляват основния интерфейс между вътрешната и външната среда, като имат решаващо значение за топлинния комфорт, осветеността и общата енергийна ефективност. Оптимизацията на фасадните системи изисква съгласуване на множество фактори – ориентация, климатични условия, материали, остъкляване и изолация – които традиционно се оценяват чрез емпирични или ръчни методи. В този контекст изкуственият интелект (ИИ) предлага нова парадигма за интегриран и адаптивен анализ на фасадите още във фазата на проектиране.

Използването на алгоритми за машинно обучение и невронни мрежи позволява създаването на модели, които могат да предсказват поведението на фасадните елементи при различни климатични сценарии. Тези модели анализират взаимовръзките между ориентацията, остъкляването и материалните слоеве и така подпомагат избора на оптимални решения за минимизиране на топлинните загуби и слънчевите натоварвания.

В рамките на BIM и цифрови симулационни среди, ИИ може да извършва:

- соларен анализ (solar radiation analysis) за определяне на оптимната ориентация и степен на остъкляване;
- термично моделиране (thermal envelope modeling) за изчисляване на топлинните потоци през обвивката;
- дневно осветление и отблясъци (daylight and glare analysis) за постигане на баланс между естествена светлина и енергийни нужди;
- оптимизация на изолационните материали (insulation layer optimization) с оглед на регионалния климат.



Фигура 2. Модел на оптимизация на фасадни системи с използване на изкуствен интелект за анализ на слънчево греене, топлинни потоци и дневна осветеност.

(източник: Fraunhofer Institute for Building Physics,  
 “Adaptive Façades for Energy Efficiency,” 2021)

Особен интерес представляват адаптивните фасадни системи (adaptive façades), които използват динамични елементи като smart glass, automated shading и photovoltaic skins. Тези решения могат да се управляват от AI системи, които в реално време регулират прозрачността, светлопропускливостта и термичното съпротивление според моментните условия – слънчево греене, температура, присъствие на обитатели и др. По този начин сградата се превръща в „жива система“, която се адаптира към средата с минимална човешка намеса.

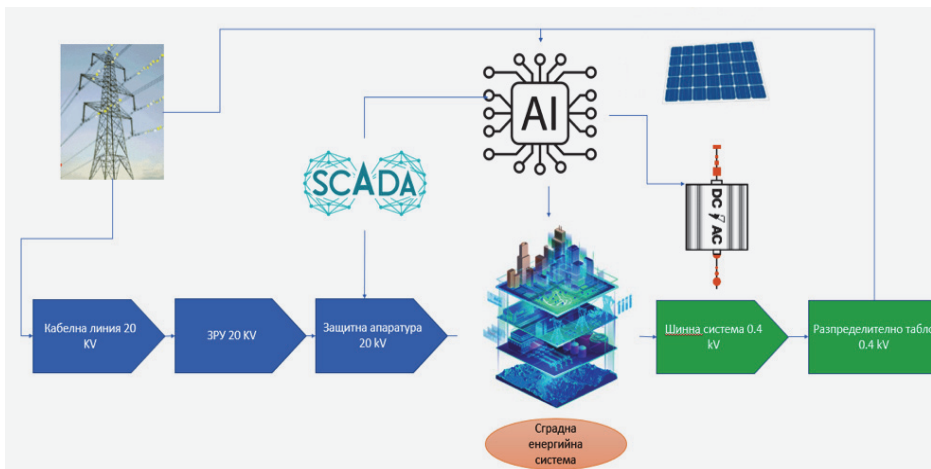
В съответствие с Европейската директива за енергийна ефективност на сградите (EPBD, 2018/844) и целите на Зелената сделка, фасадните системи трябва да подпомагат изграждането на сгради с почти нулево енергийно потребление (nZEB). Изкуственият интелект има потенциала да ускори този преход, като осигури:

- интелигентен избор на материали и конфигурации с минимален въглероден отпечатък;
- прецизни прогнози за енергийното поведение при различни климатични сценарии;
- автоматизирано управление на фасадните елементи, водещо до намаляване на енергийното потребление за отопление и охлаждане с 15–30%.

В дългосрочен план, интеграцията между ИИ, ВIM и адаптивни фасади създава предпоставки за енергийно саморегулиращи се сгради, които не само пестят енергия, но и активно участват в енергийния обмен с околната среда.

## VI. Интеграция на изкуствения интелект с възобновяеми енергийни източници и интелигентни енергийни системи

Развитието на интелигентните градове (Smart Cities) и преходът към декарбонизирана енергийна инфраструктура поставят на преден план нуждата от системи, способни да управляват комплексни енергийни потоци в реално време. В този контекст изкуственият интелект (ИИ) играе ролята на интеграционен механизъм, който координира взаимодействието между възобновяемите източници на енергия, системите за съхранение и потребителските устройства. Примерна схема на интегриране на ИИ в енергийната система е показана на **Фигура 3**.



Фигура 3. Интеграция на изкуствен интелект с възобновяеми енергийни източници и смарт мрежи за управление на енергийната автономност на сградите.

Съвременните градски среди все повече се превръщат в мрежово свързани енергийни системи, където сградите не само консумират, но и произведат и споделят енергия. Изкуственият интелект подпомага този процес чрез:

- оптимизация на разположението и капацитета на фотоволтаичните инсталации (AI-based solar optimization);
- прогнозиране на производството и потреблението според климатичните данни и натоварванията (AI energy forecasting);
- динамично управление на натоварванията и съхранението (AI load balancing & storage control);
- взаимодействие с интелигентната мрежа (Smart Grid integration).

Изкуственият интелект може да моделира енергийния баланс на сградите и кварталите, използвайки алгоритми за predictive control и reinforcement learning, които позволяват самообучаващо се управление на производството и потреблението. Например, AI системата може да:

- предвиди понижаване на соларното производство поради облачност и предварително активира съхранението в батерии;
- при пиково потребление – временно ограничи неосновни товари или пренасочи енергия от локални ВЕИ;
- анализира данни от множество сгради, за да предложи енергийно споделяне в рамките на „енергийни общности“ (energy communities).

Симулация на енергийна автономност, като пример може да се разгледа AI симулация за енергийна автономност на жилищен квартал, съставен от 20 нискоенергийни къщи с покривни фотоволтаични панели и обща батерийна система.

III алгоритъмът анализира метеорологични данни, графици на потребление и състоянието на батериите, за да постигне енергийна самодостатъчност до 85% в рамките на една година.

Така се минимизира необходимостта от външно електрозахранване и се постига значително намаляване на въглеродните емисии.

Интеграция на електромобили

С нарастващото навлизане на електромобилите (EVs), III намира приложение и в тяхното умно зареждане и енергийно управление.

Чрез технологии като Vehicle-to-Grid (V2G) и Vehicle-to-Building (V2B), електромобилите вече не са само потребители на енергия, а и мобилни енергийни хранилища.

III алгоритмите могат да определят оптималните часове за зареждане, да управляват баланса между сградата и мрежата, и дори да използват енергията от автомобилните батерии при пиково натоварване.

Тази симбиоза между AI, ВЕИ и електромобилите е ключов фактор за изграждането на умни, гъвкави и саморегулиращи се енергийни системи.

Европейски контекст и устойчиви цели

Всички тези технологични направления са в пълно съответствие с Цел 11 от Програмата за устойчиво развитие на ООН – „Устойчиви градове и общности“, както и със стратегическите рамки на Европейската зелена сделка. ЕС насърчава внедряването на AI-базирани енергийни системи в градската инфраструктура, които подпомагат енергийния преход към климатична неутралност до 2050 г..

В този контекст „умният град“ се превръща в лаборатория на устойчивото бъдеще, където AI играе ролята на „енергиен диригент“ – управлява, анализира и оптимизира потоците от данни и ресурси в реално време.

## VII. Нормативна рамка и етични аспекти при прилагането на изкуствен интелект в строителството

Развитието на изкуствения интелект в строителния сектор поставя нови предизвикателства пред нормативната и етичната рамка на инженерната практика. Въпреки че технологиите за автоматизация и цифрово моделиране вече са добре интегрирани в редица европейски държави, липсата на ясни регулации относно използването на AI при проектиране и строителство създава правен вакуум, който възпрепятства тяхното масово внедряване.

Европейски нормативен контекст

На европейско ниво, няколко стратегически документа поставят основата за регулиране на цифровите технологии в строителството:

- Directive (EU) 2018/844 – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), която насърчава внедряването на интелигентни технологии за енергиен мониторинг и управление на сградите;
- Regulation (EU) 2024/1689 – Artificial Intelligence Act, приета през 2024 г., която дефинира рамката за безопасно и етично използване на системи с изкуствен интелект в различни индустрии, включително строителството;
- ISO 19650 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, която урежда изискванията за цифрово моделиране (BIM) и проследимост на проектните данни;
- ISO 50001 – Energy management systems, определяща принципите за оптимизация на енергийното потребление в сградния сектор.

Въпреки наличието на тези стандарти, няма все още унифицирана рамка, която ясно да регламентира отговорността при автоматизирано проектиране и вземане на решения чрез AI.

Правна отговорност при автоматизирани процеси

Прилагането на ИИ в инженерната практика издига въпроса за отговорността при грешки в резултат на автоматизирани решения.

Класическите модели на правна отговорност предполагат, че проектантът носи пълна отговорност за безопасността и съответствието на проекта.

Но при използване на самообучаващи се AI системи, чиито алгоритми се адаптират и вземат решения на база на данни извън човешкия контрол, границите на тази отговорност стават неясни.

Възможни са няколко подхода, които се обсъждат на европейско ниво:

- Shared liability model – споделена отговорност между проектанта, доставчика на AI системата и инвеститора;
- System accountability model – въвеждане на сертифицирани AI системи, за които производителят носи гаранционна отговорност;
- Human-in-the-loop principle – задължително участие на инженер-специалист, който валидира крайните решения, взети от изкуствения интелект.

Последният подход се счита за централен принцип на Индустрия 5.0, където човекът остава водещ фактор, а технологиите служат като негов интелигентен партньор. Тази концепция не само гарантира сигурност и проследимост, но и съхранява етичните измерения на инженерната отговорност.

Етични и професионални принципи

Използването на изкуствен интелект трябва да се подчинява на основни етични принципи, дефинирани от European High-Level Expert Group on AI – transparency, accountability, reliability, and human oversight.

В контекста на строителството това означава:

- прозрачност в алгоритмите, които оценяват материали и енергийни показатели;

- проследимост на всички автоматично генерирани проектни решения;
- възможност за човешка интервенция при грешки или отклонения;
- приоритизиране на безопасността и устойчивостта пред скоростта и ефективността.

Създаването на етична рамка за инженерно приложение на AI е неразделна част от прехода към Индустрия 5.0, която поставя в центъра човека, знанието и отговорността.

Това е необходимата стъпка към оформянето на нов тип професионална култура – такава, в която технологиите не заменят инженера, а го разширяват като мислещ и отговорен субект.

### **VIII. Заключение и перспективи**

Изкуственият интелект и свързаните с него цифрови технологии представляват нова парадигма в строителното инженерство, която променя начина, по който се проектират, изграждат и управляват сградите.

Настоящото изследване показва, че интеграцията между AI, BIM и дигиталните близнаци позволява реализирането на цялостен цикъл на интелигентно проектиране, включващ:

- подбор на оптимални материали на базата на данни и симулации;
- прогнозен анализ на енергийната ефективност на фасадите и системите;
- управление на възобновяемите енергийни източници в мащаба на смарт сгради и градски мрежи.

Тези процеси водят до повишена точност на инженерните решения, намаляване на ресурсните загуби и оптимизация на енергийния баланс. Въпреки това тяхното внедряване изисква решаването на няколко ключови инженерни и научни предизвикателства.

Основни предизвикателства пред практическото внедряване

1. Липса на унифицирани стандарти и нормативна яснота при използването на AI в процесите на проектиране и строителство. Необходимо е адаптиране на европейските директиви и международните стандарти (ISO 19650, ISO 50001) към реалните нужди на строителната практика.

2. Ограничена достъпност и качество на данните – ефективността на алгоритмите зависи от надеждни бази данни за материали, климат, поведение на конструкции и експлоатационни режими.

3. Необходимост от нов тип инженерна компетентност – проектантите трябва да притежават умения за работа с AI инструменти, анализ на данни и интерпретация на симулации.

4. Осигуряване на надеждност и прозрачност при автоматизирани решения – въвеждане на задължителен human-in-the-loop механизъм, гарантиращ инженерна верификация на всеки етап.

5. Интеграция между отделните системи – съществуващите BIM, IoT и AI платформи често не са съвместими, което ограничава пълната цифрова проследимост на жизнения цикъл на сградите.

В заключение, прилагането на изкуствения интелект в строителството не трябва да се разглежда като заместване на инженерната експертиза, а като разширяване на нейните аналитични и прогностични възможности.

В епохата на Индустрия 5.0 инженерът не е конкурент на машината, а създател и надзорник на интелигентни системи, които осигуряват по-безопасно, ефективно и устойчиво изграждане на материалната среда.

**Литература:**

1. Arsiwala, A.; Elghaish, F.; Zoher, M. Digital twin with Machine learning for predictive monitoring of CO2 equivalent from existing buildings. *Energy Build.* 2023, 284
2. Adewale, B.A.; Ene, V.O.; Ogunbayo, B.F.; Aigbavboa, C.O. A Systematic Review of the Applications of AI in a Sustainable Building's Lifecycle. *Buildings* 2024, 14, 2137.
3. Ali, K.N.; Alhajlah, H.H.; Kassem, M.A. Collaboration and Risk in Building Information Modelling (BIM) A Systematic Literature Review. *Buildings* 2022, 12, 57
4. AlBalkhy, W.; Karmaoui, D.; Ducoulombier, L.; Lafhaj, Z.; Linner, T. Digital twins in the built environment: Definition, applications, and challenges. *Autom. Constr.* 2024, 162
5. Gilner, E.; Galuszka, A.; Grychowski, T. Application of Artificial Intelligence in Sustainable Building Design-Optimisation Methods. In *Proceedings of the 24th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, Międzyzdroje, Poland, 26–29 August 2019
6. Osama, Z. The digital twin framework: A roadmap to the development of user-centred digital twin in the built environment. *J. Build. Eng.* 2024, 98, 111081.
7. Rane, N. Integrating Leading-Edge Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), and Big Data Technologies for Smart and Sustainable Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry: Challenges and Future Directions. *Int. J. Data Sci. Big Data Anal.* 2023, 3, 73–95.
8. Krausková, V.; Pifko, H. Use of Artificial Intelligence in the Field of Sustainable Architecture: Current Knowledge. *Archit. Pap. Fac. Archit. Des. STU* 2021, 26, 20–29
9. Xhexhi, K.; Aliaj, B. Modular construction and bioclimatic strategies: A sustainable approach to building design. In *Proceedings of the 4th International Conference on Scientific and Academic Research*, Konya, Turkey, 19–20 July 2024; All Sciences Academy: Konya, Turkey, 2024
10. Carvalho, J.P.; Bragança, L.; Mateus, R. Optimising building sustainability assessment using BIM. *Autom. Constr.* 2019, 102, 170–182
11. Silviya, A., Letskovska, Nikolay, A., Mollov Eldar, D., Zaerov, Inspection Of Buildings For Energy Efficiency, ICTRS '21, November 15, 16, 2021, Virtual Conference, Bulgaria ACM ISBN 978-1-4503-9018-7/21, 2021, p. 37-42
12. Dolchinkov R., Teaching methods in computer design of technological systems, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESERCH AND INOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
13. M. Matsankov, „Study of the Voltage Levels in the Nodes of A Single-Loop Network with Connected Renewable Decentralized Energy Sources“, 2024 6th International Conference on Power and Energy Technology (ICPET), Beijing, China, 2024, pp. 154-158, doi: 10.1109/ICPET62369.2024.10940667.
14. P. A. Angelov, „Simulation of a Small PV System Installed in an Urban Area“, 2024 15th National Conference with International Participation (ELECTRONICA), Sofia, Bulgaria, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/ELECTRONICA63645.2024.11146066.
15. Kamen Seymenliyski, Atanas Yovkov, Eldar Zaerov, Velizar Todorov, Radoslav Simionov, and Hristo Mihaylov, Modern Technological Solutions for Passive Buildings and Buildings with Zero Energy Consumption, 13th International Conference, ICTRS 2024, December 19–20, 2024, ISSN 1865-0929, ISSN 1865-0937 (electronic), ISBN 978-3-031-99331-2, ISBN 978-3-031-99332-9 (eBook), <https://doi.org/10.1007/978-3-031-99332-9>, pp. 87-99