

ПОВИШАВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

д-р Радослав Симионов, доц. д-р Камен Сейменлийски
доц. д-р Силвия Лецковска
Бургаски свободен университет

INCREASING ENERGY EFFICIENCY USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Radoslav Simionov, PhD, Assoc. Prof. Kamen Seymenliyski, PhD
Assoc. Prof. Silvia Letskovska, PhD
Burgas Free University

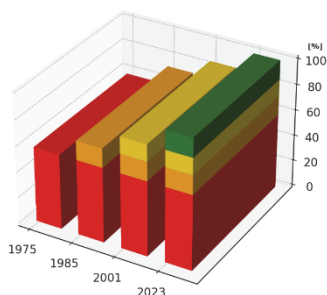
Abstract: *The building sector is one of the most significant consumers of energy resources within the European Union, responsible for over 40% of final energy consumption and approximately 36% of greenhouse gas emissions. This study analyses the potential of artificial intelligence (AI) to fundamentally transform approaches to increasing energy efficiency in buildings, examining the synergy between AI and certified energy software tools in the context of European and national sustainable development policies.*

Keywords: *artificial intelligence, energy efficiency, decarbonization*

I. Въведение

Съществува нарастваща необходимост от ефективна трансформация на сградния фонд в отговор на климатичните промени и ангажиментите на Европейския съюз за намаляване на емисиите на парникови газове. Европейската Зелена сделка и Националната дългосрочна стратегия за обновяване на сградите в България очертават рамката за тази трансформация, като поставят акцент върху енергийната ефективност като ключов инструмент за декарбонизация. Предвид факта, че значителна част от сградния фонд в България е построен преди 1990 г. (Фиг. 1) и притежава ниска енергийна ефективност, необходимостта от въвеждане на новаторски технологии и интелигентни подходи става критична [3,4,5,13,14,15].

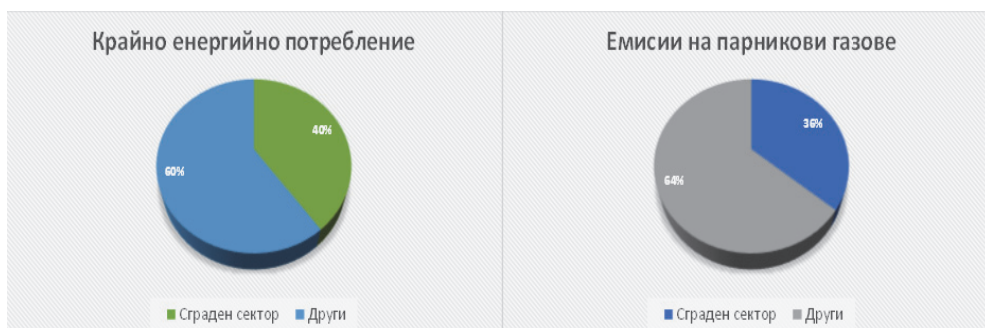
Ръст на сграден фонд по години с наслагване на периодите



Фиг. 1. Сграден фонд в България

II. Значимост на проблема

Сградният сектор е отговорен за над 40% от крайното енергийно потребление и около 36% от емисиите на парникови газове в рамките на Европейския съюз (Фиг. 2) условията на засилена нужда от декарбонизация и енергийна трансформация, обновяването на съществуващия сграден фонд е стратегически приоритет в контекста на Европейската Зелена сделка, както и на Националната дългосрочна стратегия за обновяване на сградите в България. Към традиционните методи за обследване и проектиране на мерки за енергийна ефективност се добавят иновативни подходи, които променят парадигмата на енергийния анализ. Един от тях е използването на изкуствен интелект (AI) – технология, която позволява автоматизация, ускоряване и подобряване на прецизността на енергийните изчисления, диагностика и прогнози. Използването на AI като инструмент от ново поколение, в комбинация със сертифицирани от държавните институции специализирани софтуерни продукти (като такива, съобразени с методиката на БДС EN ISO 52000 и Наредба № E-RD-04-1/2021), води до мултиплициране на ефективността на анализа и оптимизиране на резултатите [6,7, 8,16,17]. Тази синергия създава възможност не само за повишаване на енергийните спестявания, но и за значително намаляване на вредните емисии, произведени от сградния фонд, както и на подобряване на обобщените енергийни характеристики.



Фиг. 2. Дял на крайното енергийно потребление

В контекста на нарастващите изисквания за устойчиво строителство, дигитализация и енергийна сигурност, подходът, основан на AI + сертифицирани софтуерни инструменти, се явява едновременно технологично, екологично и икономически обоснован.

III. Критика на традиционния подход

Понастоящем в инженерната практика се прилагат традиционни подходи при обследването и сертифициране на сгради за енергийна ефективност, както и при прилагането на енергоспестяващи мерки за намаляване на енергийните загуби и повишаване на енергийния им клас. Прилагането на тези методи е съпроводено с редица недостатъци, което влошава качеството на крайния резултат [9,10,18,19,20]. Част от тези недостатъци са:

- Ръчно събиране на данни: Съществуващите практики в енергийните обследвания се основават на физически огледи, анкетни карти и субективна оценка на състоянието на сградите. Този процес често е неефективен и склонен към пропуски или неточности;

- Човешка преценка при моделиране: При създаване на енергийни модели, инженерите разчитат на емпирични предположения, които могат да се различават между различните специалисти. Това води до различия в резултатите;

- Липса на динамично адаптиране: Традиционните инструменти не позволяват лесна актуализация на данните в реално време, което ограничава възможността за реагиране при промени в експлоатационните характеристики;

- Трудоемкост и податливост на грешки: Целият процес е времепоглъщащ, изисква значителен човешки ресурс и е предразположен към грешки, особено при анализ на големи групи от сгради.

За избягване на тези недостатъци може да бъде използван изкуственият интелект като инструмент за повишаване на ефективността на традиционните инструменти [21,22,23]. Той може да бъде полезен в следните направления:

- Автоматизация на данните: Чрез използване на алгоритми за машинно обучение, ИИ позволява автоматично събиране, верифициране и структуриране на големи масиви от данни от различни източници;

- Интеграция със сензори и BIM: ИИ може да се интегрира със сензорни мрежи и Building Information Modelling (BIM), за да анализира в реално време параметри като температура, влажност, консумация на енергия и други;

- Прогнозни симулации: Моделите с ИИ предвиждат бъдещи сценарии на енергийно поведение на сградите и позволяват симулации за въздействието на различни мерки за подобрене;

- Разкриване на зависимости: ИИ е способен да идентифицира неочевидни корелации между архитектурни, климатични и поведенчески фактори, които влияят върху енергийната ефективност.

IV. Роля на сертифицираните софтуерни инструменти

Съществуващите софтуерни инструменти също притежават редица предимства и могат лесно да бъдат интегрирани в системи с изкуствен интелект [24,25,26]. Те са създадени в съответствие с нормативните актове: Използваните инструменти са съобразени с българската нормативна база (БДС EN ISO 52000, Наредба № E-RD-04-1/2021), което гарантира приемственост и легитимност на резултатите.

Софтуерни продукти като EAB Software, EECalc, Design Builder и Edibuild предлагат различни функционалности за симулация, сертифициране и оптимизация на енергийните характеристики. Тези инструменти са съвместими с Националната информационна система за сертифициране на сгради, което улеснява процесите по оценка и контрол. Тази синергия между сертифициран софтуер и изкуствен интелект създава редица предимства като:

- Повишена ефективност: Комбинирането на ИИ с утвърден софтуер води до значително намаляване на времето, необходимо за извършване на енергиен анализ.

- Надеждност на резултатите: Създават се по-точни модели на сградите, като се отчитат реални експлоатационни данни, а не само проектни параметри.

- Машабируемост: Възможно е бързо анализиране на цели групи от сгради (например жилищен квартал, училищна мрежа), което оптимизира планирането на интервенции.

- Прозрачност и проследимост: Генерираните данни са документирани, лесно проверими и пригодени за одитиране от външни органи или институции.



V. Ключови ползи и стратегически ефекти

Естествената симбиоза между традиционните инженерни подходи и научни методи със съвременните инструменти предоставени ни от развитието на технологиите в областта на изкуствения интелект ще ни даде възможност да постигнем значителни стратегически ефекти в следните ключови направления [27,28,29,30,31]:

- Енергийни и финансови спестявания: Повишената точност на анализа води до по-добро таргетиране на интервенции и намаляване на разходите за енергия;
- Намаляване на въглеродните емисии: Повишената ефективност на сградите допринася за значително ограничаване на въглеродния отпечатък;
- Подобро качество на живот: По-ефективните сгради предоставят по-добри вътрешни условия, включително комфорт, осветление и температура;
- Обосновано вземане на решения: Инвеститорите и институциите разполагат с по-надеждни данни за планиране и изпълнение на проекти.

VI. Предизвикателства пред внедряването

Постигането на тези цели е съпроводено с редица трудности и предизвикателства като например:

- Недостатъчна цифрова грамотност: Голям брой специалисти в строителния и енергийния сектор не притежават необходимите ИТ умения за работа с новите технологии;
- Защита на данните: Използването на реални сензорни и лични данни изисква строги протоколи за защита на личната и търговската информация;
- Начални инвестиции: Необходимостта от хардуер, софтуер и обучение често създава бариери за първоначално внедряване;
- Баланс между автоматизация и човешки надзор: Пълната автоматизация е рискова в случаи на критични грешки или липса на интерпретация от експерти.

VII. Перспективи за бъдещо развитие

Въпреки тези трудности бъдещото навлизане на тези нови технологии е гарантирано поради силното влияние следните фактори:

- Изкуственият интелект като централен елемент: ИИ ще играе все по-голяма роля в стратегиите за устойчиво развитие и енергийна трансформация на ЕС.
- Интелигентни сгради и енергийни мрежи: Внедряване на smart-grid технологии и взаимосвързани сгради, които реагират в реално време на потребности и наличности;
- Гъвкавост и съвместимост: Необходимост от общи стандарти, които да осигурят съвместимост между различните платформи, използвани от публичния и частния сектор;
- Зелена дигитализация: Съчетава цифровата трансформация с целите за устойчиво развитие, създавайки нови бизнес модели и възможности за иновации.

Заклучение

Изкуственият интелект не цели да елиминира човешкото участие в енергийните процеси, а по-скоро да разшири и обогати възможностите на експертите чрез по-бързи, точни и гъвкави анализи. Синергията между технологичните решения, нормативната рамка и екологичните цели е основополагаща за постигането на устойчива и енергийно независима урбанизирана среда. Подходът към енергийната ефективност трябва да бъде системен, дългосрочен и интегриран в цялостната архитектура на градското планиране и политики за устойчиво развитие.

Литература:

1. 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
2. Radostin Dolchinkov, Atanas Yovkov, Velizar Todorov, Kristian Ventsislavov, Integrated platform for vehicle charging based on renewable energy resources, 12th International Conference, ICTRS 2023, Rhodes, Greece, September 18-19, 2023, Proceedings, ISBN 978-3-031-49262-4, eBook ISBN 978-3-031-49263-1
3. Dolchinkov R., Mechanisms and machines in RES, Electronic journal of CITN for computer science and communications, i. 3, ISSN 1314-7846, pp. 31-42, 2013
4. Matsankov M., Ivanova, M, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green Energy Roma, Italy, June 28-30, 2019, <https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/41/contents/contents.html>, E3S Web of Conferences, 2019, 115, 01007
5. Долчинков Р., П. Георгиева, Ефективност на системи за слънчево проследяване. Год. на БСУ, том XXVIII, с. 243-255, 2012, ISSN 1311-221-X
6. Dolchinkov R., Teaching methods in computer design of technological systems, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESEARCH AND INNOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
7. Долчинков Р., М. Бангев, Предотвратяване на пожари причинени от електрическа дъга, Международна научна конференция СИНЯ ИКОНОМИКА И СИНЬО РАЗВИТИЕ, ISBN: 978-619-7126-57-0, стр.441-451, 2018
8. Елдар Заеров, Повишаване на производителността на слънчеви панели с плоски рефлектори, Increase solar panel performance with flat reflectors, БСУ - ГОДИШНИК Том XLIV, 2021, с.290-296, ISSN: 1311-221X
9. J. Faludi, D. M. Lepech и G. Loisos, Using life cycle assessment methods to guide architectural decision-making for sustainable prefabricated modular buildings, Journal of Green Building, том 3, № 7, p. 151–170, 2012.
10. M. Deru и P. Torcellini, Source Energy and Emission Factors for Energy Use in Buildings, Technical Report NREL/TP-550-38617. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2007.
11. P. Torcellini, S. Pless, M. Deru и D. Crawley, „Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Pacific Grove, California, 2006.
12. P. Torcellini, S. Pless и M. Deru, „Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition Preprint,“ ACEEE Summer Study, 2006.
13. Ecofys, Politecnico di Milano, & University of Wuppertal, Towards nearly zeroenergy buildings: Definition of common principles under the EPBD, Köln, Germany, 2013.
14. Eldar Zaerov, Use Of Perovskit In Solar Energy, Yearbook BSU 2018, Volume XXXVIII ISSN: 1311-221X, p. 255 - 260.
15. Eldar Zaerov, Study of the potential for hydrogen production with photovoltaic power plant and fuel cell Yearbook BSU 2015, volume XXXI ISSN: 1311-221X, p. 36 – 39
16. Радостин Долчинков, Христо Михайлов, ИНЖЕНЕРИНГОВА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ, БСУ - ГОДИШНИК Том XLVIII, 2023, с.330-345, ISSN: 1311-221X



17. Гинко Георгиев, Борислав Цветанов, ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ ПРИ СЪВМЕСТНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ МЕЖДУ ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНА СИСТЕМА И ФОТОВОЛТАИЧНА ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛА, БСУ – ГОДИШНИК, том XLVI, 2022, с.116-121, ISSN: 1311-221X
18. Пламен А. Ангелов, „Симулация на малка PV система монтирана в градска среда – част.1”, Международна научна конференция „Дигитални трансформации, медии и обществено включване“, БСУ Бургас, 2020, ISBN 978-619-7126-92-1, стр.432-436
19. Пламен А. Ангелов, „Симулация на малка PV система монтирана в градска среда – част.2”, Международна научна конференция „Дигитални трансформации, медии и обществено включване“, БСУ Бургас, 2020, ISBN 978-619-7126-92-1, стр.437-443
20. Борислав Б. Цветанов, Гинко А. Георгиев, ВЪРХУ ЕДНА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА СИЛОВИ ФИЛТРИ НА ВИСШИ ХАРМОНИЦИ В ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ, Списание „Компютърни науки и комуникации” Том 11, No1 (2022), БСУ, ISSN: 1314-7846, с. 2-11
21. Гинко Георгиев, ИЗПОЛЗВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ИЗОБРАЗЯВАЩИЯ ВЕКТОР НА ТОКА И НАПРЕЖЕНИЕТО ЗА ОЦЕНКА НА НЕСИМЕТРИЯТА В ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ, Списание „Компютърни науки и комуникации” Том 9, No1 (2020), БСУ, ISSN: 1314-7846, с. 102-108
22. Гинко Георгиев, ИЗПОЛЗВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ИЗОБРАЗЯВАЩИЯ ВЕКТОР НА ТОКА ЗА КАЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА ПРИ РАБОТА НА МОЩЕН НЕУПРАВЛЯЕМ ИЗПРАВИТЕЛ, Списание „Компютърни науки и комуникации” Том 9, No1 (2020), БСУ, ISSN: 1314-7846, с. 93-101
23. Даниела Марева, Основни направления за подобряване ефективността на системата на възобновяеми енергийни източници, ч. 2, БСУ, Годишник на БСУ 23 г. том XLVIII, ISSN: 1311-221X, с. 178 - 182
24. Даниела Марева, Основни направления за подобряване ефективността на системата на възобновяеми енергийни източници, част 1, БСУ, Годишник на БСУ 23 г. том XLVIII, ISSN: 1311-221X, с. 172 - 177
25. Даниела Марева, Иновации при производството на фотоволтаични панели, БСУ, Годишник на БСУ 2019 г. том XL ISSN: 1311-221X, с. 282 - 285
26. Неделчева Ст. М. Мацанков, Анализ на методите за прогнозиране на електрическите товари в електрическите мрежи, Известия на ТУ – Сливен, № 1, 2019 г., стр. 44 - 49, ISSN 1312-3920
27. Bakardjieva J., M. Matsankov and S. Slavov, Sectioning of branches of distribution networks with connected wind power plants, International Conference on Technics, Technologies and Education (ICTTE) Nov. 2020, DOI 10.1088/1757-899X/1031/1/012046, <https://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/1031/1>
28. [28].Israel, Michel, Ivanova, Michaela, Shalamanova, Tsvetelina and Zaryabova, Victoria, 2021, A Guide of Non-Ionizing Radiation Protection, ISBN 978-954-8404-35-8, Publisher: NCPHA
29. Радостин Долчинков, ИНТЕГРИРАНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ, Бургас 2024, Годишник БСУ, ISSN: 1311-221X, с. 116 – 121
30. Радостин Долчинков, СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЗДРАВЕТО И БЕЗОПАСНОСТТА ПРИ РАБОТА, Бургас 2024, Годишник БСУ, ISSN: 1311-221X, с. 150-160
31. Радостин Долчинков, ОЦЕНКА НА РИСКА НА ОБЕКТ БЕНЗИНОСТАНЦИЯ, „Бизнес посоки”, 2024, Брой 1, ISSN 1312 - 6016 (Print), ISSN 2367 - 9247 (Online), с. 61 - 73