

## ЕНЕРГИЈА И ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА СУ СРЕЋНО ОЖЕЊЕН ПАР КАО У БАЈКАМА

ENERGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ARE A HAPPILY  
MARRIED COUPLE LIKE IN A FAIRY TALE

*Зоран Пендић*<sup>1</sup>

*Лара Полак*<sup>2</sup>

*Бојана Јаковљевић*<sup>3</sup>

*Рајко Пендић*<sup>4</sup>

*Драган Јевтић*<sup>5</sup>

*Жељко Марковић*<sup>6</sup>

*Прегледни рад*

*DOI: 10.5937/UIB25100P*

### **Апстракт**

Међународна агенција за енергију (IEA-International Energy Agency) прогласила је енергију и вештачку интелигенцију (AI – Artificial Intelligence) за "нови моћни пар".

AI данас има кључну улогу у оптимизацији производње, дистрибуције и потрошње енергије. Такође, AI ће у будућности значајно да побољшава: ефикасност обновљивих извора енергије, стабилност мрежа и енергетску ефикасност.

Области где се AI интензивно примењује и где ће се примењивати су: Паметне мреже у којима с врши оптимално складиштење и дистрибуција енергије из различитих постројења и подстанца; Менаџмент потражњом електричне енергије у циљу обезбеђивања стабилности електричне мреже, захваљујући анализи података о потражњи и производњи електричне енергије у реалном времену; Менаџмент обновљивим изворима енергије, ради прецизнијег балансирање понуде и потражње; Складиштење енергије ради оптимизације складиштења и дистрибуције енергије из обновљивих извора; Предиктивно одржавање енергетских система, где се перформансе енергетских средстава континуирано надгледају и

---

<sup>1</sup> Развојни центар СИТС, Кнеза Милоша 7а, Београд, ORCID: 0000-0002-8320-9154

<sup>2</sup> Студент, IE University (Business & Management), Madrid, ORCID: 0009-0005-0139-267X

<sup>3</sup> ТЕЛЕКОМ СРБИЈА, Булевар Уметности 16а, Београд, ORCID: 0009-0009-5663-2676

<sup>4</sup> EuroSolutions doo, Пожешка 67а, Београд, ORCID: 0009-0009-2669-1464

<sup>5</sup> Time Team doo, Мачванска 6, Панчево, ORCID: 0000-0003-0317-7832

<sup>6</sup> ЕКОЕНЕРГЕТИКА, Сутјеска 8 556, Београд, ORCID: 0009-0000-2925-159X

анализирају како би се унапред идентификовали потенцијални кварови/грешке; Повећање енергетске ефикасности упаметним зградама (ово је најперспективнија употреба AI) коришћењем предиктивних алгоритама и праћењем података у реалном времену; Трговина енергијом на (међународном) тржишту енергије; Истраживање нафте и гаса; Надзирање рада нуклеарних електрана...

**Кључне речи:** *вештачка интелигенција, енергија, енергетска ефикасност*

### **Abstract**

The International Energy Agency (IEA) has declared energy and artificial intelligence (AI) as a "new power couple".

AI today plays a key role in optimizing energy production, distribution and consumption. In addition, AI will significantly improve: the efficiency of renewable energy sources, grid stability and energy efficiency in the future.

Areas where AI is being intensively applied and where it will be applied are: Smart grids in which energy is optimally stored and distributed from different plants and substations; Demand side management to ensure the stability of the electricity grid, thanks to the analysis of data on demand and electricity production in real time; Renewable energy management to more accurately balance supply and demand; Energy storage to optimize the storage and distribution of energy from renewable sources; Predictive maintenance of energy systems, where the performance of energy assets is continuously monitored and analyzed to identify potential failures/errors in advance; Increasing energy efficiency in smart buildings (this is the most promising use of AI) by using predictive algorithms and real-time data monitoring; Energy trading on the (international) energy market; Oil and gas exploration; Monitoring the operation of nuclear power plants...

**Key words:** *artificial intelligence, energy, energy efficiency*

### **УВОД**

"Вештачка интелигенција (AI -Artificial Intelligence) је грана рачунарске науке и инжењеринга која се фокусира на развој интелигентних машина које могу да обављају задатке који обично захтевају људску интелигенцију, као што су визуелна перцепција, препознавање говора, доношење одлука и превод страних језика. AI системи су дизајнирани да уче из искуства, прилагођавају се новим ситуацијама и побољшавају перформансе током времена без експлицитног програмирања. Крајњи циљ вештачке интелигенције је стварање машина које могу да симулирају људску интелигенцију, укључујући расуђивање, решавање проблема и креативност" [1].

Према IBM-у, вештачка интелигенција је "технологија која омогућава рачунарима и машинама да симулирају људско учење, разумевање, решавање проблема, доношење одлука, креативност и аутономију" [2].

Како потражња за електричном енергијом и декарборнизацијау свету расту, електроенергетски системи постају свекомплекснији, што је у читавом енергетском сектору условило све већу примену технологија Индустије 4.0 и вештачке интелигенције (AI).

Ове технологије се са успехом примењују у [3]: 1. Планирању, реализацији пројеката обновљивих извора енергије и издавању дозвола за рад. Нпр. алгоритми за машинско учење, узимајући у обзир податке о временским приликама (анализа сунчевог зрачења, анализа атласа ветрова) и карактеристикама електричне мреже у неком региону, могу да предложе оптималну величину соларне електране и/или ветроелектране. Савремени AI четботови (AI Chatbots), који користе генеративне системе вештачке интелигенције, могу да убрзају процесе издавања дозвола, користећи текстове из раније издатих дозвола; 2. Оптимизацији преноса и дистрибуције електричне енергије. AI помаже у планирању проширења преноса и одређивању најбољих траса и капацитета нових далековаода. AI алгоритми могу успешно да анализирају оптимални ток електричне енергије кроз преносну мрежу, али и да динамички процене максимални капацитет преноса електричне енергије преко далековаода у реалном времену, када временски услови то дозвољавају, а без угрожавања безбедности; 3. Виртуалним електранама, где AI игра посебно важну улогу. Ове електране користе AI како би паметно управљале производњом, складиштењем и потрошњом електричне енергије из различитих извора. Виртуалне електране помажу да се обновљива соларна и ветроенергија интегрише у електричне мреже, ограничавајући потребу за скупим вршним постројењима која снабдевају струјом током периода велике потражње; 4. Складиштењу енергије. Складиштење енергије у батеријама је од суштинског значаја за повећање поузданости коришћења обновљиве енергије. AI нуди решења за оптимизацију складиштења енергије, управљајући променљивим захтевима за електричном енергијом и интегрисањем обновљивих извора енергије у постојеће мреже.

AI има велики потенцијал у трговини енергијом, пошто на бази обраде у реалном времену великог броја тржишних података о ценама енергије, трендовима у потражњи и понуди енергије, помаже у лакшем праћењу сложене динамике енергетског тржишта. На тај начин AI значајно помаже енергетским компанијама да доносе профитабилне одлуке о трговању енергијом.

Сектор нафте и гаса значајно утиче на глобалну производњу енергије. AI помаже овом сектору да унапреди безбедносне и еколошке апликације. AI открива потенцијалне инциденте у производњи нафте и гаса и реагујући на њих у реалном времену значајно смањује утицај овог сектора на животну средину. AI апликације оптимизују рад рафинерија и гасних постројења, користећи предиктивно одржавање и контролу квалитета производних процеса. На тај начин се смањују трошкови одржавања, повећава расположивост постројења а тиме и повећање производње поменутих енергената.

AI има велики потенцијал и за унапређење производње нуклеарне енергије. Својом способношћу да побољша ефикасност, аутоматизацију, безбедност и одржавање нуклеарних постројења, као и да оптимизује процесе у њима, AI, заједно са другим технологијама, попут дигиталних близанаца, могла би значајно да повећа ефикасност производње нуклеарне енергије.

Како је већ речено, најперспективнија употреба AI у сектору енергетике је примена AI у повећање енергетске ефикасности у паметним зградама, па ће у овом раду посебна пажња бити овој проблематици [4-8].

## **ПАМЕТНЕ ЗГРАДЕ И КУЋЕ У ПАМЕТНОМ ГРАДУ**

Данас више од половине светске популације живи у урбаним срединама, док је то педесетих година прошлог века било испод 30%. Предвиђа се да ће до 2050. године у урбаним срединама живети близу 70% становништва, што захтева убрзани развој глобалне урбанизације. У Европи, укључујући и Русију, у урбаним регионима живи око три четвртине становништва. Упркос чињеници да урбана подручја заузимају само око 2% површине Земље, градска насеља троше 75% природних ресурса и у њима живи преко 50% становништва. Очигледно је да "паметни" урбани развој мора да пронађе одржива решења за непрекидан раст становништва у урбаним срединама, проблеме миграције, климатских промена, приступачног становања, превасходно коришћењем технологија ИНДУСТРИЈЕ 4.0 и вештачке интелигенције.

Британска институција за стандарде (The British Standards Institution - BSI) дефинисала је паметне градове као "ефикасну интеграцију физичких, дигиталних и људских система у изграђено окружење како би се обезбедила одржива, просперитетна и инклузивна будућност за своје грађане".

Комплементарно, паметни град се може дефинисати као град са физичком инфраструктуром, социјалним капиталом, јавним институцијама и дигиталним технологијама који заједно обезбеђују

одрживи економски и социјални развој, стварајући привлачно окружење за све, пружајући не само подршку, већ и повратне информације (о квалитету услуга или стању путева/животне средине) између грађана и пружалаца услуга (менаџмент).

Да би био "паметан", град мора бити "дигиталан".

То је, дакле, град са економијом заснованом на информационо-комуникационој технологији (ИКТ) и другим технологијама ИНДУСТРИЈЕ 4.0 (Интернет ствари - Internet of Things - IoT, рачунање у облаку (Cloud computing), сајбер-физички системи (Cyber-physical systems), велики подаци (Bigdata) и друге) и вештачке интелигенције. То подразумева развој индустрија у областима ИКТ-а, као и других "паметних" индустрија које садрже ИКТ и нове технологије у својим производним процесима и пословним моделима.

Паметни град је град са сигурном и одрживом животном средином, са новим технологијама интегрисаним у природне услове без опасности по животну средину и живот.

То је и град са модерним транспортним технологијама, логистиком и новим "паметним" транспортним системима који побољшавају урбану мобилност и живот у граду.

И оно најважније, то је град у којем становници имају ИКТ вештине и висок ниво образовања. Значи, то је град са високим квалитетом друштвеног и људског капитала.

Треба истаћи да је развој технологија ИНДУСТРИЈЕ 4.0 и вештачке интелигенције омогућио да читав процес урбанизације буде паметнији: урбано планирање и изградња ("паметни дом"), производња и пословање ("паметна фабрика" и "паметна економија"), управљање ("паметна регулација") и стварање услова за развој и акумулацију друштвеног и људског капитала ("паметна популација") [4-8].

Због тога, технологије ИНДУСТРИЈЕ 4.0 и вештачке интелигенције стварају данас суштински нову инфраструктуру "паметног града", стварајући нове могућности за решавање одређених проблема који се тичу ресурса и енергетске ефикасности, организације урбане производње, демографских промена у модерним градовима. Заузврат, развој "паметног града" постаје облик нове индустријализације савремене економије [4,8].

Становници паметних градова живе у паметним зградама и кућама.

Вештачка интелигенција има потенцијал да промени начин на који дизајнирамо и градимо зграде, чинећи их еколошки прихватљивијим, енергетски ефикаснијим и одрживијим. Коришћењем напредних алгоритама вештачке интелигенције, архитекте и дизајнери могу да

анализирају огромне количине података и симулирају различите сценарије како би створили зграде које су у хармонији са околином [10]. Улога вештачке интелигенције у трансформацији одрживе архитектуре протеже се од избора материјала до оптимизације енергије и интеграције обновљивих извора енергије.

Паметне зграде су архитектонске структуре које користе напредне технологије за побољшање ефикасности, функционалности и одрживости. Интеграцијом AI и IoT, ове интелигентне структуре могу да прикупе и анализирају велики број података у реалном времену, омогућавајући им да доносе одлуке засноване на чињеницама и оптимизују различите системе унутар зграде. AI и IoT интеграција је мозак који стоји иза паметних зграда, омогућајући им да прикупљају, обрађују и тумаче податке са IoT уређаја. IoT уређаји, као што су сензори, актуатори и међусобно повезани системи, дају умрежене информације унутар зграде. Кроз ову интеграцију, AI алгоритми могу да надгледају и контролишу бројне параметре у згради, укључујући осветљење, грејање, вентилацију, климатизацију, безбедност и потрошњу енергије, што резултира у динамичко окружење које реагује на промене [9].

Једна од примарних одлика AI и IoT интеграције у паметним зградама је побољшана енергетска ефикасност, која се остварује анализом података о потрошњи енергије у појединим стамбеним/пословним јединицама у реалном времену. На тај начин се оптимизује потрошња енергије у паметној згради, било да је она комецијална, стамбена или мешовита. Ова смањења потрошње енергије праћена су истовременим смањењем емисије гасова стаклене баште. Паметне зграде могу прилагодити нивое осветљења на основу заузетости просторија, оптимизовати подешавања температуре, омогућити ефикасно коришћење обновљивих извора енергије [9-12].

AI и IoT интеграција у паметним стамбеним зградама може да пружи персонализован комфор станарима контролишући различите аспекте стамбеног и другог простора, као што су осветљење, температура, квалитет ваздуха...

Интеграција AI и IoT има значајан учинак и у процесу одржавања паметне зграде. Сензори и повезани системи непрекидно прате рад опреме, откривајући аномалије и проблеме у реалном времену. Овај проактивни приступ омогућава предиктивно одржавања, спречавање скувих кварова и оптимизацију активности одржавања.

На пример, сензори и камере инсталирани у лифту ће "ухватити" информације о перформансама лифта. Информације ће затим обрадити AI алгоритми да би се открило да ли лифт добро

функционише или ће се ускоро покварити. Тада се могу предузети проактивне корективне радње пре него што лифт престане да функционише исправно.

Поред тога, AI алгоритми на бази анализе података о одржавању могу да идентификују трендове у одржавању зграде и тиме омогуће менаџеру за одржавање зграде да доноси одлуке засноване на поузданим подацима и тиме повиси оперативну ефикасност одржавања паметне зграде. Нормално, менаџеру за одржавање зграде треба да буде на располагању тим професионалаца који се баве одржавањем зграда.

## ИНОВАТИВНИ ПРИМЕРИ ПАМЕТНИХ ЗГРАДА

Наведимо три иновативна примера паметних зграда преузета из Лит. [9].

***The Edge, Амстердам.*** Смештен у Амстердаму, ***The Edge*** представља пионирски пример паметне зграде. Користи преко 28.000 сензора за прикупљање података о попуњености, температури, осветљењу и потрошњи енергије. Кроз интеграцију AI и IoT, зграда оптимизује потрошњу енергије, што резултира смањењем од запањујућих 70% у поређењу са традиционалним зградама. ***The Edge*** показује како паметне зграде могу ускладити одрживост, технологију и људско искуство.

***The Crystal, Лондон.*** ***The Crystal***, пример одрживе архитектуре у Лондону, показује снагу AI и IoT интеграције. Ова култна зграда користи напредне технологије за праћење потрошње енергије, потрошње воде и квалитета ваздуха у затвореном простору. Анализом података прикупљених са IoT уређаја, ***The Crystal*** постиже смањење потрошње енергије од 65% у поређењу са сличним зградама. Штавише, служи као образовно средиште, промовишући одрживе праксе и инспиришући будуће генерације.

***One Angel Square, Манчестер.*** ***One Angel Square*** Манчестеру, Уједињено Краљевство, илуструје улогу вештачке интелигенције и интернета ствари у стварању одрживих зграда високих перформанси. Структура укључује различите одрживе карактеристике, укључујући сакупљање кишнице, нискоенергетско осветљење и природну вентилацију. Системи за управљање зградама вођени вештачком интелигенцијом континуирано оптимизују коришћење енергије, што резултира изузетном енергетском ефикасношћу. ***One Angel Square*** служи као сведочанство трансформативног потенцијала паметних зграда.

## **БУДУЋНОСТ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ЕНЕРГЕТИЦИ**

Овај одељак је написан користећи Реф. [12-17, 18,19,20-31]. Све референце су доступне на Интернету.

Широм света, енергетски сектор је суочен са широким спектром питања, као што су растућа потрошња, повишење ефикасности, промене трендова у понуди и потражњи, недостатак неопходне аналитике за ефикасно управљање...У земљама у развоју ови проблеми су озбиљнији и израженији.. У овим земљама велики проблем је неовлашћена потрошња(крађа) електричне енергије путем самовољних (незаконитих) прикључења на електричну мрежу. Нпр. недавним изменама Закона о енергетици [27], Агенција за енергетику Републике Србије добила је надлежност за обрачун неовлашћено утрошене (украдене) електричне енергије, путем редовне или ванредне контроле мерног места од стране надлежног система оператера.

АИ технологије даће ветар у једра експанзији производње енергије у земљама у развоју.АИ технологије имају неслућени потенцијал да у овим земљама играју значајну улогу: оптимизацији потрошње енергије; управљању мрежама; поузданој процени цене енергије; правилном одређивању потражње за енергијом; повећању енергетске ефикасности у стамбеним и комерцијалним структурама...Обезбеђивање оптималног снабдевања енергијом помоћиће земљама у развоју да остваре своје развојне циљева

Генерално, вештачка интелигенција ће у свету играти кључну улогу у трансформацији енергетског сектора, помажући му да превазиђе изазове ефикасности, одрживости и иновација.АИ технологије промениће начин на који енергетске компаније производе, складиште и дистрибуирају ресурсе, као и оптимизују своје процесе.

Будућност АИ у енергетском сектору обећава не само побољшање постојећих енергетских система и процеса, већ и трансформацију начина на који се енергија производи и троши.АИалгоритми ће омогућити значајан напредак у доношењу критичних одлука у дистрибуцији енергије, отклањању кварова и планирању одржавања уз минималну људску интервенцију.Роботика вођена вештачком интелигенцијом ће се све више користити у активностима инспекције, одржавања и поправки, смањујући ризик за раднике који раде у опасним окружењима.

Комбинација нових технологија - технологија Индустије 4.0 и вештачке интелигенције -ствара нове могућности за енергетске компаније да побољшају ефикасност, оптимизују перформансе, подстичу иновације и убрзају раст. Али овде треба истаћи, да енергетске компаније не треба да копирају решења развијена у

другим индустријама, већ да се фокусирају на решења специфична за енергију.

Наведимо неке важније примене AI технологија у енергетском сектору (неке од њих смо и раније поменули):

*Опоравак од катастрофе од природних катастрофа [18].* Природне катастрофе као што су урагани, цунамији, земљотреси, поплаве, шумски пожари, између осталог, често имају катастрофалне последице по снабдевање енергијом. Када дође до ових природних катастрофа, оштећење електричне мреже и гасовода могу бити озбиљна, што често резултира нестанком електричне енергије или протока гаса који трају данима, недељама или чак месецима у зависности од тежине штете. Примена AI алгоритама доводи до убрзање времена опоравка и последично враћања снабдевања енергијом. Ови алгоритми могу да процене стање читавог система, да предвиде доступност енергије да испоруче подручја где је енергија најпотребнија без угрожавања читавог система. Једноставно, AI алгоритми могу проценити штету, оптимизовати процес доношења одлука и понудити поуздана решења за обнављање напајања након што се катастрофа смири.

*Паметне или интелигентне мреже [18,19].* Мреже се сада могу интегрисати са сензорима, алатима за анализу података, системима за складиштење енергије, платформама за управљање енергијом и другим врстама енергетских технологија како би постале "паметни" или "интелигентне". Централна идеја која стоји иза паметне мреже је да се ручне операције замене вештачком интелигенцијом, што резултира високом ефикасношћу, поузданошћу и ниским трошковима. Паметна мрежа је комбинација неколико интелигентних механизма као што су управљање информацијама, комуникационе технологије, IoT сензори, контролне технологије и теренски уређаји који се комбинују ради координације процеса у мрежи. Паметне мреже надгледају сваку фазу енергетског ланца, од генерисања до потрошње енергије, и могу интелигентно предвидети, открити, анализирати и исправити проблеме у свакој фази. Са преласком на обновљиву енергију, улога паметне мреже постала је кључна. С обзиром на вишеструке изворе обновљиве енергије као што су ветар, сунчева енергија, геотермална енергија, биомаса и хидроенергија, постоји потреба за интелигентним системом који би интегрисао све ове изворе енергије заједно. Енергетске компаније могу помоћу паметних мрежа да смање потрошњу енергије путем аутоматизованих система за реаговање на потражњу, што резултира уштедом енергије за власнике стамбених и комерцијалних зграда, као и за енергетске компаније.

*Безбедност мреже [19].* Енергетска мрежа је комплексан систем који је рањив на сајбер нападе. АИ технологије могу да се користе за значајно подизање нивоа безбедности енергетских мрежа спречавањем сајбер напада пре него што се догоде. Оде се користи аналитика података за идентификацију образаца у енергетским подацима који могу указивати на сајбер напад. Једном када се идентификује сајбер напад, АИ алгоритми могу да се користити за одговор на напад.

И системи вештачке интелигенције су подложни сајбер нападима, укључујући нападе у којима злонамерни актери манипулишу улазним подацима вештачке интелигенције како би изазвали штетне резултате. Такви напади могу довести до погрешних одлука које могу пореметити снабдевање електричном енергијом, оштетити инфраструктуру или чак олакшати даље нападе на мрежу. Робусне мере сајбер безбедности, редовна ажурирања и строге контроле приступа су од суштинског значаја за заштиту АИ система од таквих претњи.

*Ефикасно управљање мрежом - Интелигентна потрошња енергије [18,19].* АИ технологије се користе за оптимизацију енергетских мрежа управљањем токовима енергије између стамбених и комерцијалних зграда, привредних и других организација, батерија за складиштење енергије, обновљивих извора енергије, микромрежа и саме електричне мреже. Ово смањује расипање енергије уз повећање ангажовања потрошача у потрошњи енергије.

Обновљиви извори енергије попут ветра и сунца се све више користе, али енергија из ових извора није увек доступна када је потребна. Ово представља проблем за енергетску мрежу јер се енергијом мора управљати у реалном времену док се производи. АИ технологијемогу помоћи енергетским компанијама да предвиде када ће обновљива енергија бити доступна и управљати енергетским мрежама у складу са тим.

Роботи се могу користити у енергетским инсталацијама за задатке као што су поправке цевовода, ветротурбина и друге енергетске инфраструктуре. Аутоматизацијом ових задатака, енергетске компаније могу додатно побољшати ефикасност и смањити трошкове.

Такође, уштеда енергије или интелигентна потрошња енергије сматра се једном од најперспективнијих примена АИ технологија у енергетском сектору. Нпр. паметни уређаји базирани на технологијама Индустрије 4.0 и вештачке интелигенције, који се све више појављују на тржишту, омогућавају власницима кућа да комуницирају са својим термостатима и другим кућним апаратима у циљу праћења потрошње енергије. Ови уређаји могу да доносе

интелигентне одлуке за уштеду енергије, као што је искључивање одређених кућних уређаја када је електрична енергија скупа.

*Повећана производња [19].* AI технологије такође се користе за повећање производње у енергетском сектору. Нпр. нафтне и гасне компаније применом AI технологије могу да оптимизују рад бушотина и тиме повећају производњу. Такође, анализом података прикупљених из сеизмичких истраживања и других извора, ове компаније могу донесу адекватне одлуке о томе где да отварају нове бушотине за нафту и гас.

*Предиктивна аналитика [19].* Предиктивна аналитика има две важне компоненте: једну, која предвиђа потражњу енергије у будућности, и другу, која предвиђа вероватноћу отказивања појединих делова енергетске инфраструктуре.

Информације везане за прогнозу потражње енергије у будућности могу се користити за планирање будућности и изградњу неопходне инфраструктуре за задовољавање будућих енергетских потреба.

Информације везане за предвиђање вероватноћу отказивања појединих делова енергетске инфраструктуре, енергетске компаније користе за спречавање неочекиваних испада појединих делова енергетске инфраструктуре, омогућавајући компанијама да планирају замену критичних и скувих енергетских уређаја/система и тиме избегну непланиране радове на одржавању.

Предвиђање кварова у енергетској инфраструктури је једна од најкориснијих примена AI технологија у енергетском сектору, заједно са одржавањем у реалном времену. Дакле, са AI технологијама о према се може надгледати уз откривање кварова пре него што прерасту у катастрофалне кварове, чиме се спасавају животи, имовина, вредни ресурси и време. Нпр. преко 30 људи је погинуло када је 2017. године у Индији експлодирала електрана на угљ који је лоше одржавана, а 2018. године је утврђено да су неисправни далеководи изазвали велике пожаре у Калифорнији.

*Складиштење енергије.* Предвиђа се да ће глобално тржиште складиштења енергије да порасте преко 20 пута до 2030. године [19]. Паметни системи за складиштење енергије су технологије складиштења енергије које се могу интегрисати у енергетску мрежу како би управљање енергијом било ефикасније.

Складиштење енергије се такође користи за стварање виртуелних електрана, које омогућавају енергетским компанијама да испоручују енергију када је то потребно чак и ако њихово тренутно снабдевање енергијом није довољно. Ово помаже да се смањи потреба енергетских компанија да граде нове електране [19].

*Трговина електричном енергијом*[18]. Као и свака роба и електрична енергија се може продати, купити или са њом трговати на отвореним тржиштима. Тржиште електричне енергије, захтева велики број података добијених из временске прогнозе, потражње у мрежи, биланса снабдевања и других повезаних извора података да би могло ефикасно да функционише. АИ технологије се могу искористити у различитим аспектима трговине електричном енергијом. Нпр. оне омогућавају ефикасније предвиђањем потражње за енергијом и пружање трговцима у реалном времену информација о ценама енергије. Са овим информацијама, трговци енергијом могу донети боље одлуке о томе када да купују и/или продају енергију. Поред тога, интеграцијом различитих обновљивих извора енергије, АИ повећава доступност енергије за трговину на тржишту електричне енергије. Такође, блокчејн технологије ће се користити за креирање уговора о куповини енергије између купаца и продаваца енергије. Блокчејн технологија чини ове уговоре ефикаснијим јер смањује време трансакције.

*Крађа електричне енергије и откривање превара са енергијом.* Крађа и превара везане коришћење и трговину електричном енергије коштају енергетску индустрију на глобалном нивоу близу 100 милијарди долара сваке године [19]. Крађа електричне енергије је незаконито узимање енергије из мреже. Енергетска превара је намерно лажно представљање енергетских података или потрошње енергије. АИ технологије могу аутоматски да открију крађе и преваре и и на време упозоре енергетске компаније. Ово омогућава енергетским компанијама да заштите своју имовину, смање губитак енергије и уштеде новац.

*Микромреже.* Микромрежа је мала аутономна енергетска мрежа која може да ради независно од традиционалне енергетске мреже. Микро мреже постају популарне јер могу да обезбеде енергетску сигурност током ванредних ситуација и могу лакше да интегришу обновљиве изворе енергије у енергетску мрежу од традиционалних енергетских мрежа. Ове мреже су посебно важне у руралним подручјима [19].

*Ангажовање купаца.* Коришћењем АИ алгорита енергетске компаније могу да пруже купцима информације које су специфичне за њихове потребе, као нпр. како могу да смање потрошњу енергије променом навика коришћења.

## ЗАКЉУЧАК

Технологије Индустије 4.0 и вештачке интелигенције имају потенцијал да унапреде енергетски сектор да буде безбеднији, чистији, ефикаснији и сигурнији него икада раније. Међутим, као и код свих нових технологија, ове технологијемогу да нанесе штету ако сенеадекватно примењују или недовољно разумеју.

Док су различити облици АИ већ користе у енергетском сектору, брз напредак АИ технологија (укључујући појаву генеративне АИ) доводи до брзог ширења примене АИ алгоритама и алата у енергетском сектору. Са њиховим ширењем, повећава се и могућност њиховог злонамерног коришћења за нападе на критичну енергетску инфраструктуру било које државе [32-36]. Због тога је за примену технологија Индустије 4.0 и вештачке интелигенције потребно велико знање и стално образовање кадрова који раде у енергетском сектору.

Паметне мреже, које покреће АИ, представљају будућност ефикасне дистрибуције енергије. Оптимизацијом протока енергије, интеграцијом обновљивих извора енергије, побољшањем отпорности мреже и оснаживањем потрошача, паметне мреже трансформишу начин на који се електрична енергија производи, дистрибуира и троши. Како свет настоји да испуни своје циљеве одрживости, интеграција АИ са паметним мрежама ће играти кључну улогу у осигуравању да енергетски системи буду ефикасни и еколошки прихватљиви. Применом АИ технологија енергија неће бити само паметна, већ и интелигентна, прилагодљива и спремна да напаја зеленије сутра.

И још једном да посебно истакнемо, да је једна од примарних одлика АИ и ИОТ интеграције у паметним зградама - стамбеним, комерцијалним и мешовитим - побољшана енергетска ефикасност, која се остварује анализом података о потрошњи енергије у појединим стамбеним/пословним јединицама у реалном времену.

## Литература

Chojnowska M. The Basics of Artificial Intelligence: Understanding the Key Concepts and Terminology, *Sunscrapers*, 8 May 2023.

Stryker C, Kavlakoglu E. What is AI?, *IBM*, [Internet], Dostupno na: <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence>

Sandalow D, Fan Z, Carter MF. Can AI Transform the Power Sector?, *Center on Global Energy Policy at Columbia University*, December 4, 2024, <https://www.energypolicy.columbia.edu/can-ai-transform-the-power-sector/>

Пендић З, Полак С, Јаковљевић Б, Полак М, Марковић Ж, Жјак А, Јовановић Љ, Вујотић Љ, Лачњевац Ч, Петрушевска С. Шта наговештавају атрибути 4.0/5.0 у неким терминима? У Зборнику радова XII Научно-стручна конференција са међународним учешћем "Управљање урбаним развојем,

- прилагодљив град и заштita простora и животne средине УИБ 2020, Београд, Србија, стр. 168-191, 16. септембар 2020.
- Safiullin A, Krasnyuk Ly, Kapelyuk Z. Integration of Industry 4.0 technologies for "smart cities" development, In Proc. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 497(1):012089, April 2019, [Internet], Dostupno na: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/497/1/012089/pdf>
- Soloviy V. Industry 4.0 could revolutionize sustainable architecture, Sustainability Times, [Internet], Dostupno na: <https://www.sustainability-times.com/clean-cities/industry-4-0-could-revolutionize-sustainable-architecture/>
- Sharifi A, Allam Z, Bibri SE, Khavarian-Garmsir AR. Smart cities and sustainable development goals (SDGs): A systematic literature review of co-benefits and trade-offs, Cities, Vol. 146, 2024, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275123004717>
- Wolniak R, Stecuła K. Artificial Intelligence in Smart Cities—Applications, Barriers, and Future Directions: A Review, *Smart Cities*, Vol. 7, No. 3, pp. 1346-1389, June 2024.
- The Era of Smart Buildings with AI and IoT Integration - Revolutionizing Sustainable Architecture, Medium, Jul 2, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://medium.com/@archibiotik/the-era-of-smart-buildings-with-ai-and-iot-integration-f394ba68efc4>
- Song M, Heting Pan H, Shen Z, Tamayo-Verleene K. Assessing the influence of artificial intelligence on the energy efficiency for sustainable ecological products value, Energy Economics, Vol. 131, March 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988324001002>
- Farzaneh H, Malehmirchegini L, Bejan A, Afolabi T, Mulumba A, Daka PP. Artificial Intelligence Evolution in Smart Buildings for Energy Efficiency, *Applied Sciences*, Vol. 11, No. 2: 763, 2021, [Internet], Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/app11020763>
- Yussuf RO, Asfour OS. Applications of artificial intelligence for energy efficiency throughout the building lifecycle: An overview, Energy and Buildings, Vol. 305, 15 February 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778824000197>
- Artificial Intelligence (AI) in the Energy Industry, Intel, <https://www.intel.com/content/www/us/en/learn/ai-in-energy.html>
- Shim Ch. The future of AI and energy efficiency, IBM, 17 October 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.ibm.com/think/insights/future-ai-energy-efficiency>
- Simon Flowers, Prakash Sharma. Artificial intelligence and the future of energy, Wood Mackenzie, 27 June 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.woodmac.com/blogs/the-edge/artificial-intelligence-and-the-future-of-energy/>
- Jacobs J, Gardett P. Energizing innovation: Exploring AI's impact on the energy industry, S&P Global, March 13, 2024.
- 7 Key AI Trends Transforming the Energy Industry in 2025, api4ai, [Internet], Dostupno na: <https://api4.ai/blog/7-key-ai-trends-transforming-the-energy-industry-in-2025>
- The Future of the Energy Sector: The Rising Role of AI, The Hague & Partners Business Agency, [Internet], Dostupno na: <https://www.thehagueandpartners.com/en/insights/the-future-of-the-energy-sector-the-rising-role-of-ai/>

- //thehague.com/businessagency/en/the-future-the-energy-sector-the-rising-role-ai
- Horner M. Top 10 applications of AI and Robotics in Energy Sector, ENERGY, February 21, 2022, [Internet], Dostupno na: <https://energydigital.com/top10/top-10-applications-of-AI-and-Robotics-in-Energy-Sector>
- SzczepaniukH, Szczepaniuk EK. Applications of Artificial Intelligence Algorithms in the Energy Sector, *Energies*, 16, 347, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/en16010347>
- AI in the Renewable Energy Sector: Applications, Benefits, and Real-World Impact, enlitia, July 23, 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.enlitia.com/resources-blog-post/ai-in-the-renewable-energy-sector>
- Raihan A. A comprehensive review of artificial intelligence and machine learning applications in energy consumption and production. *Journal of Technology Innovations and Energy*, 2(4), pp. 1–26, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://doi.org/10.56556/jtie.v2i4.608>
- Entezari A, Aslani A, Zahedi R, Noorollahi Y, D: A bibliographic perspective, *Energy Strategy Reviews*, Vol. 45, 101017, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22002115>
- Maya Derrick. Top 10: Uses of AI in Energy, *Energy*, February 14, 2024, <https://energydigital.com/top10/top-10-uses-of-ai-in-energy>
- Wang Q, Li Y, Li R. Integrating artificial intelligence in energy transition: A comprehensive review, *Energy Strategy Reviews*, Vol. 57, 101600, January 2025, Dost.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X24003092>
- Mhlanga D. Artificial Intelligence and Machine Learning for Energy Consumption and Production in Emerging Markets: A Review, *Energies*, 16(2), 745, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/2/745>
- Zakon o energetici, "Sl. glasnik RS", br. 145/2014, 95/2018 - dr. zakon, 40/2021, 35/2023 - dr. zakon, 62/2023 i 94/2024.
- LeeCh, Fang Y, Quan Sh, Li X. Leveraging the power of artificial intelligence toward the energy transition: The key role of the digital economy, *Energy Economics*, Vol. 135, 107654, 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988324003621>
- Energy and Artificial Intelligence, *Energy Intelligence*, Executive Summary, March 17, 2025, [Internet], Dostupno na: <https://www2.energyintel.com/202503etsai>
- Energy and AI, International Energy Agency, World Energy Outlook Special Report, 304 p., 14 April 2025.
- Ritchie H. What's the impact of artificial intelligence on energy demand?, Sustainability by numbers, Nov 18, 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/ai-energy-demand>
- Potential Benefits and Risks of Artificial Intelligence for Critical Energy Infrastructure, U.S. Department of Energy, CESER Summary Report, April 2024, Dostupno na: [https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/DOE%20CESER\\_EO14110-AI%20Report%20Summary\\_4-26-24.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/DOE%20CESER_EO14110-AI%20Report%20Summary_4-26-24.pdf)
- ParkC, Kim M. (2024). Utilization and challenges of artificial intelligence in the energy sector. *Energy & Environment*, 2024, [Internet], Dost. na: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0958305X241258795>

- Szuchy R. The Benefits and Risks AI Brings to the Energy Sector, Budapest Business Journal, Oct 21, 2023, [Internet], Dostupno na: <https://bbj.hu/economy/statistics/analysis/the-benefits-and-risks-ai-brings-to-the-energy-sector/>
- Fatokun EO. Trends, Effects, and Future Outlook for the Integration of Artificial Intelligence Technologies in the Energy Sector: The Role of Open Innovation, Mikailalsys Journal of Advanced Engineering International, Vol. 2, No. 2, pp. 143-158, 2025.
- Qin M, Wei Hu W, Qi X, Chang T. Do the benefits outweigh the disadvantages? Exploring the role of artificial intelligence in renewable energy, Energy Economics, Vol. 131, 107403, 2024, [Internet], Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988324001117>