Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 005.6:658.7
ДОИ: https://doi.org/10.24867/36GI03Petkovic

Примена вештачке интелигенције у логистичким процесима аутомобилске индустрије

Application of Aritificial Intelligence in the Logistic Processes of the Automotive Industry

Душан Петковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Студијски програм – ИНДУСТРИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај – *Рад истражује утицај савремених дигиталних технологија, пре свега вештачке интелигенције, на логистичке процесе аутомобилске индустрије. Полазећи од чињенице да је ова индустрија једна од најкомплекснијих и најдинамичнијих, анализиране су кључне фазе логистичког ланца – улазна, производна и излазна логистика – и начин на који се оне трансформишу под притиском глобализације, дигитализације и растућих тржишних очекивања. Кроз доступну литературу и релевантне студије приказано је како AI унапређује планирање, оптимизацију и управљање логистиком, те како доприноси бољој предвидљивости, прецизности и отпорности ланаца снабдевања. Посебно је размотрена примена технологија као што су IoT, дигитални близанци, предиктивна аналитика и аутономни системи. Рад указује на то да вештачка интелигенција постаје кључни ослонац модерних логистичких стратегија, али и да њена имплементација захтева одговарајућу инфраструктуру, организационе промене и висок ниво технолошке зрелости.*

Кључне речи: *логистички процеси, аутомобилска индустрија, дигитализација, предиктивна аналитика*

Abstract – *This paper examines the role of artificial intelligence in the logistics processes of the automotive industry, focusing on how digital technologies reshape traditional supply chain models. Through an analysis of inbound, production and outbound logistics, the study highlights how AI supports decision-making, improves efficiency and strengthens the resilience of modern supply chains. Technologies such as IoT, digital twins and predictive analytics are explored as essential tools that enable greater transparency, accuracy and adaptability. The findings indicate that artificial intelligence is becoming a central element of modern logistics, although its full implementation requires adequate infrastructure, organizational readiness and long-term strategic planning.*

Keywords: *logistics processes, automotive industry, digitalization, predictive analytics*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор проф. др Небојша Бркљач.

1. УВОД

Аутомобилска индустрија представља један од најсложенијих производних система савременог доба, у којем логистички процеси имају кључну улогу у обезбеђивању континуитета производње, оптималног коришћења ресурса и ефикасне дистрибуције готових производа. Развој технологије, глобализација тржишта и растући захтеви за одрживошћу значајно су трансформисали овај сектор, при чему се као водећи покретач промена издваја примена вештачке интелигенције (AI).

Интеграција AI технологија у логистичке процесе омогућава аутоматизацију, предиктивну аналитику и интелигентно доношење одлука у реалном времену. Ово доводи до смањења трошкова, повећања прецизности, боље искоришћености капацитета и укупног подизања отпорности ланаца снабдевања. Савремени логистички системи више нису статичне структуре већ динамичне, дигитално повезане мреже које се континуирано прилагођавају променама у окружењу.

Овај рад представља сажету, али садржајно проширену и научно утемељену верзију мастер рада и има за циљ да прикаже начине на које AI унапређује кључне фазе логистике – улазну, производну и излазну – као и целокупан ланац снабдевања у аутомобилској индустрији. Посебна пажња посвећена је актуелним трендовима, као што су дигитализација, аутоматизација, Internet of Things (IoT), дигитални близанци, блокчејн и одржива логистика.

2. ЛОГИСТИЧКИ ПРОЦЕСИ У АУТОМОБИЛСКОЈ ИНДУСТРИЈИ

Логистички системи у аутомобилској индустрији карактеришу се високим степеном сложености, великим бројем добављача, глобалним транспортним рутинама и строгим захтевима за прецизношћу. Логистика се традиционално дели на три кључне целине: улазну, производну и излазну логистику. Свака од ових целина има специфичну улогу у

процесу стварања вредности и директно утиче на ефикасност производње.

2.1. Улазна логистика

Улазна логистика обухвата све активности које се односе на планирање, набавку, транспорт, пријем и складиштење материјала и компоненти неопходних за производни процес. У аутомобилској индустрији овај сегмент има изузетан значај, јер фабрике функционишу у условима високе динамике производње, великог броја добављача и сложених глобалних ланаца испоруке. Свако кашњење или одступање у овом делу ланца може довести до застоја на монтажној линији, што резултира великим финансијским губицима [1].

2.2. Логистика производње

Логистика производње усмерена је на управљање материјалним токовима унутар производног погона. Њена основна улога је да обезбеди да све компоненте стигну до радних места и монтажних линија у правом тренутку, у потребној количини и без непотребног задржавања или формирања вишка залиха [1,2]. С обзиром на то да савремена возила садрже и више хиљада појединачних делова, тачна координација у овом делу логистике има пресудан значај за укупну ефикасност производног система.
Дигитализација производних процеса омогућила је значајно повећање транспарентности и контроле над токовима материјала. Употребом сензора, аутоматизованих транспортних система и интегрисаних информационих платформи, компаније прате кретање материјала у реалном времену [3].

2.3. Излазна логистика

Излазна логистика обухвата све процесе који се односе на управљање готовим производима – од тренутка када возило напусти производну линију, па све до његове испоруке крајњем купцу или дистрибутивном центру. Ово укључује складиштење, припрему за транспорт, избор оптималних транспортних средстава, планирање и праћење рута, као и управљање документацијом.
У аутомобилској индустрији, где се свакодневно транспортују хиљаде возила широм света, ефикасна излазна логистика је један од најважнијих фактора задовољства купаца и очувања репутације бренда. Нетачно планирање испорука може довести до кашњења, повећања трошкова и незадовољства купаца [2].
Вештачка интелигенција у овом сегменту омогућава напредно планирање транспорта и аутоматску оптимизацију рута, уважавајући бројне факторе: саобраћај, временске услове, доступност транспортних капацитета и ограничења на путевима [3].

2.4. Ланац снабдевања у аутомобилској индустрији

Савремени ланац снабдевања у аутомобилској индустрији функционише као изузетно сложена глобална мрежа која повезује добављаче, производне погоне, логистичке центре и дистрибутере широм света. Процеси у овој мрежи морају бити прецизно синхронизовани, јер сваки поремећај може довести до значајних финансијских губитака и кашњења у испоруци возила [1,2].
Дигитализација и развој напредних технологија омогућили су да се ова мрежа трансформише у систем који непрекидно генерише податке, на основу којих се доносе брзе и тачне одлуке.
AI алгоритми могу да анализирају велике количине података које настају у свим фазама ланца – од набавке и производње до дистрибуције – и да предвиде будуће трендове, идентификују потенцијалне поремећаје и предложе оптималне стратегије реаговања [4].

2.5. Lean у аутомобилској индустрији

Лин (Lean) приступ представља филозофију континуираног побољшања која тежи елиминацији свих врста губитака и максималном стварању вредности за купца. Овај концепт, настало у оквиру Тојотиног производног система, данас представља темељ савремене организације производних и логистичких процеса.
Лин се заснива на принципима као што су: вредносни ток, континуирани проток, производња по потражњи и тежња ка савршенству. У аутомобилској индустрији, он се примењује у циљу скраћења времена производње, смањења залиха, побољшања квалитета и оптималног коришћења ресурса [1].

3. САВРЕМЕНИ ТРЕНДОВИ У АУТО-ИНДУСТРИЈИ

Савремена аутомобилска индустрија пролази кроз дубоке промене под утицајем технолошких иновација, глобалних тржишних кретања и захтева за одрживошћу. Традиционални производни и логистички модели више нису довољни да испуне потребе модерног тржишта које карактеришу брзе промене, велика варијабилност и висок степен комплексности [4]. Управо из тог разлога у први план долазе трендови који трансформишу начин на који аутомобилске компаније производе, снабдевају, испоручују и управљају својим системима [5].

3.1. Дигитализација и аутоматизација

Дигитализација представља темељ свеобухватне трансформације аутомобилског сектора. Интеграција савремених ИТ система, паметних платформи и аутоматизованих производних линија омогућава да се токови информација, материјала и ресурса управљају прецизније него икада раније.
Производни процеси постају дигитално повезани, што омогућава континуирано праћење свих фаза производње, од улазне логистике до финалне испоруке. Аутономни производни системи, роботи и возила за унутрашњи транспорт (AGV) замењују традиционалне методе рада, чиме се повећава ефикасност, а смањује учешће човековог фактора у рутинским задацима [3,6].

3.2. Одрживост

Одрживост је постала један од централних стубова развоја савремене аутомобилске индустрије.

Компаније су све више свесне да њихов опстанак на тржишту не зависи само од конкурентности и технолошких иновација, већ и од способности да послују одговорно и са што мањим утицајем на животну средину. Регулаторни оквири постају све строжији, очекивања купаца расту, а климатске промене намећу хитност увођења одрживих пракси. Управо из тог разлога компаније траже начине да смање емисије током производње и дистрибуције, повећају енергетску ефикасност својих погона и возила, те промене дизајн производа и амбалаже тако да буду погоднији за рециклажу [2].

3.3. Персонализација и флексибилност

Савремени потрошачи очекују да производи буду усклађени са њиховим индивидуалним потребама, што је посебно изражено у индустрији аутомобила. Купци желе возила која одговарају њиховим навикама, стилу живота и естетским преференцијама, што доводи до наглог раста броја конфигурација које једна фабрика мора да подржи. Овај тренд масовне персонализације захтева да логистички и производни системи постану изузетно флексибилни, јер је потребно управљати великом варијабилношћу без нарушавања ефикасности или повећања трошкова [7].
Вештачка интелигенција омогућава компанијама да разумеју понашање купаца много дубље него раније. Анализом великих количина података, AI може да открије обрасце куповине, да предвиди интересовање за одређене конфигурације и да помогне у планирању производње тако да задовољи индивидуалне захтеве, а да фабрика и даље функционише оптимално [8].

3.4. Аналитика података

У савременим фабрикама и логистичким центрима подаци настају у непрекидном току: машине бележе своје перформансе, транспортни системи шаљу информације о кретању робе, а тржиште генерише сигнале о променама у потражњи. Ови подаци, када се квалитетно обраде, представљају изузетно вредан ресурс који може да усмери стратешке и оперативне одлуке. Управо ту на сцену ступа аналитика података.
Захваљујући комбинацији напредних аналитичких алата и AI модела, компаније добијају могућност да предвиде развој тржишта, да унапред реагују на будуће осцилације у потражњи и да усмере залихе на начин који гарантује оптимално пословање [8].

3.5. Интернет ствари (IoT)

Интернет ствари представља технологију која материјалним објектима даје дигитални „глас“. Сваки сензор, машина или уређај у производном и логистичком систему постаје извор података који се прикупљају у реалном времену и шаљу у централизоване системе анализе. На овај начин настаје мрежа која повезује физичке и дигиталне процесе и омогућава потпуни увид у активности које се одвијају у фабрици и ланцу снабдевања.
Уз помоћ IoT технологије могуће је непрекидно пратити кретање материјала, возила и опреме, што доприноси бољем управљању залихама и смањењу времена чекања [9].

3.6. Аутономна возила

Аутономна возила постају реалност у све већем броју производних и логистичких окружења. Њихов развој представља крупан технолошки искорак, јер омогућава да се многе активности унутар производних погона и дистрибутивних центара обављају без директног учешћа људи. Аутономни транспортери и роботи ће се кретати фабричким просторима прецизно и безбедно, док самовозећи камиони обећавају револуцију у дистрибутивној логистици.
Ови системи уносе стабилност и сигурност у процесе, смањују потребу за ручним радом, минимизују грешке и омогућавају непрекидно функционисање током целог дана [3].

3.7. Blockchain технологија

Blockchain у аутомобилској индустрији постаје све важнији као технологија која обезбеђује транспарентност, безбедност и поузданост података унутар ланаца снабдевања. Његова децентрализована структура чини да се подаци не могу једноставно мењати или фалсификовати, што је изузетно важно у систему у којем се делови крећу кроз велики број руку пре него што стигну до крајњег производа.
Применом blockchain могуће је прецизно пратити порекло сваке компоненте, што смањује ризик од фалсификата и омогућава бржу реакцију у случају проблема са квалитетом [10].

4. AI ТЕХНОЛОГИЈЕ У ЛОГИСТИЦИ

4.1. Кључне AI технологије

Вештачка интелигенција у логистици представља окосницу савремене дигиталне трансформације, јер омогућава да се сложени процеси посматрају, анализирају и унапређују на начин који далеко превазилази традиционалне методе управљања. У основи ових промена налазе се машинско учење, предиктивна аналитика, визуелни системи, дигитални близанци и интелигентни модели одлучивања. Машинско учење омогућава системима да се усавршавају на основу података које непрекидно прикупљају, док предиктивна аналитика даје могућност да се унапред препознају поремећаји, оперативни ризици или промене у потражњи. Визуелни системи омогућавају анализу материјала и компоненти путем камера и алгоритама за препознавање објеката, што значајно унапређује контролу квалитета и аутоматизацију инспекцијских процеса [3].

4.2. Примена AI у савременој логистици

Примена вештачке интелигенције у савременој логистици обухвата широк спектар активности, од планирања потражње до управљања испорукама и корисничким искуством. У оквиру ланаца снабдевања, AI омогућава да организације брже и прецизније предвиде потребе тржишта, оптимизују обим залиха и избегну непотребна оптерећења складишта. Захваљујући анализи великог броја података, системи су у стању да благовремено уоче

потенцијалне поремећаје, предложе одговарајуће корективне мере и одрже стабилан ток материјала. Поред тога, у области транспорта, AI утиче на планирање рута и организацију испорука тако што интегрише податке о саобраћају, временским условима и расположивим капацитетима, омогућавајући брже и поузданије доставе [3,8].

4.3. Изазови примене AI

Иако вештачка интелигенција доноси бројне предности, њена успешна примена није без изазова. Један од кључних проблема јесте потреба за великим количинама квалитетних података, који често нису доступни у структури која омогућава ефикасну анализу. Компаније се сусрећу и са техничким ограничењима, јер је за примену напредних AI решења неопходна модерна инфраструктура која подразумева стабилне комуникационе мреже, напредне сервере и одговарајуће системе за обраду података. Додатни изазов представља недостатак стручног кадра који има искуства у области машинског учења, аналитике и управљања дигиталним системима. У многим организацијама процес имплементације захтева адаптацију постојећих процедура, промену организационе културе и континуирану едукацију запослених [3].

5. КРИТИЧКИ ОСВРТ

Примена вештачке интелигенције у логистици представља значајан корак ка модернизацији и подизању ефикасности, али истовремено захтева пажљиво планирање и промишљено доношење одлука. Њена највећа снага лежи у способности да открива обрасце и односе који нису доступни класичним методама анализе, што омогућава дубље разумевање система и брже реаговање на поремећаје. Ипак, упркос томе, AI не треба схватити као замену за стручњаке, већ као инструмент који им помаже да доносе информисаније и прецизније одлуке. Питања у вези са етиком, безбедношћу података и одговорношћу алгоритама и даље представљају важне теме, које могу успорити или ограничити примену AI решења, ако се не третирају на одговарајући начин.

6. ЗАКЉУЧАК

Вештачка интелигенција се све јасније профилише као кључни елемент развоја савремене логистике, нарочито у аутомобилској индустрији, где сложени процеси и динамични услови захтевају високу прецизност и адаптивност. Увођење AI технологија омогућава системима да функционишу брже, поузданије и ефикасније, истовремено повећавајући њихову флексибилност и отпорност на поремећаје. Иако су захтеви у погледу дигиталне инфраструктуре и организационе зрелости високи, дугорочни бенефити су несумњиви. Очекује се да ће у будућности AI заузимати још значајније место кроз развој аутономних система, предиктивних модела и интегрисаних дигиталних екосистема који ће поставити нове стандарде у области логистичких операција.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Chopra, S., & Meindl, P. (2019). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.

[2] Christopher, M. (2016). Logistics and Supply Chain Management.

[3] Klumpp, M. (2018). „Automation and artificial intelligence in logistics."

[4] Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2019). Global Supply Chain and Operations Management.

[5] Speranza, M. G. (2018). „Trends in transportation and logistics." European Journal of Operational Research.

[6] Tjahjono, B., et al. (2017). „What does Industry 4.0 mean for supply chain?" Procedia Manufacturing.

[7] Lee, H. L. (2004). „The Triple-A Supply Chain." Harvard Business Review.

[8] Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). „Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution in Supply Chain Management."

[9] Zhong, R. Y., et al. (2017). „Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review." Engineering.

[10] PwC. (2022). "Digital vehicle identities and blockchain."

[11] Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Supply Chain Resilience in Global Contexts.

[12] Bokrantz, J., et al. (2020). „Smart Maintenance: AI and Digital Twins in Manufacturing."

Кратка биографија:

Душан Петковић рођен је 16.06.1998. у Новом Саду. Дипломирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду, на студијском програму Индустријско инжењерство, усмерење – Пројектовање производних и услужних система, 2021. године. Тренутно је запослен у компанији Aumovio на позицији процесног инжењера.
Контакт: dulec988@gmail.com