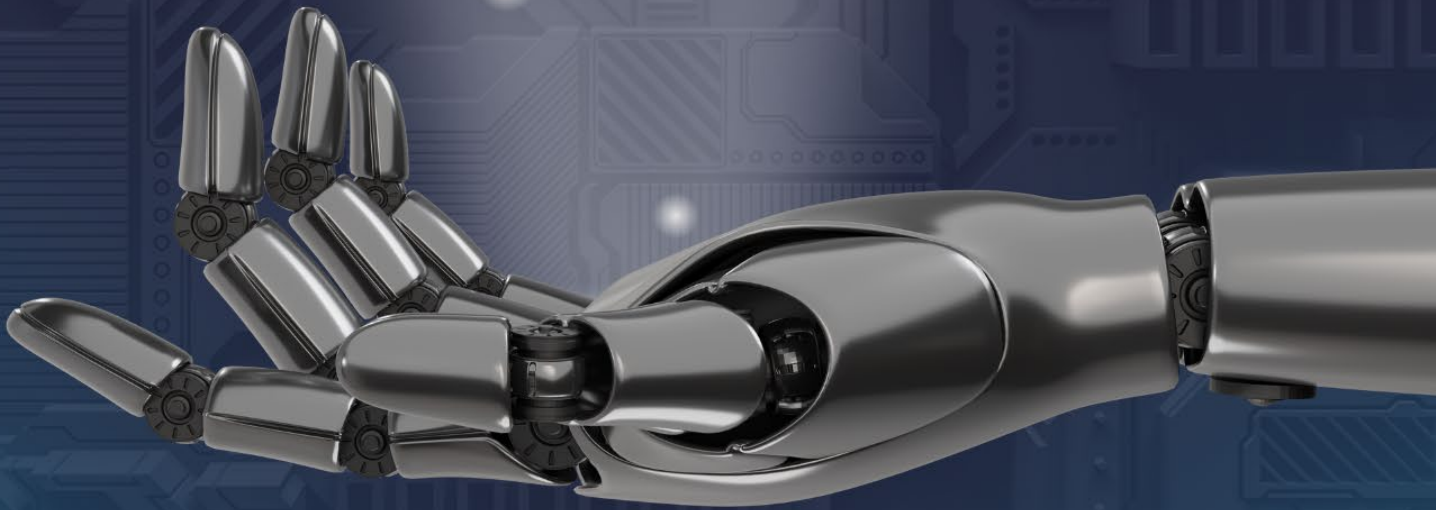


"MESTERSÉGES INTELLIGENCIA RENDSZEREK ALKALMAZÁSA A MOBILITÁSBAN"

2024. TAVASZ
KONFERENCIAKIADVÁNY





MESTERSÉGES INTELLIGENCIA
RENDSZEREK ALKALMAZÁSA
A MOBILITÁSBAN
2024. tavasz konferenciakiadvány

Lektorok:

Dr. Busznyák Tibor, Dr. Eisingerné dr. Balassa Boglárka,
Dr. Enisz Krisztián, Dr. Gyurián Nagy Nikolett,
Dr. Polák József, Dr. Szénásy István, Dr. Varga Zoltán

Szerkesztette:

Dr. Szauter Ferenc

Pup Dániel

Csikor Dániel

Földesi Rita

Nagy Bianka Marianna

Széchenyi István Egyetem

2024

ISBN 978-615-6443-36-6



Tartalomjegyzék

RRF-2.3.1-21-2022-00004 – MESTERSÉGES INTELLIGENCIA NEMZETI LABORATÓRIUM

PERFORMANCE MEASUREMENT REGARDING FOOD DELIVERY COMPANIES.....	9
<i>ÁDÁM DANCs, ZSOMBOR KENESSEI, PÉTER MOLNÁR, ALEX SUTA*</i>	
THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING TOOLS IN THE IMPROVEMENT OF MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS.....	20
<i>ASMAE AZZI, IMANE EL ATTAB, GARIMA VERMA, WASSIM SAHLI, PÉTER MOLNÁR, ALEX SUTA*</i>	
KIBERBIZTONSÁGI KOCKÁZATOK AZ AUTONÓM JÁRMŰVEK SZOFTVEREIBEN	32
<i>CSIKOR DÁNIEL^A</i>	
KOLMOGOROV-ARNOLD HÁLÓZATOK ALKALMAZHATÓSÁGI VIZSGÁLATA VIZUÁLIS ADATOK FELDOLGOZÁSA ESETÉN	46
<i>HOLLÓSI JÁNOS^A</i>	
ÚT AZ AUTONÓMIÁHOZ: A FOGYASZTÓK ELFOGADOTTSÁGA AZ AUTONÓM JÁRMŰVEKSEL KAPCSOLATOSAN.....	61
<i>KOTECZKI RÉKA^A</i>	
INVERZ PERSPEKTIVIKUS LEKÉPEZÉS PONTATLANSÁGAINAK VIZSGÁLATA	70
<i>MARKÓ NORBERT^A</i>	
AZ ESG JELENTÉSTÉTEL FEJLŐDÉSE A KÖZÉP-KELET-EURÓPAI RÉGIÓBAN - SZISZTEMATIKUS SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	79
<i>MOLNÁR PÉTER^A, LIMBACH ZÉTÉNY^B, SUTA ALEX^C</i>	
AUTONÓM JÁRMŰVEK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A TÖMEGKÖZLEKEDÉS ÉS A HASZONGÉPJÁRMŰVEK TERÜLETÉN.....	89
<i>SALY GÁBOR^A</i>	
OPERATING AND CASH BUDGET PROBLEMS: A CASE STUDY OF NOKIA AND APPLE.....	102
<i>SOOKYEONG LEE, ERIK BERTALAN, PÉTER MOLNÁR, ALEX SUTA*</i>	
KOMISSIÓZÓ KOCSI ELEKTROMOS HAJTÁSLÁNCÁNAK GÉPÉSZETI TERVEZÉSE	113
<i>KAPOCSI MÁTÉ^A, DR. PUP DÁNIEL^B, MALYA JÁNOS^C, TÖRÖK RICHÁRD^D</i>	
KOMISSIÓZÓ KOCSI ELEKTROMOS HAJTÁSLÁNC KONCEPCIÓJÁNAK KIDOLGOZÁSA	124
<i>OROVA LÁSZLÓ ILLÉS^A, DR. SZAUTER FERENC^B, NAGY ZSOMBOR^C</i>	

**RRF-2.3.1-21-2022-00004 – MESTERSÉGES INTELLIGENCIA NEMZETI
LABORATÓRIUM**

RRF-2.31-21-2022-00004

Konzorciumvezető: Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet (SZTAKI)

Konzorciumi partnerek:

- Széchenyi István Egyetem (SZE)
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
- Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet (Rényi)
- Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE)
- Szegedi Tudományegyetem (SZTE)
- Semmelweis Egyetem (SE)
- Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet (KOKI)
- Társadalomtudományi Kutatóközpont (TK)
- Nemzetbiztonsági Szakszolgálat (NBSZ)
- Kincstári Informatikai Nonprofit Felelősségű Társaság (KINCSINFO)

A projekt teljes összege: 9 439 666 600 Ft

Támogatási összeg (SZE): 470 000 000 Ft

Támogatás mértéke: 100%

A projekt időtartama: 2022.03.01. – 2025.06.30.

Projektismertető:

A Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt célkitűzése mesterséges intelligencia alkalmazások kutatása, hálózatos működés kialakítása és koordináció az alábbi kutatási területeken:

- Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeinek kutatása az IPAR 4.0 technológiai fejlesztések területén.
- Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeinek kutatása az autonóm közlekedési rendszerek technológiai fejlesztések területén.
- Mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeinek kutatása az infokommunikációs technológiák fejlesztési területein:

Weboldal: <https://mi.nemzetilabor.hu/>

A projekt megvalósítását Magyarország Kormánya az Európai Unió Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszközének finanszírozásával támogatja a Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium program (RRF-2.3.1-21-2022-00004) keretében.

Performance measurement regarding food delivery companies

Ételkiszállító vállalatok vezetői számviteli teljesítménymérése

Ádám Dancs, Zsombor Kenessei, Péter Molnár, Alex Suta*

*Széchenyi István University, Vehicle Industry Research Center

suta.alex@ga.sze.hu

Absztrakt

Ez a tanulmány a teljesítménymérési keretrendszereket vizsgálja az ételkiszállító cégeknél, kiemelve az üzleti modellek és a kulcsfontosságú teljesítménymutatók (KPI-k) közötti összhangot, amelyek meghatározzák a nyereségességet. Az ételkiszállító platformok túlnyomórészt jutalékalapú bevételi modellek alapján működnek, amelyek közvetlen hatással vannak pénzügyi sikerükre. Az olyan tényezők, mint az operatív hatékonyság, a vevőmegtartás és a kiszállítás pontossága szintén kulcsszerepet játszanak. A legfrissebb szakirodalom áttekintésével és releváns KPI-k, mint például a pontos kiszállítási arány, a rendelési pontosság és az átlagos rendelési érték bemutatásával célunk, hogy betekintést nyújtsunk abba, hogyan optimalizálhatják az ételkiszállító vállalatok működésüket a fenntartható növekedés érdekében. A kutatás azonosítja a teljesítmény értékeléséhez legmegfelelőbb KPI-kat a folyamatosan változó üzleti környezetben, kiemelve a testreszabott mutatók fontosságát a működési siker nyomán követésében és a stratégiai célok elérésében.

Kulcsszavak: Ügyfélmegtartás, Ételkiszállítás, KPI, Teljesítménymérés

Abstract

This paper explores the performance measurement frameworks used by food delivery companies, emphasizing the alignment between business models and key performance indicators (KPIs) that drive profitability. Food delivery platforms predominantly operate through commission-based revenue models, which directly influence their financial success. Other factors such as operational efficiency, customer retention, and delivery accuracy also play critical roles. By reviewing the latest literature and presenting relevant KPIs—such as on-time delivery rate, order accuracy, and average order value—we aim to provide insights into how food delivery businesses can optimize their operations for sustainable growth. This research identifies the most effective KPIs for evaluating performance in an evolving business environment, highlighting the importance of customized metrics for tracking operational success and achieving strategic goals.

Keywords: Customer Retention, Food Delivery Companies, Key Performance Indicators (KPIs), Operational Efficiency, Performance Measurement

1. Introduction

There is a significant connection between the business model and the profits of food delivery companies, as with any business. The business model defines how a company creates, delivers, and captures value. In the case of food delivery companies, the business model typically uses a commission-based revenue model. This means, that the food delivery platforms charge restaurants a commission on each order they receive through their platform. The level of these commissions can vastly vary based on factors such as order size, delivery distance, or promotions. A higher commission rate might easily lead to higher profits for the delivery company, but it also affects the competitiveness of the platform since restaurants will be less willing to partner with them. These companies might also offer subscription or membership programmes that provide benefits such as free delivery or discounts for a recurring fee. Through these programmes not only can a steady stream of revenue be obtained, but they also help improve customer retention and loyalty. Charging customers a fee for food delivery is another common revenue stream for delivery companies. The level of the delivery fee can impact customer behaviour and the demand for delivery services. For example, offering free delivery above a certain cost of food ordered will incentivise customers to spend big and buy more in one order. In the world of websites and applications, another way food delivery platforms generate revenue is through advertisements and partnerships with restaurants, food brands, and other businesses. This can include sponsored listings, featured promotions, or marketing collaborations. Of course, operational efficiency and cost management are crucial parts of maximising profits in the food delivery business. Efficient operations, including optimised delivery routes, effective utilisation of resources and minimised overhead costs are imperative. However, optimising the performance of a company is a rather tall task, and choosing the right metrics to measure it isn't a trivial decision either.

2. Literature Review

Melnyk et al. (2014) offer a comprehensive exploration of the challenges and opportunities associated with Performance Measurement and Management (PMM) in dynamic organisational environments. They aim to shed light on the crucial aspects of PMM that are essential for organisational success. For this, they synthesised insights from previous literature, conduct a

Delphi study with experts, and developed the Performance Alignment Matrix. In the following paragraphs, the findings of these researchers will be summarised.

One of the study's main contributions is its recognition of the dual nature of Performance Measurement and Management. While PMM brings great benefits, such as influencing behaviour, communicating strategic intent, and improving organisational practices, it also carries costs that can offset these advantages. Costs such as fostering a lack of strategic focus and potentially undermining manufacturing competitiveness. This is why, according to the researchers, it is imperative that PMM systems are developed in alignment with the organisational context and kept in alignment with it. The organisational context refers to the combination of business strategy, organisational culture, and the external environment. They argue that PMM is most effective when it fits well with these elements, and that the importance of alignment increases with the level of business turbulence [1].

The study discussed significant structural changes in the business environment, such as an increasing focus on innovation, the emergence of new business models, and proactive governmental interventions. Ten years later, the world is no different, as the business environment saw several significant structural changes driven by technological advancements, societal shifts, and economic dynamics [2]. Without trying to cover every aspect of these shifts, for that is beyond the scope of this essay, here are some key changes of the past ten years. The acceleration of digital transformation, that is fuelled by the rapid adoption of technologies like artificial intelligence, machine learning, the Internet of Things or Big Data. Thanks to the COVID-19 pandemic, we can see shifts in all three aspects of the organisational context (business strategy, organisational culture, and external environment). Businesses prioritise resilience and diversification of their supply chains, trying to mitigate risks and disruptions. The acceptance of remote work arrangements has increased, and many companies have shifted to hybrid or full remote models, leading to significant changes in workforce management and office space utilisation. Another important shift was in consumer behaviour, with a greater focus on convenience and efficiency, a preference for digital channels, and the rise of conscious consumerism [2].

A more recent article was also concerned about how the outdated business metrics fail to accurately gauge the success of companies, such as Tesla and other so called "category creators" [3]. It highlighted the flaws in metrics such as market penetration and market share,

arguing that “they miss market opportunities and threats”. Instead, the author suggested the need for new metrics that reflect the changing business landscape, such as share of profit and problem penetration. The article emphasised the importance of adapting metrics to account for innovation and category creation in the modern business world.

Tesla was portrayed as a “category creator” that doesn’t rely on incremental innovation but instead changes the rules of the industry altogether. Companies like this introduce new products and/or services that redefine existing markets or create entirely new ones, making traditional metrics less relevant. For instance, while Tesla might not lead in market share in certain segments, like electric vehicles, its profitability and disruptive innovations make it a significant player.

The author suggested the necessity of developing new metrics that better reflect the dynamics of innovative companies. These new metrics should be focused on factors such as share of profit and problem penetration, which could provide a more nuanced, a more accurate picture of a company’s impact and potential for growth.

The concept of problem penetration was introduced as a metric that measures what percentage of customers or potential customers have addressed a specific problem with a viable solution. This metric shifts the focus from products to the core problems that consumers want to solve, thereby offering deeper insights into market dynamics.

The article concluded by emphasising the importance of adapting metrics to keep pace with evolving business landscapes. It suggests that companies, especially those involved in category creation (meaning they are mostly concerned with innovation), need to rethink their measurement approaches to effectively capture their impact and potential [3].

These experts – the researchers from the Performance Alignment Matrix study and Eddie Yoon – emphasise the importance of choosing proper metrics to measure (or assess) our organisation’s performance against. When pin-pointing these metrics, or in other words, performance indicators, the unique environment of our type of business and the trends of the present should be taken into consideration. For example, trying to measure the success of our food delivery service with metrics used in the automobile industry is just as futile and foolish as using metrics that were relevant in 2004.

3. Methodology

To assess the alignment between the business environment, strategic intent, and performance measurement, the researchers employed a three-phase Delphi method. The Delphi technique is a structured communication method, developed as a systematic, interactive forecasting or decision-making method that utilises a structured group of individuals (in other words: experts) to reach a consensus. Their questionnaire revealed an unanticipated paradox: “While managers recognised that they were operating in a more dynamic environment and that a response to these changes had to be incorporated into the resulting strategies, the metrics were often not changed.” [1]. This paradox underscores the necessity for a co-evolutionary approach between organisational settings, business strategies, and PMM systems.

The team constructed a framework to address the concern above. This was refined by the Delphi expert panel and further validated with different practitioner groups.

The Performance Alignment Matrix is a 2x2 matrix, which helps explain the relationship between strategy and the Performance Measurement and Management system. It consists of two dimensions: outcomes and solutions. The first dimension is that of the outcome, in other words, the results that are required, a conceptualisation of an organisation’s vision and goal. Outcomes can range from General to Specific, the former meaning there is a broader understanding of what is required, while in the latter, the decision-maker has a fairly good idea of what they desire. A good example for a general outcome is: “I want better customer satisfaction”; while a specific outcome would be “I need a 5% shorter interval between order and delivery by the end of the year”.

A parallel can be drawn between certainty and the specificness of an outcome. The more certain the management is in its ability to identify an appropriate response for changes in the environment, the more tightly they will specify the desired outcome. Alternatively, when the environment is highly turbulent and fluctuous, management may decide to stay flexible with its strategy by stating its strategic objectives in broad, general terms. It should be noted that the risk involved in the outcomes not only comes down to the uncertainty of the environment but is also strongly influenced by the management’s confidence in the appropriateness of its own solutions. We can expect a positive correlation between specificity and the level of confidence: the higher the confidence, the higher the specificity.

The second dimension encompasses the solutions adopted by the organisation. They are specific approaches the organisation adopts to deliver the outcome. Once more, they are placed on a scale running from general to specific. The researchers segmented this scale to two parts, general solutions, and specific solutions as well. A general solution in this context is defined in general terms (for example, we want to be operationally efficient). For these kinds of solutions, there are multiple ways available to achieve a given outcome, all of which are equally acceptable, meaning that the management has not identified a specific, preferred method of achieving its outcomes. Alternatively, there is only one or a limited number of ways of achieving the desired outcome of a solution defined in specific terms. A good example for this would be the following: we want to introduce a KANBAN by the end of the financial year.

4. Results

By categorizing outcomes and solutions along a spectrum from general to specific, the matrix offers guidance on adapting PMM practices to different levels of uncertainty and change, as demonstrated in Figure 1.

	GENERAL OUTCOME	SPECIFIC OUTCOME
GENERAL SOLUTIONS	Assessment-driven management	Outcome-driven solutions
SPECIFIC SOLUTIONS	Solution-driven outcomes	Measurement-driven management

Figure 1: The Performance Alignment Matrix (Source: edited by the author)

Measurement-driven management is the most specific form of measurement. It is measurement that is after the fact. Such an approach makes sense for a fixed method with a well-determined outcome. The main concern of measurement-driven management is that of matching actual performance with the target set and identifying whether the objectives have been achieved or not. It is most appropriate to use this method in a stable environment, and it is best used when the management knows how to respond to changes confidently and optimally in said environment.

Outcome-driven solutions are characterized by a clearly specified outcome, but a solution that has only been outlined in general terms. In this method, the strategy adopted to reach organisational goals is not critical, as long as the desired outcome is achieved. In other terms, management does not care how people achieve the specific goals if the general goals are achieved. They specify the outcome but let others in the organisation figure out the solution. There is an inherent lag between the strategic goals and metrics on action plans. Management introduces the specific strategic goals; the organisation is allowed to explore alternative approaches and ultimately select the method that proves to work best. Once the best practices have been identified, they can be finalised by specifying the exact metrics to be used in the future.

Assessment-driven management is hard, if not impossible, to properly measure. Since the outcome is broadly described (such as we want radical innovation in our industry) and management is open to any solution and outcome as long as it is consistent with the broad goal, there is nothing tightly defined to measure against, only the assessment of the process is possible. To assess a solution, the focus should be on whether the organisation has the necessary capabilities in place or not. This involves the right people, processes, and systems, a sufficient amount of slack resources, adequate communication and an appropriate level of incentives and opportunities to achieve the goal. To assess an outcome, the following things should be assessed: are the projects and tasks aimed at satisfying the broad outcome; are they on track and are they delivering results aligned with the defined goals? It's imperative not to measure outcome or solution specifically because doing so risks shaping the outcome in ways not desired. It also runs the risk of introducing a situation best described as system nervousness. Since assessment-driven management is best used in a turbulent environment, strategic revision is frequent. System nervousness occurs when there are strict metrics attached to the strategic revision, it results in confusion and frustration as the people held accountable for meeting such turbulent standards are unsure of what metrics they will be held accountable for in the next period.

Finally, solution-driven outcomes are used when the measurement drives the outcome. In this situation, the organisation does not have a clear strategic direction or goals. The vacuum created by that is filled by some managers creating specific solutions. These often measure activity with no clear links to outcomes, which directs people towards specific solutions, based on quantitative specifications. This creates a situation, where managers stop exploring alternative

solutions and forget the need for setting higher-level goals other than keeping the numbers high. The research team labelled this quadrant of the Performance Alignment Matrix as dangerous because management may be letting the execution shape and influence the corporate strategy.

These results bring us to the question, what metrics should be used? From this point on, the term KPI, or Key Performance Indicator will be used. A Key Performance Indicator is a measurable value that demonstrates how effectively a company is achieving key business objectives. They are used to evaluate the success of an organisation or specific activities within it by comparing current performance against predefined goals or targets. KPIs are crucial for providing insights into various aspects of business performance, such as sales, marketing, operations, or customer service. They help businesses track processes, identify areas for improvement, make informed decisions, and allocate resources in an effective manner.

This essay focuses on the performance measurement in regard to food delivery companies, therefore in what follows, the KPIs most often used in measuring the success of that kind of business activity will be discussed below, based on multiple articles we have found in our research. [4-9]

5. Most important metrics and KPIs

In the food delivery industry timely, accurate, and efficient delivery is crucial for customer satisfaction and business success. On-time delivery rate is one of the most important KPIs. It measures the percentage of deliveries made within the specified time frame. In the food delivery industry, timely delivery is essential both to meet customer expectations and to ensure food freshness. Monitoring the on-time delivery rate helps assess the reliability and efficiency of delivery operations. It directly impacts customer satisfaction and loyalty, as delayed deliveries can lead to dissatisfaction, bad reviews, and lost business. For its identification, historical delivery data should be analysed to calculate the percentage of orders delivered on time. Looking for trends and identifying factors contributing to delays (such as traffic congestion or inefficient routing) is required to increase the on-time delivery rate.

Order accuracy measures the percentage of deliveries completed without errors, ensuring that the customers receive the correct items in the right quantities. Similar to timeliness, accuracy is crucial to customer satisfaction and retention. Incorrect orders can lead to customer frustration, negative reviews, and reputational damage. To identify this KPI, the frequency of order errors should be tracked by analysing customer feedback, complaints, and order fulfilment data. The next step is identifying common errors and areas for improvement in the order fulfillment process and making informed decisions.

Monitoring the average delivery time from order placement to delivery completion helps assess the efficiency of delivery operations and identify opportunities for optimisation. Faster delivery times can lead to increased customer satisfaction and loyalty. By analysing historical delivery data, it becomes possible to identify bottlenecks and inefficiencies, such as long wait times at restaurants or delays in transit.

Drivers and bikers play a significant role in ensuring timely and accurate deliveries. Monitoring their performance helps identify top performers, training needs, and areas for improvement. Driver performance can be tracked through metrics such as on-time arrivals, order completion rates, and customer feedback.

A high customer retention rate indicates quality service. This metric is closely tied to the so-called Customer Satisfaction (CSAT) Score, which is influenced by all of the above mentioned KPIs. This KPI is also concerned with the likelihood of customers recommending the delivery service and the safety and accessibility of the application tied to the service.

Another important performance indicator is the average order value (AOV). The higher the AOV, the more money customers spend per order, leading to increased revenue. The food delivery company should tailor their marketing strategies based on insights gained from AOV.

When a company wants to attract more customers to their services, expanding their restaurant network is one of the tried-and-true methods to do so. For this matter, the number of partnered restaurants can be a valid performance indicator, if growth is among the strategic goals.

For more efficient resource allocation and forecasting, companies should track daily order volumes. This leads to cost optimisation, better vehicle capacity utilisation, and overall greater operational efficiency.

6. Conclusions

The KPIs have a pivotal role in assessing the effectiveness of food delivery companies in meeting their business objectives. Among the key KPIs are on-time delivery rate, order accuracy, and average delivery time, all of which directly impact customer satisfaction and loyalty. The articles also highlight the importance of monitoring driver performance and customer retention rates, as well as metrics such as average order value and the number of partnered restaurants, for strategic decision-making and business growth.

In conclusion, this essay provided a brief overview of the KPIs essential for evaluating the success of food delivery companies, emphasising their role in driving operational efficiency, enhancing customer experience, and ultimately achieving business objectives. However, choosing which metrics to follow and how they should be tracked is still no easy task, as researchers pointed out a decade ago. The way performance is measured and controlled must align with the goals of the organisation and how management communicates them. Through analysis and tracking of these performance metrics, food delivery companies can make informed decisions, optimise resources, and foster sustainable growth in a competitive market landscape.

7. Acknowledgement

The research was supported by the European Union within the framework of the National Laboratory for Artificial Intelligence (RRF-2.3.1-21-2022-00004).

List of references

- [1.] Melnyk, S. A., Bititci, U., Platts, K., Tobias, J., & Andersen, B. (2014). Is performance measurement and management fit for the future?. *Management accounting research*, 25(2), 173-186.
- [2.] Brown, N. D., Chen, Y., Harrington, H., Vicinanza, P., Chatman, J. A., Goldberg, A., & Srivastava, S. (2022). How have organizational cultures shifted during the COVID-19 pandemic. *California Management Review*. Retrieved February, 15.

- [3.] Yoon, E. (2017). Tesla shows how traditional business metrics are outdated. Harvard Business Review, 8.
- [4.] Hasset, C. (2023). How to Measure Delivery Performance: 9 KPIs and Metrics you Should be Measuring, <https://smartroutes.io/blogs/how-to-measure-delivery-performance/> accessed 2024.05.28.
- [5.] Bhatt, T. (2023). Food Delivery KPIs: What Are They And How To Measure Them? <https://www.intelivita.com/blog/food-delivery-kpis/> accessed 2024.05.28.
- [6.] FMT (2024) What Are the Top 7 KPIs for Food Delivery Success? <https://financialmodeltemplates.com/blogs/kpis/food-delivery>, accessed 2024.05.28.
- [7.] Hendlemann, V. (2024). The Food Delivery Business Model – A Complete Guide, <https://productmint.com/the-food-delivery-business-model-a-complete-guide/>, accessed 2024.05.28.)
- [8.] Klose, D. (2022) Delivery Performance KPI Ideas: 6 Things to Track Right Now, <https://getcircuit.com/teams/blog/delivery-performance-kpi> , accessed 2024. 05. 28.
- [9.] Ryzhkov, A. (2024). Online Food Delivery Core 7 KPI Metrics to Track and How to Calculate, <https://finmodelslab.com/blogs/kpi-metrics/online-food-delivery-kpi-metrics>, accessed 2024.05.28.

The Application of Artificial Intelligence and Machine Learning Tools in the Improvement of Management Information Systems

A mesterséges intelligencia és gépi tanulás eszközeinek alkalmazása a vezetői információs rendszerek (VIR) fejlesztésében

Asmae Azzi, Imane El Attab, Garima Verma, Wassim Sahli, Péter Molnár, Alex Suta*

*Széchenyi István University, Vehicle Industry Research Center

suta.alex@ga.sze.hu

Absztrakt

Jelen kutatás az AI és a gépi tanulás (ML) technikáinak forradalmi potenciálját vizsgálja a vezetői információs rendszerek (MIS) fejlesztésében. Részletesen elemezzük az AI technológiák és a MIS közötti szinergikus kapcsolatot, értékelve azok hatását a vállalati műveletekre, a döntéshozatali folyamatokra és az összesített szervezeti teljesítményre. Az átfogó szakirodalmi áttekintés, empirikus elemzés és esettanulmány alapján holisztikus képet nyújtunk az AI és MIS találkozásából adódó lehetőségekről és kihívásokról.

Kulcsszavak: *Vezetői információs rendszerek, Mesterséges intelligencia, gépi tanulás, vezetői számvitel*

Abstract

This study investigates the revolutionary potential of AI and ML techniques for improving Management Information Systems (MIS). We look at the synergistic interaction between AI technologies and MIS, evaluating their impact on company operations, decision-making processes, and overall organizational performance. We provide a holistic knowledge of the potential and difficulties presented by this convergence through a comprehensive literature review, empirical analysis, and detailed case study.

Keywords: *Management Information Systems, Artificial Intelligence-Machine Learning*

1. Introduction

The digital revolution has radically altered the way we live, work, and communicate with one another, ushering in a period of tremendous technical progress that has revolutionized the global commercial scene. In this fast-changing digital world, technology has become an essential element of almost every aspect of our everyday lives, providing limitless prospects for innovation, connectivity, and progress. Businesses, especially, have been in the vanguard of leveraging digital technology to promote operational efficiency, improve consumer experiences, and develop new avenues for value generation. The emergence of Management Information Systems (MIS) is fundamental to this digital revolution, as it has played a critical role in equipping enterprises to successfully harness the power of data and information. MIS is the foundation of organizational infrastructure, offering the tools, platforms, and frameworks required to gather, process, analyze, and distribute data across several functional areas and hierarchical levels. By combining data from many sources and translating it into actionable insights, MIS enables firms to monitor performance, manage operations, and make educated decisions that drive strategic growth and competitive advantage. Organizations now depend heavily on Key Performance Indicators (KPIs) as crucial metrics to assess performance, track advancement, and direct strategic initiatives.

Key Performance Indicators (KPIs) have evolved as key indicators that businesses use to assess performance, track progress, and lead strategic goals. In this context, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) have emerged as revolutionary technologies with the potential to revolutionize the way businesses handle and exploit data to generate creativity, efficiency, and growth. AI and machine learning technologies have unprecedented capabilities for analyzing large information, uncovering hidden patterns, automating mundane operations, and enabling predictive insights to feed strategic decision-making processes. Organizations may achieve previously unthinkable levels of operational efficiency, decision-making agility, and value creation by incorporating AI and ML tools into Management Information Systems. The combination of AI and ML into MIS marks an important turning point in how businesses approach information management, opening new opportunities for enhancing performance, streamlining procedures, and providing better customer experiences. This convergence of technologies is redefining the limits of what can be achieved in the digital age, reshaping the future of business intelligence, and creating fascinating new opportunities for innovation.

In this study the synergistic interaction between AI technology and management information systems will be investigated, focusing on their influence on business operations, decision-making processes, and overall organizational performance. To address these objectives, the following research questions will guide our inquiry:

RQ1: How can AI improve the effectiveness of MIS?

RQ2: How can we include predictive AI tools in decision-making?

These questions will function as a framework for our investigation into the empirical analysis and outcomes discussion, with the goal of revealing the revolutionary possibilities of AI and ML in MIS.

2. Literature Review

This chapter reviews existing research on the impact of artificial intelligence (AI) on management information systems (MIS), exploring its implications across various perspectives, including business analytics. AI is defined as a set of "theories and techniques used to create machines capable of simulating intelligence" [1]. Since 2010, AI has experienced a renaissance due to advanced algorithms, low-cost graphics processors capable of complex computations, and access to large, annotated datasets [1]. Wamba-Taguimdje et al. (2020) observed that AI is reshaping businesses by transforming organizational structures and relationships, presenting both challenges and opportunities [1]. However, to harness AI's potential, companies must adopt new cultures, attitudes, and skill sets. An information system processes raw data into usable information through key functions: perception, recording, processing, transmission, storage, retrieval, presentation, and, in some cases, decision-making [2]. MIS, designed to meet managerial needs, plays a crucial role in organizations by providing vital data for decision-making, planning, and control [2]. MIS also tracks performance, identifying weaknesses to boost productivity, serving as the "lifeblood" of management in both corporate and library contexts [2]. The integration of AI into MIS has ushered in new levels of productivity and innovation. Rashed highlights how AI now manages business processes within MIS, traditionally outsourced to machines for cost reduction and efficiency gains [3]. For example, the Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC) used MIS to solve the challenge of analyzing deep underground rocks, and United Healthcare Services (UHC) streamlined physician records

and healthcare data management with AI [3]. Human factors, such as workload, trust, and cognitive traits, influence human-AI interactions in healthcare management [3]. With AI, MIS can analyze large-scale data quickly and accurately, offering businesses deeper insights and enabling greater customization of services based on user preferences [4]. However, integrating AI into MIS poses challenges. Adi Ahmad emphasizes the importance of data security, stating that firms must implement proper security measures to prevent breaches [5]. Additionally, companies may face obstacles in aligning AI with existing systems and must allocate resources to ensure effective AI tool operation. This report shifts its focus to McKinsey's Global Survey on AI adoption to provide insights into current trends, opportunities, and challenges in AI implementation in MIS. By analyzing survey results, the paper contributes to the ongoing debate on AI adoption strategies and their impact on organizational performance and competitiveness.

3. Analysis

3.1. Trends in AI adoption and capabilities integration

As the focus shifts to empirical analysis, we present a thorough examination of data from McKinsey's Global Survey to get insight into how AI usage has significantly risen since its initial tracking began five years ago. Although the rate of AI adoption has increased since 2017, but now it has stabilized at a rate of 50 to 60 percent in recent years. Companies that are investing the most in AI are progressively getting ahead of their competitors. These frontrunners who are investing more heavily in AI and adopting more sophisticated methods that promote scaling and accelerate AI development, which appears to give them an edge in the competitive AI talent market. The survey has taken a detailed look at AI recruitment and skill development. The results suggest that there's a significant opportunity to enhance team diversity within AI fields, and they affirm that diverse AI teams are linked to superior performance, echoing the results of similar studies.

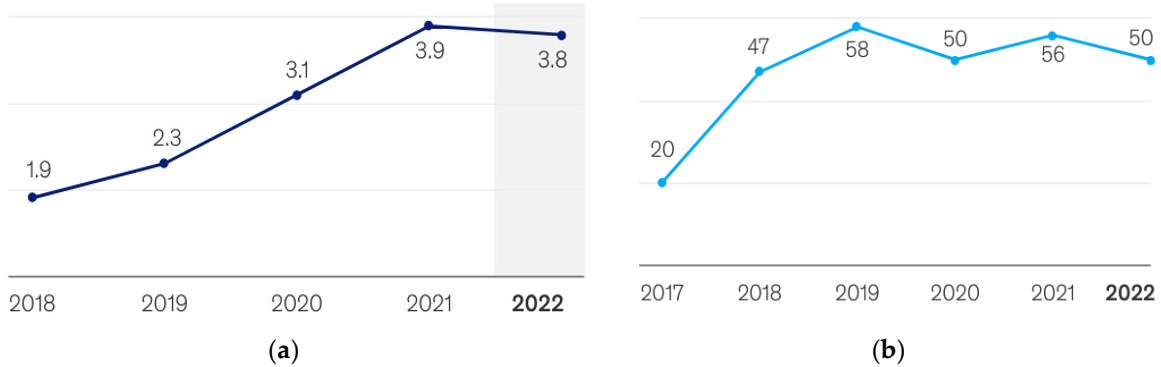


Figure 1: Average Number of AI Capabilities Integrated Across Functions or Business Units by Survey Participants' Organizations (a), and Percentage of Survey Participants Reporting Adoption of AI in Any Business Function (b) [6]

Since 2017, AI adoption has dramatically surged, in fact more than doubled. Initially it was reported to be at 20% but the adoption rates as per the survey have gone up to 50% across various business areas. The growth of AI adoption peaked at 58% in 2019. Simultaneously, the average number of AI capabilities utilized by various organisations also seems to have doubled, which surged from 1.9 in 2018 to 3.8 in 2022. Also, another notable thing is that computer vision and robotic process automation have been consistently ranked as the most widely deployed capabilities each year. Natural language understanding, which was in the middle of the pack in 2018 rose to the forefront just behind computer vision, reflecting the notable shift in deployment priorities.

3.2. Impact of AI applications on organizational performance

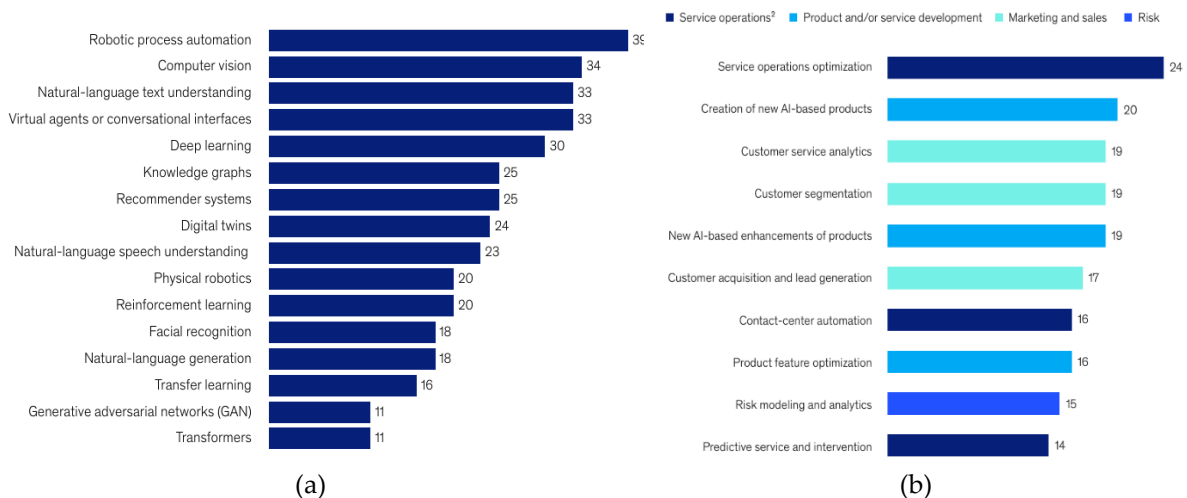


Figure 2: Percentage of Participants Reporting Integration of Specified AI Capability in Products or Business Processes Across Functions or Business Units (a), and The Most Prevalent AI Applications, Organized by Function, Percentage of Survey Participants (b) [6]

There has been remarkable stability in the main application of AI, with service operations optimization over the past four years, consistently leading the pack. The enduring supremacy of service operations optimization underscores the crucial role in organizational strategies. It's consistent forefront position recognizes as to how much the businesses acknowledge the value proportion offered by AI in enhancing service delivery processes, refining customer experiences and ultimately bolstering the bottom-line performance.

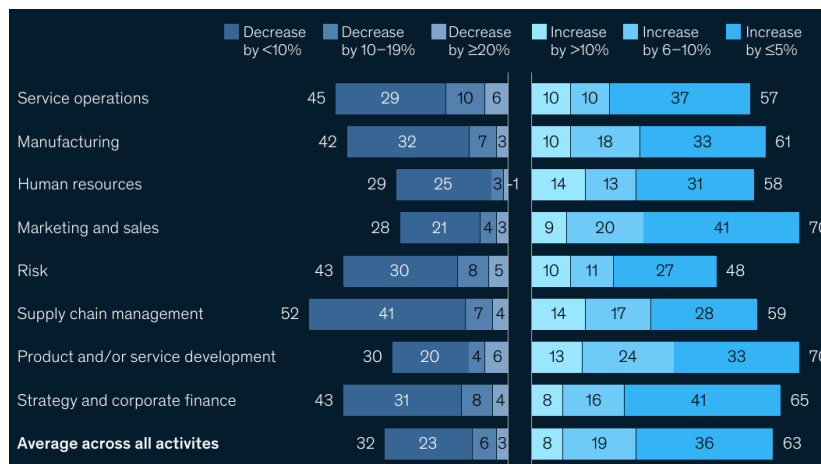


Figure 3: Reduction in Costs and Boost in Revenue Resulting from AI Implementation in 2021, Across Functions, Percentage of Survey Participants [6]

The value derived from AI across specific business areas has undergone a significant change over time. While manufacturing and risk management came across as primary domains where respondents derived significant value from AI in 2018. Today, the most substantial revenue impacts can be observed in marketing and sales, product and service development and strategy and corporate finance. Furthermore, significant cost benefits from AI in supply chain management have been highlighted by respondents. Despite the shifts, the overall bottom-line benefits derived from AI remained consistent and robust. It was pointed out by approximately a quarter of respondents that at least 5% of their organization's Earnings Before Interest and Taxes (EBIT) were attributed to AI in 2021, mirroring findings from previous years. However, there is one concerning aspect that consistently persists that is the level of risk mitigation efforts aimed at bolstering digital trust within organizations. Despite the increased adoption of AI there has been not much significant escalation in reported efforts to mitigate various risks associated with AI from 2019 when the data tracking began.

3.3. Addressing AI risks and sustainability initiatives

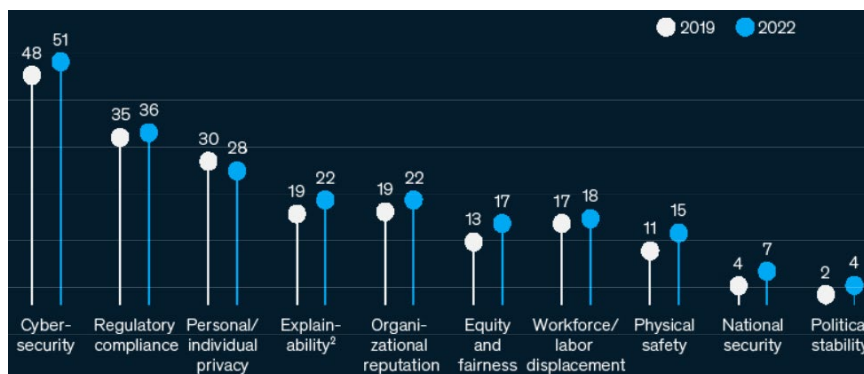


Figure 4: Percentage of Survey Participants Addressing AI Risks Deemed Relevant by Their Organizations [6]
 Figure 4 compares AI-related risks in 2019 and 2022, showing a slight increase in focus on cyber-security (48% to 51%), stagnant progress in most risk categories, and a decline in attention to physical safety (15% to 7%), with political stability remaining a low priority (2% to 4%). This indicates that despite awareness of AI risks, organizations have made minimal progress in addressing them over the three-year period.



Figure 5: Percentage of survey participants whose organizations are actively mitigating carbon emissions resulting from AI utilization [6]

The data on Figure 5 highlights a global trend of increasing AI usage in sustainability efforts, Greater China taking the top position charge at 61% adoption. Developing markets are also proactive, particularly in reducing AI-related carbon emissions. However, there's a significant regional discrepancy, with North America being at the bottom. Moreover, the organizations at the global level are recognizing the potential of AI to emphasize sustainability and mitigate environmental impact. Notably, giant companies are significantly more likely to integrate AI into sustainability initiatives and continuously work to minimize AI-related emissions. This shows the importance of using technology responsibly to address environmental challenges effectively.

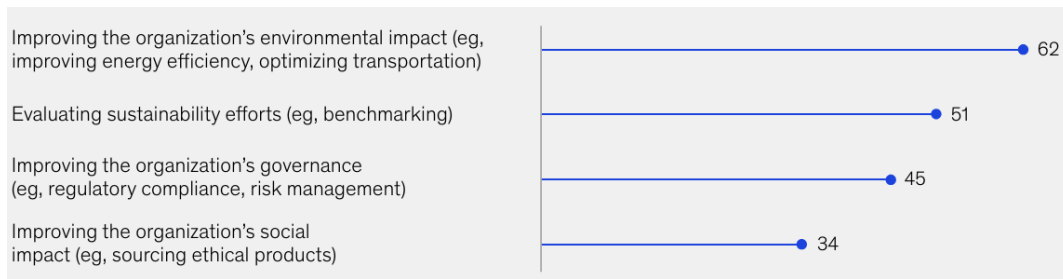


Figure 6: Sustainability initiatives employing ai within participants' organizations [6]

Figure 6 highlights how organizations are utilizing AI to drive their sustainability initiatives. The data suggests a broader adoption of AI as a tool for comprehensive sustainability goals, with a clear emphasis on environmental and evaluative efforts, as well as governance and social impact.

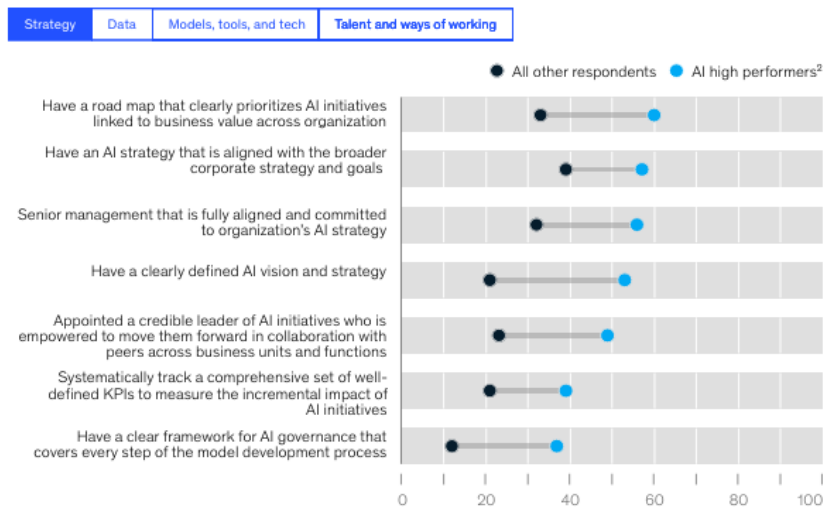


Figure 7: Percentage of survey participants reporting their organizations' participation in each practice [6]

Figure 7 shows that "AI high performers" have a clear roadmap prioritizing AI initiatives tied to business value, strong leadership commitment, a well-defined vision and strategies, and greater emphasis on empowered leadership and collaboration compared to all other respondents.

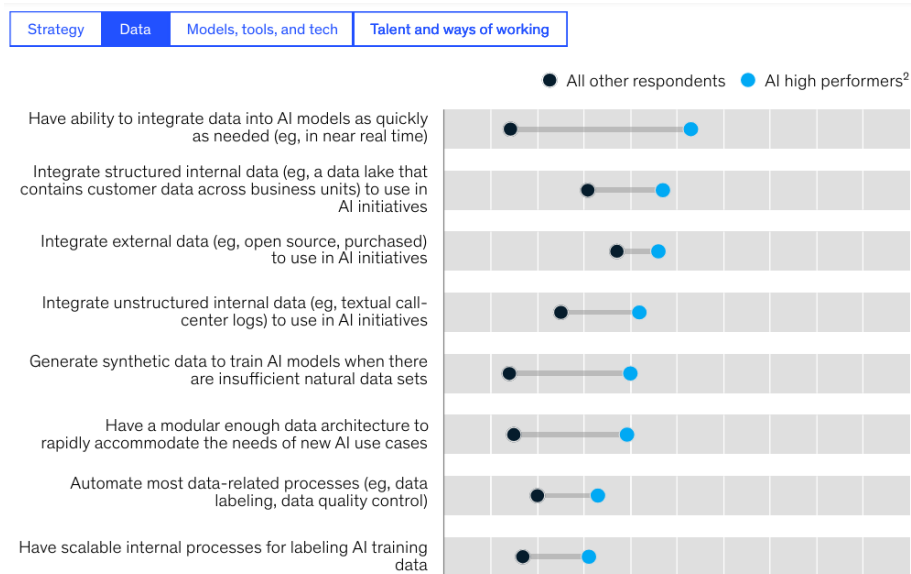


Figure 8: Percentage of survey participants reporting their organizations' participation in each Practice [6]

Figure 8 shows that "AI high performers" prioritize strategic practices, effective data management, significant technological investment, and talent development, emphasizing the importance of clear planning, robust infrastructure, and skilled personnel for AI success compared to other respondents, thus, the companies that adopt these factors have superior AI performance.

AI high performers consistently outperform other respondents across various categories due to several key strategies. They excel in developing accurate AI models with smaller datasets, regularly refreshing these models, and using in-house platforms. Their success also stems from automating AI model development and leveraging high-performance computing clusters. High performers integrate AI technologies into daily operations and employee workflows, fostering collaboration between data science and AI deployment teams. They invest in capability-building programs to train both technical and non-technical personnel, democratizing AI knowledge and improving organizational outcomes.

3.4. AI talent acquisition: Strategies and challenges

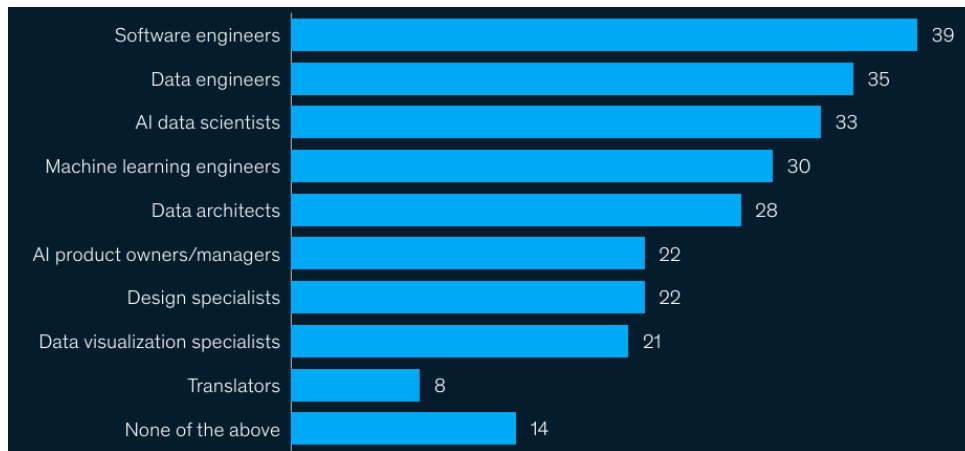


Figure 9: Percentage of Survey Participants Whose Organizations Recruited AI-Related Positions in the Past Year [6]

The indications from the graphs clarify that

- More and more companies hiring Software Engineers state their importance for AI development and deployment.
- The demand for data engineers and AI data scientists is also high, indicating the essential concept of data management and analysis in AI.
- The variety of roles in this hiring shows the necessity of diverse skill sets in AI, from technical development to strategic management.

Thus, there is a robust market for AI talent, with organisations investing in a broad spectrum of AI skills to propel their initiatives forward.

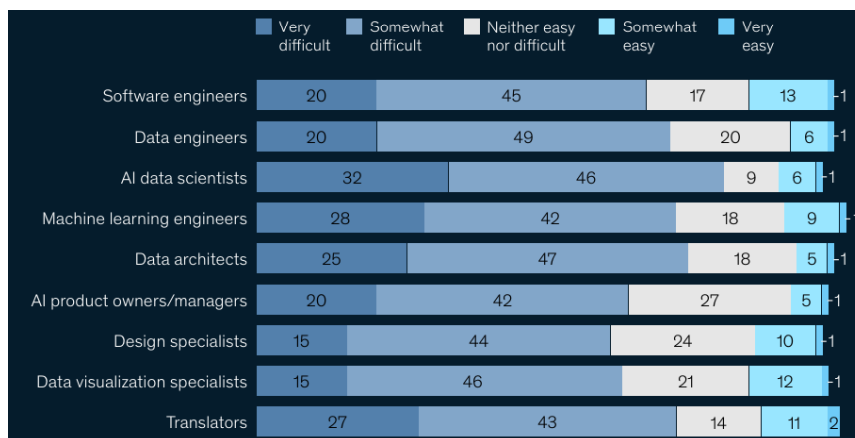


Figure 10: Challenges Encountered by Organizations in Recruiting AI-Related Positions in the Past Year, Percentage of Survey Participants [6]

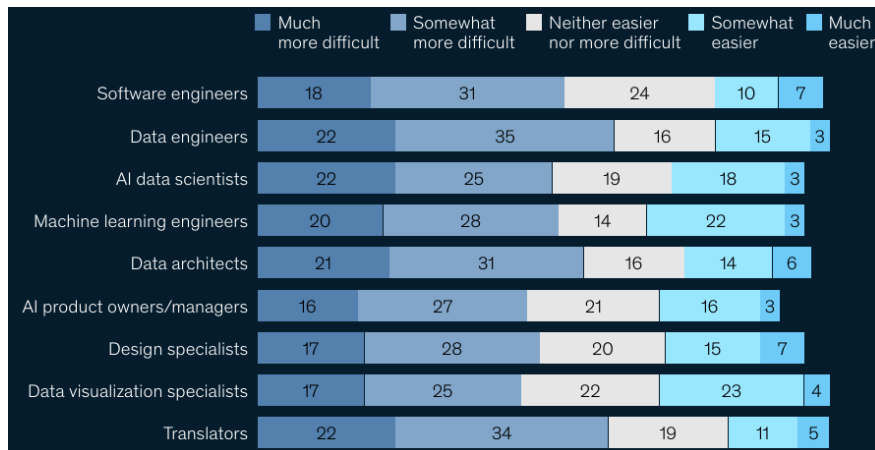


Figure 11: Percentage of Survey Participants Whose Organizations Recruited AI-Related Positions in the Previous Year [6]

Hiring in high performing organisations is more likely to have hired professionals in AI related roles over the last few years than other organisations.

AI data scientists are hired by 60% of the high performers whereas other could only reach 31%.

More AI work requires the hiring of more machine learning engineers so 53% of them were hired by high performers as compared to other respondents that stood at 27%.

This could mean that high-performing companies invest more in AI talent which contributes to their success in the field.

4. Discussion and Conclusion

This research has explored how Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) can revolutionize Management Information Systems (MIS) and how that can affect the performance of organizations. Several important conclusions have been drawn from a thorough literature review and empirical analysis of the insights from McKinsey's Global Survey.

Indeed, the study revealed that from 2017, the adoption of AI in industries has increased dramatically, with a growing realization of the transformative potential of AI. In the aftermath of the McKinsey survey, it was found that companies have doubled the usage of AI capabilities, with computer vision and robotic process automation being the most prevalent. While shifts may be happening in adoption rates, service operations optimization remains the main use of AI and has seen consistent year-on-year enhancement in organizational strategy and financial

performance. The study found that other important sources of AI revenue were related to marketing, sales, product development, strategy, and corporate finance.

In other words, AI and MIS collectively provide opportunities to drive innovation, enhance efficiencies, and ensure better decision-making for firms. To fully exploit the benefits of AI, however, CEOs need to commit to a strategic approach by investing in talent development and enhancing technology infrastructure. This will definitely create a long-term growth path with innovative, data-driven cultures that can adapt to technological changes with ease hence, staying competitive in this digital era.

5. Acknowledgement

The research was supported by the European Union within the framework of the National Laboratory for Artificial Intelligence (RRF-2.3.1-21-2022-00004).

References

- [1.] S. F. W. J. R. K. K. C. E. T. W. Serge Lopez Wamba Taguimdje, "Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: the business value of AI-based transformation projects," *Business Process Management Journal*, vol. 26, no. 7, pp. 1-32, 2020.
- [2.] W. Adeoti-Adekeye, "The importance of management information systems," *Library Review*, vol. 46, no. 5, pp. 318-327, 1997.
- [3.] A. R. Alrumi, "HARNESSING THE POWER OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IMPROVE MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS," *International Journal for Quality Research*, vol., no., pp. 1-14, 2023.
- [4.] Bhima, A. R. A. Zahra, T. Nurtino and M. Z. Firli, "Enhancing Organizational Efficiency Through the Integration of Artificial Intelligence in Management Information Systems," *APTISI TransactionsonManagement (ATM)*, vol. 7, no. 3, pp. 282-289, 2023.
- [5.] A. Ahmad, "Application Of Artificial Intelligence In Improving The Efficiency Of Corporate Information Systems," *JIEM: JOURNAL INFORMATIC, EDUCATION AND MANAGEMENT*, vol. 5, no. 2, pp. 1-7, 2023.
- [6.] McKinsey, "The state of AI in 2022—and a half decade in review," 2022.

Kiberbiztonsági kockázatok az autonóm járművek szoftvereiben

Cybersecurity risks in autonomous vehicle software

Csikor Dániel^a

^aSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont

csikor.daniel@ga.sze.hu

Absztrakt

Az önvezető autók tökéletes működéséért és balesetmentes közlekedéséért a számtalan szenzor mellett egy központi szoftver a felelős, amelyben egy algoritmus dolgozza fel és értékeli ki az érzékelőktől a környezetről kapott adatokat. Az utóbbi években folyamatosan emelkedik a járműfedélzeti rendszerhez csatlakoztatott elektronikus vezérlőegységek száma, melyek nélkülözhetetlenek az autókba szerelt szórakoztató és biztonsági rendszerek működtetéséhez. A vezetéstámogató technológiák megjelenésével és elterjedésével a járművekben eddig nem alkalmazott teljesítményű, kapacitású számítógépek jelentek meg, azonban a jelenlegi fejlesztési irányokat és törekvéseket figyelembe véve, ez még csak a kezdet. A teljesen autonóm járművek közúti forgalomban, nem tesztjelleggel történő közlekedésével elengedhetetlen lesz számtalan új hardver beépítése, melyek képesek feldolgozni a jármű környezetérzékelő szenzoraitól, valamint a többi autótól, közlekedési lámpáktól, parkolóházaktól és egyéb infrastrukturális létesítményektől kapott információkat. Minden informatikai rendszernek szüksége van védelemre az illetéktelen behatolásokkal szemben, nem lesz ez másként az autonóm gépjárműveknél sem, az egymással kommunikáló személy- és teherautók esetében pedig alapfeltétel lesz a rendszereik megbízható és hatékony kibervédelmének a megteremtése. Az autonóm járművek kiberbiztonsági kockázatainak meghatározására több megközelítés is van jelenleg, melyek által a különböző fenyegetettségek azonosítása fontos kutatási terület. A kutatás keretében az egyes kockázati tényezőket tekintettem át, elemeztem, vizsgáltam meg az autonóm járművek vonatkozásában, továbbá, hogy milyen valós veszélyt jelentenek a közúti közlekedés biztonságára. Azonosítottam a szenzorok, komponensek sebezhetőségének mértékét, valamint a kibertámadás esetén bekövetkező hatásokat.

Kulcsszavak: autonóm jármű, szenzor, sebezhetőség, kibervédelem

Abstract

In addition to the countless sensors, the perfect functioning and accident-free driving of self-driving cars is ensured by a central software system in which an algorithm processes and evaluates the data from the sensors. In recent years, the number of electronic control units connected to the in-vehicle system, which are essential for the operation of in-car entertainment and safety systems, has been steadily increasing. With the emergence and spread of driver assistance technologies, computers of unprecedented power and capacity have been introduced into vehicles, but given current development trends and ambitions, this is only the beginning. As fully autonomous vehicles enter road traffic, not as test vehicles, it will be essential to incorporate a range of new hardware capable of processing information from the vehicle's environmental sensors, as well as from other cars, traffic lights, parking garages and other infrastructure. All IT systems need protection against unauthorised intrusions, and this will be no different for autonomous vehicles, and for cars and trucks that communicate with each other, it will be essential to have reliable and effective cyber protection for their systems. There are currently several approaches to identify cybersecurity risks for autonomous vehicles, whereby the identification of different threats is an important area of research. In this research, I have reviewed, analysed and investigated the various risk factors with respect to autonomous vehicles and the real threats they pose to road safety. I have identified the extent of vulnerability of sensors and components, as well as the impact in the event of a cyber attack.

Keywords: *autonomous vehicle, sensor, vulnerability, cyber defence*

1. Bevezetés

Napjainkban a közúti közlekedési rendszerek hatékonyságának javítása kiemelt célkitűzés és fontos kutatott tématerület. A közlekedési balesetek 90 – 95 százaléka a járművezetők hibájából következik be, a járművek számának jelentős növekedésével állandósulnak a közlekedési torlódások. Többek között ezen kritikus tényezők megoldására jelenthetnek megoldást a jövőben az önvezető járművek. Az autonóm járműirányítás, azonban egy jelenleg is tesztelés alatt lévő technológia, ezért az önvezető gépkocsik közúti közlekedésben való részvételét még nem szabályozzák törvények, leszámítva a tesztelési célú autókat, amelyek helyes működéséért minden esetben a gyártó a felelős.

A technológiai fejlődés megállíthatatlan és napjainkban mindegyik autógyártó elsőként akarja kereskedelmi forgalomba állítani saját önvezető autóját, amelynek működését és közúti forgalomban történő részvételét hivatalosan engedélyezik. Az autonóm járművek bevezetésével kapcsolatban számos tisztázatlan kérdés van. A rendszerek a környezetérzékeléshez és döntéshozatalhoz kapcsolódóan rendkívül nagymennyiségű adatot kezelnek, így nagy hangsúlyt kell helyezni a járművekben futó informatikai rendszerek, szoftverek kiberebevezetőségének kiküszöbölésére.

Kijelenthető, hogy rövidesen döntést kell hozni a kibervédelem témakörében is, amelynek kezdetben igazán fontos szerepe lesz, ugyanis egészen biztos, hogy az autonóm járművek először számos új, számukra ismeretlen közlekedési körülménnyel fogják szembe találni magukat, amikor talán helytelenül döntenek majd, de az autógyártók tanulni fognak ezekből a hibás helyzetfelismerésekből és ezáltal fog az autonóm járműirányítás technológiája folyamatosan fejlődni.

A műszaki, felelősségi, valamint etikai és járműbiztonsági kérdések tisztázása mellett az eredményes kibervédelem megteremtése a kulcsa az autonóm személy- és tehergépjárművek közúti forgalomban történő megjelenésének és elterjedésének.

2. Kiberkockázat az autonóm járművekben

A kiberkockázat úgy fogalmazható meg jelen esetben, hogy egy informatikai rendszerhez való hozzáférhetőség következtében a védtelenné váló autonóm jármű balesetbiztonsági vagy a rendszerhez kapcsolódó szervezetek pénzügyi veszteségének kockázata. A kiberkockázatok veszélye egyre nagyobb és jelentősebb az informatikai megoldások elterjedtségének drasztikusan gyorsuló üteme által. Napjainkig a rendszerek sebezhetőségének következtében „csupán” egyes esetekben számottevő mértékű gazdasági kárral, pénzügyi veszteséggel vagy a személyes adatok elvesztésével kellett számolni, azonban az autonóm járművek esetében egészen más kockázatokkal kell számolni. Az önvezető járműtechnológiák megjelenése, elterjedése esetén emberi életek kerülnek veszélybe külső hackertámadás esetén. A technológiai fejlesztések következtében egészen másfajta kiberkockázati tényezőkkel kell szembenézni. Az autonóm járműrendszerek célja éppen a balesetek elkerülése, a közlekedésbiztonság növelése, ezért komoly energiákat szükséges fordítani a rendszerek sebezhetőségének megelőzésére. Való igaz számos műszaki kihívással néz még szembe a világ az autonóm járművek megjelenéséig, de a műszaki technológiák fejlesztése mellett kiemelt figyelmet kell fordítani – többek között – a kibervédelem kialakítására, hogy az autonóm járművek közúti forgalomban biztonsággal megjelenhessenek. [1, 2, 6, 8]

Az asztali, illetve hordozható számítógépek szoftvereinek fejlesztése során nagy figyelmet fordítanak a megtervezett rendszer sebezhetőségének minimalizálására, azonban, így is gyakran előfordulnak hackertámadások, különösen azon szerverek esetében, ahol gazdasági vagy nemzetbiztonsági szempontból értékes adatokat tárolnak. Nem lesz ez másként az autonóm járműtechnológia megjelenése esetén sem. A rendszerek egyrészt a működésük, valamint a balesetmentes közlekedés biztosítása érdekében nagyon sok adatot fognak tárolni a közlekedők utazási szokásairól, útirányokról. Az egymással kommunikációs kapcsolatot létesítő járművek tudni fogják a többi jármű útirányát, tervezett döntéseit a balesetek elkerülése érdekében. A járművekben vagy felhőszolgáltatásban tárolt adatokból nagy valószínűséggel kinyerhetők lesznek a közlekedők által előnyben részesített pihenőhelyek, melyik úthálózaton, milyen időpontokban, napszakokban alakulnak ki forgalmi torlódások, példának okáért a hétfégi kirándulások esetében. Természetesen ezen adatok tárolási megoldására többfajta alternatíva is létezik, illetve többek között a fentiekben is felsorolt adatokat, információkat nem feltétlenül kell a véglegesen jóváhagyott rendszerek esetében a járműveknek megkapnia, azonban az autonóm járműveknek mindenképpen szükséges a környezetről, illetve a többi járműtől

adatokat kapnia, hogy elkerülhessék egymással az ütközéseket és minél hatékonyabb, gyorsabb legyen a forgalom haladása. [2, 7-9, 12, 13]

3. Kiberbiztonsági értékelési rendszer

Az autonóm jármű teljes rendszerének kiberbiztonsági értékelésének elkészítéséhez tisztában kell lenni az egyes részegységek, komponensek sebezhetőségével. Egy informatikai rendszer támadhatóságának elemzéséhez az úgynevezett Common Vulnerability Scoring System egy gyakran alkalmazott módszer. Ez az eljárás egy szabványosított és alkalmazás-független, platform-független megoldás egy rendszer sebezhetőségi tulajdonságainak vizsgálatához, valamint a támadás súlyosságának kiértékeléséhez. A Nemzetközi Távközlési Unió is hivatalos szabványként ismeri el ezen kibersebezhetőséget elemző rendszert. Az Amerikai Egyesült Államok Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Intézete hozzáférést biztosít bárki számára a National Vulnerability adatbázishoz, mely folyamatosan naprakészen tartja az ismert sebezhetőségeket. A különböző informatikai rendszerek esetében, illetve autonóm járműirányító technológiáknál nemcsak az egyes komponensek támadhatóságát szükséges vizsgálni a kiberkockázatok csökkentése érdekében, hanem átfogóan át kell tekinteni az egyes részegységek közötti kapcsolatot, mind hardveres, mind szoftveres oldalról. Az 1. ábra mutatja be az autonóm járművek kiberkockázatát befolyásoló tényezőket. A hatékony kibervédelem kialakításához mindenképpen elemezni indokolt az egyes architektúrák közötti kommunikációs kapcsolatot, annak típusát és paramétereit. Az adatok ismeretében elengedhetetlen rangsorolni az egyes kapcsolódási pontok módját és azok erősségét. A kiberkockázat mértékét nagyban befolyásolja, hogy az egyes beépített alrendszerek között milyen mértékű, szintű kommunikációs kapcsolatot alakítottak ki a tervezés során, adott idő alatt mennyi információt osztanak meg egymással, illetve ehhez kapcsolódóan szintén meghatározó a továbbított adat prioritása kiberbiztonsági szempontokat figyelembe véve. [10, 11, 17, 18]



1. ábra: Kiberkockázat mértékét befolyásoló tényezők¹

A kibervédelem biztosítása érdekében különösen fontos a statisztikai anomáliákat azonosító algoritmusok alkalmazása, amelyek a járművek szoftverrendszerének részeként képesek felismerni a fedélzeti rendszeren, hálózaton megjelent rendellenességeket.

A járműirányító és döntéstámogató szoftvercsomagba ágyazott mesterséges intelligencia alapú algoritmusoknak köszönhetően egy adott jármű teljes mértékben ismeri, tisztában van a helyes működés esetén lefuttatott kódsor, program minden részletével. Egy kívülről érkező hackertámadás esetén – a sikeres hálózati hozzáférés – következtében, a jármű valamely rendszerének szoftveres algoritmusába implementálnak új kódokat, információkat. A módosított paraméterekkel új utasítások adhatók a járműnek vagy képesek kiolvasni a rendszerből a hackerek a számukra releváns adatbázisokat. A rendellenességeket kereső eljárásokat éppen ezen módosított kódsorok észlelésére fejlesztették ki és a legtöbb esetben a fejlesztők ilyen esetek észlelésére speciális utasításokat adnak meg a számítógépnek. Ennek egy autonóm jármű esetében különböző alternatívái lehetségesek. Az egyik megoldásként biztonságos körülmények között megállítja a járművet, majd ezt követően értesíti a tulajdonost a kibertámadás tényéről, majd teljes mértékben leállítja a rendszert, így lekapcsolódik a hálózatról megelőzve ezzel a további adathozzáférést, valamint a többi jármű megfertőzését. A másik lehetőség, amennyiben nincs biztonságos megállási parkolózóna a jármű környezetében vagy mindenképpen el kell jutnia az önvezető autónak a beállított célállomásra akkor, abban az esetben, ha a gépkocsi balesetmentes továbbhaladását nem akadályozza, akkor a jármű bontja a hálózati kommunikációt, megelőzve ezzel a teljes hálózathoz való hozzáférést. Ebben az esetben felmerül annak a lehetősége, hogy nem sikerül megakadályoznia a jármű szoftverének a távoli hozzáférést, így értékes információkat, adatokat szerezhetnek a hackerek vagy megvan

¹ Attila, H., Péter, E., Ferenc, K.: The Common Vulnerability Scoring System (CVSS) generations – usefulness and deficiencies, IT és hálózati sérülékenységek társadalomgazdasági hatásai, Infota 2016, 137-153

annak az esélye, hogy teljes mértékben átveszik a jármű irányítását. Az autonóm járművek programozása során ezek mindegyike komoly eldöntendő kérdés, melyekre különböző szakterületek kutatói összehangoltan keresi a válaszokat. A műszaki fejlesztés mellett a közgazdászok, jogászok, társadalomkutatók szintén foglalkoznak az autonóm járművek közúti forgalomban történő szabályos és biztonságos közlekedésének megvalósításával. Fontos az előrelátás és a járműirányító rendszerek teljeskörű felkészítése a legkülönbözőbb forgalmi helyzetekre, mely számtalan tesztet lebonnyolítását igényli. A mesterséges intelligenciával támogatott algoritmusok akkor tudnak helyes döntést hozni, adott közlekedési szituációban, ha megfelelő protokollal rendelkeznek a bekövetkezett eseményre, detektálásra. [10, 11, 15, 16]

4. Kibertámadás lehetséges módszerei és irányai

A 2. ábra a hálózatba kapcsolt és az önvezető járművek hackertámadásainak lehetséges módszereit és irányait ismerteti grafikusán. Az illusztrációról leolvasható, hogy gyakorlatilag az összes önvezetéshez szükséges berendezés kapcsolódik a gépkocsi elektronikai rendszeréhez, valamint adatot szolgáltat az autó fedélzeti számítógépének, illetve a vezérlést végrehajtó szoftvernek. [4, 6]



2. ábra: Összekapcsolt és autonóm járművek kibersebezhetőségi területei²

² Mullins, M., Murphy, F., Ryan, C., Sheehan, B.: Connected and autonomous vehicles – a cyber risk classification framework, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 124, June 2019, Pages 523-536

Az autonóm autók működését egy lidarokból, kamerákból, radarokból és ultrahangos érzékelőkből álló szenzorrendszer biztosítja. Az önvezető járművek pontos útvonaltervezéséért és helyzetmeghatározásáért az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (USDOD – United States Department of Defense) által kifejlesztett GPS (Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer) felel, amely nagymértékben kiegészíti a járműre szerelt érzékelők által gyűjtött adatokat. A GPS segítségével háromdimenziós helymeghatározás valósítható meg földön, vízen, levegőben. Az architektúra legnagyobb problémája, hogy pontossága mindössze méteres nagyságrendű, amely az autonóm járművek esetén olyan hibákat fog eredményezni, amelyek az önvezető autók biztonságos közlekedését veszélyeztetik, ezért kiegészítő módszerekre is szükség lesz. A GPS jeleket különböző eszközökkel és eljárásokkal pontosítani kell, ilyen például a KVH GEO FOG inerciális GNSS rendszere. A GPS jeleket, valamint a pontosított koordinátákat vezeték nélküli csatornákon keresztül kapják meg az autonóm járművek, így rendkívül érzékenyek a távoli zavarásra. [4, 6, 9]

A hálózatba kapcsolt járművek esetében a vezeték nélküli hozzáférés veszélye mellett a másik nagy kihívás, hogy a hackereknek elegendő egyetlen járműhöz hozzáférni a hálózaton keresztül. A kommunikációs kapcsolat következtében pedig ezt követően könnyedén hozzáférést szerezhetnek más járművekhez, a gépkocsival összeköttetésben lévő infrastrukturális létesítményekhez, lényegében bármelyik másik internetképes készülékhez. Egyetlen jármű rendszerének kibertámadását követően képesek lesznek megfertőzni a teljes hálózati infrastruktúrát. [1, 2, 4, 10, 17, 18]

Az önvezető járművek hatékony működéséhez nélkülözhetetlen a stereo videokamera, melyet általában az elülső szélvédő felső részének közepén helyeznek el. A gépi látásért a lencserendszer és 2 darab CMOS (fém-oxid félvezető) színes képalkotó felel. A rendszer a színes képalkotó által különbséget tud tenni a színek között, ami hozzájárul a közlekedési táblák és az eltérő színű útfelfestések felismeréséhez. A program tulajdonképpen az ismert színek közötti átmeneteket azonosítja, így következtet belőle, hogy hol helyezkednek el a forgalmi sávok felfestései. Fontos kiemelni, hogy a sárga vonalak mindig elsőbbséget élveznek, hiszen azok veszélyhelyzetre vagy terelésre hívják fel a vezető vagy éppen az autonóm autó figyelmét. A Lane Boundary Detection számítógépes program kiszámítja a sávközépet és ott próbálja tartani a járművet. A modern kamerák két lencsét tartalmaznak, melyek biztosítják, hogy a rendszer képes 3D-s képet alkotni a környezetről. A sikeres detektáláshoz gépjárművekre jellemző tulajdonságokat keres az elektronika: szimmetriatengely, rendszám, lámpák száma,

csillogás az autóüvegen. A közlekedési táblákat egy a számítógépbe táplált adatbázissal hasonlítja össze. Abban az esetben, ha egy hackertámadás következtében hozzáférnek a kamera által küldött adatokat elemző logikai képfeldolgozó egységhez (FPGA – Field Programmable Gate Array), akkor téves környezeti paraméterek is továbbíthatók a rendszer felé, illetve módosítható a kamera által látott valós kép. A közlekedési táblákról az információkat tároló adatbázis átalakításával, változtatásával a kamera által azonosított táblák esetében az eredeti szabályoktól eltérő döntést fog hozni az autonóm jármű. Lényegében a képfeldolgozó algoritmusának módosításával elérhető, hogy az autó „mást lásson”, mint amit „látania kellene”. A kibertámadás következtében a kamera „helytelen felismerései” súlyos baleseteket okozhatnak, ezért ezen rendszer esetében is kiemelten fontos a kibervédelem. [11, 12, 14, 15]

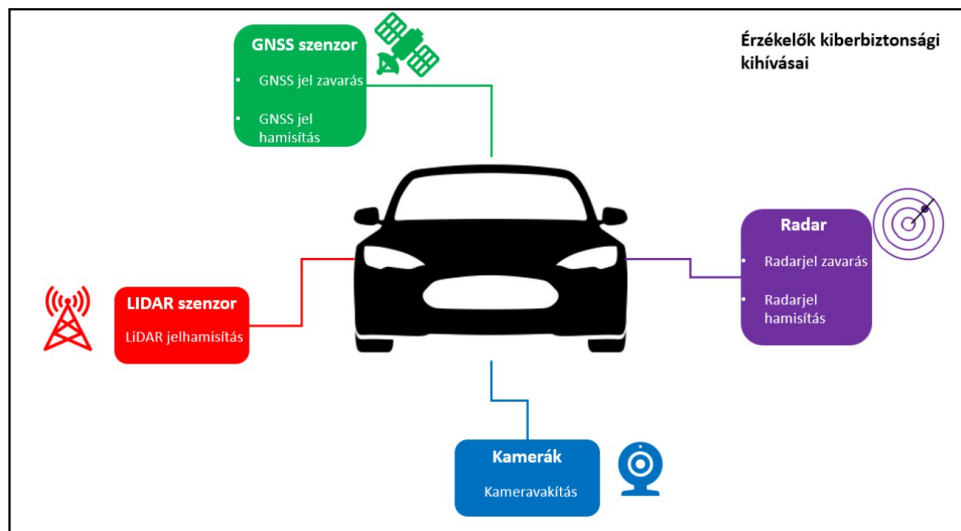
Az autók, gyalogosok, kerékpárosok és egyéb akadályok érzékeléséhez jól alkalmazható a Stereo Video Camera, azonban a pontosabb távolság- és sebességértékek meghatározásához fontos a radarok használata az autonóm gépjárművekben.

Alapvetően 3 elkülöníthető típus létezik, melyek a rövid, közepes, valamint hosszú hatótávolságú radarok. Napjainkban már van lehetőség egy radaron belül kombinálni a mérési módokat – a független vételi csatornák számának az emelésével, mely során a távolság növelésével csökken a radar látószöge, azonban a legpontosabb értékek továbbra is külön eszközök segítségével érhetők el. Egy szenzor az esetek többségében 4 csatornával és egy digitális sugárképző egységgel (DBF – Digital Beam Forming) van felszerelve. A szenzorok 77 GHz-es frekvencián bocsátanak ki radarhullámokat és a Doppler-effektus alapján a radarhullámnak a tárgyról történő visszaérkezéséig eltelt időt méri az elektronika, figyelembe véve a késleltetési időt. A legtöbb esetben a radarkészülék egy kompakt egység, tehát az adó és a vevő egy házon belül helyezkedik el. Többnyire egy irányszöget (azimuth) és egy távolságot mér a gépjárműbe beépített érzékelő, de lehetőség van az emelkedési szög és az autó sebességének megállapítására is. A gyors adatátvitelről a központi számítógépbe a CAN és FlexRay hálózatok gondoskodnak. A fentiekben említetteknek megfelelően a radarrendszerek működési tulajdonságaiból adódóan ezen eszközök is számottevően ki vannak téve külső támadásnak, a használt kommunikációs rendszerek, hálózatok következtében sebezhetőek. A radarok által kibocsátott jelek érzékenyek a külső forrásból származó zavarásra, valamint a jármű kommunikációs hálózatán történő adattovábbítás is zavarható. A külső beavatkozás következtében az egyik lehetőség, hogy az autonóm autó túl későn kapja meg az objektumokról a szükséges információkat, így a járműnek nem lesz elegendő ideje cselekedni, fékezni, így

bekövetkezik a baleset. A másik alternatíva, hogy a gépkocsi központi számítógépéhez módosított adatok érkeznek, ezáltal hibásan fogja felmérni az előtte elhelyezkedő autót, gyalogos vagy kerékpáros helyzetét, távolságát, amely szintén balesetveszélyes helyzetet idézhet elő. Számos esetben előfordult már a történelem során, hogy egy új modern rendszert, melynek működésével kapcsolatban még voltak tisztázatlan kérdések néhányan rossz célra használták. Nagyon fontos cél megakadályozni, hogy az autonóm járművek közötti forgalomban történő elterjedésekor elkerüljük a kibertámadásokat. A vezetéstámogató rendszerek és autonóm járműirányítás fejlesztésének elsődleges célja az emberi életek megóvása a közutakon, a balesetmentes közlekedés megteremtése. A kezdeti balesetek, illetve a jelenleg tisztázatlan jogi és felelősségi kérdések, valamint a kibersebezhetőség könnyen jelenthetné az évtizedekig fejlesztett technológia társadalmi megosztottságát vagy éppen eltűnését, amennyiben nem foglalkozunk még a műszaki fejlesztés fázisában ezen kérdésekkel. [2, 3, 7, 9, 13]

A LIDAR (Light Detection and Ranging) egy lézer alapú távolságmeghatározásra használt berendezés, azonban jelenlegi nagyon magas ára miatt csak ritkán alkalmazzák a vezetéstámogató rendszerek támogatása érdekében. Az autonóm járműveknél egyelőre kérdéses, hogy széles körben használni fogják-e, azonban ezen eszköz segítségével jelentősen több információt kapna a jármű a környezetében lévő objektumokról, így sokkal pontosabban tudná azonosítani a lehetséges akadályokat. A módszer során a lézerszkennelés technológiáját alkalmazzák, melynél egy adott terület térbeli mintázatát készíti el a számítógép, a pontos 3D ábrázolás biztosítása érdekében. A folyamat közben nagyon gyorsan nagyszámú távolságmérést (több százezer, akár millió 3D pont felvétele) végez az eszköz, így az autó teljes környezetét felméri a földfelszíntől az épületeken keresztül a közelben tartózkodó autókig, akadályokig és mindenféle tereptárgyig. A LIDAR mérés általában két térképréteget hoz létre: egy 3D pontfelhőt, amely a környezet geometriai információit tartalmazza és egy a forgalmi szabályokat magában foglaló szemantikai térképet, amely pontos adatokkal rendelkezik az út széléről, forgalmi sávokról, közlekedési táblákról. A mérés során kibocsátott lézerefény zavarása esetén pontatlanná tehető az adatgyűjtés, így a rendszer helytelen vagy hiányos térképrészletet fog továbbítani a feldolgozó elektronikának, így nem fog elegendő információhoz jutni a jármű a közelében elhelyezkedő objektumokról, amely balesetveszélyt jelenthet. A 3. ábra ismerteti, hogy jelen fejezet keretében bemutatott az autonóm járművek működéséhez szükséges szenzorok milyen típusú kiberbiztonsági kockázatokat jelentenek a gépjárművekre nézve. Az adatgyűjtést és a beérkező jelek átalakítását egy nagy kapacitással rendelkező központi

számítógép valósítja meg, így a korábban említetteknek megfelelően, ezen elektronikai berendezés és vezérlő szoftver kibervédelme érdekében is fontos lépéseket tenni a fejlesztési fázis során. [5, 6, 18, 19]



3. ábra: Autonóm járművek szenzorainak kibersebezhetősége³

A gépkocsik hálózatba kapcsolását követően tehát nélkülözhetetlen lesz a legmagasabb szintű biztonsági protokoll telepítése a járművekben elérhető programokhoz, alkalmazásokhoz hiszen amennyiben távolról hozzáférnének az irányító rendszerhez és a kommunikációs hálózathoz, akkor tragédiákkal járó tömegbaleseteket és közlekedési káoszt lehetne előidézni. A hackertámadások megelőzésére tehát fel kell készülnie minden autó- és szoftvergyártónak, akik a gépjárművek automatizálásával és hálózatba kapcsolásával foglalkoznak.

A vállalatoknak alapvetően három különböző területen kell garantálniuk a kibervédelmet a gépjárműtulajdonosok számára [7, 10]:

- 1) A hatályos jogszabályi előírások figyelembevételével és érvényesítésével a személyes adatok védelmének a biztosítása.
- 2) A kibertérből érkező támadásokkal és fenyegetettségekkel szembeni hatékony szoftveres megoldások kidolgozása, valamint protokollok készítése az autonóm autók mesterséges intelligenciájának részére, egy esetleges távolról érkező, illetéktelen személynek a rendszerhez való sikeres hozzáférése érdekében.
- 3) A járművek irányítását végző programok gyenge pontjainak feltárása, továbbá a rendszer védelmi képességeinek és sérülékenységének állandó tesztelése.

³ Ináncsi Mátyás, NKE EJKK Kiberbiztonsági Kutatóintézet

5. Összegzés

Az autonóm járműtechnológia jelenleg is fejlesztés alatt áll, mind műszaki és jogi oldalról is, így a közúti közlekedésben csak kísérleti tesztjárművek vannak, azonban ezen autók forgalomban való közlekedését is szigorú feltételekhez kötik és csak meghatározott részeken közlekedhetnek. Napjainkban tehát nagyon kevés tény, információ áll rendelkezésre az autonóm járművek kibersebezhetőségéről.

Az első autonóm járművek megjelenésekor biztosak lehetünk abban, hogy lesznek próbálkozások arra vonatkozóan, hogy a kezdeti rendszerek sebezhetőségét kihasználják. Komoly veszélyeket rejt magában, ha a rendszerek kívülről hozzáférhetővé válnak illetéktelenek számára. A járműben tárolt adatok megszerzésével, „ellopásával” komoly gazdasági károkat tudnak okozni, hiszen bizonyos esetekben bizalmas információkra fognak szert tenni a támadók. Rosszabb esetben a támadás célja elsődlegesen a balesetek okozása, előidézése lenne. Amennyiben a járműirányító szoftverben módosításokat tudnának végrehajtani vagy a rendszert deaktiválnák egy külső hackertámadás következtében, akkor a járműben utazók védtelenné válnának a közlekedés során. Ebben az esetben nagyon súlyos következményekkel kell számolni. A rendszerek sebezhetősége tehát nem megengedhető, mert akkor a hagyományos közlekedéshez viszonyítva sokkal súlyosabb károkat lehetne okozni. Minden informatikai rendszernek szüksége van védelemre az illetéktelen behatolásokkal szemben, nem lesz ez másként az autonóm gépjárműveknél sem, az egymással kommunikáló személy- és teherautók esetében pedig alapfeltétel lesz a rendszereik megbízható és hatékony kibervédelmének a megteremtése.

Az autonóm járműtechnológia rohamosan fejlődik, azonban, rendkívül fontos tehát, hogy időben fel kell készülni az önvezető járműtechnológiák kibervédelmének biztosítására. A járművek közötti és a jármű-infrastruktúra közötti kommunikáció egyre nagyobb mértékben jelenik meg, így egy esetleges kibertámadás esetén egyre több adathoz férhetnek hozzá egy hackertámadás következtében. A beágyazott rendszereknek köszönhetően egyre több kockázati tényező jelenik meg, amelyekre megoldást kell találni, hogy az autonóm járművek valóban egy balesetmentes közlekedés jövőképét jelentsék a közúti közlekedésben. Az autonóm járművek megjelenésének és elterjedésének egyik kritikus feltétele a széleskörű társadalmi elfogadottság, így jelen publikációban vizsgált tématerület esetében is rendkívül fontos lesz a társadalom felé a megfelelő és gyakori kommunikáció.

6. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] Abdullah, A., Vijey, T.: Autonomous Vehicles: The Cybersecurity Vulnerabilities and Countermeasures for Big Data Communication, MDPI Symmetry, Volume 14, Issue 12, 2022
- [2.] Attila, H., Péter, E., Ferenc, K.: The Common Vulnerability Scoring System (CVSS) generations – usefulness and deficiencies, IT és hálózati sérülékenységek társadalomgazdasági hatásai, Infota 2016, 137-153
- [3.] Bosch Mobility Solutions: Front Radar Sensor, Bosch honlap
- [4.] Gáspár Péter, Szirányi Tamás: Érzékelők az autonóm járművekben, 2017
- [5.] <http://eetb.mfa.kfki.hu/sites/eetb.mfa.kfki.hu/files/2017/Gaspar.pdf>
- [6.] Ifte Khairul Alam Bhuiyan: LIDAR Sensor for Autonomous Vehicle, 2017
- [7.] https://www.researchgate.net/publication/322488470_LiDAR_Sensor_for_Autonomous_Vehicle
- [8.] Jafarnia-Jahromi, A., Broumandan, A., Nielsen, J., Lachapelle, G.: GPS Vulnerability to Spoofing Threats and a Review of Antispoofing Techniques, International Journal of Navigation and Observation, 2012, 127072
- [9.] Kyounggon, K., Jun Seok, K., Seonghoon, J., Jo-Hee, P., Huy Kang, K.: Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense, Computers & Security, Volume 103, 2021, 102150
- [10.] Mansi, G, Junho, H., John, M.: Cybersecurity of Autonomous Vehicles: A Systematic Literature Review of Adversarial Attacks and Defense Models, IEEE Open Journal of Vehicular Technology, Volume 4, 2023, Pages 417-437

- [11.] Mullins, M., Murphy, F., Ryan, C., Sheehan, B.: Connected and autonomous vehicles – a cyber risk classification framework, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 124, June 2019, Pages 523-536
- [12.] Nemzeti Kibervédelmi Intézet (NKI) hivatalos honlap
- [13.] Prinkle, S., James, G.: Cybersecurity and Forensics in Connected Autonomous Vehicles: A Review of the State-of-the-Art, *IEEE Access*, Volume 10, 2022, Pages 108979-108996
- [14.] Scarfone, K., Mell, P.: An analysis of CVSS version 2 vulnerability scoring, 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, 2009
- [15.] Shah Khalid, K., Nirajan, S., Peter, S.: A conceptual system dynamics model for cybersecurity assessment of connected and autonomous vehicles, *Accident Analysis and Prevention*, Volume 165, 2022, 106515
- [16.] Studnia, I., Nicomette, V., Alata, E., Deswarte, Y., Kaaniche, M., Laarouchi, Y.: Survey on security threats and protection mechanisms in embedded automotive networks, 43rd Annual IEEE/IFIP Conference on Dependable Systems and Networks Workshop, 2013
- [17.] Theyazn H. H., A., Hasan, A.: Attacks to Automotous Vehicles: A Deep Learning Algorithm for Cybersecurity, *MDPI Sensors*, Volume 22, Issue 1, 2022
- [18.] Vipin Kumar, K., Sooryaa Vignesh, T., Sudeep, P.: Roadmap for Cybersecurity in Autonomous Vehicles, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, Volume 11, Issue 6, 2022
- [19.] Xiaoqiang, S., F. Richard, Y., Peng, Z.: A Survey on Cyber-Security of Connected and Autonomous Vehicles (CAVs), *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Volume 23, Issue 7, 2022, Pages 6240-6259
- [20.] Zaarane, A., Slimani, I., Al Okaishi, W., Atouf, I., Hamdoun, A.: Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera, *Array*, Volume 5, March 2020, 100016
- [21.] Zhou, T., Yang, M., Jiang, K.: MMW Radar-Based Technologies in Autonomous Driving, *Sensors*, 2020, 20(24):7283

Kolmogorov-Arnold hálózatok alkalmazhatósági vizsgálata vizuális adatok feldolgozása esetén

The applicability of Kolmogorov-Arnold networks for visual data processing

Hollósi János^a

^aSzéchenyi István Egyetem, Informatika Tanszék; Járműipari Kutatóközpont

hollosi.janos@sze.hu

Absztrakt

A mesterséges neurális hálózatok területén belül hosszú idő óta jól bevált módszer a többrétegű perceptronok (multilayer perceptron, MLP) alkalmazása. Az elmúlt időszakban a többrétegű perceptronok alternatívájaként jelent meg az úgynevezett Kolmogorov-Arnold hálózatok (Kolmogorov-Arnold Network, KAN) elmélete, melynek létrejöttét a Kolmogorov-Arnold reprezentációs elmélet inspirált. A többrétegű perceptronok esetén megszokott, hogy fix aktivációs függvényekkel dolgozunk a neuronok számításának végén. A KAN hálózatok esetén az aktivációs függvény csomópontok (neuronok) helyett az élek (súlyok) mentén jelennek meg, mint tanuló paraméterek, ahol a súlyok n -edfokú spline függvények formájában realizálódnak. Bizonyos feladatok esetén már bizonyított, hogy a KAN alapú megoldások jobb hatásfokot képesek elérni az MLP-hez képest szerényebb felépítés esetén is. Munkám során azt vizsgálom meg, hogy az új elmélet hogyan alkalmazható különféle egyszerűbb feladat során a gépi látás területén belül. A kutatás célja az elméletben rejlő lehetőségek feltárása annak érdekében, hogy komplex, gyakorlati jelentőségű feladatok esetén történő alkalmazhatóságának kérdése megválaszolásra kerüljön.

Kulcsszavak: neurális hálózatok, kolmogorov-arnold hálózatok, képosztályozás

Abstract

The use of multilayer perceptrons (MLPs) has long been a well-established method within the field of artificial neural networks. Recently, the theory of Kolmogorov-Arnold Networks (KANs) has emerged as an alternative to multilayer perceptrons, inspired by Kolmogorov-Arnold representation theory. For multilayer perceptrons, it is usual to work with fixed activation functions at the end of the neuron computation. In the case of KAN networks, the activation function is represented along edges (weights) instead of nodes (neurons) as learning parameters, where the weights are realized as n -dimensional spline functions. For certain problems, it has been demonstrated that KAN-based solutions can achieve better efficiency even with a more modest architecture compared to MLP. In my work, I investigate how the new theory can be applied to a variety of simple tasks within the field of machine vision. The aim of the research is to explore the potential of the theory in order to answer the question of its applicability to complex tasks of practical importance.

Keywords: neural networks, kolmogorov-arnold networks, image classification

1. Bevezetés

Az elmúlt években a neurális hálózat alapú képosztályozás, objektum detektálás és szegmentálás jelentős fejlődésen ment keresztül a komplex gépi tanulási algoritmusok és a neurális hálózati architektúrák fejlesztése révén. Ezek közül a Kolmogorov-Arnold-hálózatok (KAN) [1] ígéretes újdonságként jelentek meg, amelyek a Kolmogorov-Arnold reprezentációs tételre alapuló, elméleti megközelítést kínálnak különféle függvények közelítésére. [2, 3] Ez a tétel, amely a többváltozós függvények elméletének egyik alapját jelenti, azt állítja, hogy bármely folytonos többváltozós függvény ábrázolható folytonos egyváltozós függvények kompozíciójaként. Ezt az elvet kihasználva a Kolmogorov-Arnold Hálózatok (Kolmogorov-Arnold Network, KAN) képesek a nagydimenziós hálózatokat, amik jelen esetben függvényként értelmezhetők, egyszerűbb, jobban kezelhető összetevőkre bontani, ezáltal javítva a tanulási folyamat hatékonyságát. A KAN-ok képosztályozásra való alkalmazása az elméleti matematika és a gyakorlati gépi tanulás újszerű metszéspontját jelenti. A népszerű képosztályozási technikák, amelyek gyakran mély, konvolúciós neurális hálózatokon (CNN) [4-6] alapulnak, lenyűgöző teljesítményt mutattak, de ez a megnövekedett bonyolultság és a számítási erőforrások rovására mehet. [7-9] A KAN-ok meggyőző alternatívát jelentenek, mivel olyan keretrendszert kínálnak, amely csökkentheti a hálózat mélységét és bonyolultságát, amely hasonló pontosság eléréséhez szükséges. Ez a komplexitáscsökkenés rövidebb tanulási időt, alacsonyabb számítási költségeket és jobb skálázhatóságot eredményezhet, ami a KAN-okat vonzó választássá teszi a nagyméretű képosztályozási feladatokhoz. Ebben a munkában a KAN alkalmazhatóságát és hatását vizsgálom képosztályozási feladatok esetén. A cél annak megismerése, hogy az ilyen jellegű megoldások milyen hatásfokkal alkalmazhatók vizuális adatok feldolgozása során.

2. Kolmogorov-Arnold Hálózatok elmélete

A Kolmogorov-Arnold reprezentációs tétel [2, 3] alkalmazása a mesterséges neurális hálózatok területén ígéretes új kutatási területet jelent. Várható, hogy a javasolt megközelítés növeli a hálózatok hatékonyságát, ami ezzel jobb megoldásokat eredményezhet bizonyos problémákra. A KAN [1] elméletét elsősorban a többrétegű perceptronok (multilayer perceptron, MLP) jobb alternatívájaként fejlesztették ki. Ezért érdemes ezzel összehasonlítani a hatékonyság tekintetében.

A többrétegű perceptron esetében a neuronok aktivációs függvényei fixek és nem tanulhatók, míg a neuronok közötti súlymátrixok változtathatók, azaz értékeik a tanulási folyamat során változik. A KAN-hálózat megkérdőjelezi ezt a koncepciót. Az MLP-vel ellentétben, amely fix, nem tanulható aktiválási függvényeket és tanulható, de lineáris súlyokat alkalmaz, a KAN hálózat nemlineáris és tanulható függvényeket alkalmaz. Ezt paraméterezhető spline függvények alkalmazásával érik el, amelyek aztán tanulható értékeként reprezentálódnak a neurális hálózaton belül.

A KAN elmélete azt mondja ki, hogy bármely folytonos többváltozós függvény felírható egyváltozós függvények kompozíciójaként. Formálisan megfogalmazva azt mondhatjuk, hogy a KAN elmélet szerint legyen egy többváltozós függvény

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

ahol n az f függvény bemeneti paramétereinek száma. Legyen

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{q=1}^{2n+1} \Phi_q \left(\sum_{p=1}^n \phi_{q,p}(x_p) \right) \quad (2)$$

ahol n most is a bemenetek száma, x_p a p -edik bemenet, $\phi_{q,p}$ egy egyváltozós függvény, ami a bemeneten a következő leképezést hajtja végre

$$\phi_{q,p} : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R} \quad (3)$$

és a Φ_q egyváltozós függvény az alábbi leképezés szerint jár el

$$\Phi_q : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R} \quad (4)$$

KAN hálózatok esetén minden réteg ilyen függvények mátrixaként írható le

$$\Phi = \begin{bmatrix} \phi_{1,1} & \phi_{2,1} & \cdots & \phi_{n_{out},1} \\ \phi_{1,2} & \phi_{2,2} & \cdots & \phi_{n_{out},2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{1,n_{in}} & \phi_{2,n_{in}} & \cdots & \phi_{n_{out},n_{in}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

ahol n_{in} az adott réteg bemeneteinek száma, n_{out} az adott réteg által generált kimeneti jellemzők száma. Minden $\phi_{q,p}$ esetén, ahol $p = 1, 2, \dots, n_{in}$ és $q = 1, 2, \dots, n_{out}$, egy B-spline függvényt tudunk megfeleltetni

$$\phi(x) = w_b b(x) + w_s s(x) \quad (6)$$

ahol b a Sigmoid Linear Unit [10, 11] aktivációs függvény a következők szerint

$$b(x) = SiLU(x) \quad (7)$$

$$SiLU(x) = \frac{x}{1 + e^{-x}} \quad (8)$$

és s függvény a B-spline függvények lineáris kombinációja

$$s(x) = \sum_i c_i B_i(x) \quad (9)$$

ahol c_i tanulási paraméterek.

A KAN hálózat elmélete szerint kialakítható a konvolúció művelete, amely a konvolúciós neurális hálózatok egyik legfontosabb eszköztára. Ebben a megközelítésben azt mondjuk, hogy a konvolúciós kernel a tanulási folyamat során változó skalár értékek helyett tanítható B-spline függvényeket tartalmaz. Legyen

$$K = \begin{bmatrix} \phi_{1,1} & \phi_{2,1} & \dots & \phi_{k_w,1} \\ \phi_{1,2} & \phi_{2,2} & \dots & \phi_{k_w,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{1,k_h} & \phi_{2,k_h} & \dots & \phi_{k_w,k_h} \end{bmatrix} \quad (10)$$

ahol K egy konvolúciós kernel, melynek minden $\phi_{i,j}$ eleme egy-egy függvény. Továbbá k_w a kernel szélessége és k_h a kernel magassága. Jellemzően $k_w = k_h$. Ebben a megközelítésben a konvolúció számítása során a két mátrix elemeinek nem a szorzata képződik, hanem a kernelben található függvény kapja paraméterül a konvolúciós réteg bemenetének megfelelő elemét. Az összegzés során pedig a függvények visszatérési értékei kerülnek szummázásra. Legyen

$$I = \begin{bmatrix} i_{1,1} & i_{2,1} & i_{3,1} \\ i_{1,2} & i_{2,2} & i_{3,2} \\ i_{1,3} & i_{2,3} & i_{3,3} \end{bmatrix} \quad (11)$$

ahol I egy konvolúciós réteg bemenete. A hozzá tartozó kernel legyen

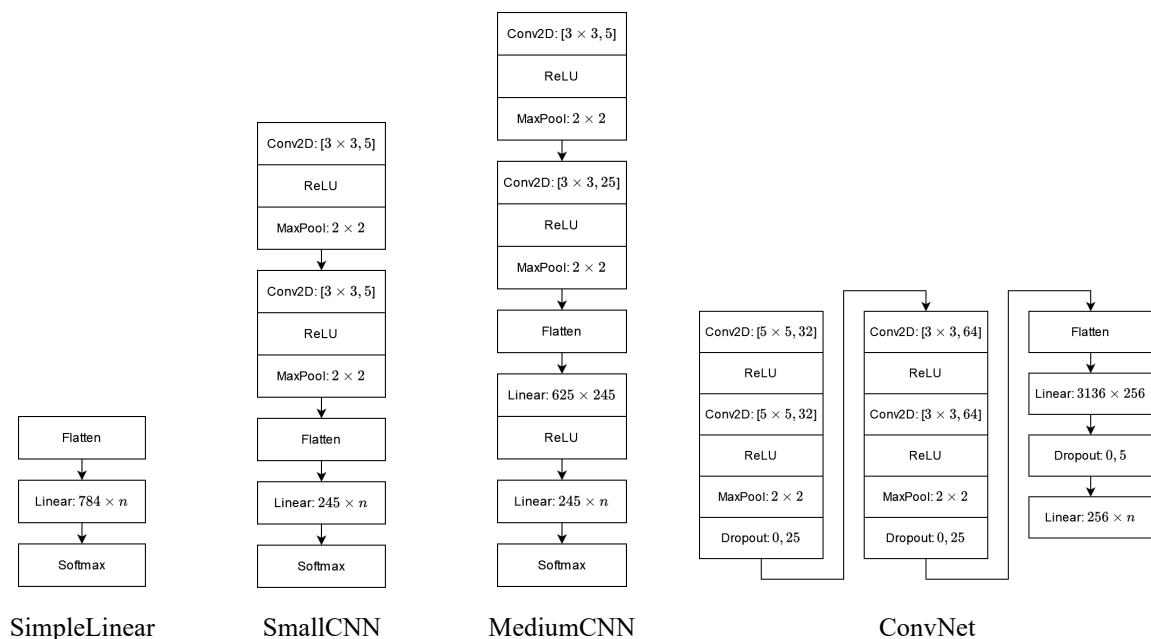
$$K = \begin{bmatrix} \phi_{1,1} & \phi_{2,1} & \phi_{3,1} \\ \phi_{1,2} & \phi_{2,2} & \phi_{3,2} \\ \phi_{1,3} & \phi_{2,3} & \phi_{3,3} \end{bmatrix} \quad (12)$$

A konvolúció művelete ebben az esetben legyen

$$K * I = \left[\sum_{x=1}^3 \sum_{y=1}^3 \phi_{x,y}(i_{x,y}) \right] \quad (13)$$

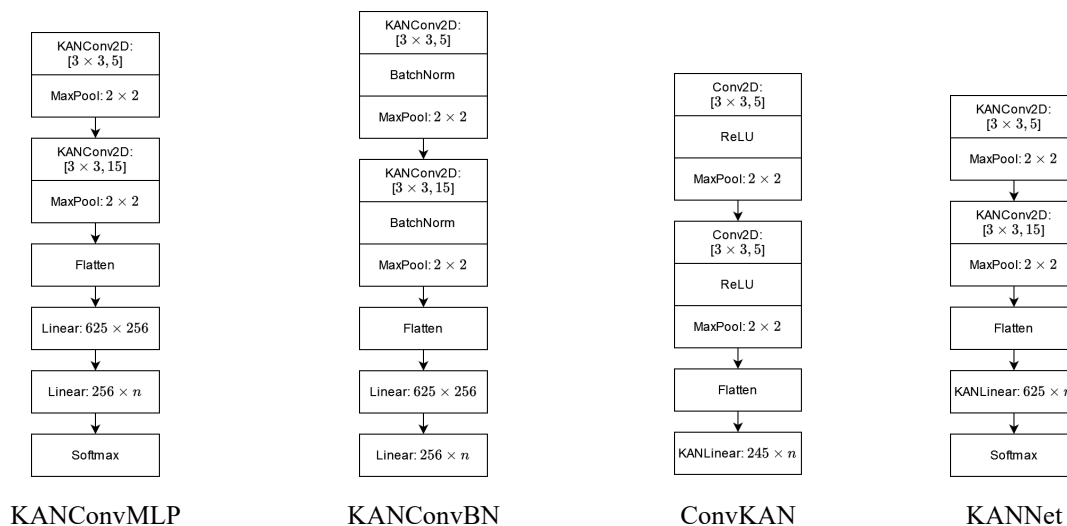
3. Megvalósított modellek

A kutatás során több neurális hálózati architektúra kialakítása történt meg, melyekkel a cél a KAN-alapú megoldások hatékonysági vizsgálata. Összehasonlításra került hagyományos többrétegű perceptron és konvolúciós neurális hálózat alapú megoldás a Kolmogorov-Arnold hálózatok elmélete szerint megvalósított modellekkel. Az 1. ábra a hagyományos modelleket szemlélteti. Azaz ezekben a megoldásokban nem került KAN-alapú réteg felhasználásra. Összesen négy megoldás kialakítása történt itt meg, ahol a hálózatok komplexitása egyre növekszik. A legegyszerűbb megoldás a SimpleLinear hálózat, amely pusztán egy teljesen kapcsolt lineáris rétegből és egy softmax függvényből tevődik. A SmallCNN hálózat már tartalmaz két konvolúciós blokkot, melyek egy-egy konvolúciós rétegből, ReLU [12] aktivációból és maximum összevonó rétegből épülnek fel. A hálózat egy lineáris réteggel és softmax függvénnyel zárul. A MediumCNN ez utóbbihoz nagyon hasonló, de itt két lineáris réteg elhelyezése történt meg, ahol az elsőt egy ReLU aktiváció követ. Végül a ConvNet hálózat következik, amely szintén két konvolúciós blokkal kezdődik. Ebben a megközelítésben a konvolúciós réteget most is egy ReLU aktivációs függvény követi, majd ismét egy konvolúció és aktiváció páros figyelhető meg. A maximum összevonás után egy-egy kiejtéses réteg zárja a blokkokat. A hálózat végén most is egy-egy lineáris réteg található, de ebben az esetben a két réteg között egy kiejtéses réteg is elhelyezésre került.



1. ábra: Klasszikus modellek. (Forrás: saját szerkesztés)

További négy hálózat kialakítása történt meg, ahol már a KAN-alapú rétegek alkalmazásra kerültek különféle módon és mértékben. Itt két rétegről beszélhetünk: KAN-alapú teljesen kapcsolt lineáris réteg, valamint KAN-alapú konvolúciós réteg. Ezek a 4 hálózatban különféle módon lettek felhasználva, vegyítve hagyományos lineáris réteggel és hagyományos konvolúciós réteggel. Ezeket a megvalósításokat a 2. ábra mutatja be. A KANConvMLP megoldás két KAN-alapú konvolúciós blokkot és két lineáris réteget tartalmaz. A konvolúciók esetén mindegyik után egy-egy maximum összevonás következik. A KANConvBN kialakítás ehhez nagyon hasonló, de a konvolúciós blokkok egy-egy köteg normalizálást is magukban foglalnak. A ConvKAN hálózat hagyományos konvolúciós rétegeket tartalmaz, viszont a végén található lineáris réteg KAN-alapú. A KANNet hálózatban pedig mind a konvolúció, mind a linearizálás KAN kialakítás szerint történt.



2. ábra: KAN-alapú modellek. (Forrás: saját szerkesztés)

4. Felhasznált adatkészlet

A kialakított hálózatok teszteléséhez négy ingyenesen hozzáférhető és felhasználható, a képosztályozás területén elterjedt adatkészlet felhasználása történt meg. Ezek az MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology) [13], FashionMNIST [14], EMNIST (Extension of MNIST) [15] és GTSRB (German Traffic Sign Recognition Benchmark) [16] adatkészletek voltak. Az MNIST [13] adatkészlet kézzel írt, egyjegyű, pozitív egész számjegyeket tartalmaz, összesen 70 000 darabot. Mind a 10 számjegy esetén, egyenletesen találhatóak minták az adatkészletben. Minden kép szürkeárnyalatos, azaz 1 színcsatornával rendelkezik és minden minta 28 képpont széles, valamint 28 képpont magas.

A FashionMNIST [14] az MNIST mintájára jött létre. Minden főbb paraméterében megegyezik vele, így a képek mennyiségében, azok méretében, a színcsatornák számában és a rendelkezésre álló osztályok mennyiségében is. Egyet leszámítva: itt nem számjegyekről, hanem különféle ruhaneműkről láthatunk képeket, így ilyen tekintetben valamivel komplexebb adatkészletről beszélünk. Az EMNIST [15] adatkészlet szintúgy az MNIST nyomán született. A FashionMNIST-hez hasonlóan a legfontosabb tulajdonságaiban megegyezik, kivéve az osztályok számát. Ugyanis ebben az esetben nem csak számokat, hanem az angol ábécé betűit is tartalmazza, beleértve a kis- és nagybetűket egyaránt. Így összesen 62 osztályba sorolhatók az adatkészlet képei, ahol a 26 kisbetű, 26 nagybetű, valamint a 10 számjegy foglal helyet. Az adatkészletben összesen 814 255 darab kép található. Az utolsó adatkészlet a GTSRB [16], amely teljesen különbözik az előző háromtól. Itt különféle közlekedési táblákról találunk felvételeket. Ebben az adatkészletben RGB szintéren értelmezett képek találhatók, ahol minden kép mérete 32 képpont széles és 32 képpont magas. A képek összesen 43 osztályba sorolhatók és az adatkészlet 39 270 darab mintát tartalmaz. A négy adatkészletből mutat néhány mintaképet a 3. ábra:



MNIST [13]



FashionMNIST [14]



EMNIST [15]



GTSRB [16]

3. ábra: Mintaképek az alkalmazott adatkészletekből. (Forrás: saját szerkesztés)

5. Mérési eredmények

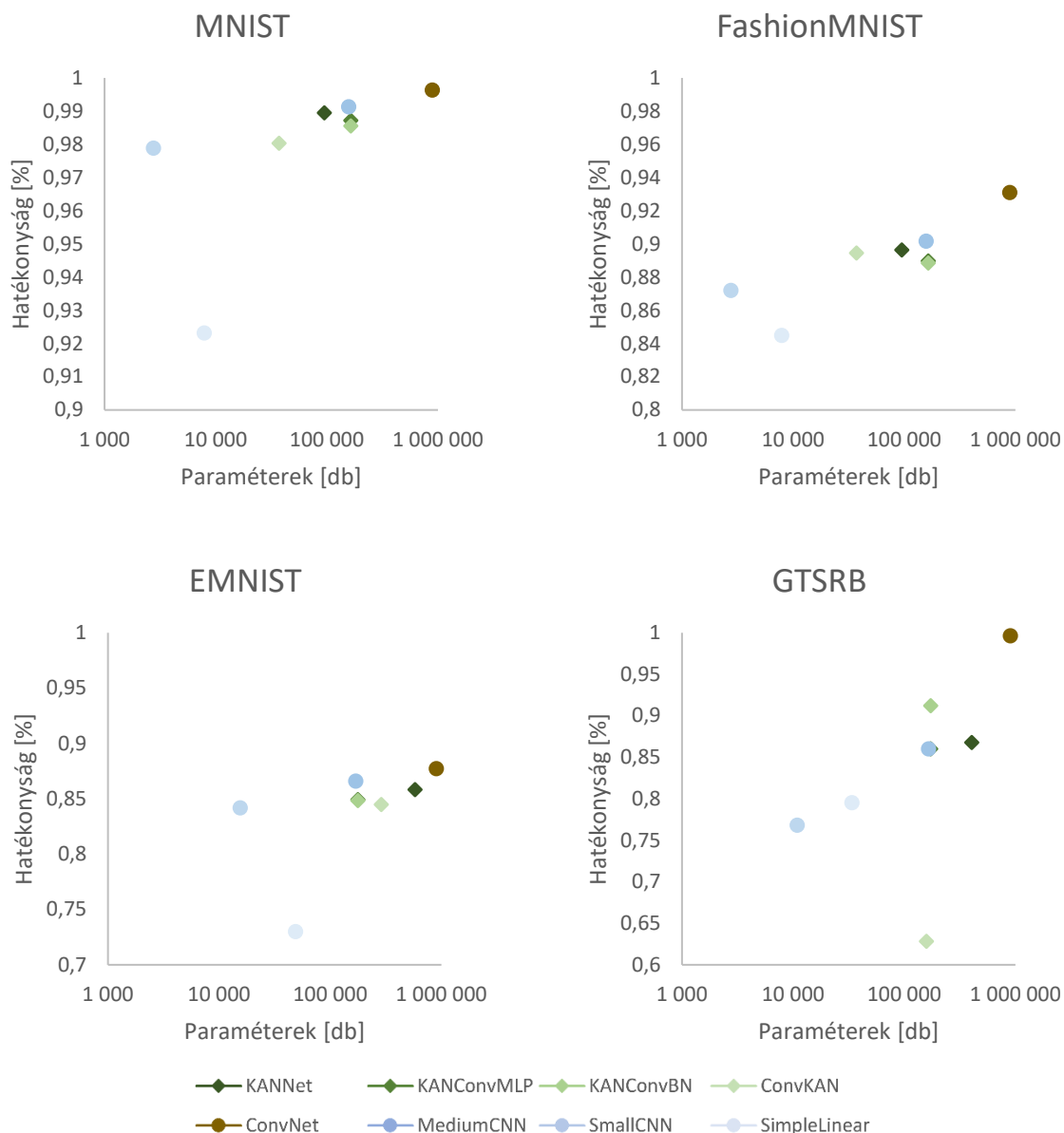
A kutatás során kialakított összesen 8 neurális hálózati architektúra tesztelése történt meg az ismertetett 4 adatkészlet felhasználásával. A vizsgálat célja annak feltárása, hogy vizuális adatok osztályozási feladata esetén a Kolmogorov-Arnold hálózatok elmélete szerint megkonstruált modellek milyen teljesítményt képesek elérni és ezek milyen módon veszik fel a versenyt a hagyományos módon kialakított hálózatokkal szemben.

A tanítási folyamat során minden esetben az AdamW [17] optimalizáló algoritmus került felhasználásra, amely az Adam [18] optimalizáló algoritmus módosulata. Több kísérlet végrehajtása során a legjobb teljesítményt akkor sikerült elérni, ha a tanulási ráta értéke 1×10^{-3} , a súlycsökkentés értéke pedig 1×10^{-4} . A tanulási fázisban a veszteség számításához a klasszikus kereszt-entrópia metrika került alkalmazásra. Minden esetben 20 iteráción keresztül zajlott a tanulás. Ez után szignifikáns változás a hatékonyságban már nem volt tapasztalható, ezért nem volt indokolt tovább vizsgálni a hatékonyság változását. Az 1. táblázat az ilyen módon végzett mérések számszerű eredményét mutatja, mind a 8 vizsgált hálózati kialakítás és 4 felhasznált adatkészlet esetén. A táblázatban a tanítás során mért legjobb hatékonyságok láthatók.

1. táblázat: Mérési eredmények az egyes modellek esetén. (Forrás: saját szerkesztés)

Modell	Adatkészletek			
	MNIST [13]	F-MNIST [14]	EMNIST [15]	GTSRB [16]
SimpleLinear	0,9231	0,8448	0,7299	0,7950
SmallCNN	0,9788	0,8719	0,8416	0,7681
MediumCNN	0,9913	0,9015	0,8658	0,8600
ConvNet	0,9963	0,9309	0,8770	0,9963
KANConvMLP	0,9871	0,8896	0,8490	0,8597
KANConvBN	0,9855	0,8884	0,8482	0,9117
ConvKAN	0,9803	0,8945	0,8448	0,6280
KANNet	0,9894	0,8963	0,8580	0,8675

Az MNIST adatkészlet esetén a legjobb teljesítményt a ConvNet, majd a MediumCNN, azaz a két legerősebb konvolúciós hálózat adta. Ez után következnek sorban a KAN-alapú megoldások: KANNet, KANConvMLP, KANConvBN, majd ConvKAN. A sort a legegyszerűbb megoldások, a SmallCNN, valamint a SimpleLinear modellek zárják. A FashionMNIST adatkészlet esetén a csoportok elhelyezkedése ugyanaz, némileg a sorrend azonban módosul. A legjobb két megoldás most is a ConvNet és a MediumCNN. Ez után következik a 4 KAN-alapú megoldás, ahol most is a KANNet, azaz a teljesen KAN felépítésű architektúra lett a legjobb. Ez után a ConvKAN következik, végül a KANConvMLP és KANConvBN zárja a KAN-alapú megoldások sorát. A legkevesbé hatékony megoldások most is a SmallCNN és a SimpleLinear modellek lettek. Az EMNIST adatkészlet során teljesen ugyanaz figyelhető meg, mint az MNIST alkalmával. A sorrend itt nem változik. Tehát továbbra is a két legerősebb konvolúciós hálózat a győztes, és csak utána következnek a 4 KAN-alapú megvalósítás. A legnagyobb eltérés a GTSRB adatkészlet esetén van, de ez jellegét tekintve egyébként is eltér az előző három adatkészlettől. Itt továbbra is a ConvNet hálózat a legjobb, ami várható, hiszen ez a legkomplexebb. A második és harmadik helyen a KANConvBN és KANNet hálózatok zárnak, majd csak ezek után következnek a MediumCNN megoldás. Ezt a KANConvMLP megvalósítás követi. Utána következik a korábban leggyengébben teljesítő megoldások, a SimpleLinear és a SmallCNN. A sort most váratlanul a ConvKAN hálózat zárja.



4. ábra: Legjobb eredmények és a paraméterek számának viszonya. (Forrás: saját szerkesztés)

Az egyes hálózatok teljesítményét célszerű az adott megoldás komplexitásának függvényében is vizsgálni. A megvalósított hálózatok komplexitásának számszerűsítésére bevált módszer a hálózatok tanuló paramétereinek számát összehasonlítani, mivel jellemzően a magasabb paraméterszám nagyobb komplexitást, bonyolultságot jelent. A 4. ábra az összesen 8 hálózat esetén mutatja adatkészletenként külön-külön a legjobb hatékonysági eredményeket az adott hálózat paramétereinek számának függvényében. Itt az a cél, hogy a hatékonyság minél jobb legyen, de ez minél kevesebb paraméter alkalmazásával valósuljon meg. Látható, hogy jellemzően a több paraméterrel rendelkező megoldások jobban is teljesítenek.

Az összes adatkészlet esetén a ConvNet hálózat teljesített a legjobban. De árnyaltabb a helyzet, ha a paraméterek számát is figyelembe vesszük. Az MNIST adatkészlet esetén a KANNet hálózat hatékonysága csupán 0,69%-kal rosszabb a legjobb ConvNet megoldásnál. Azonban a paramétereinek száma 89,34%-kal kevesebb. A FashionMNIST adatkészlet vizsgálata során a KANNet 3,72%-kal teljesített rosszabbul a ConvNet megoldásnál, annak ellenére, hogy a paraméterek száma csaknem 90%-kal kevesebb. Az EMNIST adatkészlet esetén a több kimeneti osztály miatt némileg több paramétert tartalmaznak a hálózatok. De a KANNet megoldás most is érezhetően egyszerűbb, 35,38%-kal kevesebb paraméterrel rendelkezik, mint a ConvNet megoldás. A hatékonysága csupán 2,17%-kal rosszabb annál. A GTSRB adatkészlettel történő tanítás során a KANNet hálózatnak 54,91%-kal volt kevesebb paramétere, mint a ConvNet megoldásnak. Itt a hatékonyság esetén 12,93%-os az eltérés a ConvNet javára.

Összességében az mondható, hogy a legösszetettebb KAN-alapú megoldás alkalmazásával a vizsgált adatkészletek esetén sikerült elfogadható hatásfokot elérni, ami jelentősen nem marad el a hagyományos lineáris réteggel és konvolúciós réteggel rendelkező megoldásokhoz képest. Mindezt úgy, hogy a hálózatok bonyolultságának tekintetében sikerült érzékelhető csökkenést elérni.

6. Összegzés, kitekintés

Ebben a kutatásban a mesterséges neurális hálózatok világán belül, a Kolmogorov-Arnold reprezentációs tételre alapuló új elméleti megközelítés, a Kolmogorov-Arnold hálózatok vizsgálata és vizuális adatok osztályozási feladatai esetén a gyakorlati alkalmazhatóságának feltárása történt meg. Az új elméleti megközelítés, azaz a Kolmogorov-Arnold hálózatok (KAN) nyomán összesen 4 KAN-alapú architektúra kidolgozása történt meg és került összevetésre hasonló felépítésű, de KAN-alapú hálózati rétegeket mellőző további 4 modellel. Míg a KAN megoldásoktól mentes a modellekben hagyományos lineáris rétegek és hagyományos konvolúciós rétegek kerültek alkalmazásra, addig a KAN-alapú megoldásokban a Kolmogorov-Arnold hálózatok elmélete szerint implementált lineáris és konvolúciós rétegek felhasználása történt meg, különféle módokon. Ezek között megtalálható tisztán KAN-alapú megvalósítás, de olyan is, ahol a hagyományos és az új elképzelés vegyesen jelenik meg.

A vizsgálat során az összesen 8 modell 4 elterjedt és bevált adatkészlet felhasználásával került tanításra különféle osztályozási feladatok esetén. A vizsgálati eredmények összegzése és kiértékelése során az állapítható meg, hogy a KAN elmélet alkalmazható képi információk osztályozásának végrehajtására, mert azok hatékonysága felveszi a versenyt a hagyományos és már bevált megoldásokkal. A kutatás során több esetben sikerült szerényebb hálózati kialakítás mellett olyan teljesítményt elérni KAN-alapú megoldásokkal, amit a hagyományos módon megkonstruált hálózatok esetén csak nagyobb paraméterszám mellett volt lehetséges megvalósítani.

Mindennek nyomán a KAN elméletének és gyakorlati felhasználásának területén célszerű további vizsgálatokat és kutatásokat folytatni. Ideértve további hálózati elemek KAN szerinti kialakítását, felhasználási vizsgálatát, valamint további feladatok, például detektálás vagy szegmentálás esetén az alkalmazhatóság vizsgálatát. A hosszú távú cél, hogy hatékony megoldást lehessen kínálni különféle vizuális adatok feldolgozása során, ahol az elsődleges feladat az intelligens rendszerek és robotok, önvezető járművek és különféle ipari megoldások területén történő alkalmazás.

7. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] Liu, Z.; Wang, Y.; Vaidya, S.; Ruehle, F.; Halverson, J.; Soljačić, M.; Hou, T.Y.; Tegmark, M. KAN: Kolmogorov-Arnold Networks 2024. arXiv:2404.19756
- [2.] Kolmogorov, A. On the Representation of Continuous Functions of Several Variables as Superpositions of Continuous Functions of One Variable and Addition. Doklady Akademii Nauk. 114-5, pp. 953-956. 1957.
- [3.] Schmidt-Hieber, J. The Kolmogorov-Arnold Representation Theorem Revisited. 2020. arXiv:2007.15884v2

- [4.] Rawat, W.; Wang, Z. Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review. *Neural Computation* 2017, 29, 2352–2449, doi:10.1162/neco_a_00990
- [5.] Garcia-Garcia, A.; Orts-Escolano, S.; Oprea, S.; Villena-Martinez, V.; Martinez-Gonzalez, P.; Garcia-Rodriguez, J. A Survey on Deep Learning Techniques for Image and Video Semantic Segmentation. *Applied Soft Computing* 2018, 70, 41–65, doi:10.1016/j.asoc.2018.05.018ü
- [6.] Zhao, Z.-Q.; Zheng, P.; Xu, S.; Wu, X. Object Detection with Deep Learning: A Review 2019. arXiv:1807.05511
- [7.] Sze, V.; Chen, Y.-H.; Yang, T.-J.; Emer, J. Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey 2017. ar-Xiv:1703.09039
- [8.] Deng, L.; Li, G.; Han, S.; Shi, L.; Xie, Y. Model Compression and Hardware Acceleration for Neural Networks: A Comprehensive Survey. *Proceedings of the IEEE* 2020, 108, 485–532, doi:10.1109/JPROC.2020.2976475
- [9.] Vaishnav, M.; Cadene, R.; Alamia, A.; Linsley, D.; VanRullen, R.; Serre, T. Understanding the Computational Demands Underlying Visual Reasoning. *Neural Computation* 2022, 34, 1075–1099, doi:10.1162/neco_a_01485
- [10.] Hendrycks, D.; Gimpel, K. Gaussian Error Linear Units (GELUs). 2016. arXiv:1606.08415v5
- [11.] Elfwing, S.; Uchibe, E.; Doya, K. Sigmoid-Weighted Linear Units for Neural Network Function Approximation in Reinforcement Learning. 2017. arXiv:1702.03118v3
- [12.] Agarap, A.F. Deep Learning Using Rectified Linear Units (ReLU). 2018. arXiv:1803.08375v2
- [13.] LeCun, Y.; Cortes, C.; Burges, C.J.C. The MNIST Database of Handwritten Digits. <https://yann.lecun.com/exdb/mnist/>
- [14.] Xiao, H.; Rasul, K.; Vollgraf, R. Fashion-MNIST: A Novel Image Dataset for Benchmarking Machine Learning Algorithms 2017. doi: 10.48550/arXiv.1708.07747

- [15.] Cohen, G.; Afshar, S.; Tapson, J.; van Schaik, A. EMNIST: An Extension of MNIST to Handwritten Letters 2017. doi: 10.48550/arXiv.1702.05373
- [16.] Stallkamp, J.; Schlipsing, M.; Salmen, J.; Igel, C. The German Traffic Sign Recognition Benchmark: A Multi-Class Classification Competition. In Proceedings of the The 2011 International Joint Conference on Neural Networks; July 2011; pp. 1453–1460. doi: 10.1109/IJCNN.2011.6033395
- [17.] Loshchilov, I.; Hutter, F. Decoupled Weight Decay Regularization 2019. doi: 10.48550/arXiv.1711.05101
- [18.] Kingma, D.P.; Ba, J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. In Proceedings of the 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015, San Diego, CA, USA, May 7-9, 2015, Conference Track Proceedings; Bengio, Y., LeCun, Y., Eds.; 2015. arXiv:1412.6980

Út az autonómiához: A fogyasztók elfogadottsága az autonóm járművekkel kapcsolatban

Towards autonomy: consumer acceptance of autonomous vehicles

Koteczki Réka^a

^aSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont, 9026, Győr, Egyetem tér 1.

koteczki.reka@ga.sze.hu

Absztrakt

A Z generáció egyre inkább az autonóm járművek potenciális felhasználói közé tartozik, amely ígéretes lehetőséget kínál a mobilitás terén. Különösen az önvezető minibuszok egy új típusú közlekedési megoldást jelentenek, amely radikálisan megváltoztathatja a városi közlekedést. A jelen kutatás célja feltárni a fogyasztók autonóm járművek, különösen az önvezető minibuszok iránti elfogadottságát. A vizsgálat jelentősége abban rejlik, hogy megértjük, mely tényezők befolyásolják a fogyasztók döntéseit, amikor új technológiájú járműveket választanak. Az önvezető járművekkel kapcsolatos attitűdöket, használati szándékokat és a percepciókat egy kérdőív segítségével mértük fel. A kérdőív olyan dimenziókat tartalmaz, mint a hasznosság, könnyű használat, bizalom és társadalmi befolyás. A kutatás eredménye alapján elmondható, hogy a résztvevők nagy része már hallott az autonóm járművekről, viszont az önvezető kisbuszokról már kevesebben. A megkérdezettek összességében közepes szinten elfogadóak az autonóm technológiákkal szemben és leginkább a biztonsági, valami etikai problémáktól tartanak. A bizalom kiépítéséhez és a széleskörű elfogadottság eléréséhez további tájékoztatásra és a biztonsági kérdések hatékony kezelésére van szükség.

Kulcsszavak: Autonóm járművek, Önvezető minibuszok, Elfogadottság, Fogyasztói magatartás

Abstract

Generation Z is increasingly becoming a potential user of autonomous vehicles, which offer a promising opportunity for mobility. In particular, autonomous minibuses represent a new type of transport solution that could radically change urban transport. The present research aims to explore consumer acceptance of autonomous vehicles, in particular self-driving minibuses. The importance of the study lies in understanding the factors that influence consumers' decisions when choosing a new technology vehicle. Attitudes, intention to use and perceptions of self-driving vehicles were measured using a questionnaire. The questionnaire includes dimensions such as usefulness, ease of use, trust and social influence. The results of the survey show that most of the participants had heard of autonomous vehicles, but fewer had heard of self-driving minibuses. Overall, respondents are moderately accepting of autonomous technologies and are most concerned about safety and ethical issues. More information and effective management of safety issues are needed to build trust and widespread acceptance.

Keywords: Autonomous vehicles, Self-driving minibuses, Consumer behaviour, Acceptance

1. Bevezetés

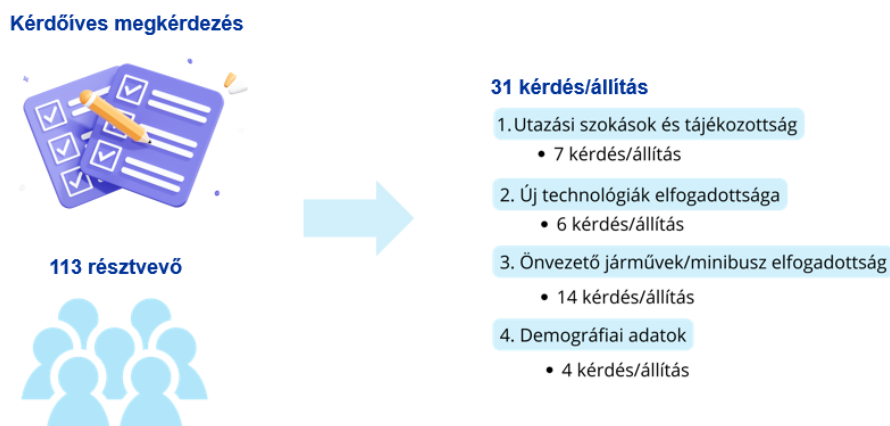
Napjainkban az autóval történő utazás a legelterjedtebb közlekedési mód univerzálisan. Ez azonban nem minden esetben biztonságos, drága és fárasztó is lehet a vezetők számára [1]. A globális autonóm piac mérete várhatóan 2021 és 2026 között folyamatosan növekedni fog. A piac mérete 2021-ben 24,1 milliárd dollár volt, amely várhatóan 2026-ban 61,87 milliárd dollárt is elfogja érni [2]. A járműiparban a technológiai újítások rohamos tempóban fejlődnek és a részben automatizált járművek már az utakon közlekednek [3]. A fejlett vezetéstámogató rendszerek (ADAS) olyan funkciókat foglalnak magukban, amelyek segítik a vezetőket különböző körülmények között [4].

Az autonóm járművek automatizációs szintjeit az SAE International határozta meg, amely hat különböző szintet különböztet meg [5]. Ezek a szintek az automatizáció fokozatos növekedését tükrözik, az emberi beavatkozás nélküli teljes önállóság felé haladva. A 0. szinten a járműben nincsenek automatizált vezetési funkciók, minden műveletet az emberi sofőr végez. Az ember felelős a jármű irányításáért, beleértve a kormányzást, a sebesség szabályozását, a fékezést és a navigációt. Az első szinten egyetlen automatizált funkció segíti a vezetőt, mint például az adaptív sebességtartó automatika (ACC), amely a jármű sebességét szabályozza egy előre beállított távolság megtartásával az előtte haladó járműhöz képest. Az emberi sofőrnek továbbra is irányítani kell a járművet, és folyamatosan figyelnie kell a környezetet. A második szinten már több vezetési funkció is automatizált, például az adaptív sebességtartó automatika és a sávtartó asszisztens együttesen működnek. A jármű képes az irányítást és a sebességszabályozást is elvégezni bizonyos körülmények között. Azonban az emberi sofőrnek folyamatosan felügyelnie kell a rendszert, és szükség esetén be kell avatkoznia. A harmadik szinten a szinten a jármű már képes önállóan közlekedni meghatározott körülmények között, például autópályán, de az emberi sofőrnek készen kell állnia arra, hogy átvegye az irányítást, ha a rendszer kéri. A jármű a negyedik szinten már majdnem teljesen önállóan képes közlekedni, anélkül, hogy az emberi beavatkozásra lenne szükség. A rendszer képes kezelni a legtöbb vezetési helyzetet és vészhelyzetet, de bizonyos speciális helyzetekben (pl. extrém időjárási körülmények) emberi segítségre lehet szükség. Az 5. szint a teljes automatizáció szintje, ahol a jármű minden vezetési feladatot önállóan lát el bármilyen környezetben és bármilyen körülmények között. Ezek a járművek már nem igényelnek emberi beavatkozást, és akár kormánykerék és pedálok nélküli járművek is lehetnek [6].

Az autonóm járművek technológiai elfogadási vizsgálata során gyakran alkalmaznak különböző modelleket, mint például a Technológiai Elfogadási Modell (TAM), a Tervezett Viselkedés Elmélete (TPB) és az Egységes Technológiai Elfogadási és Használati Elmélet (UTAUT). A TAM elsősorban arra fókuszál, hogy a felhasználók észlelt hasznossága és egyszerű használhatósága miként befolyásolja az elfogadási hajlandóságot [7]. A TPB kiterjeszti ezt az elméletet azzal, hogy figyelembe veszi a szociális normákat és az egyéni viselkedési kontrollt is, melyek hatással lehetnek az autonóm járművek elfogadására [8]. Az UTAUT modell az előző két elmélet erősségeit kombinálja, és további tényezőket is integrál, mint például a szociális befolyás és a várható teljesítmény, valamint a megkönnyítő feltételek, hogy még átfogóbb képet adjon az új technológiák elfogadási folyamatáról. Ezek a modellek külön-külön és kombináltan is használhatók a felhasználói magatartás mélyebb megértésére és az autonóm járművek széleskörű elterjedésének elősegítésére [9].

2. Módszertan

Az autonóm járművekkel kapcsolatos kutatás módszertana kérdőíves megkérdezésen alapult. A kutatás célja az volt, hogy felmérje a fogyasztók elfogadottságát és hozzáállását az autonóm járművekhez, különös tekintettel az autonóm shuttle-ökre, valamint a technológiai újítások és az önvezető járművek iránti általános nyitottságot. A kérdőív összesen 31 kérdést és állítást tartalmazott, melyet összesen 128 résztvevő töltött ki. A kérdések összesen négy fő kategóriába sorolhatóak, amelyek az első ábrán láthatóak.



1. ábra: Kutatási módszertan (Forrás: saját szerkesztés)

A kérdőívben alkalmazott skálákat Panagiotopoulos & Dimitrakopoulos [9] tanulmányából vettük, melyek magyar nyelvre lefordítva kerültek kiküldésre a google forms segítségével. A kérdőív által begyűjtött adatok az SPSS statisztikai elemző program segítségével kerültek kidolgozásra.

3. Eredmények

A kérdőív által gyűjtött adatok eredményeit leíró statisztika, illetve kereszttábla segítségével kerülnek szemléltetésre. A résztvevők demográfiai adatainak ismertetése után kitérünk a technológiával kapcsolatos attitűdökre, az autonóm járművekhez kapcsolódó attitűdökre, majd a tájékozottságra.

1. táblázat: Résztvevők demográfiai jellemzői (Forrás: saját szerkesztés)

<i>Demográfiai adatok</i>		
Nem	Férfi	51,33%
	Nő	48,67%
Iskolázottság	Általános iskola	0,00%
	Középfokú végzettség érettségi nélkül	4,70%
	Középfokú végzettség érettséggel	57,80%
	Felsőfokú végzettség	33,60%
	PhD	3,90%
Generáció	Baby Boomer (1946-1964)	2,30%
	X Generáció (1965-1981)	15,60%
	Y Generáció (1982-1995)	17,20%
	Z Generáció (1996-2017)	64,80%

Az első táblázatban a demográfiai adatok megoszlása látható. A nemek tekintetében nagyon hasonló volt az arány, mivel a kérdőívet 51,33% férfi és 48,67% nő töltötte ki. A kitöltők legnagyobb arányban a Z generációhoz tartoztak, amely okból 57,80%-uk középfokú végzettséggel és érettséggel rendelkezik. A kitöltők nagy arányban egyetemi hallgatók voltak.

2. táblázat: Technológiai elfogadottság leíró statisztika (Forrás: saját szerkesztés)

	<i>TE1</i>	<i>TE2</i>	<i>TE3</i>	<i>TE4</i>	<i>TE5</i>	<i>TE6</i>
Módusz	4,000	3,000	3,000	4,000	2,000	3,000
Medián	4,000	3,000	2,000	4,000	2,000	3,000
Átlag	3,735	2,646	2,460	3,912	2,611	3,442
Szórás	1,069	1,093	1,027	0,819	0,986	0,954

TE1: Fontosnak tartom, hogy lépést tartsak a technológia legújabb trendjeivel.

TE2: Az új technológiák miatt az emberek túl sok időt pazarolnak el.

TE3: Az új technológiák bonyolultabbá teszik az életet.

TE4: Az új technológia számos problémánkra megoldást fog nyújtani.

TE5: Gyakran vásárolok új technológiai termékeket, még akkor is, ha azok drágák.

TE6: A tudomány és a technológia egészségesebbé, könnyebbé és kényelmesebbé teszi az életünket.

A második táblázatban egy leíró statisztikai elemzés látható a technológiai elfogadottság dimenziójához vonatkozóan, melyben a módusz, medián, átlag és szórás statisztikai mutatók kerültek elemzésre. Az eredmények alapján a résztvevők nagyjából közepes mértékben elfogadóak. A résztvevők legmagasabb átlag értéket a TE4-es állításnak adtak 3.912-es értékkel, amely alapján úgy vélik a technológia számos problémára fog megoldást nyújtani. Ennél az állításnál a módusz és a medián értéke is 4-es volt. Továbbá a résztvevők 3,735-ös átlagértékkel egyet értettek azzal is, hogy fontosnak tartják, hogy lépést tartsanak a technológiával, ahol a szórás értéke 1.069, amely viszonylag magasnak mondható, ezáltal voltak eltérések a válaszok között.

3. táblázat: Önvezető járművek elfogadottsága (Forrás: saját szerkesztés)

	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>A5</i>	<i>A6</i>	<i>A7</i>	<i>A8</i>	<i>A9</i>	<i>A10</i>	<i>A11</i>	<i>A12</i>	<i>A13</i>	<i>A14</i>
Módusz	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	1
Medián	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3
Átlag	3,13	2,37	3,58	3,09	3,56	3,51	3,62	3,22	2,71	3,28	2,83	2,45	2,63	2,54
Szórás	1,25	1,05	1,14	1,19	1,16	0,97	1,06	1,27	1,25	1,23	1,27	1,23	1,04	1,30

A1: Hasznosnak tartanám az önvezető minibuszt a közlekedési igényeim kielégítéséhez.

A2: Ha önvezető minibusszal utaznék, nagyobb biztonságban érezném magam.

A3: Izgalmasnak találnám az utazást önvezető minibusszal.

A4: Önvezető járművek használatával csökkenne a balesetek száma.

A5: Könnyen megtanulnék kezelni egy autonóm járművet.

A6: Az autonóm járművekkel való interakciók világosak és érthetőek lennének számomra.

A7: Úgy gondolom ügyes lennék az autonóm járművek használatában

A8: Általában aggályaim vannak az önvezető járművek használatával kapcsolatban.

A9: Az önvezető járművek ijesztőek számomra.

A10: Aggályaim vannak az önvezető járművek biztonságával kapcsolatban.

A11: Aggályaim vannak az önvezető járművek rendszerbiztonságával és adatvédelmével kapcsolatban.

A12: Büszke lennék, ha az emberek látnák, hogy autonóm járművet használlok.

A13: Azok az emberek, akiknek a véleménye fontos számomra, szívesen utaznának autonóm járművel.

A14: Vásárolnék önvezető járművet vagy utaznék önvezető járművel, ha azok elérhetővé válnának a piacon

Az autonóm járművek és shuttle elfogadottságával kapcsolatos kérdőív eredményei vegyes képet mutatnak. A válaszadók általában hasznosnak tartják az önvezető minibuszokat közlekedési igényeik kielégítésére (A1) és izgalmasnak találják az utazást ilyen járművekkel (A3), amit a magasabb módusz és medián értékek is mutatnak. Az autonóm járművek használatával kapcsolatos ügyességükbe vetett bizalmuk is viszonylag magas (A7). Ugyanakkor az emberek általában aggályosnak találják az önvezető járművek biztonságát (A10) és rendszerbiztonságát, valamint adatvédelmét (A11), amit az alacsonyabb medián és átlag értékek is tükröznek. Az önvezető járművek ijesztőek is lehetnek számukra (A9). Összességében a technológiával kapcsolatos attitűdök vegyesek, de van némi nyitottság és érdeklődés az autonóm járművek iránt, bár jelentős aggodalmak is jelen vannak, különösen a biztonság és az adatvédelem terén.

4. táblázat: Önvezető járművekhez és minibuszokhoz kapcsolódó tájékozottság (Forrás: saját szerkesztés)

Hallott már az autonóm (önvezető) járművekről?	Hallott már az autonóm (önvezető) minibuszról?		
	Igen	Nem	Összesen
Igen	46	57	103
Nem	0	10	10
Összesen	46	67	113

A keresztábra az autonóm (önvezető) minibuszok és járművek ismeretéről nyújt információt. A táblázatból kiderül, hogy a 113 válaszadóból 103 személy hallott már az autonóm járművekről. Ezen belül 46 személy hallott az autonóm minibuszokról is, míg 57 személy nem hallott róluk. Továbbá, 10 válaszadó sem az autonóm járművekről, sem az autonóm minibuszokról nem hallott. A táblázat arra utal, hogy az autonóm járművek ismerete viszonylag elterjedt, azonban az autonóm minibuszok specifikus ismerete már kevésbé, mivel több mint fele azoknak, akik az autonóm járművekről hallottak, nem tudtak az autonóm minibuszokról. Az összesített adatok alapján a válaszadók többsége tisztában van az autonóm járművek létezésével, de a minibuszok speciális területén kevesebb az ismeret.

4. Összegzés

A technológiai attitűdökkel kapcsolatos eredmények általában pozitívak, jelezve, hogy a válaszadók többsége nyitott a technológiai fejlődésre és annak potenciális előnyeire. Ez a pozitív attitűd összhangban van az autonóm járművek elfogadottságával, ahol a válaszadók hasznosnak tartják az önvezető minibuszokat közlekedési igényeik kielégítésére, és izgalmasnak találják az utazást ilyen járművekkel. Azonban a biztonsági és adatvédelmi aggályok jelentős ellenállást mutatnak, ami a technológiai innovációk általános elfogadását is befolyásolja. Az ismeretek szintje szintén fontos tényező az autonóm járművek elfogadottságában. A válaszadók többsége hallott már az autonóm járművekről, de kevesebben ismerik az autonóm minibuszokat. Ez az ismerethiány hozzájárulhat az aggályokhoz és a bizalmatlansághoz, különösen a biztonsággal és adatvédelemmel kapcsolatban. Az ismeretek növelése és az autonóm járművek működésének és előnyeinek jobb megértése csökkentheti a félelmeket és növelheti az elfogadottságot. Az eredmények azt sugallják, hogy a technológiai attitűdök alapvetően pozitívak, ami jó alapot teremt az új technológiák, például az autonóm járművek bevezetéséhez. Ugyanakkor a sikeres bevezetéshez fontos a biztonsági és adatvédelmi kérdések megfelelő kezelése és kommunikálása. Az ismeretterjesztés és a technológia használatának gyakorlati bemutatása segíthet növelni a bizalmat és csökkenteni az aggályokat. Összefoglalva, az emberek nyitottak az új technológiákra és autonóm járművekre, de a bizalom kiépítéséhez és a széleskörű elfogadottság eléréséhez további tájékoztatásra és a biztonsági kérdések hatékony kezelésére van szükség.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] Alsgan, I., Gazder, U., Assi, K., Hakem, G. H., Sulail, M. A., & Alsuhaibani, O. A. (2022). The determinants of consumer acceptance of autonomous vehicles: A case study in Riyadh, Saudi Arabia. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 38(14), 1375-1387.
- [2.] Statista (2024). Size of the global autonomous car market in 2021, with a forecast through 2026. Elérhető online: <https://www.statista.com/statistics/428692/projected-size-of-global-autonomous-vehicle-market-by-vehicle-type/> (Letölve:2024.08.01).
- [3.] Horváth Zs. Cs., Buics, L., Földesi, P., and Eisinger, B. B. (2022). The Role of Hungarian Traffic Rules Education and Examination System – a Quality Function Deployment Approach. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(7), 7–26.
- [4.] Greenwood, P. M., Lenneman, J. K., & Baldwin, C. L. (2022). Advanced driver assistance systems (ADAS): Demographics, preferred sources of information, and accuracy of ADAS knowledge. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 86, 131-150.
- [5.] SAE International (2021). AE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience available online: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>
- [6.] Joubert, N., Reid, T. G., & Noble, F. (2020, October). Developments in modern GNSS and its impact on autonomous vehicle architectures. In *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 2029-2036). IEEE.
- [7.] Yang, C., Ye, X., Xie, J., Yan, X., Lu, L., Yang, Z., ... & Chen, J. (2020). Analyzing drivers' intention to accept parking app by structural equation model. *Journal of Advanced Transportation*, 2020(1), 3051283.

- [8.] Jing, P., Huang, H., Ran, B., Zhan, F., & Shi, Y. (2019). Exploring the factors affecting mode choice Intention of autonomous vehicle based on an extended theory of planned behavior—A case study in China. *Sustainability*, 11(4), 1155.
- [9.] Tian, Y., & Wang, X. (2022). A study on psychological determinants of users' autonomous vehicles adoption from anthropomorphism and UTAUT perspectives. *Frontiers in Psychology*, 13, 986800.
- [10.] Panagiotopoulos, I., & Dimitrakopoulos, G. (2018). An empirical investigation on consumers' intentions towards autonomous driving. *Transportation research part C: emerging technologies*, 95, 773-784.

Inverz perspektivikus leképezés pontatlanságainak vizsgálata

Examination of inverse perspective mapping inaccuracies

Markó Norbert^a

^aSzéchenyi István Egyetem – Járműipari Kutatóközpont, HUN-REN SZTAKI

marko.norbert@ga.sze.hu

Absztrakt

Az inverz perspektivikus leképezés (IPM) egy kulcsfontosságú módszer a kameraalapú környezetérzékelés területén, mivel a segítségével képesek vagyunk bizonyos korlátok között a kamera által rögzített perspektivikus nézet útfelülethez tartozó képpontok távolságának meghatározásában. Ehhez a módszerhez nem szükséges távolságmérésre alkalmas szenzor, a számítás a képalkotás matematikai leírását hívja segítségül. Az egyszerűsége mellett a módszer rendelkezik több gyengeséggel is, többek közt a pontatlansága. Ez a pontatlanság azonban a megfelelő technikákkal orvosolható. Annak érdekében, hogy a korrekció megtörténhessen, jelen cikkben megvizsgálom az autonóm rendszerünkbe integrált IPM pontatlanságát.

Kulcsszavak: inverz perspektivikus leképezés, deprojekció, kamera, szenergy

Abstract

Inverse Perspective Mapping (IPM) is a key technique in the field of camera-based environment sensing, as it allows us to determine the distance of pixels to the road surface of a perspective view captured by a camera, within certain constraints. This method does not require a distance-measuring sensor; the computation relies on a mathematical description of the imaging process. Besides its simplicity, the method has several weaknesses, including inaccuracy. However, this inaccuracy can be remedied with the right techniques. In order to make the correction, in this paper I will investigate the inaccuracy of the IPM integrated in our autonomous system.

Keywords: inverse perspective mapping, deprojection, camera, szenergy

1. Bevezetés

Az Inverz Perspektív Térképezés (Inverse Perspective Mapping, IPM) egy alapvető technika a kamerára épülő autonóm vezetési rendszerekben, amely a kamera által rögzített perspektív képet madártávlati nézetté alakítja át, és gyakran együtt alkalmazzák deprojekcióval. Ez az átalakítás elengedhetetlen a pontos környezeti észlelés, útvonaltervezés, akadályfelismerés és navigáció szempontjából. Azonban, annak ellenére, hogy az IPM kritikus szerepet játszik, jelentős kihívásokkal szembesül, beleértve az út különböző dőlésszögei és a kamera belső tulajdonságai által okozott torzulásokat és pontatlanságokat [7]. Ezek a kihívások akadályozhatják az autonóm vezetési rendszerek megbízhatóságát és hatékonyságát, amelyek ezt a technikát alkalmazzák.

Kutatásunk a túlyuk kameramodelle alapján működő IPM módszertanra [1] és annak inherens pontatlanságaira összpontosít, amelyeket kezelni kell a valós alkalmazási területeken való optimalizálás érdekében. Ezek a pontatlanságok gyakran az útfelületek dinamikus jellegéből és a kamera paramétereinek összetett kölcsönhatásából erednek. Következésképpen sürgető szükség van olyan korrekciós technikákra, amelyek képesek csökkenteni ezeket a hibákat és javítani az IPM kimeneteinek pontosságát. Az IPM és deprojeciós algoritmusokat több munkában is alkalmazzák [3,4,6], de ritkán tárgyalják önmagukban, és tudomásunk szerint nincs korábbi munka az autonóm feladatokhoz kapcsolódó deprojeciós hibák elemzéséről.

Ebben a tanulmányban különféle korrekciós lehetőségeket kívánunk feltárni az IPM pontosságának javítása érdekében. Ezen kívül olyan alternatív megközelítéseket is vizsgálunk, amelyek benchmarkként szolgálhatnak vagy akár a hagyományos IPM helyettesítői is lehetnek. Ezek közé tartozik a sztereó látás és a mélytanuláson alapuló monokuláris mélységbecslési módszerek. A sztereó látás a két kamera nézete közötti eltérést használja fel a mélység kikövetkeztetéséhez, amely robusztusabb 3D-s környezetmegértést biztosít. Másrészt, a mélytanuláson alapuló monokuláris mélységbecslés neurális hálózatokat alkalmaz, hogy egyetlen képből becsülje meg a mélységet, és ígéretes megoldást kínál, amely egyensúlyban tartja a pontosságot és a számítási hatékonyságot.

Az IPM korrekciós technikáinak fejlesztésére és a potenciális alternatívák értékelésére fókuszálva, kutatásunk célja egy olyan útiterv szolgáltatása, amely számítási szempontból hatékonyabb megoldást nyújt a távolság becslésére.

2. A vizsgálat elméleti háttere

Amint korábban említettük, az Inverz Perspektív Térképezés (IPM) a kamera által rögzített perspektív képet madártávlati nézetűvé alakítja át. A pontos 3D-s megértés érdekében az IPM kombinálható deprojekciós technikákkal, amelyek a 2D képpontokat pontos 3D koordinátáikká alakítják. A deprojekció az a rész, ahol a kihívást jelentő számítás történik, ezért erre a részre kell összpontosítanunk. A 3D koordináták 2D homogén koordinátákká történő átalakítását matematikailag az alábbi egyenlet írja le:

$$\lambda \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = K \begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{pmatrix}$$

ahol λ a méretezési tényező, és K a kamera belső paramétereit leíró mátrix, $(u \ v \ 1)^T$ homogén koordináták, és $(X_c \ Y_c \ Z_c)^T$ a 3D pontok a kamera koordináta rendszerében. Az egyenlet által leírt folyamatot általában vetítésnek nevezik [5,7]. A kamera belső mátrixának inverzét vehetjük, hogy kiszámítsuk a 3D koordinátákat a 2D pontokból.

$$\begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{pmatrix} = \lambda K^{-1} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}$$

A probléma csak az, hogy a mélységinformáció elveszik a vetítési folyamat során. Konkrétan, amikor egy 3D pontot egy 2D kép síkjára vetítünk, annak mélysége (Z_c) nem közvetlenül megfigyelhető csak a képből. Ez az információvesztés megnehezíti az eredeti 3D koordináták pontos rekonstrukcióját. Ennek kezelésére további korlátozásokra vagy információkra, például több nézetre vagy a jelenet geometriai feltételezéseire van szükség, hogy vissza lehessen nyerni a mélységet, és így teljes mértékben meghatározhassuk a 3D koordinátákat. Az alábbi feltételezésekre építünk. Az útfelület sík (nincsenek emelkedések vagy mélyedések), ismerjük a kamera helyzetét és orientációját az útfelülethez képest, azaz a transzformációs $[R \ t]$ mátrixot, és a túlyuk kamera modellt választjuk a kamera matematikai modelljének. A 2D pontok deprojekciójának kiszámításához (2)-t vesszük, és minden pixelt fényképként kezelünk, amelyet matematikailag egy egyenes ír le.

$$r(\lambda) = \lambda K^{-1} \begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix}, \lambda \in R_{>0}$$

A kérdés az, hogy melyik λ méretezési tényező adja vissza a helyes 3D pontokat. Ebben az esetben a pontot számítjuk ki, amely metszi az útfelületet.

A gondosan végrehajtott algoritmus implementálása és a kamera helyzetének és orientációjának precíz kalibrálása után kísérleteket terveztünk és végeztünk, hogy kiértékeljük a javasolt módszer pontosságát. A kísérletek célja a deprojekciós algoritmus pontatlanságának mérése volt. A valódi távolságot mértük közvetlenül a kamera alatti talajtól a kiválasztott, forgalmkúpokkal és jelzőszalagokkal megjelölt távolságokig. Az első kísérletben a szalagok egymástól egy méterre, a forgalmkúpok pedig öt méterre voltak elhelyezve. Az 1. ábrán a járműhöz legközelebb eső kezdő szalag három méterre volt, az első kúp öt méterre, majd a többi jelölés a fent meghatározott szabály szerint következett. Ez a kísérlet csak a kamera képének közepén lévő pontatlanságokat mérte, 2,1 mm-es lencse fókusztávolsággal.



1. ábra: Első kísérlet 2,1 mm-es objektív gyújtótávolsággal (1080p felbontás). (Forrás: saját szerkesztés)

A kép szélei mentén jelentkező hiba méréséhez egy másik kísérletet végeztünk, másik, 4 mm-es fókusz távolsággal. Ez a változtatás azt eredményezte, hogy a 2. ábrán a kúpok közelebbinek tűnnek, miközben azonos távolságra vannak egymástól, kezdve az öt métertől, mint az 1. ábrán. Amikor a fókusz távolság hosszabb, a látómező szűkebb, és ugyanaz az objektum közelebbinek tűnik. Annak érdekében, hogy a második kísérlet összehasonlítható legyen az elsővel, itt is mértük a kép közepét, valamint a széleit.



2. ábra: Második kísérlet 4 mm-es objektív fókusz távolsággal, ahol a kép széle is mérésre került (2K felbontás).
(Forrás: saját szerkesztés)

3. Eredmények

A kvantitatív eredmények az 1. és 2. táblázatban láthatók az első és a második kísérlet esetében. Ha összehasonlítjuk az első kísérletet a másodikkal, látható, hogy az 5 méteres távolság középső értékei közel vannak egymáshoz, de 10 méternél már eltérőek. Ez magyarázható a különböző kameraobjektívekkel és azok különböző mértékű hibájával a kép egy bizonyos részén. Az értékek azt is mutatják, hogy a széleken mért értékek (jobb oldali értékek) távolabb vannak a középső értékektől ugyanazon a képen. Ez azt jelenti, hogy extra figyelmet kell fordítani a kép széleire még a korrekció után is.

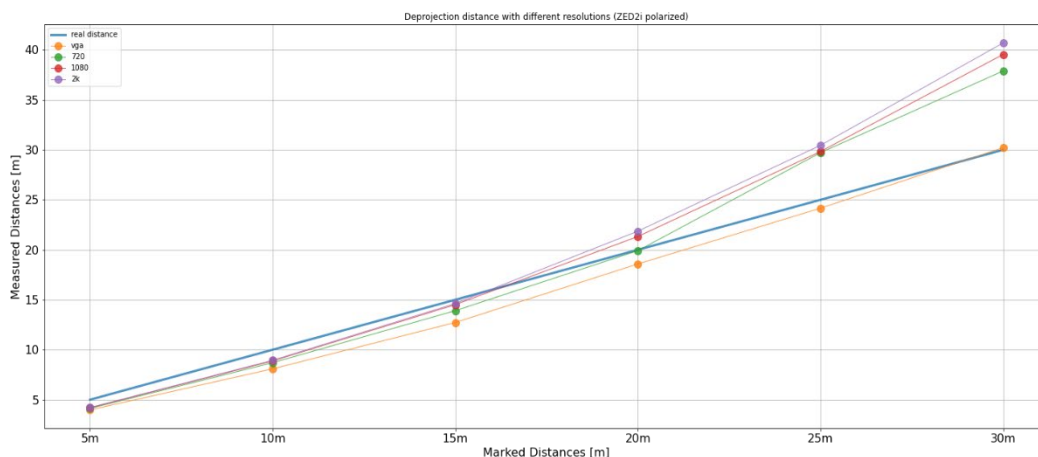
1. táblázat: Az első kísérlet kvantitatív eredményei (2.1 mm). (Forrás: saját szerkesztés)

<i>Távolságok</i>	<i>Középső értékek</i>
3 méter	2.46
4 méter	3.27
5 méter	4.20
10 méter	9.33
30 méter	50.72

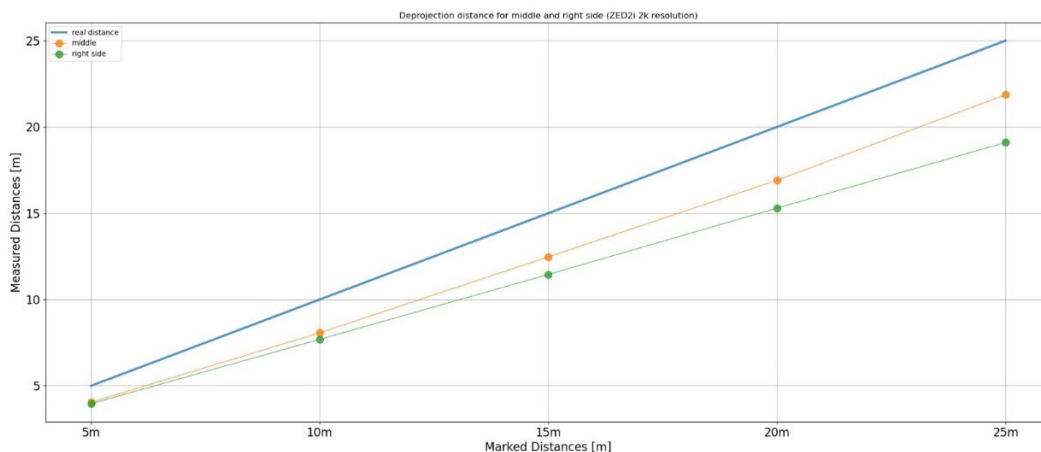
2. táblázat: A második kísérlet kvantitatív eredményei (4 mm). (Forrás: saját szerkesztés)

<i>Távolságok</i>	<i>Középső értékek</i>	<i>Jobboldali értékek</i>
5 méter	4.04	3.96
10 méter	8.06	7.69
15 méter	12.47	11.45
20 méter	16.91	15.29
25 méter	21.86	19.10

Az eredmények az 3. és 4. ábrán is láthatók. Ezek a grafikonok azt mutatják, hogy ahogy növekszik a távolság, a hiba is nagyobb lesz, de az első 20 méteren belül viszonylag állandó marad. A 3. ábra bemutatja többféle kamera felbontás eredményeit, beleértve a VGA, 720p, 1080p és 2K felbontásokat. A kép széleivel kapcsolatos kísérletek csak 2K felbontással mutatnak eredményeket.



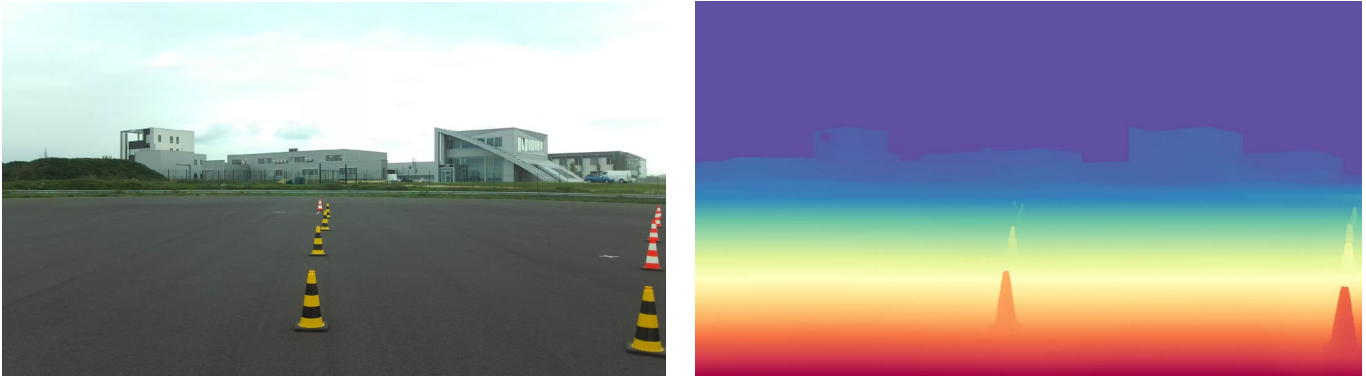
3. ábra: Az első kísérlet mennyiségi eredményeinek ábrázolása (2,1 mm). (Forrás: saját szerkesztés)



4. ábra: A második kísérlet mennyiségi eredményeinek ábrázolása (4 mm). (Forrás: saját szerkesztés)

4. Összegzés

A munkánk során bemutattuk, hogy a deprojekciós algoritmusnak enyhe, inherens hibája van, még akkor is, ha feltételezünk egy sík felületet, de ennek ellenére jó távolságbecslést nyújthat. Bár a kamera képeit korrigáljuk a lencsetorzítások figyelembevételével, még mindig van egy olyan szintű hiba, amit nem tudunk kijavítani a kamera belső modelljének beállításával. Ahogy egyre távolabb kerülünk a képen, egy pixelnyi eltérés sokkal nagyobb különbséget jelent, mint a közel lévő tartományokat ábrázoló pixelek esetében. Ezt a hibát javítani kell, hogy az algoritmus pontosabb és alkalmazkodóképesebb legyen. Egy lehetséges megoldás az lenne, ha az eredményeket összehasonlítanánk néhány csúcstechnológias alternatívával, mint például a beépített AI sztereó kamera algoritmusokkal vagy mélytanuláson alapuló mélységbecslési algoritmusokkal. Ezekhez az összehasonlításokhoz méréseket kell végeznünk olyan kamerákkal, amelyek sztereó becslést végeznek a meglévő beállítás mellett.



5. ábra: A Depth Anything V2 [2] algoritmus, amely a méréseinkhez használt kép relatív mélységét mutatja.
(Forrás: saját szerkesztés)

Jelenleg néhány nemrégiben megjelent mélységbecslési algoritmussal is kísérletezünk (5. ábra), bár ezek kalibrációt igényelnek, hogy a relatív távolságokból abszolút távolságokat kapjunk [2]. A jövőben szeretnénk ezeket a problémákat több méréssel és az adaptív függvények illesztésével orvosolni, hogy a hibát figyelembe vegyük, így a deprojekciós algoritmust pontosabbá tegyük. Egy másik tervünk, hogy összehasonlítjuk ezt a korrekciót a mélységbecslési algoritmusokkal és a beépített sztereó kamera képek eredményeivel.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] R. Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications; 2nd edition.; Springer Nature: Cham, 2022; ISBN 978-3-030-34371-2.
- [2.] L. Yang, B. Kang, Z. Huang, Z. Zhao, X. Xu, J. Feng, H. Zhao: Depth Anything V2. arXiv:2406.09414 2024.
- [3.] Y.D. Salman, K.R. Ku-Mahamud, E. Kamioka: Distance Measurement for Self-Driving Cars Using Stereo Camera.; 2017.

- [4.] X. Mu, H. Ye, D. Zhu, T. Chen, T. Qin: Inverse Perspective Mapping-Based Neural Occupancy Grid Map for Visual Parking. 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 2023, 8400–8406.
- [5.] R. Hartley, A. Zisserman: Multiple View Geometry in Computer Vision; 2nd ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, 2003; ISBN 978-0-521-54051-3.
- [6.] A. Dhall, D. Dai, L. V. Gool: Real-Time 3D Traffic Cone Detection for Autonomous Driving. 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2019, 494–501.
- [7.] M. Theers, MankaranSingh: Algorithms for Automated Driving: Zenodo Doi Release 2023.

Az ESG jelentéstétel fejlődése a közép-kelet-európai régióban - szisztematikus szakirodalmi áttekintés

ESG Reporting Advances in the CEE Region - Systematic Literature Review

Molnár Péter^a, Limbach Zétény^b, Suta Alex^c

^aSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont

molnar.peter@ga.sze.hu

^bSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont

limbach.zeteny@ga.sze.hu

^cSzéchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont

suta.alex@ga.sze.hu

Absztrakt

A tanulmány célja az ESG (Environmental, Social, Governance) jelentések elemzési módszereinek és gyakorlatainak vizsgálata a Közép-kelet-európai (KKE) régió legnagyobb vállalatai körében. A kutatás három fő kérdésre összpontosított: (1) befolyásolták-e korábbi nagy hatású eredmények a régió ESG-jelentéseinek elemzését, (2) milyen módszereket alkalmaztak a jelentések vizsgálatakor, és jellemző volt-e a kapcsolatelemzés, valamint (3) mely kulcsfontosságú teljesítménymutatókat használták, és mennyire volt elterjedt az ESG-szabványok vagy homogén mutatók alkalmazása. Az eredmények alapján a régió jelentési gyakorlatait nagymértékben befolyásolták a különböző számviteli standardok (IFRS, US-GAAP) közötti eltérések. Az elemzési módszerek közül az összehasonlító, tartalmi és empirikus elemzések domináltak, míg a kapcsolatelemzések kisebb szerepet játszottak. A leggyakrabban használt teljesítménymutatók az emisszióra, az erőforrás-felhasználásra és más fenntarthatósági adatokra koncentráltak, amelyeket az ESG-szabványok és homogén mutatók alkalmazásával értékelték. A kutatás hozzájárul a régió ESG-jelentési gyakorlatainak mélyebb megértéséhez, különös tekintettel a szabványosított mutatók jelentőségére a jelentések konzisztenciájának és összehasonlíthatóságának biztosításában.

Kulcsszavak: ESG, fenntarthatósági jelentés, Kelet-Közép-Európa, szakirodalmi áttekintés

Abstract

The aim of this study is to examine the methods and practices of analyzing ESG (Environmental, Social, Governance) reports among the largest companies in the Central and Eastern European (CEE) region. The research focused on three key questions: (1) whether previous high-impact findings influenced the analysis of ESG reports in the region, (2) which methods were applied during the examination of the reports, and whether relational analysis was prevalent, and (3) which key performance indicators were employed, and to what extent the use of ESG standards or homogeneous indicators was widespread. The findings indicate that the reporting practices in the region were significantly influenced by differences between various accounting standards (IFRS, US-GAAP). Among the analytical methods, comparative, content, and empirical analyses predominated, while relational analyses played a lesser role. The most frequently used performance indicators were centered on emissions, resource utilization, and other sustainability data, which were assessed using ESG standards and homogeneous indicators. This research contributes to a deeper understanding of ESG reporting practices in the region, with particular emphasis on the importance of standardized indicators in ensuring consistency and comparability in reporting.

Keywords: *ESG, sustainability reporting, Central- Eastern Europe, systematic literature review*

1. Bevezetés

Az ESG jelentéstétel egyre gyorsabban terjed és növekvő népszerűségnek örvend a vállalatok körében. Az Európai Unióban a jelentéstételi kötelezettség elsősorban a nagy, tőzsdén jegyzett cégekre vonatkozik (CSRD), és az előírások köre folyamatosan bővül.

A vállalatok számára kötelezővé vált, hogy szabványos adatgyűjtési folyamatokat vezessenek be. Azonban a közzétett adatok összehasonlítása gyakran nehéz, és sok esetben nincs megfelelő szabályozás (például az értékelési módszerek terén). A végfelhasználók, mint a külső érintettek, számára rendelkezésre álló lehetőségek korlátozottak. Továbbá, regionális különbségek is megfigyelhetők a jelentéstételi gyakorlatban (például eltérések tapasztalhatók azok között a régiók között, amelyek különböző számviteli standardokat alkalmaznak, mint az IFRS vagy az US-GAAP).

Kutatásunk célja, hogy megvizsgáljuk a korábbi tanulmányokat a saját régiókban, Közép- és Kelet-Európában (CEE). Három kutatási kérdés került megfogalmazásra, melyek a következők. Voltak-e olyan korábbi, nagy hatású eredmények, amelyek jelentősen befolyásolták a régió legnagyobb vállalatainak ESG-jelentéseinek elemzését? Milyen módszertanokat alkalmaztak – jellemző volt-e a specifikus kapcsolatelemzés (pl. kvantitatív elemzés)? Mely kulcsfontosságú teljesítménymutatókat vizsgáltak – jellemző volt-e az ESG standardok vagy homogén (vállalatok között összehasonlítható) mutatók használata?

2. Módszertan

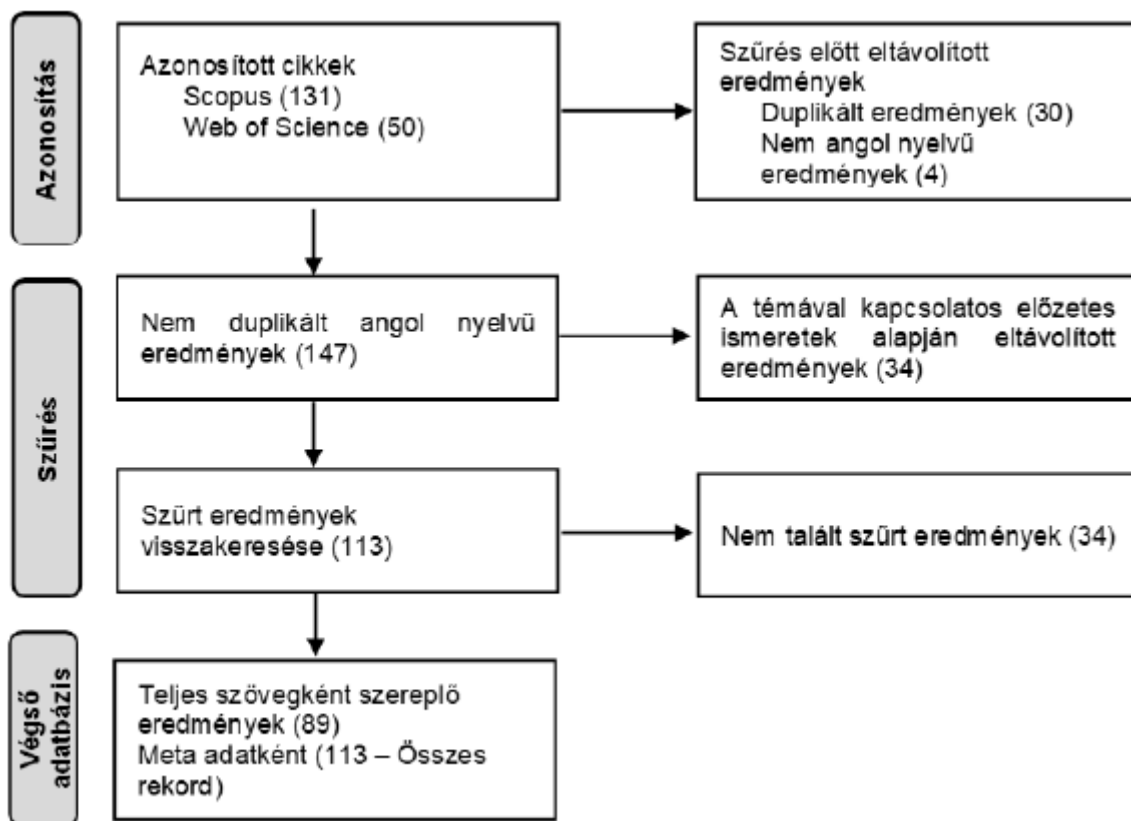
A kutatás egy előre meghatározott, rendszerezett megközelítést követett, amely több lépésből állt. Elsőként megtörtént az adatgyűjtés, majd az összegyűjtött adatok rendezése és szűrése.

A kutatás során használt adatforrások a Scopus és a Web of Science adatbázisai voltak. A keresés a következő kulcsszavak használatával történt: *(esg OR sustainab* OR "non-financial" OR csr) AND report* AND (indicator OR metric OR score OR disclosure) AND (company OR corporat* OR industr*) AND (CEE OR "Central Europe" OR "Eastern Europe" OR "Central-Eastern-Europe" OR austri* OR hungar* OR poland OR polish OR czech OR romania*)*.

A kezdeti 131 találatból kiindulva, az adatgyűjtés során a következő szempontok alapján történt meg. Az adatokat az 5 teljes évet felölelő 2019-2024 közötti időszakra korlátoztuk, és kizárólag azokat a tanulmányokat vettük figyelembe, amelyek szorosan kapcsolódtak kutatási

kérdéseinkhez. Az olyan cikkeket, amelyek tartalmaztak ugyan kulcsszavakat, de nem kapcsolódtak közvetlenül a kutatásunkhoz, kizártuk. Emellett kizárólag a Közép-kelet-európai (CEE) régióra összpontosítottunk. A végső minta 89 bejegyzést tartalmazott. A kutatás során használt szoftverek a Zotero, VOSviewer, valamint a Wordstat.

Ezt követően az adatok ellenőrzésére került sor korábbi, manuálisan elvégzett szakirodalmi áttekintések alapján. Az adatbázis létrehozásakor különös figyelmet fordítottunk a duplikációk eltávolítására, amelyhez a Zotero hivatkozáskezelő szoftvert (verzió 6.0.36) használtuk. Az adatbázist ezt követően kibővítettük, beleértve a DOI és címek rögzítését szintén a Zotero platformon. Az SLR adatbázisát MS Excelben hoztuk létre, amely több mint 4000 adatmezőt tartalmazott; azonban más szoftverek, mint például az ACL, szintén alkalmasak erre a célra. Az adatbázis szűrése és kiegészítése után következett a rendszerezett elemzés, osztályozás és az eredmények jelentése.



1. ábra: Szakirodalmi adatbázis létrehozásának lépései a PRISMA Framework [1] alapján

3. Eredmények: Publikációk kategorizálása és fő tartalma

A táblázatok a publikációk típus szerinti megoszlását és a leggyakrabban használt folyóiratokat mutatják be. Az első táblázatban a publikációk típusok szerint vannak csoportosítva, ahol a legtöbb megjelenés a folyóiratcikkekhez (90), ezt követően a konferenciatickekhez (18) és a könyvrészletekhez (5) köthető. Összesen 113 publikációt tartalmaz.

A második táblázat a különböző folyóiratokban megjelent publikációk számát mutatja be, kiemelve, hogy egyes folyóiratokban több publikáció is megjelent, másokban pedig kevesebb. Ez a táblázat a tudományos kiterjedtség sokszínűségére világít rá.

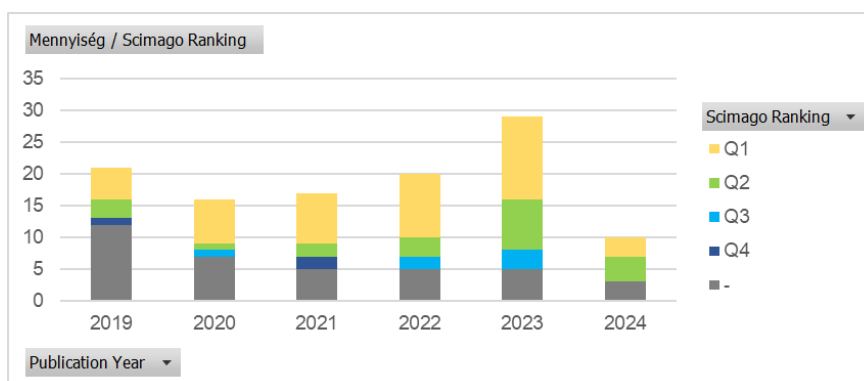
1. táblázat: Publikációk típusai (Forrás: saját szerkesztés)

Típus	#
Könyv részlet	5
Konferencia cikk	18
Folyóirat cikk	90
Összes	113

2. táblázat: Gyakori folyóiratok (Forrás: saját szerkesztés)

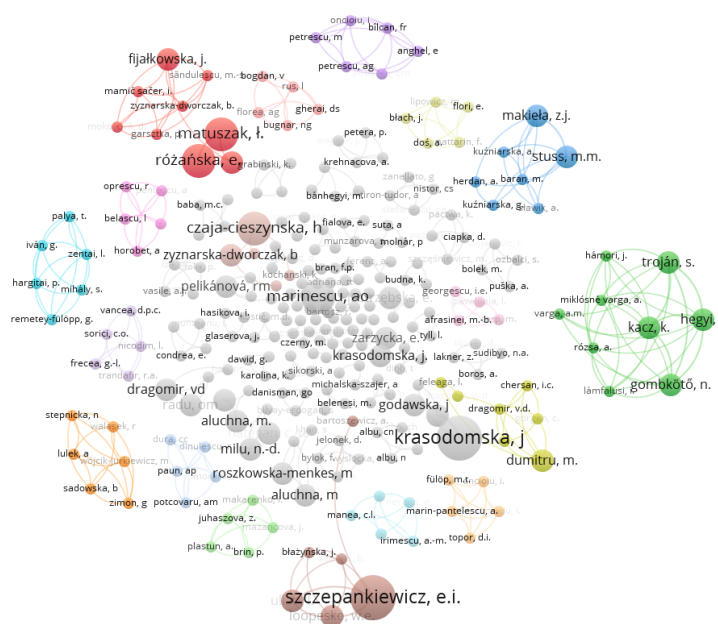
Folyóirat cím	#
Sustainability (Switzerland)	20
Energies	10
Accounting in Europe	4
Zeszyty Teoretyczne Rachunkowosci	3
Meditari Accountancy Research	2
Amfiteatru Economic	2
Journal of Applied Accounting Research	2
Chemical Engineering Transactions	2
Economics and Environment	2
EKONOMIA I PRAWO-ECONOMICS AND LAW	2
Összesen	90

A 2. ábra a releváns cikkek éves eloszlását mutatja be a Scopus kvartilis rangsorolása szerint.



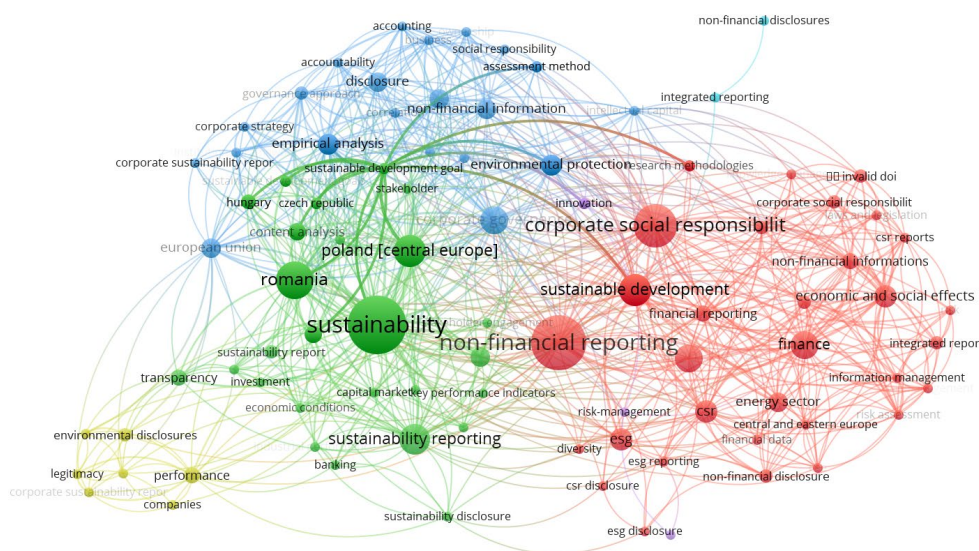
2. ábra: A források megoszlása a közzététel éve (2019-2024) és a legjobb Scopus-kvartilis rangsor (2024) szerint. (Forrás: saját szerkesztés)

Az 3. ábra egy szerzői és társszerzői hálózatot mutat be, amely több fontos megfigyelést tesz lehetővé. Az ábrán jól láthatóak a fő szerzői és társszerzői csoportok, amelyek közül az egyik legfontosabb az A csoport, amelynek tagjai Matuszak, K., Rózańska, E. és Fijalkowska, J. A következő jelentős csoport a B csoport, ahol Trojan, S., Hegyi, J., Gombkötő, N. és Kacz, K. alkotnak egy kutatói együttműködési hálózatot. Az C csoportban Bilcan, Fr., Petrescu, Ag. és Anghel, E. szerepelnek. Végül, a D csoport tagjai Szczepankiewicz, E.I. és Loopaska, W. Az ábra egyértelműen ábrázolja a szerzők közötti együttműködéseket és a kutatási közösségen belüli csoportosulásokat, ezáltal fontos rálátást nyújtva a hálózati kapcsolatok struktúrájára.



3. ábra: Szerzői és társszerzői hálózatok (Forrás: saját szerkesztés)

A 4. Ábra az elemzett szakirodalom témakörök szerinti besorolásának hálózatát mutatja be. Az ábra alapján a szakirodalom főbb tematikai csoportjai a következők: Fenntarthatóság, amely a környezeti és társadalmi fenntarthatóság különböző aspektusait öleli fel; Nem-pénzügyi jelentéstétel, amely a vállalatok pénzügyeken túli teljesítményének átláthatóságát vizsgálja; Vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR), amely a cégek társadalmi és etikai kötelezettségeivel foglalkozik; Fenntartható fejlődés, amely a fenntartható gazdasági és társadalmi növekedés iránti elkötelezettséget jelzi; végül Pénzügy, amely a fenntarthatósági és társadalmi felelősségi elvek pénzügyi vonatkozásait és hatásait elemzi. Az ábra segít áttekinteni a vizsgált szakirodalom témaköreinek struktúráját és összefüggéseit.



4. ábra: Téma szerinti csoportosítás (Forrás: saját szerkesztés)

A publikációkat tartalmi elemzésnek vetettük alá. Megvizsgáltuk többek közt a módszertanuk során felhasznált adatgyűjtési, mintavételi, valamint elemzési szempontokat. A kutatások tématerületüket tekintve széles körben tárgyaltak fenntarthatósági szempontokat. Ezekből a kutatási kérdéseknek megfelelően a következő megfigyeléseket tettük. A CSRD-t leváltó ESRS közelmúltban történet bevezetése miatt, az utóbbi szabályozásra vonatkozóan korlátozott a rendelkezésre álló szakirodalom

A Közép-Kelet Európai régió eltérő jellemzőkkel bír a fenntarthatóság jelentéstétel terén, a Nyugat-Európai országokhoz képest, ami több okra vezethető vissza, például az Európai Unióba való későbbi csatlakozásra, és a rendelkezésre álló pénzügyi források különbségére. Ezt alátámasztja Dawid et. al. (2019) és Michalska-Szajer et.al. (2021) tanulmánya [2;3]. Mindkét

kutatás lengyel szervezetek CSR jelentését hasonlítja Nyugat- Európai országokban működő szervezetekével.

Az ESG jelentések elemzéséhez különféle módszereket használtak, mint például tartalomelemzés, ESG nyilvánosságra hozatali indexek és regressziós modellek alkalmazása [4;5]. További elemzési módszerek közé tartozott a Pearson korreláció [6] és a többdimenziós megközelítések, amelyek az ESG jelentések minőségét és hatékonyságát vizsgálták [7;8].

A kutatások kimutatták, hogy a pénzügyi és fenntarthatósági teljesítmény pozitívan kapcsolódik egymáshoz, például a bukaresti tőzsdén jegyzett vállalatok esetében [9]. Az EU szabályozások és standardok szintén nagy hatással voltak a fenntarthatósági jelentéstételre [10], míg az ESG stratégiák és pénzügyi teljesítmény közötti pozitív kapcsolatot más tanulmányok is megerősítették [11]. Ezek az elemzések segítenek megérteni az új ESRS szabályozás hatékonyságát és hatását.

4. Összegzés

A kutatás célja az volt, hogy feltárja az ESG-jelentések elemzésének gyakorlatát a Közép-kelet-európai (KKE) régió legnagyobb vállalatainak körében, és megválaszolja a kutatási kérdéseket, amelyek az ESG-jelentésekben fellelhető trendek és módszerek megértésére irányultak.

RQ 1: Voltak-e korábbi, nagy hatású eredmények, amelyek jelentősen befolyásolták a régió legnagyobb vállalatainak ESG-jelentéseinek elemzését?

A kutatás egyértelműen kimutatta, hogy a régió ESG-jelentési gyakorlatát nagyban befolyásolták a korábbi jelentős eredmények, különösen a különböző számviteli standardok (IFRS vagy US-GAAP) alkalmazásával kapcsolatos eltérések. Az ezekből fakadó különbségek meghatározó tényezőként hatottak a vállalatok jelentési gyakorlataira, és befolyásolták a jelentések elemzésének keretrendszerét is.

RQ 2: Milyen módszertanokat alkalmaztak – jellemző volt-e a kapcsolat elemzés (pl. kvantitatív elemzés)?

A kutatás során alkalmazott módszertanok közül az összehasonlító elemzések, a tartalomelemzések és az empirikus vizsgálatok domináltak, amelyek a vállalati gyakorlatokat

és standardokat vizsgálták. Bár a kapcsolatelemzések (kvantitatív elemzések) kisebb arányban fordultak elő, ezek is hozzájárultak az ESG-jelentési gyakorlatok mélyebb megértéséhez.

RQ 3: Mely kulcsfontosságú teljesítménymutatókat vizsgálták – jellemző volt-e az ESG standardok vagy homogén (vállalatok között összehasonlítható) mutatók használata?

Az ESG-jelentések elemzésében meghatározó szerepet játszottak a standard ESG-mutatók, mint például az emisszió, az erőforrás-felhasználás (energia, víz stb.) és egyéb fenntarthatósági adatok. Az ESG-szabványok és a homogén mutatók alkalmazása biztosította a jelentések konzisztenciáját és összehasonlíthatóságát a vállalatok között.

Összességében a kutatás értékes betekintést nyújtott a KKE régióban alkalmazott ESG-jelentési gyakorlatokba, és kiemelte a szabványosított mutatók fontosságát a jelentések egységességének és összehasonlíthatóságának biztosításában. Az alkalmazott szisztematikus megközelítés és átfogó módszertan biztosította az eredmények megbízhatóságát, különösen a régióban megfigyelhető számviteli standardok közötti különbségek által jelentett kihívások fényében. Az ESG-szabványok és homogén indikátorok használata tovább erősítette az elemzés eredményeit, jelentős hozzájárulást nyújtva a fenntarthatósági jelentések területéhez.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] M. J. Page és mtsai., „PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews”, *bmj*, köt. 372, 2021.
- [2.] G. Dawid, K. Magdalena, és K. Karolina, „CSR practices in Polish and Spanish stock listed companies: A comparative analysis”, *Sustain. Switz.*, köt. 11, sz. 4, 2019, doi: 10.3390/su11041054.

- [3.] A. Michalska-Szajer, H. Klimek, és J. Dabrowski, „A comparative analysis of CSR disclosure of Polish and selected foreign seaports”, *CASE Stud. Transp. POLICY*, köt. 9, sz. 3, o. 1112–1121, szept. 2021, doi: 10.1016/j.cstp.2021.05.012.
- [4.] G. Lamanda és Z. Voneki, „Is ESG disclosure associated with bank performance? Evidence from the Visegrad Four countries”, *Manag. Environ. Qual.*, köt. 35, sz. 1, o. 201–219, 0 2024, doi: 10.1108/MEQ-02-2023-0064.
- [5.] I. Balogh, M. Srivastava, és L. Tyll, „Towards comprehensive corporate sustainability reporting: an empirical study of factors influencing ESG disclosures of large Czech companies”, *Soc. Bus. Rev.*, köt. 17, sz. 4, o. 541–573, 2022, doi: 10.1108/SBR-07-2021-0114.
- [6.] D. VasIU, „Analysis of the Links Between ESG Performance and Liquidity Rates for the Companies Listed on the Emerging Markets in the European Union”, *Stud. Bus. Econ.*, köt. 18, sz. 3, o. 322–337, 0 2023, doi: 10.2478/sbe-2023-0061.
- [7.] D. Tózsér, Z. Lakner, N. A. Sudibyó, és A. Boros, „Disclosure Compliance with Different ESG Reporting Guidelines: The Sustainability Ranking of Selected European and Hungarian Banks in the Socio-Economic Crisis Period”, *Adm. Sci.*, köt. 14, sz. 3, 2024, doi: 10.3390/admsci14030058.
- [8.] M. Aluchna, M. Roszkowska-Menkes, és B. Kamiński, „From talk to action: the effects of the non-financial reporting directive on ESG performance”, *Meditari Account. Res.*, köt. 31, sz. 7, o. 1–25, 2022, doi: 10.1108/MEDAR-12-2021-1530.
- [9.] V. Bogdan, L. Rus, D. Gherai, A. Florea, és N. Bugnar, „A Streamline Sustainable Business Performance Reporting Model by an Integrated FinESG Approach”, *SUSTAINABILITY*, köt. 15, sz. 24, dec. 2023, doi: 10.3390/su152416860.
- [10.] K. Hummel és D. Jobst, „An Overview of Corporate Sustainability Reporting Legislation in the European Union”, *Account. Eur.*, febr. 2024, doi: 10.1080/17449480.2024.2312145.
- [11.] M. Szczepanczyk, P. Nowodzinski, és A. Sikorski, „ESG Strategy and Financial Aspects Using the Example of an Oil and Gas Midstream Company: The UNIMOT Group”, *SUSTAINABILITY*, köt. 15, sz. 18, szept. 2023, doi: 10.3390/su151813396.

Autonóm járművek alkalmazásának lehetőségei a tömegközlekedés és a haszongépjárművek területén

The potential for the use of autonomous vehicles in public transport and commercial vehicles

Saly Gábor^a

^aSzéchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék – Győr saly.gabor@ga.sze.hu;

Széchenyi István Egyetem, Járműipari Kutatóközpont – Győr

Absztrakt

A közlekedési rendszer és a nemzetgazdaság működtetésének fontos elemei a teherszállító haszongépjárművek és a tömegközlekedési járművek, előbbiek a nyersanyagok, késztermékek szállításában vállalnak kulcsszerepet, utóbbiak pedig a személygépjárművek alternatívájaként segítenek megvalósítani a társadalom mobilitási igényeit, lehetővé teszik az utazást azok számára is, akik nem rendelkeznek vezetői engedéllyel, miközben a nagyobb szállítható utasszámok miatt a környezetszennyezés mértékét is képesek mérsékelni. Az autonóm járművek megjelenésével várhatóan nagymértékben csökkenni fog a közúti balesetek száma, mivel a veszélyes szituációkban egy gyors döntéshozatalt biztosító programokkal ellátott járműirányítási rendszer fogja a járművek mozgását vezérelni a humán vezetők helyett, valamint ezeknek a járműveknek az energiafogyasztása is kisebb mértékű lehet a hagyományos gépjárművekhez képest a környezetükkel való kommunikáció és a helytelen emberi vezetési szokások hiánya miatt.

A következő munkámban összegzem azon kutatások eredményeit a haszongépjárművek és tömegközlekedési rendszerek tématerületén, melyek a már jelen lévő és bevezetni kívánt intelligens megoldásokat elemzik, továbbá ezek által is előkészített az önvezető járművek közúti teherszállítási és a tömegközlekedés rendszerekbe történő beilleszthetőségét és ennek várható következményeit vizsgálják, figyelembe véve a környezetvédelmi, és közlekedésbiztonsági szempontokat is.

Kulcsszavak: tömegközlekedés, önvezető metró, önvezető vonat, önvezető busz, flotta-menedzsment

Abstract

Commercial freight vehicles and public transport vehicles are important elements of the transport system and the national economy, the former have a key role in the transport of raw materials and finished products, while the latter, as an alternative to cars, help to meet society's mobility needs, enabling people without a driving licence to travel, while at the same time reducing pollution due to the high number of passengers they can carry. With the introduction of autonomous vehicles, the number of road accidents is expected to be greatly reduced, as a vehicle control system with rapid decision-making software will control the movement of vehicles instead of human drivers in dangerous situations, and the energy consumption of these vehicles may be lower than that of conventional vehicles due to their lack of communication with the environment and incorrect human driving habits.

In the following work, I will summarise the results of research in the field of commercial vehicles and public transport systems that analyses existing and planned intelligent solutions, and the implications of these solutions for the integration of self-driving vehicles into road freight and public transport systems, taking into account environmental and road safety aspects.

Keywords: *public transport, autonomous subway train, autonomous train, autonomous bus, fleet management*

1. Bevezetés

A személyszállításban a tömegközlekedés igen jelentős szerepet tölt be világszerte. A városok közlekedésének tervezésében egyre erősebb az az irányvonal, melynek értelmében a személygépjárműveket kitiltják a belvárosi területekről, és a túlzottan szennyező személygépkocsikat pedig akár teljes városokból a levegőtisztaság javításának érdekében. A fentiek következtében a gyalogos, kerékpáros és tömegközlekedés nagyobb szerepet kaphat a jövő városaiban. Ezen járművek esetében is fontos megvizsgálni az iparágban uralkodó legfontosabb trendeket, melyek az elektrifikáció és az önvezetés technológiája. A következő fejezetekben az utóbbi tématerületnek a tömegközlekedésben és a haszongépjárművek területén megvalósított kutatásokat és ezek eredményeit mutatom be, valamint ezek alapján elemzem az autonóm tömegközlekedési és haszongépjárművek bevezetésének várható következményeit.

2. Kötött pályás tömegközlekedési járművek autonóm megoldásai

A tömegközlekedési járművek jelentős része nem közúton közlekedik, hanem úgynevezett kötött pályákon, ennek klasszikus formája a kényszerpályás közlekedés, melynek jelentése, hogy az adott jármű a térben kizárólag abba az irányba képes mozogni, amelyet a pálya hossz tengelye meghatároz. A kötőtpályás közlekedés és a közúti közlekedés között átmenetet képeznek a városokon belül közlekedő felsővezetékekhez, mint energiaforráshoz kötött, de közúton közlekedő trolibuszok. [1]

2.1. Önvezetési szintek a kötött pályás járművek esetén

Az autonóm személygépjárművek esetén ismertek az SAE (Society of Automotive Engineers) által meghatározott SAE önvezetési szintek, melyek 0. és 5. szint között határozzák meg azt, hogy a jármű milyen mértékben képes támogatni a vezetőt, és átvenni tőle egyes műveletek megvalósítását, mint például a parkolás megvalósítását, vagy akár a jármű teljes irányítását. [2] Az SAE rendszeréhez hasonló, úgynevezett GoA (Grade of Automation), vagyis automatizálási érték meghatározása, mely 1. és 4. szint között sorolja be a kötött pályás jármű vezetést támogató és önvezető funkcióit. [3]

Az egyes szintek jelentése a következő:

1. szint: Hagyományos vonat, minden vezérlőfunkciót a vonatvezető személy lát el. A környezet érzékelésében nem áll rendelkezésére támogatás, de biztonsági berendezések és ezek jelzései segíthetik a vonatvezetők munkáját.
2. szint: A jelenlegi vasúti rendszerek jellemző megoldása, automatikus vonatirányítás vezérli a vonat mozgását, a járművezető a síneket felügyeli, vészhelyzet esetén megteszi a szükséges intézkedéseket.
3. szint: Nincs szükség vezetőre, de a vonat személyzete felel a vészhelyzetek kezeléséért és egyes funkciók megvalósításáért, biztonságért.
4. szint: Teljesen automatikus módon működő vonatszerelvény. [4]

2.2. Autonóm kötöttpályás jármű működtetése

A metrók a városok alatt kialakított alagútrendszerekben közlekednek, így ezek a vonatokkal és villamosokkal ellentétben nem kereszteznek más forgalmat, ennek köszönhetően metrószerelvények esetében már léteznek vezető nélküli, teljesen autonóm módon működő járatok, például Budapesten a 4-es metróvonalon is közlekednek ilyen szerelvények. [5-7] J. Selvaraj, G. Shivani, H. Santhosh kutatók Automatic Shuttling of Metro Train between Stations című, autonóm kötött pályás járművek működtetését vizsgáló cikkükben a következő alrendszereit határozták meg az automatikus vonatirányítási (ATC) rendszernek:

- Automatizált vonatműködtetés (ATO): A gyorsítási és lassítási fázisokat irányítja, segíti a megállóban történő megállást és elindulást.
- Automatikus vonatvédelem (ATP): A szerelvények automatikus védelmét biztosítja. Veszélyes helyzetekben, megvalósítja a szükséges intézkedéseket a szerelvény állapotának megóvásához és a balesetek megelőzéséhez.
- Automatikus vonatfelügyelet (ATS): A vonatok mozgásának irányítása során a hatóságok irányító szerepét látja el, biztosítja a szabályok betartását és a vonat védelmét. [8]

Az önvezető metró üzemeltetéséhez intelligens infrastruktúra és megfelelő szenzorok szükségesek a környezeti adatok gyűjtéséhez és elemzéséhez. Infravörös érzékelők figyelik a sínekre kerülő tárgyakat, problémák esetén vészjelzést küldve. A legfontosabb biztonsági kérdés a peronokon lévő utasok megakadályozása abban, hogy a sínekre tudjanak jutni, ennek érdekében a peronokon létrehozott oldalfal és ajtók biztonsági célokat szolgálnak. A biztonsági ajtók automatikusan nyílnak és záródnak, a szerelvények érkezésével és indulásával. A sínekre jutó személyeket, tárgyakat infravörös érzékelőkkel is figyelik, ezek vészjelzést adnak a jármű irányításának, ha problémát észlelnek, így segítve a vészfékezést gyorsabb megkezdését. A földfelszín alatt közlekedő, más közlekedési módoktól elzárt járművek esetén a GoA 4-es szint megvalósítása már ma is realitás, de a felszíni kötöttpályás közlekedési módoknál, mint a vonatok és a villamosok ezeknek a megvalósítása a keresztező forgalom miatt jóval bonyolultabb feladat, ezek esetében a Go2-es szint áll jelenleg rendelkezésre. [9,10] A magasabb önvezetési szintek megvalósítását és lehetséges hatásait vizsgálták Zeiner és társai is, akik megállapították, hogy a magasabb GoA szintek energiafogyasztás csökkenést és a kapacitások jobb kihasználását teszik lehetővé. A környezetvédelem érdekében a még nem villamosított vonalakon alternatív hajtású mozdonyok alkalmazását javasolják, akkumulátoros elektromos, hidrogén üzemanyagcellás, valamint LPG és CNG alapú hajtásláncokkal [11]

Mivel a GoA 4-es szintű önvezető járművek már nem igényelnek járművezetőt, és akár személyzet nélkül is képesek működni, fontos a különböző vészhelyzetekre felkészíteni ezeket a járműveket. Claire Nicodeme kutató A Sensor-Based Study for Security Events Detection Systems On Board Autonomous Trains című cikkében vizsgálta a lehetséges veszélyes helyzetek érzékelését, melyek közül a legbonyolultabb az emberek közötti konfliktusok megállapítása az autonóm vonatokon belül. A legfontosabb szenzorok erre a célra a kamerák lehetnek, melyek megfigyelik a vonatok belső tereit, az adatfeldolgozás során pedig megtörténik az érzékelt objektumok detektálása. Emberek esetén ezt cselekvésfelismerő algoritmusokkal is lehet segíteni, így a személyek közötti konfliktusokat az autonóm rendszer képes lenne felismerni. LIDAR szenzorokkal is végeztek hasonló kutatásokat, de ezek túl költségesek a kamerákhoz képest, így ezek tömeges alkalmazása nem várható. A veszélyes helyzetek hang alapú detektálását nehezíti, hogy az utazók különböző audiovizuális termékeket is nézhetnek és hallgathatnak az utazásuk során, melyekben elhangozhatnak lövésre, üvegtörésre, vagy dulakodásra jellemző hangok, ezek megtéveszthetik a hang alapú érzékelő

rendszert. A biztonság garantálásához a műszaki meghibásodásokhoz és esetleges tüzesetekhez tartozó érzékelőhálózat kiépítése és az utasok számára megfelelően átadott üzenetek szintén nagy jelentőséggel bírnak. [12]

3. Autonóm közúti tömegközlekedési eszközök és haszongépjárművek

A közúti közlekedésben az autonóm járművek esetén leggyakrabban autók, taxik juthatnak eszünkbe, de a tömegközlekedésben nagy szerepet játszó buszok és a tehergépjárművek esetén is léteznek önvezetés megvalósítását célzó fejlesztések. A buszvezetők és tehergépkocsi vezetők száma korlátozott, mivel a hivatásos járművezetőknek meg kell felelnie különböző előírásoknak, hogy munkába állhassanak. A hivatásos gépjárművezetők számára törvényi előírások miatt kötelező szünetet beiktatni a munkaidejükbe, és mivel jellemzően egy járművezető egy buszon, tehergépkocsin tartózkodik a munkanapja során, a pihenő ideje alatt a jármű áll, így nem végez hasznos munkát és a parkolása területet foglal el. Nagy és Horváth cikkében megállapította, hogy autonóm buszok bevezetésével a járműflotta számát is lehetne csökkenteni, mivel növekedne a buszok rendelkezésre állási ideje. Eger buszflottájának lehetséges változásait vizsgálták és megállapították, hogy az új technológia alkalmazásával egy Egerhez hasonló 50000 fős településen az aktuális, 40 darabos buszflottát azonos menetrendek mellett 35 darabosra, a városi menetrend optimalizálásával pedig akár 32 darabosra is lehetne csökkenteni. [13]

3.1. Flottamenedzsment

A közúti járművek által alkotott flották számára már jelenleg is létezik intelligens ellenőrzési megoldás, melyet flottamenedzsmentnek neveznek. Ennek során több jármű követésére van lehetőség akár valós időben is. A járművekbe fedélzeti egységeket építenek be, melyek többek között a következő fontos adatokat továbbítják a flottakezelő rendszernek folyamatosan járművekről [14]:

- Aktuális pozíció, GPS adatok, sebesség
- Célállomások, útvonalak, melyek rugalmas módosítása lehetséges
- Tachográf adatok követése
- Tüzelőanyag és villamos energiafogyasztási adatok [14]

Jármű karbantartásának hatékonyabb megtervezésére is van lehetőség flottakövető rendszerek segítségével. A jármű diagnosztikai szenzorainak jeleit a flottamenedzsment számára internetes megoldások (IoT) segítségével eljuttatva megvalósítható a kialakuló hibák gyors azonosítása és elhárítása, ez kedvező a vezető biztonságának, illetve a jármű megbízhatóságának és termelékenységének a szempontjából is. [15] A rendelkezésre álló adatokat elemezve lehetőség van összehasonlítani az egyes járművezetők teljesítményét az azonos típusú járműveken, és akár ösztönző rendszereket bevezetni a gépjárművezetők számára az energiafogyasztás csökkentésének érdekében, mint a teljesítményalapú bérezés, jutalmazás megvalósítása. Egy írországi teherszállító vállalat 22 járművének és 30 járművezetőjének adatait dolgozta fel az A data-driven framework for incentivising fuel-efficient driving behaviour in heavy-duty vehicles című tanulmány. Ennek során a kutatók megalkottak egy matematikai modellen alapuló értékelési rendszert, melynek segítségével elemezni lehet az egyes gépjárművezetők teljesítményét, a legfontosabb fogyasztási értékeket befolyásoló tényezőknél az átlagos sebességet, a fékezés módját és a motor üresjáratban történő működtetésének idejét határozták meg. Autonóm teherszállító járművek esetén a nem megfelelő emberi viselkedésből származó veszteségeket minimalizálni lehetne. [16]

3.2. Autonóm buszok és tehergépjárművek jellemzői

Az autonóm járműirányítás előnyeit a buszokat gyártó vállalatok és üzemeltető cégek is felismerték, és elkezdtek kifejleszteni a jövő autonóm közúti tömegközlekedési eszközeit. Montes és társai az An Experimental Platform for Autonomous Bus Development cikkükben az autonóm járművekhez szükséges szenzorok, vezérlőegységek és aktuátorok működését mutatják be egy hagyományos irányítású busz önvezető járművé történő átépítésének példáján keresztül. A járműre két LIDAR-t és kamerákat szereltek fel, ezek segítségével valósították meg a környező objektumok érzékelését. GPS jeladók biztosították a busz aktuális helyzetének ismeretét. A jeladók információi megfelelő szűrések elvégzése után kerülnek a szenzorfüziós szoftver által vezérelt fedélzeti számítógépekbe. A jármű hosszirányú dinamikáját a számítógép irányítja és két villamos motor számára ad ki vezérlő jeleket, az egyik a gázpedál, a másik pedig a fékpedál mozgását biztosítja, ezek elmozdulásának megfelelőségét potenciométer segítségével ellenőrzik. A kormányzást vezérlő algoritmus elsősorban a LIDAR, kamera és GPS jelek alapján hoz döntéseket, amelyek alapján a kormánykerék tengelyét mozgó elektromos motor irányítható. [17]

A tehergépjárművek esetében a járművezetők fizetése mellett energiafogyasztás nagy szerepet játszik a szállítványozó vállalatok költségeiben. A jelenlegi teherszállító járművek kialakításánál az utasterek tervezési elvei miatt nincs lehetőség aerodinamikai szempontból hatékony formák megvalósítására. A gépjárművezető nélküli jármű vezetőfülkéjének helyén ezáltal egy kedvezőbb légellenállással rendelkező egység alakítható ki, amely jelentősen jobb aerodinamikai értékeket, akár felére csökkenő homlokfelületet és akár 0,1-del kisebb c_w értéket tud biztosítani. A változtatások a cikkben szereplő számítások szerint egy FIGE ciklus során megközelítőleg 4,6%-os energiamegtakarítást tennének lehetővé, ez az érték nagyobb lehet magasabb sebességek esetén. [18]

A járművek egymás közötti kommunikációs megoldásai (V2V) lehetőséget adnak a tehergépjárművek fogyasztásának további csökkentésére a platooning alkalmazásával, melynek során a járművek minimális távolságokkal követik egymást, így javítva a légellenállásukat, ezáltal csökkentve az energiafogyasztásukat. [19,20] A járműkonvojban történő közlekedés segítségével elérhető fogyasztáscsökkenésről eltérő adatok állnak rendelkezésre, mivel az egyes mérések és szimulációk eredményeit jelentős mértékben befolyásolja a járművek egymás közötti távolsága, sebessége és a környező forgalom áramlásának módja is. Tsugawa és társai cikkükben megállapították, hogy a legóvatosabb becslések szerint is az elöl haladó jármű 2% a mögötte haladó pedig 11% energia megtakarítást érhet el a konvojban haladásnak köszönhetően. [21] Hu és társai egy olyan tehergépjárművek számára kialakított közlekedési rendszert írtak le, mely a járművek sebesség optimalizálásán alapul. A módszer segítségével csökkentették a közlekedési konfliktushelyzetek kialakulásának esélyét nagy járműforgalom esetén. Megállapították, hogy amikor a teljes forgalomban a tehergépjárművek aránya meghaladja a 15%-ot akkor célszerű egy külön sávot kijelölni számukra a platooning megvalósításához. [22]

A járművezetők munkahelyének kérdése az autonóm technológiák bevezetése kapcsán fontos kérdésre vált. Az automatizáció azonban nem jelenti feltétlenül a gépjárművezetők teljes kiváltását a rendszerből, mert feladatai közé tartozik a járművek, szállítványok biztonságának garantálása, különböző műszaki ellenőrzések elvégzése, kisebb javítási műveletek végrehajtása, emellett számos adminisztratív kötelezettségük is van. Tehergépjárművek esetén a különböző rakományok fel és lepakolása is fontos feladatuk. A jelenlegi vizsgálatok szerint

az autonóm járművek bevezetése nem járna minden hivatásos gépjárművezető munkahelyének megszűnésével. [23] Amennyiben új munkahelyet kellene keresniük, célszerű hasonló tevékenységi körben munkát biztosítani a számukra, például darukezelőként, fémipari vagy járműjavítással összefüggő munkakörökben [24] Az autóbuszoknál a humán munkaerő megtartására az utasok ügyeiben való segítség miatt is fontos szempont lehet, főként idős vagy mozgási nehézségekkel rendelkező utasok számára lehet fontos a személyzet jelenléte. Az autonóm járművek várhatóan új munkahelyeket fognak teremteni a fejlesztésekhez kapcsolódóan a mérnöki, a bonyolultabb felépítés és működés miatt a járműüzemeltetési területeken is, ahová járművezetők átképzésével is lehet munkaerőt biztosítani. [25] A következő években várhatóan a kisebb shuttle buszok terjedhetnek el, elsőként forgalomtól elzárt területeken, mint például a Hawaii nemzetközi repülőtéren üzemelő 12 fős járművek, melyek 11 főt képesek szállítani és maximálisan 10 mérföld/óra sebességgel közlekednek. [26] Séjournet és kutatótársai ezeknek a személyszállító járműveknek a költségeit elemezték, mivel jelenleg mindig a járművön kell tartózkodnia egy biztonságért felelős személynek, így kevésbé csökkennek az üzemeltető kiadásai, a teljesen autonóm módon működő rendszerek előtt viszont megvalósítható egy távoli vezérléssel irányított üzemállapot is, ahol akár több shuttle busz távoli felügyeletét is elláthatná egy fő. Az önvezetéshez szükséges infrastruktúra kiépülésével ezek a járművek is képesek lennének önállóan közlekedni, és városokon belüli kis sebességű és távolságú utazásokat megvalósítani, ezáltal javítva a tömegközlekedés hozzáférhetőségét [27].

4. Összegzés

Az autonóm járművek fejlesztését vizsgálva fontos a tömegközlekedést és a teherszállítást végző járművek területén történő kutatások elemzése is. A kötött pályás közlekedés esetén a metrószerelvények esetén az önvezetés már ma is működő technológia, de a többi közlekedésben részt vevő jármű útját keresztező vasút és villamos esetén jelenleg a vezetéstámogatási funkciók szélesebb körű megvalósításán dolgoznak. A közúti tömegközlekedés és áruszállítás járműveinek önvezető funkciókkal való ellátásához az autonóm személygépjárművek esetében is megjelenő LIDAR, RADAR, kamera és GPS szenzorok jelei szolgálnak bemenetként a jármű irányításához, melyeket a számítógép dolgoz fel, majd kiadja a parancsokat a gyorsításért, fékezésért és kormányzásért felelős aktuátoroknak.

Az önvezető járművek nagy előnyei a fent említett területeken, hogy nem igényelnek jól képzett, hivatásos járművezetőket, viszont bevezetésük esetén a gépjárművezetők számára megnyugtató megoldásokat kell találni a munkaerőpiacon való elhelyezkedésükhöz.

Az autonóm járművek bevezetése hozzá fog járulni a közlekedési rendszer energiahatékonyágának javításához, a szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentéséhez, és a biztonságosabb közúti forgalom megvalósításához, így fontos a további tudományos kutatás a tématerületen.

5. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a Széchenyi István Egyetem az Európai Unió támogatásával valósította meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- [1.] Tamás Soltész, Közlekedési Technika A, felkészülési segédlet, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2018 (http://kukg.bme.hu/wp-content/uploads/2019/01/Kozl_technika_of_segedlet.pdf Letöltés ideje: 2024. 05. 17)
- [2.] Erik Stayton and Jack Stilgoe, It's Time to Rethink Levels of Automation for Self-Driving Vehicles [Opinion], *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 39, no. 3, pp. 13-19, 2020, doi: 10.1109/MTS.2020.3012315.
- [3.] Paul Hyde, Cristian Ulianov, Jin Liu, Milan Banic, Milos Simonovic, Danijela Ristic-Durrant, Use cases for obstacle detection and track intrusion detection systems in the context of new generation of railway traffic management systems. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. (2021). doi: 10.1177/09544097211041020.
- [4.] Martina Zeiner, Matthias Landgraf, Martin Smoliner, Peter Veit, Higher automation - methods to increase energy efficiency in railway operation, 6 th International Conference on Road and Rail Infrastructure, Zagreb, 2021, doi: <https://doi.org/10.5592/CO/cetra.2020.1159>

- [5.] Gary S. Brierley, Ronald D. Drake, Cost-reduction strategies for subway design and construction, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 10, Issue 1, Pages 31-35, (1995) doi:[https://doi.org/10.1016/0886-7798\(94\)00062-P](https://doi.org/10.1016/0886-7798(94)00062-P).
- [6.] Ladós Mihály, Tóth, Marcell László, Autonóm járművek az okos városokban, *TÉR-GAZDASÁG-EMBER* 2064-1176 7 (1) pp. 159-173 (2019) MTMT: 30735777
- [7.] Patrik Viktor, Ágnes Szeghegyi: Önvezető járművek bevezetésének biztonsága, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia, „XV. IFFK 2021” Budapest, 2021. október 27-29, ISBN 978-963-88875-5-9
- [8.] Jayachitra Selvaraj és G. Shivani, H. Santhosh kutatók Automatic Shuttling of Metro Train between Stations, 2nd International Conference on Design Innovation for 3Cs-Compute, Communicate, Control 2018
- [9.] Jonathan Peter Powell, Anna Fraszczyk, Chun Nok Cheong, Ho Ki Yeung, Potential Benefits and Obstacles of Implementing Driverless Train Operation on the Tyne and Wear Metro: A Simulation Exercise. *Urban Rail Transit* 2, 114–127 (2016). doi: <https://doi.org/10.1007/s40864-016-0046-9>
- [10.] Usman Abdurrahman, Anson Jack, Felix Schmid, Effects of platform screen doors on the overall railway system. 8th International Conference on Railway Engineering (ICRE 2018), (2018). doi: 10.1049/cp.2018.0053.
- [11.] Martina Zeiner, Matthias Landgraf, Martin Smoliner Peter Veit: Higher Automation - Methods to Increase Energy Efficiency in Railway Operation, *CETRA 2020*, 6 th International Conference on Road and Rail Infrastructure, 20-21 May 2021, Zagreb, Croatia, DOI: <https://doi.org/10.5592/CO/CETRA.2020.1159>
- [12.] Claire Nicodeme, A Sensor-Based Study for Security Events Detection Systems On Board Autonomous Trains, 22nd International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Jeju, Republic of Korea, pp. 373-377, 2022 doi: 10.23919/ICCAS55662.2022.10003694.
- [13.] Viktor Nagy, Balázs Horváth: The effects of autonomous buses to vehicle scheduling system, *Procedia Computer Science*, Volume 170, Pages 235-240, (2020), <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.035>.

- [14.] Nikolina Bodiřoga, Marija Antić, Petar Zećević and Milan Bjelica, Evaluation of fleet management data collection backend using Cassandra database, *Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, Novi Sad, Serbia, pp. 177-181, (2021) doi: 10.1109/ZINC52049.2021.9499260.
- [15.] Shariq Hussain, Umar Mahmud and Shunkun Yang, Car e-Talk: An IoT-Enabled Cloud-Assisted Smart Fleet Maintenance System, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 12, pp. 9484-9494, 15 (2021), doi: 10.1109/JIOT.2020.2986342.
- [16.] Ajinkya Mane, Boban Djordjevic, Bidisha Ghosh, A data-driven framework for incentivising fuel-efficient driving behaviour in heavy-duty vehicles, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 95, (2021), doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102845>.
- [17.] Héctor Montes, Carlota Salinas, Roemi Fernández, and Manuel Armada, An Experimental Platform for Autonomous Bus Development, *Applied Sciences* 7, no. 11: 1131. (2017) <https://doi.org/10.3390/app7111131>
- [18.] Robert Hahn, New exterior design options for improving the efficiency of fully autonomous heavy duty vehicles, *Second International Conference on Sustainable Mobility Applications, Renewables and Technology (SMART)*, Cassino, Italy, 2022, pp. 1-5, (2022) doi: 10.1109/SMART55236.2022.9990543.
- [19.] Yongki Lee, Taewon Ahn, Chanhwa Lee, Sangjun Kim, and Kihong Park, "A Novel Path Planning Algorithm for Truck Platooning Using V2V Communication" *Sensors* 20, no. 24: 7022. 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/s20247022>
- [20.] S. Ellwanger and E. Wohlfarth, "Truck platooning application," *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Los Angeles, CA, USA, pp. 966-971, (2017) doi: 10.1109/IVS.2017.7995840.
- [21.] Sadayuki Tsugawa, Sabina Jeschke and Steven E. Shladover, "A Review of Truck Platooning Projects for Energy Savings," in *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, vol. 1, no. 1, pp. 68-77, March 2016, doi: 10.1109/TIV.2016.2577499.
- [22.] Jia Hu, Xuerun Yan, Guan Wang, Meiting Tu, Xianhong Zhang, Hong Wang, Dominique Gruyer, Jintao Lai: A Simulation Platform for Truck Platooning Evaluation in an

Interactive Traffic Environment," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2024, doi: 10.1109/TITS.2024.3388161.

[23.] Maury Gittleman, Kristen Monaco, Truck-Driving Jobs: Are They Headed for Rapid Elimination? *ILR Review*, 73(1), 3-24. 2020 doi: <https://doi.org/10.1177/0019793919858079>

[24.] Sicheng Wang, Elizabeth A. Mack, Jenna A. Van Fossen, Laura Medwid, Shelia R. Cotten, Chu-Hsiang Chang, John Mann, Steven R. Miller, Peter T. Savolainen, Nathan Baker: Assessing alternative occupations for truck drivers in an emerging era of autonomous vehicles, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 19, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100793>.

[25.] Mojdeh Azad, Nima Hoseinzadeh, Candace Brakewood, Christopher R. Cherry, Lee D. Han, Fully Autonomous Buses: A Literature Review and Future Research Directions, Hindawi, *Journal of Advanced Transportation*, Volume 2019, Article ID 4603548, 16 pages, (2019). doi:<https://doi.org/10.1155/2019/4603548>

[26.] HDOT launches autonomous electric shuttle at Daniel K. Inouye International airport, Department of Transportation, State of Hawaii, 2024 <https://hidot.hawaii.gov/blog/2024/04/16/hdot-launches-autonomous-electric-shuttle-at-daniel-k-inouye-international-airport/>

[27.] Alice de Séjournet, Evy Rombaut, Lieselot Vanhaverbeke: Cost analysis of autonomous shuttle services as a complement to public transport, Transport Research Arena (TRA) Conference, *Transportation Research Procedia* 72, 2323–2330, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.723>

Operating and Cash Budget Problems: A Case Study of Nokia and Apple

Működési- és készpénzköltségvetési problémák: a Nokia és Apple esettanulmánya

Sookyong Lee, Erik Bertalan, Péter Molnár, Alex Suta*

*Széchenyi István University - Vehicle Industry Research Center

suta.alex@ga.sze.hu

Absztrakt

A költségvetés egy szervezet jövőbeli pénzügyi terve, amely meghatározza a kitűzött célokat és a várható eredményeket. Jelen esettanulmány célja a Nokia és az Apple vállalatok működési és készpénzköltségvetési problémáinak vizsgálata. A Nokia hosszú időn keresztül meghatározó szereplője volt a mobiltelefon-piacnak, azonban az elmúlt évtizedben jelentős piaci részesedést veszített. Ezzel szemben az Apple sikeresen növelte piaci jelenlétét és nyereségét. Az elemzés során a két vállalat költségvetési folyamatait hasonlítjuk össze, különös tekintettel a kutatás-fejlesztési költségekre és a készpénzgazdálkodásra. A tanulmány eredményei megmutatják, hogy a Nokia és az Apple különböző költségvetési stratégiái hogyan befolyásolták piaci teljesítményüket.

Kulcsszavak: készpénzköltségvetés, Nokia, Apple, pénzügyi menedzsment, piaci részesedés, költségvetési stratégia

Abstract

A budget is a financial plan that outlines an organization's goals and expected outcomes for a future period. This case study aims to examine the operating and cash budget problems faced by Nokia and Apple. Nokia was a dominant player in the mobile phone market for a long time, but over the past decade, it has lost significant market share. In contrast, Apple successfully increased its market presence and profitability. The study compares the budgeting processes of the two companies, with a particular focus on research and development expenses and cash management. The results highlight how Nokia and Apple's different budgeting strategies influenced their market performance.

Keywords: cash budget, Nokia, Apple, financial management, market share, budgeting strategy

1. Introduction

A budget is a quantified plan of action for a forthcoming accounting period. A budget is a plan of what the organization is aiming to achieve and what it has set as a target whereas a forecast is an estimate of what is likely to occur in the future, according to managerial accounting disciplines. Also, there are some objectives of budgetary planning and control.

Under the financial risk aspect, Financial Accounting, cash flows, and budgeting are the foundation topics for using financial data to identify financial risks [1]. In this case study, we see these risks as a problem, and two of three topics are handled as the problem of budgeting.

The first problem that will be identified in this essay is Risks in cash flows. Accounting uses its systems, but cash flows are the goal of businesses. Can we use the output of the accounting process to understand cash receipts and disbursements? The cash flow statement is an ally of the financial risk manager. The second problem is Risks in operating budgets. The blueprint for building the firm in the future is, to a large degree, reflected in its operating budget. What are the risks in expense and cost allocations? [1] These topics are covered in the following chapters.

2. Methodology

For the identification and illustration of the problem, there were a total of 2 companies chosen, Nokia, and Apple. Nokia is one of well know companies that dominated the mobile phone market for a long time in the past until 2009. However, it has somehow failed its operation in the mobile phone industry. So, it seems like it had also a budget problem for one of the reasons. The reason why here the company Apple was chosen is that the timing that Apple accelerated and Nokia fell in the market are almost the same. It would be beneficial to identify the discrepancies and underlying issues. By comparing the two companies' circumstances at the same point in time, it may become evident whether there is a correlation between the budgeting process and the root causes of the problem.

Apple is a worldwide known multinational company. Their most known products are iPhones, iPads, AirPods, and Macbooks. In the company profile, we can also find a music platform, watches, and accessories. The company was founded in 1976 by Steve Jobs, Steve Wozniak, and Ronald Wayne The company's mission is „to bring the best user experience to customers through innovative hardware, software, and services”. Apple's dedication to providing top-

notch products and services tailored to individual customer requirements is emphasized in this mission statement. This guiding principle steers the company towards achieving its overarching objectives, ultimately leading to its prosperity. Meanwhile, the vision statement is „*To make the best products on earth and to leave the world better than we found it.*” Apple's vision statement serves as a compass for the company's decision-making processes, strategic management, and day-to-day operations. It guarantees that every choice made aligns with the company's mission and objectives, bringing them closer to fruition. Apple's values dictate how the company and its employees operate and interact in the workplace and the world. We can mention Apple's core values, for example, *Accessibility, Support education, A planet-sized plan, and so on.* Right now Apple is one of the biggest and most well-known companies in the world. [2]

Nokia, a multinational corporation from Finland, was established in 1865 by Fredrik Idestam as a pulp mill in Tampere, Finland. It has since evolved into a telecommunications powerhouse, with a strong emphasis on mobile phones in the late 20th century, propelling it to the forefront of the global mobile industry. Nokia aims to develop technology that fosters connections among people and facilitates significant experiences. Their goal is to revolutionize human experiences through connectivity, dependability, and inclusivity by shaping the future of technology. [3]

3. Results

3.1. Operating budget problem

In this chapter, the problem of operating budgeting in Nokia was addressed. An operating budget is a detailed projection of what a company expects its revenue, and expenses will be over a period of time. Companies usually formulate an operating budget near the end of the year to show expected activity during the following year. [4] Under the operation budget, there are many categories, e.g., Research and development expenses. It is challenging to identify the issue solely through a monetary lens. Therefore, a comparison with Apple was presented to facilitate a more comprehensive understanding. To ensure a balanced comparison between the two entities, the budget size of each company was evaluated in relation to its proportion. The following equation (Eq.) was employed to calculate this ratio:

Amount of operation budget (for R&D or operating profit/loss) / NSR (Net sale revenue). With this equation, it is possible not only to compare their budget amount regardless of the size of the company but also to be comparable without the different currencies. It should be noted that the annual report of Nokia was expressed in euros, while that of Apple was expressed in US dollars.

3.1.1. Research and development expenses

As previously stated, Nokia is a well-known company that has dominated the mobile phone market for an extended period. However, they have recently encountered difficulties in their industry. This section investigates whether there is a correlation between their failure and their research and development (R&D) expenses. The following table illustrates the flow of Nokia's R&D expenses from 2009 to 2012. The data was derived from the annual reports of Nokia from 2009 to 2012. The currency is expressed in millions of euros. The lowest row indicates the change in percentage from the previous year.

Table 1: Comparison of Nokia's expenses (2009-2012) (Source: edited by the author)

YEAR	2009	2010	2011	2012
R&D Expenses (MIO.EUR)	5,909	5,863	5,584	4,782
Change compared to a previous year (%)	-	-1%	-4%	-14%
Net Sales Revenue	40,984	42,446	38,659	30,176
% change with Eq.	14.4%	13.8%	14.4%	15.8%

In the table, it is shown that from 2009 to 2012 around 19% of research and development expenses were cut off with decreased net sales revenue. However, the proportion of R&D expenses is between 13% to 15%. While the budgeting for R&D had no difference, Nokia's market share in the global smartphone market has decreased so fast since 2010. According to Statista, Global market share held by Nokia smartphones was approximately 40% in 2009, but it had fallen to 3% in 2012. It is not difficult to speculate that several factors contributed to Nokia's decline, including a failure to respond to changing market trends and increased competition from other companies. [5] Because the industries in which the Company competes are characterized by rapid technological advances, the Company's ability to compete

successfully depends heavily upon its ability to ensure a continual and timely flow of competitive products, services, and technologies to the marketplace. [6]

A review of the financial statements and global market share data for Nokia suggests that, despite a comparable annual expenditure on research and development (R&D), the company's market share declined significantly. This could be attributed to the introduction of new ideas and products by competitors or to a lack of optimal utilization of R&D resources. The data indicates that merely investing in R&D is insufficient; rather, it is essential to utilize these resources effectively to remain competitive and achieve market success. The accompanying table presents a comparative analysis of Apple and Nokia, with data sourced from Apple's annual reports for the years 2009 to 2012.

Table 2: Comparison of Nokia's expenses (2009-2012) (Source: edited by the author)

YEAR	2009	2010	2011	2012
R&D Expenses (MIO.USD)	1,333	1,782	2,429	3,381
Change compared to a previous year (%)	-	34%	36%	39%
Net Sales Revenue	42,905	65,225	108,249	156,508
% change with Eq.	3%	3%	2%	2%

Table 2 presents a comprehensive overview of Apple's R&D expenditure and net sales revenue from 2009 to 2012. Across the specified period, there is a notable upward trajectory in R&D expenses, increasing from \$1,333 million in 2009 to \$3,381 million in 2012, reflecting a consistent commitment to innovation and technological advancement. Concurrently, the company's net sales revenue experienced significant growth, rising from \$42,905 million in 2009 to \$156,508 million in 2012. Despite the substantial increase in R&D spending, the percentage of R&D expenses relative to net sales revenue remains relatively stable, hovering between 2% and 3%.

The Company continues to develop new technologies to enhance existing products and to expand the range of its product offerings through research and development, licensing of intellectual property, and acquisition of third-party businesses and technology, respectively. [7] It was enough to attract consumers, so the global smartphone market share of Apple market share showed an increase of 14.9% in 2010 and 19% in 2011, while Nokia's market share decreased in 2010 and 2011 was 33.4% and 15.8%.

The observation that, despite maintaining consistent levels of R&D expenditure, Nokia experienced a notable erosion in its market share within the global smartphone market from 2011 onwards, underscores a pertinent issue regarding the efficacy of Nokia's R&D strategy. This discrepancy invites critical inquiry into the extent to which Nokia's R&D investments have effectively translated into the development of competitive products and technologies capable of sustaining or augmenting market share. Moreover, this disparity prompts an examination of the efficiency of the allocation and utilization of budgetary resources within Nokia's R&D endeavors.

Conversely, a contrasting trajectory is visible in the case of Apple, where an escalation in R&D expenditures spanning the years 2009 to 2012 reflects a deliberate and proactive orientation towards investment in innovation. Notably, accompanying this heightened R&D investment, Apple witnessed an expansion in its market share within the smartphone market during the same temporal span. This suggests a plausible correlation between R&D spending and market performance, thereby highlighting the critical role of strategic budgeting in gaining competitive advantage and market success within the technology sector.

Consequently, the convergence of declining research and development (R&D) expenditures with the reduction in market share indicates that Nokia may have encountered inherent budgetary challenges in its R&D investment. Such challenges could potentially include aspects such as suboptimal resource allocation, inadequate prioritization of innovative initiatives, and a misalignment between R&D spending patterns and overarching business imperatives. Consequently, these budgetary constraints may have contributed to Nokia's inability to effectively compete with industry rivals within the competitive landscape of the smartphone market.

3.1.2. Conclusion and possible solution

The previously given data indicate that it is evident that Nokia faced significant budgeting challenges regarding its R&D investment strategies, which likely contributed to its declining market share in the smartphone industry. These challenges encompassed suboptimal resource allocation, insufficient prioritization of innovation initiatives, and a misalignment between R&D spending patterns and overarching business objectives. To address these budgeting impediments and enhance competitiveness, Nokia could have implemented various solutions,

such as adopting flexible budgets to accommodate fluctuations in R&D needs and market dynamics.

One of the biggest management problems with this budgeting of Nokia was the limited Nokia's ability to adapt to changing market conditions, technological advancements, and unforeseen R&D needs.

Therefore, a flexible budget strategy could offer Nokia the flexibility to adjust R&D spending in response to changing circumstances, such as shifts in market demand, competitive pressures, or emerging technological trends. Flexible budgets would enable Nokia to capitalize on opportunities for innovation and adapt swiftly to market changes, enhancing its competitiveness in the smartphone industry. Nokia can also optimize resource allocation, minimize waste, and foster a culture of innovation and agility within the organization. Also setting organizational goals clearly and regularly checking the budget activities is essential to prevent the divided budget use in the wrong or ineffective way.

3.2. Cash budget problem

In 2013, Nokia and Apple encountered numerous financial challenges and difficulties. This is evident from their annual reports. In this section, a comprehensive comparative analysis was undertaken of the cash budget issues that Nokia and Apple had to address in 2013. In doing so, their financial performance, strategic decisions, and market dynamics were considered. By examining their cash flow data and utilizing cash flow ratios, this analysis aims to provide valuable insights into the financial health and management of these companies.

3.2.1. Cash budget problems in Nokia's 2013 annual report

Nokia, a former prominent company in the mobile phone industry, encountered significant financial challenges in 2013. As the company transitioned its focus from being a leading mobile device manufacturer to specializing in network infrastructure and technology, it faced substantial financial and operational difficulties. Nokia experienced a decline in revenue and profitability in its Devices and Services division, which resulted in cash flow limitations and liquidity issues.

In the 2013 annual report of Nokia, it is evident that the company's operating cash flow for the year was approximately €1.4 billion. This represented a decline in comparison to previous years, predominantly due to a reduction in sales volumes and intensified pricing pressures within the mobile phone market. The decline in operating cash flow emphasized the effects of Nokia's strategic shift and the difficulties faced during its restructuring endeavors.

Nokia's investing activities mainly focused on research and development projects, capital expenditures for network infrastructure, and strategic acquisitions to boost its technology portfolio and competitiveness. Despite this, the company faced challenges in generating cash and making investments due to the decreasing performance of its Devices and Services segment.

Additionally, Nokia's financing activities involved repaying debts, distributing dividends, and receiving funds to support its operations and strategic plans. The company prioritized enhancing its capital structure and liquidity position in the face of tough market conditions and competition. [8,9]

3.2.2. Cash budget problems in Apple's 2013 annual report

In 2013, Apple faced a number of financial challenges related to its cash budget. Despite having a solid financial standing and significant cash reserves, Apple came under check for its cash management practices, especially concerning its substantial amount of cash held overseas.

According to Apple's 2013 annual report, the company's cash flow was 53,666\$ million for the fiscal year, showing us its ability to generate significant cash from its operations. This amount was \$16,000 million more than 2 years before. However, there were some changes in the cash flows from operating activities due to fluctuations in working capital components like accounts receivable, inventory, and accounts payable.

Apple's investing activities mainly involved putting money into property, plant, and equipment, acquiring strategic companies, and buying marketable securities. The company's capital expenditures were focused on building manufacturing facilities, opening retail stores, and setting up data centers to help with its growing business and product offerings. On top of that, Apple also spent on research and development projects to push forward product innovation and stand out in competitive markets.

Apple also encountered difficulties with supply chain management and inventory control, especially when it came to overseeing the manufacturing and distribution of popular products like the iPhone and iPad. Issues like disruptions in the supply chain, delays in production, and imbalances in inventory had effects on Apple's cash flow and on the way how they manage their working capital.

In terms of investment activities, it is notable that Apple allocated 33,774 million dollars to research and development, representing a reduction of approximately 25% compared to the previous year. [10,11].

3.2.3. Comparative analysis

In 2013, Nokia and Apple faced similar cash budget issues. When we compare their financial performance, strategic choices, and market dynamics, we can see significant differences. Nokia went through a strategic transition and dealing with difficulties in its Devices and Services division, faced a decline in revenues and profitability. Because of this, their cash flow generation and investment capacity were affected in a bad way.

Apple managed to increase its sales and profits by capitalizing on its strong brand and ecosystem. Despite facing criticism for its cash management practices and meeting shareholder demands, Apple remained financially strong with a significant amount of cash reserves. This allowed the company to overcome cash budget challenges with flexibility.

Nokia's decreasing operating cash flow and restricted investment capacity show the difficulties it faces in its strategic transition and restructuring endeavors. On the other hand, Apple's robust operating cash flow and strategic investments demonstrate their skills for generating substantial cash through their primary operations and fostering long-term value.

Nokia mainly tried to direct its investing cash flow for research and development, network infrastructure, and strategic acquisitions to boost its technology offerings and competitiveness. Apple's investments in property, plant, and equipment, acquisitions, and marketable securities helped fuel its growth in operations, product range, and ecosystem, leading to increased sales and profitability.

4. Conclusion

The current case study provided a comparison between two major global electrical appliance market players in terms of operating budget and cash budget. Despite encountering different obstacles, both companies managed their cash budget issues with different levels of achievement, which showcased their market positions, business models, and strategic focuses. Stakeholders can get a better understanding of Nokia and Apple's financial status and management by looking at their cash flow information and ratios. This helps them make smarter decisions and plan strategically in the ever-changing tech industry.

5. Acknowledgement

The research was supported by the European Union within the framework of the National Laboratory for Artificial Intelligence (RRF-2.3.1-21-2022-00004).

References

- [1.] John J. Hampton: The AMA Handbook of Finance Risk Management, AMACOM, 2011
- [2.] <https://bstrategyhub.com/apple-mission-statement-vision-core-values/>
- [3.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Nokia>
- [4.] <https://www.bamboohr.com/resources/hr-glossary/operating-budget#:~:text=An%20operating%20budget%20is%20a,over%20a%20period%20of%20time>
- [5.] [https://www.linkedin.com/pulse/case-study-nokias-failure-hei-wong#:~:text=The%20Decline%20of%20Nokia%3A,%25%20\(Statista%2C%202021\)](https://www.linkedin.com/pulse/case-study-nokias-failure-hei-wong#:~:text=The%20Decline%20of%20Nokia%3A,%25%20(Statista%2C%202021))
- [6.] <https://www.forbes.com/sites/shivaramrajgopal/2021/03/08/amazon-spends-42-billion-on-rd-but-devotes-less-than-300-words-of-disclosure-in-its-10k/>
- [7.] https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/a/NASDAQ_AAPL_2013.pdf
- [8.] https://www.nokia.com/system/files/files/nokia_in_2013_1.pdf

[9.] https://www.nokia.com/sites/default/files/2018-12/nokia_people_planet_report_2013.pdf

[10.] <https://corpgov.law.harvard.edu/2013/04/20/apples-cash-flow-problem/>

[11.] https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/a/NASDAQ_AAPL_2013.pdf

Komissiózó kocsik elektromos hajtásláncjának gépészeti tervezése

Mechanical design of the electric drive train of a picking cart

Kapocsi Máté^a, Dr. Pup Dániel^b, Malya János^c, Török Richárd^d

^a Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont

kapocsi.mate@ga.sze.hu

^b Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont

pupd@ga.sze.hu

^c KLS-2000 Kft.

janos.malya@kls.hu

^d KLS-2000 Kft.

richard.torok@kls.hu

Absztrakt

A tervezés során a KLS 2000 Kft.-vel közösen fejlesztett komissiózó kocsik elektromos hajtásláncjának gépészeti kivitelezését valósítottuk meg. A tervezés célja egy hatékony és megbízható hajtáslánc kifejlesztése volt, ami képes a raktári környezetben történő folyamatos és intenzív használatra. A szakirodalmi áttekintés után meghatároztuk az elektromos hajtáslánc koncepcióját, ahol a műszaki követelmények és a piaci igények figyelembevételével döntöttünk a villanymotor és a szükséges áttételek specifikációjáról. Az áttétel meghatározása után választottuk ki a szíjhajtás komponenseit és a kerekek optimális átmérőjét. A szíjhossz és a motor pontos helyzetének kialakítása kulcsfontosságú lépés volt a hatékony erőátvitel és a kocsi általános mozgékonyságának biztosítása érdekében. A motor konzoljának tervezése során kiemelt figyelmet fordítottunk a hajtáslánc összeszerelhetőségére és karbantarthatóságára. A konstrukció lehetővé teszi a szíjfeszesség egyszerű állítását, amely létfontosságú a hosszú távú megbízható működés és a karbantartási igények minimalizálása szempontjából. Emellett a gyárthatósági szempontok is meghatározóak voltak a tervezés során, a költséghatékony és gyors gyártási technológiákat választottuk a tervezési folyamatban.

Kulcsszavak: komissiózó, elektromos, szíjhajtás

Abstract

During the design phase, we implemented the mechanical design of the electric drive train of the order picking trolley developed in cooperation with KLS 2000 Ltd. The aim of the design was to develop an efficient and reliable drive train capable of continuous and intensive use in a warehouse environment. After a literature review, the concept of the electric drivetrain was defined, where the specifications of the electric motor and the required gear ratios were decided taking into account the technical requirements and the market needs. After defining the gear ratio, the belt drive components and the optimal diameter of the wheels were selected. The exact positioning of the belt length and motor was a key step to ensure efficient power transmission and overall mobility of the car. When designing the engine bracket, particular attention was paid to the assembly and maintainability of the drivetrain. The design allows for easy adjustment of belt tension, which is vital for long-term reliable operation and to minimise maintenance requirements. In addition, manufacturability was a key consideration in the design, with cost-effective and rapid manufacturing technologies being chosen in the design process.

Keywords: *picking cart, electric drivetrain, beltdrive*

1. Bevezetés

A cikk témája egy raktározásban használatos kommissiózó kocsik hajtásláncjának gépészeti tervezése. Célja, hogy a raktározás során korábban kézi erővel mozgatott kocsit a nagyobb terhelhetőség miatt elektromos rásegítéssel lássunk el. Ennek oka az ergonómiai, munkaegészségügyi szabályozások, valamint a hatékonyság növelése. Az elektromos rásegítéssel csökkenthető a munkavállaló fizikai terhelése, mellyel csökkenthető a munkaegészségügyi kockázat mértéke. Az általunk előre meghatározott követelmények tartalmazzák a kocsi terhelhetőségét, a szükséges vonóerőt, illetve olyan kiegészítő funkciókat, mint a vontatás és a vontatás során akkumulátor töltése.

2. Követelmények bemutatása

A kommissiózó kocsik követelményei érintik a gépészeti kialakítást, így a megfelelő méretezést, illetve az elektronikai tervezést. Az alábbi felsorolás tartalmazza a követelményeket.

Műszaki követelmények:

- Differálható hajtás
- Megengedett össztömeg esetén vonóerő maximum 500 N
- Elektromos hajtás sebességtartománya: 0-6 km/h
- Maximum 48 V-os energiatároló rendszer
- Maximális terhelhetősége 1500 kg
- Kézi mozgatású üzem során a szükséges vonóerő 50%-ának előállítása
- Vontatás közben akkumulátor töltése

Ezen követelmények teljesítéséhez szükséges a járművet egy vezérlő és felügyelő rendszerrel ellátni, mely az alábbi funkciókat képes ellátni.

- Rásegítés csak megfelelő feltételek mellett
 - Zavarokból adódó szenzoros jelek figyelmen kívül hagyása
- Szenzorok jelfeldolgozása

- Engedélyező kar ellenőrzése: helyes használat megállapítása
 - Engedélyező kar aktiválása után szenzoros jelek feldolgozása
- Meghajtás nyomatékreferenciájának előállítása
 - Egyenes vonalú haladás üzem
 - Fordulósos üzem
- Energiatároló rendszer felügyelete
 - Túlmerítés és túltöltés megakadályozása
 - Túlmelegedés elleni védelem

3. Elektromos hajtáslánc tervezése

A hajtáslánc méretezése során több tényezőt szükséges figyelembe venni. A megfelelő feszültség szint és az előírt teljesítmény, valamint vonóerő alapján kiválasztásra került egy 1,5 kW névleges teljesítményű, 48V-os feszültségen működő villanymotor. A kommissió kocsizozgatásáról 2 db villanymotor gondoskodik, a hatékonyabb ívmeneti működés miatt. A kocsizozgatási sebességtartománya rásegítés, illetve vontatás közben különböző. A rásegítés 0-6 km/h tartományt fed le, a vontatás során a sebessége elérheti a 25 km/h-t. Az áttétel kiválasztásánál fontos szempont a vontatási sebesség. A 25 km/h-s maximálisan megengedett sebesség elérésénél a motor által generátorüzemben indukált feszültség nem haladhatja meg az általunk választott motorvezérlő maximális feszültség szintjét. Ismerve a motor feszültségállandóját, a fordulatszámából kiszámítható, mekkora indukált feszültséget érünk el a végsebességnél [1;2].

A motor névleges fordulatszáma a feszültségállandó használatával a következőképpen számítható.

$$N_{\text{motor névl}} = K_v \cdot U_{\text{névl}} = 95,1 \frac{1/\text{min}}{\text{V}} \cdot 48 \text{ V} = 4565,1 \frac{1}{\text{min}}$$

Ahol:

- $K_v = 95,1 \frac{1}{v}$ – Feszültségállandó
- $U_{névl} = 48 V$ – Névleges bemeneti feszültség

A hajtáslánc áttételének számításakor a 25 km/h vontatási sebesség során elért fordulatszámot a névleges fordulatszám alatt kell tartani. A kocsí terhelhetősége, illetve a legnagyobb rakodótér eléréséhez kiválasztásra kerültek a kerekek.

Az 1500 kg összerhelhetőséget, valamint a kerék agyrészének kialakítását figyelembe véve az 1. ábrán látható, reteszhoronnyal ellátott, poliuretán kerék került kiválasztásra. A kerék terhelhetősége 590 kg, átmérője 160 mm. A kerék futófelülete 50 mm széles, Shore A 78 keménységű poliuretánból készült, mely nem hagy nyomot a padlón, és nagyon jó gördülési együtthatóval rendelkezik. [3]



1. ábra: Poliuretán hajtókerék [3]

3.1. Áttétel meghatározása

A kerék átmérőjének ismeretében meghatározható a szükséges áttétel. A kerék átmérője alapján a maximális vontatási sebességnél elért kerékfordulatszámot az alábbi összefüggéssel kapjuk meg. [4]

$$N_{kerék} = \frac{v}{\pi \cdot d} \cdot 60 = \frac{6,94 \frac{m}{s}}{\pi \cdot 0,16 m} \cdot 60 = 828,4 \frac{1}{min}$$

Ahol:

- $v = 25 \frac{km}{h} = 6,94 \frac{m}{s}$ – Jármű sebessége
- $d = 160 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$ – Kerék átmérője

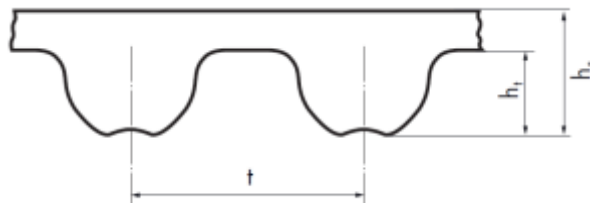
A kiszámított fordulatszámok ismeretében az alábbi áttételnél kisebb áttételt szükséges választani.

$$i_{max} = \frac{N_{motornévl}}{N_{kerék}} = \frac{4565}{828,4} = 5,51$$

Ahol:

- $N_{motornévl} = 4565 \frac{1}{min}$ – Motor névleges fordulatszáma
- $N_{kerék} = 828,4 \frac{1}{min}$ – Kerék fordulatszáma

A vonóerő várható mértéke miatt az 5M profillal ellátott szíjhajtást választottuk. Ez a szíjtípus az ISO 13050 szabványban meghatározott fogasszíz. A szíjon elhelyezett fogak távolsága (t) 5 mm, a teljes szíz vastagsága (h_s) 3,4 mm, a fogprofil mélysége (h_t) 1,9 mm. A szíz szélessége 15 mm. A szíz profilja a 2. ábrán látható.



2. ábra: 5M profilú szíz sematikus rajza [5]

A hajtott szíjtárcsa esetén a legnagyobb fogszámmal rendelkező a 72 fogas, melynek külső átmérője 114,6 mm. Hajtó szíjtárcsa esetében több lehetőség is megvizsgálásra került. Katalógus alapján elérhető 12-14-15-16-18-20-21 fogszámmal. Az alábbi táblázat tartalmazza az elkészíthető áttételeket.

1. táblázat: Elkészíthető áttételek listája (Forrás: saját szerkesztés)

Hajtó szíjtárcsa mérete	Hajtott szíjtárcsa mérete	Áttétel
12	72	6,00
14	72	5,14
15	72	4,80
16	72	4,50
18	72	4,00
20	72	3,60
21	72	3,43

A táblázat alapján a 14 fogú szíjtárcsa lenne az optimális az áttétel kialakításához, de a gépészeti kialakítás, ismerve a motor kihajtó tengelyének kialakítását, nem elvégezhető, a 18 foggal ellátott szíjtárcsa szerelhető fel a motor tengelyére. A szíjhatás áttétele a 18-72 párosítással 4, az alábbi összefüggéssel kiszámítható, mekkora feszültséget gerjeszt a motor vontatás közben. [2]

$$N_{vontatás} = i \cdot N_{kerék} = 4 \cdot 828,4 \frac{1}{min} = 3979 \frac{1}{min}$$

Ahol:

- $i = 4$ – A kiválasztott áttétel
- $N_{kerék} = 828,4 \frac{1}{min}$ – Kerék fordulatszáma

A fordulatszám alapján a vontatás során gerjesztett feszültség:

$$U_{vontatás} = \frac{N_{vontatás}}{K_v} = \frac{3979 \frac{1}{min}}{95,1 \frac{min}{V}} = 41,8 V$$

Ahol:

- $N_{vontatás} = 3979 \frac{1}{min}$ – Kerék fordulatszáma
- $K_v = 95,1 \frac{min}{V}$ – Feszültségállandó

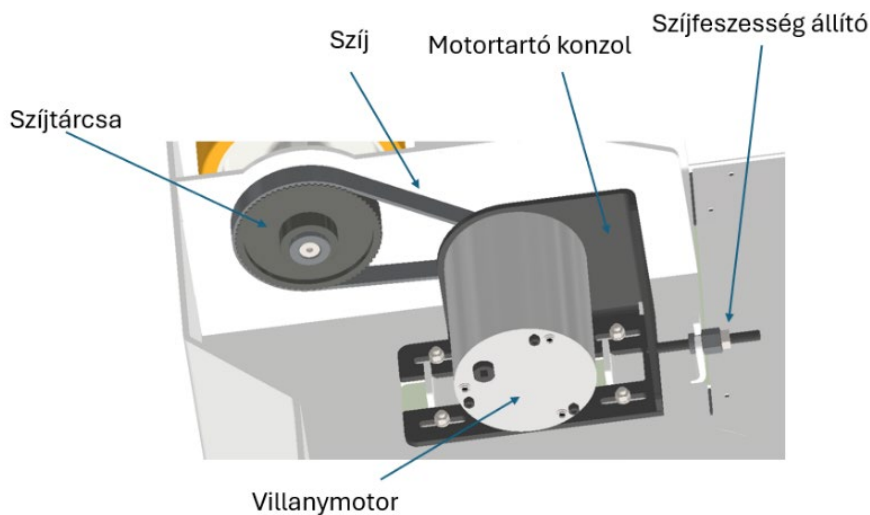
Ez a feszültség szint nem lépi túl a motorvezérlő maximális feszültségét, nem okoz benne károsodást.

A szíjtárcsák méretének ismeretében kiválasztásra került a szíjhossz.

3.2. Motortartó konzol tervezése

A hajtásláncba beépítésre kerülő villanymotor pozícióját a szíjhajtás tengelytávja, illetve a motor fizikai méretei határozták meg. Az egyedi fejlesztésű, szénkefe nélküli (BLDC) motor külső átmérője 110 mm, hossza 130 mm. A szíjhajtás tengelytávja 162 mm.

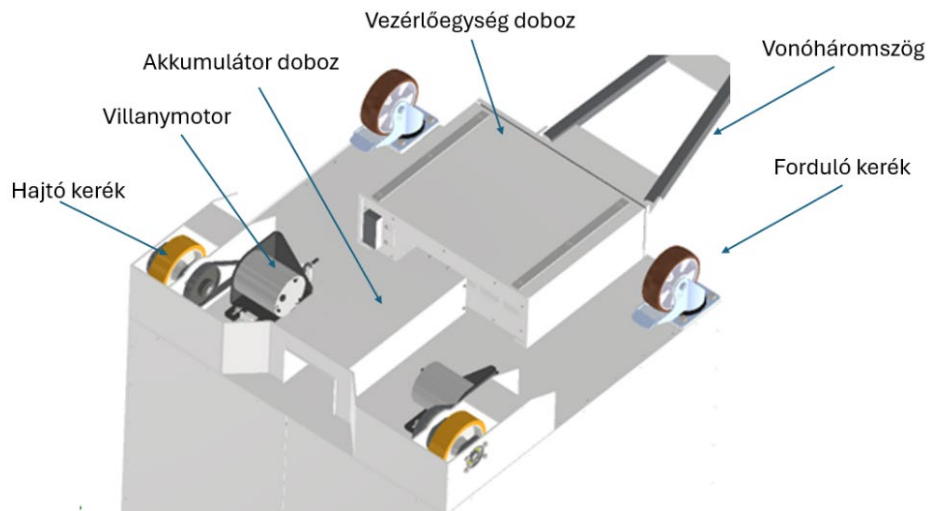
A motor felfogatása 4 db M6 csavarral történik, mely 95 mm osztóköron helyezkedik el. A motortartó kialakításánál különös figyelmet fordítottunk a karbantartásra, szerelhetőségre. A szíj cseréjéhez, feszességének beállításához a motortartó konzolt menetes orsóval lehet mozgatni. Ezt az összeállítást a 3. ábra mutatja.



3. ábra: Állítható motortartó konzol (Forrás: saját szerkesztés)

3.3. Akkumulátortartó és vezérlőmodul dobozolás

A hajtáslánc tápellátásáról egy 48V 20 Ah kapacitású akkumulátor gondoskodik. Az akkumulátort szükség esetén könnyen el lehet távolítani a számára kialakított akkumulátortartó alagútból, szükség esetén külső áramforrásról is lehet tölteni. Az akkumulátor dokkoló aljzata egy 3D nyomtatott adaptert tartalmaz, mely tartalmaz megvezető kúpot a pontos pozicionálás érdekében.



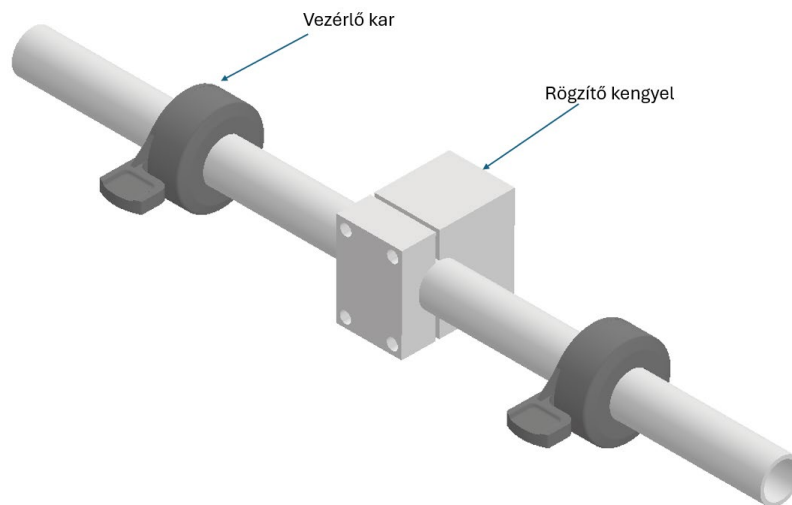
4. ábra: Kommissiózó kocsí alváza alsó nézetből (Forrás: saját szerkesztés)

Az eszköz vezérléséhez szükséges modulok, áramkörök, motorvezérlő eszközök egy külön dobozolás kaptak. A vontatóháromszög alatt található fiók energialáncokkal vannak ellátva, a fiók kihúzása ezzel könnyen megoldott. A fiók alsó belső oldala szellőzőnyílásokkal van ellátva, mivel a motorvezérlő nagy teljesítmény mellett jelentős veszteséghőt képes termelni.

4. Kézi vezérlés

A kocsí irányításához, kézi vezérléséhez elláttuk a kocsit egy kézi karral, melyen forgó potenciómétereket helyeztünk el. Ezek segítségével a kezelő tudja eldönteni, mely kerékre mekkora vonóerőt ad, ezzel segítve a kocsí fordulását, könnyebb manőverezhetőség érdekében. [6]

A potencióméterek segítségével a kocsí előre és hátrafelé is tud mozogni, ezzel a tolás mellett a kezelőt érő igénybevétel húzás során is. A kocsí két oldalán vészleállító gombok kerültek elhelyezésre, melyre a kocsí mérete miatt van szükség.



5. ábra: Kézi vezérlő konzolja (Forrás: saját szerkesztés)

A kézi vezérlés esetében fontos az ergonomikus kialakítás. Ehhez a kézi mozgatáshoz használt kart úgy szükséges rögzíteni, hogy az a talajtól 900-1100 mm-re van, szélessége 400 mm. A cső átmérője, megfelelő fogás biztosítása érdekében 22 mm átmérőjű. Amennyiben szükséges, ellátható gumi markolattal, mellyel csökkenthető a kéz lecsúszásának veszélye. [7]

5. Összegzés

A cikkben bemutatott elektromos hajtás segítségével jelentősen lehet csökkenteni a munkavállalók terhét, valamint a munkavédelmi és ergonomiai szabványoknak megfelelően nagyobb hasznos tömeget képes mozgatni. A hajtáslánc rögzíthető különböző felépítménnyel rendelkező kocsihoz is, hiszen az alvázhoz van minden komponens rögzítve.

A kocsis tesztüzeme során meg kell vizsgálni a követelmények teljesítését, esetleg a követelmények módosítását is meg kell vizsgálni. A legnagyobb kihívás a teljes tömeg melletti mozgatás, melynél a kocsis fékezése jelenthet problémát. Ehhez szükséges a motorvezérlő konfigurálása motorfék üzemmódokra is, valamint egy rögzítőfék felszerelése is javasolt a kocsira.

6. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a KLS-2000 Kft. az Európai Unió támogatásával valósította meg, a GINOP PLUSZ program keretében. (GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00213)

Irodalomjegyzék

- [1.] R. Nadolski, K. Ludwinek, J. Staszak és M. Jaskiewicz, „Utilization of BLDC motor in electrical vehicles,” *Przeład Elektrotechniczny*, 1. kötet, 1. szám, pp. 180-186, 2012.
- [2.] G. Istenes és J. Polák, „Investigating the Effect of Gear Ratio in the Case of Joint Multi-Objective Optimization of Electric Motor and Gearbox,” *Energies*, 1. kötet, 1. szám, p. 1203, 2024.
- [3.] [Online]. <https://www.technicawheels.co.uk/p5077-160-50-60-125-25-pevodynsoft-drive-wheel-with-plain-bore-keyway-8-78-shore-a.html>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2024].
- [4.] J. Polák és Lakatos István, „EXAMINATION OF DRIVE LINE MATHEMATICAL MODEL,” *MACHINE DESIGN* 1821-1259 2406-0666 , 1. kötet, 1. szám, pp. 33-36, 2016.
- [5.] [Online]. <https://www.optibelt.com/fileadmin/pdf/datenblaetter/Technical-Data-Sheet-optibelt-OMEGA-HP-5M.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2024].
- [6.] G. Istenes és J. Polák, „Kormányzáskor ébredő visszatérítő nyomatékok modellezése alacsony sebességeknél,” in *Intelligens közlekedési rendszerek a fenntarthatóságért Konferenciakiadvány*, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2020, pp. 39-43.
- [7.] ISO 11228-2, Ergonomics — Manual handling — Part 2: Pushing and pulling, International Organization for Standardization, 2007.
- [8.] G. Hirano, „Control method for a power-assisted cart based on operational force,” in *ACTA Press*, Calgary, 2018.

Komissiózó kocsik elektromos hajtáslánc koncepciójának kidolgozása

Developing the concept of an electric powertrain for a picking cart

Orova László Illés^a, Dr. Szauter Ferenc^b, Nagy Zsombor^c

^a Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont

orova.laszlo.illes@ga.sze.hu

^b Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont

szauter@ga.sze.hu

^c KLS-2000 Kft.

nagy.zsombor@kls.hu

Absztrakt

A kutatás során a KLS 2000 Kft.-vel közös együttműködésben fejlesztett komissiózó kocsi elektromos rásegítésű hajtásláncának kialakítási lehetőségeit vizsgáltuk meg, melyek segítségével növelhető az anyagmozgatási folyamatok hatékonysága. A cél egy olyan hajtáslánc kialakítása volt, mely képes az ipari környezetben lévő folyamatos és intenzív raktári munkára. A kutatási módszer első lépéseként szakirodalmi áttekintést, elemzést végeztünk jelenlegi megoldásokról a komissiózó kocsi elektromos rásegítésének kialakításához. Összehasonlítottunk egy hátsó tengelyen hajtott 4 kerekű kocsi és egy önálló hajtással rendelkező ötödik kerekes kocsi konstrukcióját. A 4 kerekű megoldás kiválasztása után méréseket végeztünk, hogy megállapítsuk a villamos hajtáslánc tervezéséhez szükséges bemeneti paramétereket, adatokat. Egy paramétereknek megfelelő komissiózó kocsi segítségével mérésekkel megállapítottuk a megindításhoz szükséges vonóerő nagyságát, valamint a kocsi menetellenállás mezejét. A laboratóriumi mérések során rögzített sebességprofil alapján számításokat végeztünk az akkumulátor kapacitás és a hatótávolság meghatározásához. Az elsődleges koncepciók tervek és mérések alapján a kocsi hatótávolsága akár a 24 km-t is elérheti.

Kulcsszavak: komissiózó, elektromos, szijhajtás

Abstract

The research project involved an investigation into the potential for the design of an electrically assisted drive chain for a picking trolley developed in collaboration with KLS 2000 Ltd. This was with a view to enhancing the efficiency of material handling processes. The objective was to develop a drive train capable of continuous and intensive operation in an industrial warehouse environment. The initial stage of the research methodology entailed a comprehensive literature review and an in-depth analysis of the existing solutions for the design of electric power-assisted picking trolleys. A comparative analysis was conducted between the designs of a rear axle-driven 4-wheel trolley and a self-propelled fifth wheel trolley. Following the selection of the 4-wheel solution, measurements were conducted in order to ascertain the requisite input parameters and data for the design of the electric drive train. Using an order picking trolley with the appropriate parameters, measurements were taken to determine the magnitude of the tractive force required for starting and the trolley's travel resistance field. Based on the speed profile recorded during laboratory measurements, calculations were performed to determine the battery capacity and range. Based on the primary concept designs and measurements, the range of the vehicle can be up to 24 km.

Keywords: picking cart, electric drivetrain, beltdrive

1. Bevezetés

A cikk témája egy ipari raktározásban alkalmazott kommissiózó kocsik elektromos hajtáslánc koncepciójának kidolgozása. A koncepció kidolgozásának célja az anyagmozgatási folyamatok hatékonyságának növelése. A targoncával vontatható kommissiózó kocsik nagy tömege és nehéz irányíthatósága miatt a kézzel történő mozgatásuk sokszor kihívást jelent. E probléma megoldására történt az elektromos rásegítés koncepciójának kidolgozása.

2. Berendezésre vonatkozó előírások

A kommissiózó kocsira vonatkozó előírások meghatározzák a konstrukció kialakítását, mind gépészeti, mind elektronikai szempontból. A koncepciók kialakítása során az alábbi biztonsági és műszaki előírásoknak kell megfelelni.

Műszaki előírások:

- differálható hajtás megvalósítása,
- megengedett össztömeg esetén vonóerő: maximum 500 N,
- elektromos hajtás sebességtartománya: 0-6 km/h,
- maximum 48 V-os energiatároló rendszer,
- kézi mozgatású üzem során a szükséges vonóerő 50%-ának előállítása,
- maximális terhelhetősége: 1500 kg,
- lehetséges legyen a vontatás közbeni akkumulátor töltés.

Biztonsági előírások:

- akkumulátor felügyelete,
- túlmerítés és túltöltés megakadályozása,
- túlmelegedés elleni védelem,
- tápellátást megszakító kapcsoló a jármű két oldalán,
- rásegítést aktiváló kapcsoló,
- szoftveres biztonsági funkciók.

3. Kialakítás bemutatása

A kialakítás tervezése során kétféle meghajtási megoldás használatát vizsgáltuk meg. Az egyik megoldás egy négykerékű kommissiózó kocsis, melyek közül a két hátsó keréken történik a hajtás. A másik megoldás a 4 kerékű kocsira szerelhető úgynevezett ötödik kerék felszerelése, mely önmagában végzi el a kocsis mozgását.

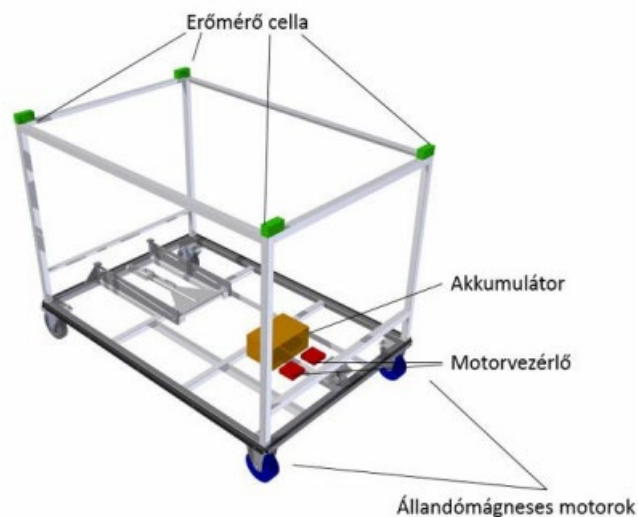
A megoldások közül fejlesztési célként egy 4 kerékű kocsis fejlesztése lett kitűzve, melyen a hajtás a hátsó tengelyen önálló villanymotorokkal történik. Ez a konstrukció azért lett kiválasztva, mert egyszerűbb mechanikai rendszert kínál, amely könnyebben kivitelezhető. A kevesebb kerék könnyebb kormányzást tesz lehetővé, illetve csökkenti a gördülési ellenállást is. A vonóerő két keréken kerül kifejtésre, ezáltal kisebb a nyomaték a hajtott kerekeken, illetve lehetőség van a kormányzás rásegítésére is a vonóerő szabályzásával. A két rendszer összehasonlítását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A két koncepció összehasonlítása (Forrás: saját szerkesztés)

4 kerékű kialakítás	5 kerékű kialakítás
egyszerűbb mechanikai rendszer, könnyebben kivitelezhető és kifejleszhető	a hajtott kerék terhelése bizonytalan, külön felfüggesztést, rugózást, illetve esetleg szabályzást igényel aktuátorral
kisebb gördülési ellenállás könnyebb kormányzás	nagyobb gördülési ellenállás, főleg ívmenetben az ötödik kerék akadályozza a kormányzást, ha nem a hátsó tengelyen van, akkor jelentősen akadályozza a kormányzást
a vonóerőt két keréken kell kifejteni, kisebb terhelés, kisebb nyomaték a hajtott keréken	a vonóerőt egy keréken kell kifejteni, a nagyobb nyomaték konstrukciós és használati hátrányokkal jár
a vonóerő kifejtése kevésbé bizonytalan aszimmetrikus terhelésnél	az ötödik kerék terhelése nagyon változik a terhelés elhelyezésétől függően
lehetőség van kormányzás segítésére a vonóerő szabályzásával	nincs lehetőség kormányzás segítésére a vonóerő szabályzásával
lehetőség van vontatás közbeni rekuperálásra	vontatás közbeni rekuperálás megoldható, de nagy gördülési ellenállást okoz
nem kell a vázat jelentősen módosítani, nem kell külön tartószerkezet és kerékfelfüggesztés	a vázban jelentős módosítást kell végrehajtani, tartószerkezet szükséges a plusz keréknek és a kerékfelfüggesztésnek

A kommissiózó kocsis kialakítása az 1. ábrán látható. A kocsis 4 kerékkel rendelkezik, az első tengely forgókerekes, a hátsó tengely fixkerekes. Az első tengely kerekeinek forgónak és fékezhetőnek kell lennie, ezzel biztosítható a nagy terhelés melletti manőverezhetőség és biztonságos rögzítés is. Az egyszerű kialakítás és beszerezhetőség miatt célszerű a kereskedelmi forgalomban is kapható kommissiózó kerekek használata. A hátsó fix kerekek kialakításánál figyelembe kell venni, hogy olyan kialakításúak legyenek, melyek képesek a

hajtás átvitelére. A kerék méretét pedig a hajtás áttételének tervezése során szükséges meghatározni. Az elektromos rásegítés elemei a kocsipadlólemezében lennének elhelyezve. Az akkumulátor elhelyezését úgy kell megvalósítani, hogy szükség esetén könnyen cserélhető legyen és a töltő aljzata is könnyen hozzáférhető legyen. Az akkumulátor csomag kiválasztása során fontos, hogy a műszaki és biztonsági specifikációnak is megfeleljen. A vezérlőegységek az akkumulátor közelében lennének elhelyezve, és egymással CAN busz hálózaton keresztül kommunikálnának. Fontos, hogy a két motor vezérlése különálló legyen a differenciálható hajtás megvalósítása miatt. A jármű irányítása erőmérő cellák segítségével történne, amelyek a jármű elején és hátulján helyezkednek el. A kanyarodás rásegítését a két erőmérő cella eltérő erejű nyomásával lehetne vezérelni. A kocsihajtása állandómágneses motorok segítségével lenne megoldva. [1-3]



1. ábra: Kommissiózó kocsikialakításának koncepciója (Forrás: saját szerkesztés)

4. Gördülési ellenállások mérése

A mérés célja, hogy meghatározzuk a jármű mozgatásához szükséges vonóerőt. A valós mérések előtt két főbb vonóerő komponens mérését terveztük. [4]

Pillanatnyi vonóerőt meghatározó erők:

- a gördülési ellenállás leküzdésére fordított erő,
- a gyorsításhoz szükséges vonóerő.

A vonóerő mérésére egy HBM 5 kN-os erőmérőcellát rögzítettünk a kommissió jármű tolórúdjára. Az erőmérés mellett egy másik mérőrendszer telepítésére is sor került. E mérés alapját egy OMRON állítható közelségsszenzor képezi, amely a jármű kerekének merevítő bordáit használja sebességmérésre. A digitális jelek feldolgozását egy NI c-DAQ adatgyűjtő végzi.

A mérés célja az adott sebességhez tartozó vonóerők meghatározása. A sebességtartó üzemek mellett olyan méréseket is kell végezni, amely a statikus súrlódás leküzdésére – jármű indítása – irányul. A vizsgálatokat különböző terheltségi állapotok mellett is el kell végezni, hogy a szükséges vonóerő tömegfüggőségére is rámutassunk.

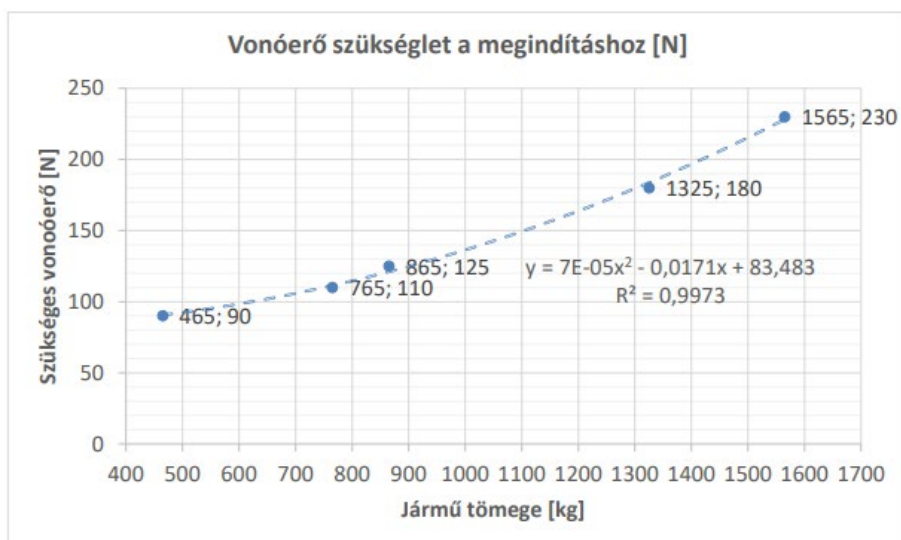
Meg kell határozni az üres jármű, a negyed, fél, háromnegyed és teljes terhelésű jármű indításához szükséges vonóerőt (2. táblázat). Szükséges még a 1, 2, 3, 4 és 5 km/h-hoz tartozó vonóerő meghatározása üres, fél és teljes terhelés mellett (3. táblázat). A kommissió kocsit terhelését 20 kg-os súlyokkal végeztük, így több terhelési állapotot is szimuláltunk.

2. táblázat: Megindításhoz szükséges vonóerő értékek (Forrás: saját szerkesztés)

Jármű tömege [kg]	465	765	865	1325	1565
Megindításhoz szükséges vonóerő [N]	90	110	125	180	230

Az eredményeket diagramon ábrázolva (2. ábra) egy olyan másodfokú polinom-illesztés adódik, amely jól közelíti a mérési pontokat. Ez az összefüggés jellemzi a jármű csapágyainak statikus súrlódását, illetve a görgők padlózatot deformálásából eredő vonóerő-szükség többletet. A megindításhoz szükséges vonóerő az alábbi egyenlet (1. egyenlet) segítségével számítható a tömeg függvényében.

$$f(x) = 7E - 5x^2 - 0,0171x + 83,483 \quad (1)$$

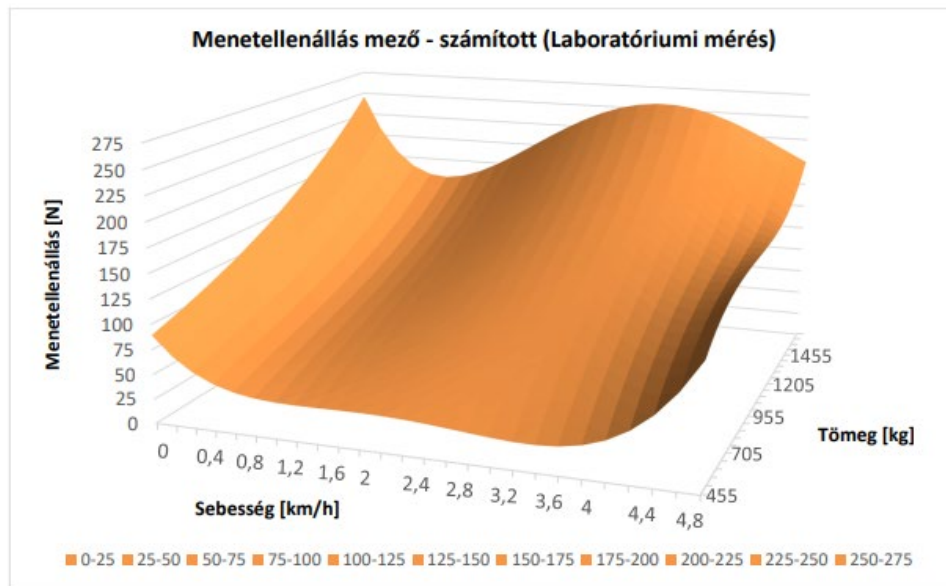


2. ábra: Polinom-illesztés az indításhoz szükséges vonóerőre (Forrás: saját szerkesztés)

3. táblázat: Sebességtartáshoz szükséges vonóerő (Forrás: saját szerkesztés)

Szükséges vonóerő [N]	Jármű tömege [kg]				
		465	865	1325	1565
Sebesség [km/h]	1	40	65	120	130
	2	35	95	135	185
	3	35	110	170	230
	4	35	110	180	220

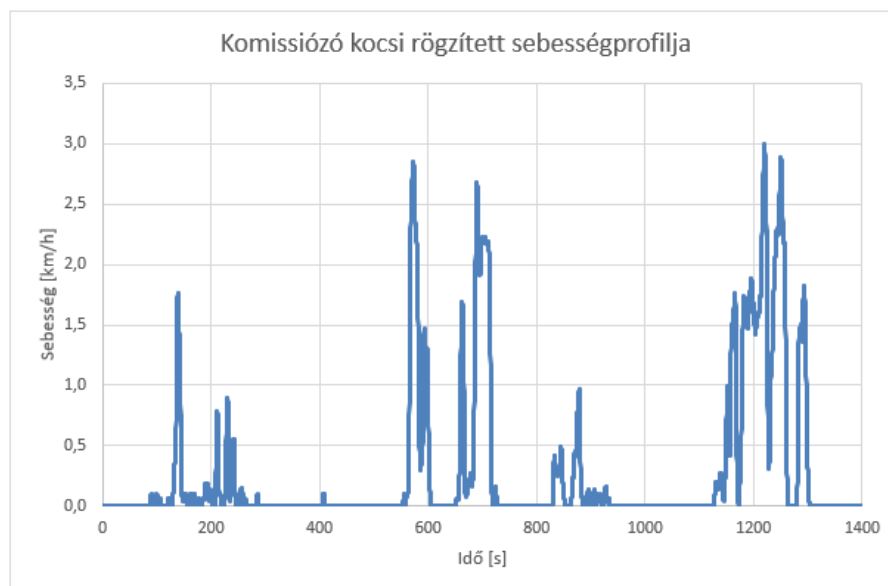
A mérési pontok alapján polinom-illesztéssel meghatározható a menetellenállást leíró sebesség és tömegfüggő menetellenállás-mező. A mérések mindkét haladási irányban el lettek végezve, hogy a padlózat lejtése ne befolyásolja az eredményt. A 3. ábra jól szemlélteti, hogy a jármű tömege jelentősen befolyásolja a vonóerő szükségletet minden sebességtartományon belül. Adott sebességen felül – 2-3 km/h felett – a menetellenállás kevésbé függ a jármű sebességétől.



3. ábra: Menetellenállás mező (Forrás: saját szerkesztés)

5. Akkumulátor kapacitás meghatározása

Az akkumulátor méretezést megelőzően fel kell mérni a valós használati ciklusokat, amelyben a jármű elektromos hajtást igényel. A megtett távolság mellett fontos azt is rögzíteni, hogy a jármű milyen dinamikával közlekedik. A gyakori gyorsításokból és fékezésekből olyan energiatöbbletek adódhatnak, amelyek helytelen energiatároló rendszerválasztást eredményezhetnek. A laboratóriumi mérések során rögzített sebességprofilját a 4. ábra mutatja be.



4. ábra: Rögzített sebességprofil a laboratóriumi mérések során (Forrás: saját szerkesztés)

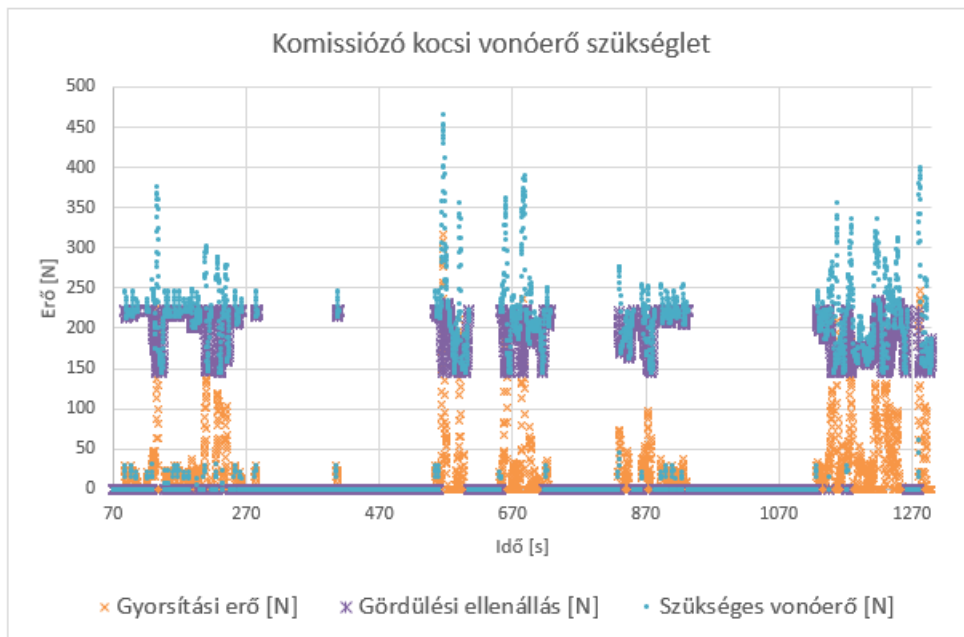
A kapott sebességprofilot deriválva idő szerint megkapjuk a jármű gyorsulását, amelyből számítható a gyorsításokra és fékezésekre fordított vonóerő szükséglet. Az adatokból jól látható, hogy a jármű mozgása során nem jelentkezik nagy gyorsulás, átlagban 0.04 m/s^2 gyorsulás jellemző a jármű gyorsítása során. Ebből következik, hogy nagyobb mértékben a gördülési ellenállás legyőzésére fordítódik a vonóerő (5. ábra). Ez az egyensúly akkor tolódhat el a gyorsítási erő felé, ha a jármű tömege jelentős túlterhelést mutat – kb. 1.5 tonna esetén. A számításoknál állandó össztömeggel számoltunk, amely a megengedett össztömeg volt (1650 kg). A szükséges vonóerő és sebesség ismeretében számítható a mechanikai teljesítmény (2. egyenlet). Mivel a választott motorok hatásfokmezeje még nem ismert, ezért átlagos 75%-os hatásfokkal számoltunk. Az 5. ábrán látható a kommissiózó kocsis energiafogyasztásának görbéje 50%-os rásegítés mellett. A felhasznált energia és megtett távolság hányadosa megadja, hogy a megengedett össztömeg mellett mennyi energia kell egy méter megtételéhez (3. egyenlet). Jelen mérés sebességprofilja alapján a felhasznált energia/megtett távolság értéke 143.21 J/m . Az elsődlegesen választott akkumulátorcsomagot használva (48V, 20Ah) ez elméleti 24 km hatótávolságot jelent (4. egyenlet).

$$E = \frac{1}{\eta} \int_0^T \left(\left(m * \frac{dv(t)}{dt} + F_{ge}(v, m) \right) * v(t) * 0,5 \right) dt \quad (2)$$

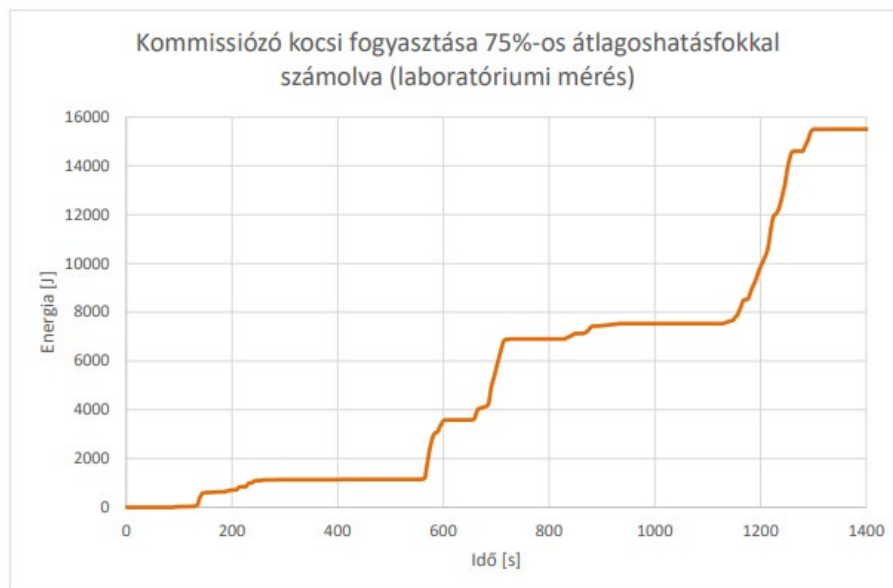
$$e = \frac{E}{\int_0^T v(t) dt} \quad (3)$$

$$d = \frac{U * C * 3600}{e} \quad (4)$$

Az akkumulátor pontos méretezéséhez indokolt a vonóerő mérés megismétlése az alkalmazási helyszínen, a pontos menetellenállás-mező felvételéhez, továbbá szükséges a napi munkaciklusok alapján egy sebességprofil rögzítése is.



5. ábra: Kommissiózó kocsí vonóerő szükséglete (Forrás: saját szerkesztés)



6. ábra: Kommissiózó kocsí energiafogyasztása (Forrás: saját szerkesztés)

6. Összegzés

A cikkben bemutatott elektromos rásegítésű kommissiózó kocsí fejlesztésének célja az ipari anyagmozgatás hatékonyságának növelése. A kocsí koncepciójának kidolgozása során különböző konstrukciós megoldások kerültek vizsgálatra. Végül a hátsó tengelyen elhelyezett, önálló villanymotorokkal működő négykerekű megoldás bizonyult a leghatékonyabbnak. A fejlesztési folyamatot előkészítendően mérések készültek a gördülési ellenállás és a szükséges

vonóerő meghatározására, amelyek alapján sebesség- és tömegfüggő menetellenállás-mező határozható meg. A mérések eredményei kiindulási adatokat biztosítanak a kocsik elektromos hajtáslánc tervezéséhez. A mérések laboratóriumi körülmények között történtek. A végleges hajtáslánc paraméterek meghatározásához szükséges valós ipari körülmények és munkafázisok során is méréseket végezni.

7. Köszönetnyilvánítás

A publikációban szereplő kutatást a KLS-2000 Kft. az Európai Unió támogatásával valósította meg, a GINOP PLUSZ program keretében. (GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00213)

Irodalomjegyzék

- [1.] Hirano, Go & Goto, Kouta. (2020). Development of an Omnidirectional Power-Assisted Cart. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. 1024-1030. 10.18178/ijmerr.9.7.1024-1030.
- [2.] Terui, Nozomi & Wada, Masayoshi. (2023). Variable Center of Mass Control for Omnidirectional Cart with Power-Assist Function. 551-557. 10.1109/ICAR58858.2023.10406897.
- [3.] Wan, Xianglong & Ma, Jiaxin & Zhang, Yichi & Endo, Takahiro & Matsuno, Fumitoshi. (2021). A Power-Assisted Cart with the Optimal Assistance Ratio and Disturbance Observer-Based Methods for Walking Assistance Applications. *Applied Sciences*. 11. 1079. 10.3390/app11031079.
- [4.] Andersen, Lasse & Larsen, Jesper & Fraser, Elsje & Schmidt, Bjarne & Dyre, Jeppe. (2015). Rolling Resistance Measurement and Model Development. *Journal of Transportation Engineering*. 141. 04014075. 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000673.

