



UMELÁ INTELIGENCIA AKO ĽUDSKÝ FAKTOR V LETECTVE

Alexandra Štrauchová
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Patrik Veľký
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

This paper aims to examine the role of artificial intelligence (AI) in aviation, with a particular focus on its impact on decision-making and safety. The objective of the paper is to analyse the development and current state of AI technologies, including machine learning and deep learning, and to assess their application across various areas of aviation. The paper highlights the integration of AI in aircraft design and manufacturing, air traffic management, airport operations, and emerging air mobility systems such as drones and U-space. Special attention is given to the legal, ethical, and safety implications associated with AI adoption in aviation environments. The paper also addresses the interaction between human operators and AI technologies, particularly in cockpits, maintenance processes, and air traffic control. In conclusion, the paper outlines the potential benefits and challenges of AI in aviation and provides insight into its future direction and further development in the field.

Keywords

artificial intelligence, aviation, human factor, safety, decision-making

1. Úvod

Letecká doprava predstavuje jeden z kľúčových pilierov moderného dopravného systému a technologického pokroku. Je charakteristická vysokými nárokmi na efektivitu, spoľahlivosť, bezpečnosť a inováciu. V súčasnosti čelí odvetvie civilného letectva viacerým výzvam, ktoré nesúvisia len s narastajúcim objemom prevádzky, ale aj s potrebou znižovania environmentálnej záťaže, optimalizácie procesov a zvyšovania bezpečnostných štandardov. Umelá inteligencia sa v tomto kontexte javí ako perspektívny nástroj na zvládanie týchto výziev. Ide o dynamicky sa rozvíjajúcu oblasť informačných technológií, ktorá nachádza čoraz širšie uplatnenie aj v letectve. Moderné systémy využívajúce umelú inteligenciu umožňujú automatizáciu zložitých procesov, predikciu porúch, podporu rozhodovania a zvyšovanie úrovne bezpečnosti v rôznych oblastiach – od návrhu a výroby lietadiel, cez plánovanie letov, údržbu a riadenie letovej prevádzky, až po zlepšovanie služieb pre pasažierov.

Vysoká komplexnosť leteckého sektora však prináša viaceré technologické, legislatívne, etické aj organizačné otázky spojené s implementáciou umelej inteligencie. Z tohto dôvodu je nevyhnutné skúmať úlohu umelej inteligencie v letectve so zameraním na jej vplyv na rozhodovacie procesy a bezpečnosť. Cieľom článku je identifikovať oblasti, v ktorých je umelá inteligencia už implementovaná, analyzovať jej potenciál pre ďalšiu integráciu a venovať sa aspektom dôveryhodnosti, etiky a právneho rámca, ktorý má zabezpečiť jej bezpečné a zodpovedné používanie.

Článok vychádza z aktuálnych poznatkov v oblasti vývoja technológií umelej inteligencie, z príslušnej európskej legislatívy a prípadových štúdií implementácie umelej inteligencie v leteckej praxi. Cieľom je poskytnúť komplexný prehľad možností a rizík súvisiacich s využívaním umelej inteligencie v letectve a zároveň zdôrazniť potrebu udržať rovnováhu medzi

technologickým pokrokom a nezastupiteľnou úlohou človeka ako súčasťou systému leteckej bezpečnosti.

2. História a vývoj umelej inteligencie

Koncept umelej inteligencie má svoje filozofické korene už v 17. storočí, keď René Descartes uvažoval o možnosti, že stroje by v budúcnosti mohli vykazovať známky inteligentného správania a autonómneho rozhodovania. No až v 50. rokoch 20. storočia nastal skutočný vedecký rozvoj, keď Alan Turing vo svojej štúdií *Computing Machinery and Intelligence* predstavil takzvaný Turingov test. Ide o metodologický rámec na hodnotenie schopnosti stroja simulovať ľudskú konverzáciu [1].

Za kľúčovú je považovaná konferencia, ktorá sa konala na Dartmouth College v roku 1956, kde John McCarthy definoval pojem „umelá inteligencia“ a spolu s ďalšími odborníkmi načrtnol víziu vývoja inteligentných systémov. Táto udalosť je považovaná za oficiálny začiatok umelej inteligencie ako akademickej disciplíny. V nasledujúcich dekádach sa výskum zamerl na vytváranie základných modelov inteligentného správania. Za významný je považovaný model *Perceptron* z roku 1957, ktorý položil základy neurónových sietí a strojového učenia. Systém *ELIZIA* je prvý jednoduchý konverzačný systém, ktorý vznikol v roku 1966 a demonštruje schopnosť spracovania prirodzeného jazyka. Za ďalší významný míľnik je považovaný systém *Deep Blue*, ktorý v roku 1997 porazil svetového šampióna v šachu. To predstavovalo prelom v oblasti aplikácie výpočtového výkonu a algoritmickej optimalizácie [2].

V 21. storočí došlo k prudkému rozvoju umelej inteligencie vďaka dostupnosti veľkých objemov dát, zvýšenej výpočtovej kapacity a pokroku v oblasti hlbokého učenia. Tieto faktory zásadným spôsobom prispeli k rozšíreniu umelej inteligencie do širokého spektra priemyselných odvetví vrátane letectva, kde zohráva čoraz významnejšiu úlohu pri optimalizácii procesov, zvyšovaní bezpečnosti a podpore rozhodovania v komplexných systémoch [1].

3. Základné vymedzenie umelej inteligencie

V súčasnosti neexistuje jednotná a presne stanovená definícia pojmu umelá inteligencia. No aj napriek tomu je možné tento pojem vymedziť ako oblasť, ktorá umožňuje zariadeniam vykonávať úlohy vyžadujúce vlastnosti podobné ľudskému mysleniu, medzi ktoré patrí schopnosť učiť sa, analyzovať informácie, riešiť problémy, strategicky plánovať či prispôbovať svoje správanie aktuálnym podmienkam. Jej prítomnosť je často pre používateľov neviditeľná no aj napriek tomu sa stala neoddeliteľnou súčasťou každodenného života. Systémy umelej inteligencie sú schopné autonómne vykonávať úlohy a zároveň prispôbovať svoje správanie na základe spätnej väzby, získanej z predchádzajúcich akcií. Ich významnou prednosťou je schopnosť spracovávať rozsiahle množstvo dát a učiť sa z nich, čím sa priebežne zvyšuje ich presnosť a efektívnosť [3].

Pohľad na definovanie umelej inteligencie sa v literatúre rôzni. Niektorí autori ju opisujú ako vednú a inžiniersku disciplínu, ktorej cieľom je vývoj inteligentných strojov a softvéru schopného imitovať ľudské myslenie a správanie. Iní odborníci chápu umelú inteligenciu ako komplexný systém, ktorý sa sústreďuje na skúmanie procesov prebiehajúcich v ľudskej myslí s cieľom vytvárať riešenia umožňujúce inteligentné spracovanie informácií a samostatné rozhodovanie. Spoločným znakom všetkých definícií je dôraz na schopnosť strojov učiť sa, prispôbovať sa novým podmienkam, rozpoznávať vzorce, racionálne uvažovať a následne aplikovať získané vedomosti pri riešení praktických úloh. Na základe analýzy dostupných poznatkov možno konštatovať, že primárnou úlohou umelej inteligencie je naučiť stroje vykonávať úlohy spôsobom, ktorý čo najvernejšie imituje ľudské správanie a rozhodovanie. Efektívne zvládnutie tohto cieľa je podmienené pochopením princípov ľudského myslenia, procesov učenia a vzorcov správania. Aj napriek tomu, že súčasné systémy umelej inteligencie disponujú vysokou výpočtovou kapacitou a pokročilými algoritmi, stále vykazujú isté obmedzenia v porovnaní s ľudskou myslou. Práve preto zohráva strojové učenie kľúčovú úlohu pri zvyšovaní autonómie a adaptívnosti systémov umelej inteligencie [4].

Úzko špecializovaná umelá inteligencia – alebo aj slabá umelá inteligencia, je navrhnutá na riešenie presne definovaných úloh. Charakteristické pre tento typ systémov je, že ich inteligentné správanie vychádza z vopred definovaných modelov, algoritmov a dostupných tréningových dát. Funkčnosť takýchto systémov je podmienená správnu konfiguráciou a dostupnosťou vstupných údajov, pričom na dosiahnutie požadovaných výsledkov je spravidla potrebný zásah človeka. *Všeobecná umelá inteligencia* – taktiež známa aj ako silná umelá inteligencia je koncipovaná ako systém schopný zvládnuť akúkoľvek intelektuálnu úlohu, ktorú dokáže vykonať človek. V súčasnosti ostáva tento typ umelej inteligencie iba teoretickým konceptom, keďže žiadny z existujúcich systémov nie je schopný úplne nahradiť človeka bez potreby ľudskej spolupráce alebo údržby [5].

Vzhľadom na to, že schopnosť učiť sa a prispôbovať svoje správanie je jednou z hlavných vlastností umelej inteligencie, osobitnú pozornosť si zasluhujú metódy, ktoré tento proces umožňujú a systematicky rozvíjajú. Strojové učenie predstavuje jeden z kľúčových pilierov umelej inteligencie, pretože umožňuje počítačovým systémom samostatne získavať

poznatky zo skúseností, analyzovať veľké objemy údajov a na ich základe prijímať efektívne rozhodnutia. V rámci tejto oblasti sa postupne formovali pokročilejšie prístupy, medzi ktoré patrí aj hlboké učenie, ktoré sa vyznačuje vyššou úrovňou abstrakcie a schopnosťou riešiť zložitejšie úlohy. Oba tieto prístupy zohrávajú v rozvoji umelej inteligencie zásadnú úlohu, keďže podporujú adaptívne správanie systémov a umožňujú ich neustále zlepšovanie v závislosti od aktuálnych podmienok a nových dát.

3.1. Strojové učenie

V rámci strojového učenia rozlišujeme tri základné prístupy, a to učenie pod dohľadom, učenie bez dohľadu a posilňovacie učenie. Učenie pod dohľadom je charakteristické tým, že algoritmus pracuje so súborom označených údajov, kde sú známe vstupy aj príslušné výstupy. Na základe týchto dát systém získava schopnosť identifikovať vzťahy medzi vstupom a očakávaným výsledkom, pričom nadobudnuté poznatky aplikuje pri spracovaní nových, doteraz neznámych údajov. Na rozdiel od učenia pod dohľadom, učenie bez dohľadu využíva iba vstupné, neoznačené dáta. Táto metóda sa uplatňuje najmä v prípadoch, kde nie je vopred definovaná predstava o očakávaných výstupoch. Cieľom učenia bez dohľadu je objaviť skryté vzory, súvislosti či štruktúru v dostupných údajoch a na ich základe generovať nové poznatky. Posilňovacie učenie predstavuje prístup, pri ktorom sa algoritmus zdokonaľuje prostredníctvom skúseností získaných metódou pokus-omyl. Systém pri tejto forme učenia dostáva spätnú väzbu vo forme odmen a trestov, ktoré ho motivujú k preferovanému správaniu a súčasne ho odrádzajú od nežiaducich rozhodnutí. Takýmto spôsobom si algoritmus postupne optimalizuje svoje rozhodovanie a zvyšuje úspešnosť pri riešení zadaných úloh [6].

V rámci strojového učenia zohráva kľúčovú úlohu aj jeho pokročilejšia oblasť, a to hlboké učenie. Ide o metódu, ktorá využíva viacvrstvové neurónové siete, pozostávajúce minimálne z troch vrstiev. Tieto siete spracúvajú informácie logickým spôsobom, ktorý sa približuje princípom ľudského myslenia. Proces učenia môže prebiehať nielen pod dohľadom, ale aj bez neho, pričom sa využíva rozsiahly objem dát a pokročilé algoritmy, ktoré sa priebežne optimalizujú a zvyšujú svoju presnosť na základe nadobudnutých skúseností [7].

3.2. Hlboké učenie

Modely hlbokého učenia sú schopné efektívne riešiť zložité úlohy reálneho sveta a prispôbovať sa dynamicky sa meniacim podmienkam. Táto schopnosť vyplýva z architektúry samotných neurónových sietí, ktoré sú inšpirované biologickými neurónmi ľudského mozgu. V porovnaní so štandardnými metódami strojového učenia sú systémy hlbokého učenia omnoho efektívnejšie a výkonnejšie. Neurónové siete sa skladajú zo vstupnej vrstvy, ktorá prijíma dáta, zo skrytých vrstiev, ktoré realizujú ich analýzu a spracovanie, a z výstupnej vrstvy, ktorá generuje konečný výsledok. Každý uzol v sieti predstavuje umelý neurón, ktorý je prepojený s ďalšími uzlami, pričom jednotlivé prepojenia sú charakterizované váhami a prahovými hodnotami. Aktivácia neurónu nastáva v prípade, ak hodnota výstupu prekročí prahovú hodnotu, pričom výsledok je následne odoslaný do ďalšej vrstvy siete. Ak hodnota prahu nie je dosiahnutá, signál sa ďalej neposielá. Prostredníctvom učenia na

tréningových dátach dochádza k priebežnému zvyšovaniu presnosti modelu, čím sa zefektívňuje jeho využitie v oblasti počítačovej vedy a umelej inteligencie. Väčšina neuronových sietí využívaných v hlbokom učení funguje na princípe dopredného prúdenia údajov, kde sa informácie pohybujú jednosmerne — od vstupnej vrstvy k výstupnej. Proces tréningovania modelu môže byť doplnený metódou spätného šírenia chyby, ktorá umožňuje upravovať váhy jednotlivých neurónov tak, aby sa minimalizovala odchýlka medzi predpovedaným a skutočným výsledkom. Tento prístup výrazne zvyšuje presnosť modelu a jeho výkonnosť pri riešení náročných analytických a predikčných úloh [7].

4. Úloha umelej inteligencie v letectve

Umelá inteligencia transformuje letectvo v mnohých smeroch, od návrhu a prevádzky lietadiel, cez ich výrobu a údržbu, až po riadenie letovej prevádzky, letiskové operácie a integráciu dronov [8].

V oblasti **návrhu a prevádzky lietadiel** umelá inteligencia prináša pokročilých virtuálnych asistentov pre pilotov, automatizuje rutinné úlohy, poskytuje inteligentnú podporu pri rozhodovaní v kritických situáciách a predvída rizikové situácie analýzou prevádzkového prostredia a stavu posádky. Umožňuje optimalizáciu riadenia letu, kalibráciu senzorov, detekciu námrazy a presnejšie vyhodnocovanie paliva. Skúmajú sa hybridné riešenia umelej inteligencie a autonómny let, pričom trh s dronmi a ich aplikácie, ako letecké taxi, slúžia ako inšpirácia. Umelá inteligencia podporuje aj návrh a vývoj leteckých systémov, efektívnejšie testovanie a personalizovaný výcvik posádky [9].

Vo **výrobe a údržbe lietadiel** umelá inteligencia efektívne spracováva rastúce množstvo dát, využíva digitálne dvojčatá, integruje internet vecí a prináša pokrok v prediktívnej údržbe, ktorá dokáže odhaliť aj malé náznaky porúch. Prediktívna údržba zvyšuje dostupnosť lietadiel a je implementovaná poprednými spoločnosťami prostredníctvom systémov ako AIRMAN od Airbusu, AHM od Boeingu, EHM od Rolls-Royce a AVIATAR od Lufthansa Technik [9].

V oblasti **životného prostredia** umelá inteligencia pomáha sledovať emisie v reálnom čase, optimalizovať letové trajektórie na znižovanie uhlíkových emisií a hodnotiť environmentálne dopady pomocou rozsiahlych dátových súborov [9].

V **riadení letovej prevádzky** umelá inteligencia zvyšuje presnosť a predikciu, nepretržite monitoruje prevádzku, efektívnejšie riadi vzdušný priestor, optimalizuje trasy a odhaľuje potenciálne konflikty skôr ako ľudskí kontrolóri. Systémy rozpoznávania hlasu zlepšujú komunikáciu a modely strojového učenia poskytujú odporúčania v reálnom čase. Iniciatíva SESAR testuje rôzne aplikácie umelej inteligencie v tejto oblasti. Príkladmi automatizácie sú systémy SkyGrid, Thales a NASA's ATM-X [9], [10].

Na **letiskách** umelá inteligencia zvyšuje bezpečnosť a efektívnosť prostredníctvom detekcie cudzích predmetov, monitorovania vtáctva a dronov. V terminálových operáciách zlepšuje bezpečnosť, hraničné a colné kontroly pomocou biometrického skenovania a rozpoznávania tváre. Používajú sa skenery s milimetrovými vlnami a systémy na sledovanie batožiny

s umelou inteligenciou, ako napríklad BagsID na letisku v Eindhovene [9], [11].

V oblasti **dronov, U-space a inovatívnej leteckej mobility** je umelá inteligencia kľúčová pre bezpečnú integráciu pilotovaných a bezpilotných lietadiel a pre komplexné operácie s dronmi v dynamických prostrediach. Platforma Innovative Air Mobility Hub a koncept U-space s jeho štyrmi úrovňami služieb (U1-U4) predstavujú budúcnosť riadenia vzdušného priestoru s vysokou mierou automatizácie a digitalizácie [9].

Napokon, **kybernetická bezpečnosť** je kritickou oblasťou, kde umelá inteligencia prináša nové výzvy a hrozby, no zároveň je nevyhnutná na ochranu leteckej infraštruktúry pred kybernetickými útokmi [12].

5. Požiadavky Európskej únie na umelú inteligenciu

Európska komisia vo svojich odporúčaní týkajúcich sa umelej inteligencie identifikovala sedem základných požiadaviek, ktoré by mali byť splnené pri vývoji, implementácii a používaní systémov umelej inteligencie, aby sa zabezpečilo ich dôveryhodné, etické a spoločensky prijateľné fungovanie [13].

5.1. Ľudský faktor a dohľad

Umelá inteligencia by mala fungovať ako nástroj na podporu ľudského rozhodovania, nie ako jej náhrada. Aby sme mohli považovať umelú inteligenciu za dôveryhodnú je potrebné zabezpečiť možnosť zásahu človeka do jej rozhodovacích procesov. To je možné realizovať rôznymi spôsobmi, ako:

- **Human-in-the-loop** – človek priamo zasahuje do každej fázy rozhodovania umelej inteligencie
- **Human-on-the-loop** – človek systém monitoruje a má možnosť zasiahnuť
- **Human-in-command** – človek má finálnu kontrolu nad celým systémom a rozhoduje o jeho použití.

Cieľom je chrániť základné práva, predchádzať automatizovanému rozhodovaniu s významným dopadom na jednotlivcov a zabezpečiť informované rozhodovanie používateľov [13].

5.2. Technická odolnosť a bezpečnosť

Systémy umelej inteligencie musia byť navrhnuté tak, aby boli odolné voči technickým chybám, kybernetickým hrozbám a zlyhaniam. Zároveň musia minimalizovať riziko neúmyselných škôd, čo zahŕňa:

- dôkladné testovanie a validáciu algoritmov počas vývoja,
- implementáciu mechanizmov na identifikáciu chýb a automatický prechod do bezpečného stavu,
- zaistenie fyzickej a psychologickej bezpečnosti používateľov integrujúcich so systémom,
- garanciu presnosti a konzistencie výstupov, najmä v citlivých oblastiach ako je aj doprava [13].

5.3. Správa súkromia a údajov

Kľúčovým aspektom dôveryhodnej umelej inteligencie je ochrana osobných údajov. Systémy musia zabezpečiť, že údaje budú spracovávané v súlade s právnymi normami, pričom sa dôraz kladie na:

- minimalizáciu rizika zneužitia údajov,
- zabezpečenie kvality a integrity vstupných údajov,
- prísnu kontrolu prístupu k údajom cez definované dátové protokoly,
- transparentné informovanie používateľov o tom, aké údaje sú zbierané a na aký účel [13].

5.4. Transparentnosť

Transparentnosť zahŕňa nielen technickú vysledovateľnosť rozhodovacích procesov, ale aj zrozumiteľnosť výstupov pre rôzne skupiny používateľov. Používatelia musia vedieť:

- že komunikujú s umelou inteligenciou a nie s človekom,
- akým spôsobom umelá inteligencia dospela k určitému rozhodnutiu,
- prečo bola daná technológia nasadená a aký má dopad na ich práva a každodenný život [13].

5.5. Rozmanitosť, nediskriminácia spravodlivosť

Aby systémy umelej inteligencie konali spravodlivo, musia zohľadňovať potreby a charakteristiky všetkých spoločenských skupín. To vyžaduje:

- dôslednú analýzu a kontrolu dátových súborov,
- zavedenie mechanizmov hodnotenia rozhodovacích procesov,
- konzultácie so zainteresovanými stranami a získavanie spätnej väzby [13].

5.6. Spoločenský a environmentálny blahobyt

Umelá inteligencia by mala byť vyvíjaná tak, aby podporovala spoločenský pokrok, posilňovala medziľudské vzťahy a zároveň nepoškodzovala životné prostredie. Dôraz sa kladie na:

- ekologickú udržateľnosť,
- posudzovanie vplyvov na spoločnosť a verejné zdravie,
- podporu výskumu v oblastiach s vysokým spoločenským prínosom [13].

5.7. Zodpovednosť

Zodpovednosť zahŕňa potrebu zaviesť kontrolné mechanizmy počas celého životného cyklu systémov umelej inteligencie. Medzi základné nástroje patria:

- hodnotenia vplyvu na základné práva a spoločnosť,
- možnosť externého auditu algoritmov a ich výstupov,
- dokumentovanie a analyzovanie etických kompromisov,
- existencia účinných mechanizmov nápravy v prípade negatívnych dopadov na jednotlivcov či skupiny [13].

6. Nariadenie o umelej inteligencii

Nariadenie o umelej inteligencii (EÚ 2024/1689), ktoré nadobudlo účinnosť 1. augusta 2024 a nadobudne plnú platnosť od 2. augusta 2026, predstavuje vôbec prvý komplexný právny rámec zameraný na reguláciu umelej inteligencie na globálnej úrovni. Jeho cieľom je zabezpečiť bezpečné a etické používanie umelej inteligencie v súlade s európskymi hodnotami a základnými právami, pričom sa zároveň podporuje inovácia, hospodárska súťaž a technologický pokrok. Nariadenie zavádza regulačný prístup založený na hodnotení rizika, ktorý rozdeľuje systémy umelej inteligencie do štyroch kategórií: neprijateľné, vysoké riziko, riziká týkajúce sa transparentnosti a minimálne alebo žiadne riziko. Povinnosti vývojárov a používateľov systémov umelej inteligencie sa líšia podľa kategórie rizika, do ktorej konkrétny systém spadá [14].

6.1. Neprijateľné riziko

Systémy umelej inteligencie, ktoré predstavujú vážne ohrozenie základných práv, bezpečnosti alebo dôstojnosti jednotlivcov, sú výslovne zakázané. Ide o praktiky umelej inteligencie, ktoré zneužívajú zraniteľnosť ľudí, manipulujú ich správanie alebo narúšajú dôveru v spoločnosť. Medzi zakázané technológie patria:

- škodlivá manipulácia a podvádzanie prostredníctvom umelej inteligencie,
- škodlivé zneužívanie zraniteľností osôb pomocou umelej inteligencie,
- sociálne hodnotenie jednotlivcov,
- predikcia alebo hodnotenie rizika spáchania trestných činov,
- masové získavanie údajov z internetu či CCTV na rozšírenie databáz rozpoznávania tváří,
- detekcia emócií v pracovnom a vzdelávacom prostredí,
- biometrická kategorizácia na určovanie chránených charakteristík,
- diaľková biometrická identifikácia v reálnom čase na verejných miestach na účely presadzovania práva [14].

6.2. Vysoké riziko

Vysokorizikové systémy umelej inteligencie predstavujú významné ohrozenie zdravia, bezpečnosti alebo základných práv

a preto podliehajú prísny regulačným požiadavkám. Medzi ne patrí:

- Bezpečnostné prvky umelej inteligencie v kritických infraštruktúrach, ktorých porucha prípadne zlyhanie by mohla ohroziť život,
- systémy umelej inteligencie vo vzdelávaní, ktoré ovplyvňujú prístup k štúdiu a kariére,
- riešenia používané v medicíne,
- nástroje na nábor, riadenie zamestnancov a prístup k práci,
- systémy umelej inteligencie určujúce prístup k základným službám,
- biometrická identifikácia, analýza emócií a kategorizácia osôb,
- umelá inteligencia používaná v presadzovaní práva s možným zásahom do základných práv,
- nástroje v oblasti migrácie a hraničných kontrol,
- riešenia podporujúce súdnictvo a demokratické procesy [14].

6.3. Riziko týkajúce sa transparentnosti

Zavádzajú sa špecifické požiadavky na transparentnosť systémov umelej inteligencie, ktoré nespádajú pod vysoké riziko, no ich interakcia s ľuďmi si vyžaduje jasnú komunikáciu o ich používaní. Cieľom je, aby používatelia vedeli, že interagujú s umelou inteligenciou, nie s človekom [14].

6.4. Minimálne alebo žiadne riziko

Systémy, ktoré predstavujú zanedbateľné alebo žiadne riziko, ako napríklad nástroje v oblasti zábavy, odporúčacie algoritmy alebo spamové filtre, nepodliehajú osobitným reguláciám podľa tohto nariadenia. Ich používanie zostáva voľné, bez dodatočných povinností, hoci sa od ich poskytovateľov očakáva dodržiavanie všeobecných pravidiel ochrany údajov a bezpečnosti [14].

7. Analýza problematiky implementovania umelej inteligencie, ako komponent ľudského faktora

Letecká doprava je vysoko komplexný a dynamický systém, kde bezpečnosť zohráva kľúčovú úlohu. Ľudský faktor – teda interakcia medzi človekom a technológiou – predstavuje jeden z najdôležitejších prvkov ovplyvňujúcich bezpečnosť letovej prevádzky. Štatistiky ukazujú, že väčšina nehôd je spôsobená ľudskou chybou. V snahe minimalizovať riziká sa preto čoraz viac integruje umelá inteligencia, ktorá môže pomôcť eliminovať rutinné chyby, zlepšiť presnosť a podporiť rozhodovanie. Aj napriek rastúcim schopnostiam umelej inteligencie však zostáva ľudský úsudok nenahraditeľný – najmä v situáciách, ktoré si vyžadujú intuíciu, skúsenosť a kontextové porozumenie. Preto je dôležité vnímať vzťah medzi človekom a umelou inteligenciou ako synergickú spoluprácu, ktorá umožňuje efektívnejšie zvládanie úloh [15].

Pôvodný heuristický rámec interakcie medzi človekom a strojom, vytvorený v 50. rokoch, bol pre rýchlo sa rozvíjajúce technológie nepostačujúci. Nahradil ho model HABA-MABA-AABA. Tento prístup reflektuje dynamickú povahu technologického vývoja a umožňuje racionálne rozdeliť úlohy podľa toho, ktoré sú vhodnejšie pre ľudí, ktoré pre stroje a ktoré pre systémy umelej inteligencie [16].

Z hľadiska **rýchlosti spracovania** údajov je človek pomalší v porovnaní so strojmi a umelou inteligenciou. Tradičné stroje excelujú najmä v opakujúcich sa činnostiach, zatiaľ čo umelá inteligencia dokáže veľmi rýchlo vykonávať zložité zručnostné a pravidlovo definované operácie [16].

Výkon a konzistentnosť výstupov sú pri človeku ovplyvnené faktormi ako únava či stres, čo vedie k vyššej variabilite. Naopak, stroje a najmä umelá inteligencia vykazujú stabilný výkon počas dlhšieho časového obdobia bez vplyvu mentálneho alebo fyzického vyčerpania. Umelá inteligencia vyniká najmä pri spracovaní veľkých dátových súborov a identifikácii skrytých vzorcov [16].

Pokiaľ ide o **kapacitu spracovania informácií**, ľudský mozog je limitovaný na spracovanie informácií prevažne sekvenčne, zatiaľ čo stroje a umelá inteligencia dokážu pracovať paralelne s viacerými vstupmi. Umelá inteligencia má schopnosť spracovávať rozsiahle a rôznorodé množstvo údajov v reálnom čase [16].

V oblasti **pamätových schopností** človek efektívne uchováva stratégie a princípy, pričom je schopný inovatívneho prístupu. Tradičné stroje však umožňujú presnú a spoľahlivú reprodukciu údajov, no ich flexibilita je obmedzená. Umelá inteligencia predstavuje kombináciu oboch – disponuje vysokou kapacitou ukladania a efektívnym prístupom k informáciám, čo umožňuje učenie na základe skúseností [16].

Z hľadiska **logického myslenia a výpočtov** je ľudská schopnosť silná v induktívnom uvažovaní a rozpoznávaní chýb, zatiaľ čo stroje a umelá inteligencia dominujú v deduktívnom uvažovaní a výpočtovej presnosti. Umelá inteligencia navyše umožňuje sofistikované predikcie a rozhodovanie na základe komplexnej dátovej analýzy [16].

Pri **snímaní a interpretácii senzorických údajov** ľudia využívajú viacúčelové vnímanie a kontextovú interpretáciu, zatiaľ čo stroje sa sústreďujú na kvantitatívne merania. Umelá inteligencia dokáže integrovať rôzne typy vstupov a vykonávať pokročilú analýzu s rozpoznávaním vzorcov [16].

Napokon, pri **vnímaní variability a šumu** v prostredí má človek schopnosť adaptívneho rozhodovania, hoci je náchylný na vonkajšie rušivé vplyvy. Stroje sú v tomto smere obmedzené, zatiaľ čo umelá inteligencia sa ukazuje ako robustnejší nástroj schopný zachytiť kontext a reagovať primerane aj pri výskyte odchýlok [16].

Dôležitosť vhodnej integrácie umelej inteligencie do leteckých systémov ďalej podčiarkuje Cummingsov model, ktorý kategorizuje úlohy do štyroch hlavných skupín:

- **Úlohy založené na zručnostiach:** Opakujúce sa činnosti ako autopilot alebo navigácia, kde umelá inteligencia dokáže zvýšiť efektívnosť a bezpečnosť

presným spracovaním údajov a vykonávaním manévrov.

- **Úlohy založené na pravidlách:** Vyžadujú aplikáciu jasne definovaných protokolov. Umelá inteligencia tu môže asistovať pilotom pri ich dodržiavaní a ponúkať rozhodovacia podporu, čím znižuje pravdepodobnosť chýb v krízových situáciách.
- **Znalostné úlohy:** Tieto úlohy pracujú s neúplnými alebo nejasnými informáciami. Umelá inteligencia pomáha organizovať a interpretovať veľké množstvo dát, čím zvyšuje kvalitu rozhodovania.
- **Expertné úlohy:** Vyžadujú hlboké odborné znalosti a intuíciu, často v podmienkach vysokej neistoty. Umelá inteligencia tu nemá schopnosť nahradiť človeka, ale môže poskytnúť cennú podporu analýzou údajov a zvýšiť situačné povedomie [16].

Cieľom integrácie umelej inteligencie nie je nahradenie človeka, ale vytvorenie komplementárneho partnerstva, ktoré spája analytické schopnosti umelej inteligencie s ľudským úsudkom a skúsenosťami. Takáto spolupráca môže významne prispieť k zvyšovaniu bezpečnosti a spoľahlivosti leteckej dopravy.

8. Budúcnosť umelej inteligencie

S rastúcim vývojom diaľkovo riadených lietadiel a inteligentných systémov sa čoraz viac diskutuje o budúcnosti ľudskej prítomnosti na kľúčových pozíciách v letectve. Napriek rýchlemu technologickému pokroku zostáva ľudský faktor nepostrádateľný, najmä pre svoju schopnosť zvládať nepredvídateľné situácie. Implementácia plne autonómnych systémov naráža na limity v oblastiach ako adaptabilita, flexibilita a intuíciu. Kľúčom k bezpečnej budúcnosti je preto synergická spolupráca človeka a umelej inteligencie [17].

8.1. Vývoj podľa časových horizontov

2025 – 2030

Očakáva sa rast objemu leteckej dopravy a postupné začlenenie umelej inteligencie do podporných systémov – najmä na vykonávanie jednoduchých, opakujúcich sa úloh. Ľudia budú aj naďalej zodpovední za komplexné rozhodnutia. Dôležitým cieľom tohto obdobia je budovanie dôvery medzi človekom a umelou inteligenciou [17].

2030 – 2035

Prichádza prechodná fáza s väčšou komplexnosťou prevádzky. Umelá inteligencia prevezme viac rutinných činností a začne participovať na niektorých komplexnejších úlohách. Úlohy ľudí sa posunú smerom k strategickému rozhodovaniu. Kvalita interakcie medzi človekom a umelou inteligenciou bude rozhodujúca [17].

2035 – 2040

Bežné situácie budú zvládané systémami s umelou inteligenciou. Umelá inteligencia prevezme koordináciu vzdušného priestoru a medzinárodných systémov. Ľudia budú zasahovať najmä v prípade odchýlok alebo kríz [17].

2040 – 2050

Umelá inteligencia získa schopnosť samostatne podporovať rozhodovanie aj v nenormálnych situáciách. Zároveň bude aktívne spolupracovať s ľudskými operátormi. Ľudský faktor zostane kľúčový, no bude sa sústreďovať na strategické plánovanie a dohľad [17]

Do roku 2050 umelá inteligencia zásadne zmení leteckú prevádzku. Vďaka nej bude možné efektívnejšie riadiť rastúcu komplexnosť leteckej dopravy. Mnohé ľudské úlohy prevezmú inteligentné systémy, čo povedie k zániku niektorých pracovných pozícií, transformácii iných a vzniku nových. Ľudský faktor však zostane dôležitý – zameria sa najmä na dohľad nad systémami, riešenie krízových situácií a strategické rozhodovanie.

Záver

Umelá inteligencia sa čoraz výraznejšie uplatňuje v oblasti letectva, kde zvyšuje efektívnosť, spoľahlivosť a úroveň bezpečnosti. Tento článok ukázal, že hoci umelá inteligencia dokáže výrazne podporiť rozhodovacie procesy a automatizovať mnohé činnosti, jej úlohou nie je nahradiť človeka, ale rozšíriť jeho schopnosti. Ľudský faktor zostáva nenahraditeľný najmä v kritických a nepredvídateľných situáciách, kde sú kľúčové skúsenosti, intuícia a schopnosť improvizácie. Vzhľadom na rastúci význam umelej inteligencie je nevyhnutné zaoberať sa aj etickými a právnymi otázkami, ktoré s jej využitím súvisia. Dôvera v systémy umelej inteligencie, ich transparentnosť a bezpečnosť budú zásadné pre ich úspešnú a udržateľnú implementáciu.

Zároveň je však potrebné klásť si otázku: ktoré činnosti by sme mali umelej inteligencii zveriť a ktoré nie? Automatizácia rutinných, opakovateľných a technicky presne definovaných úloh – ako je plánovanie letových trás, monitorovanie technického stavu lietadiel či prediktívna údržba – sa javí ako vhodná a žiaduca. Naopak, rozhodnutia v eticky citlivých alebo morálne nejednoznačných situáciách by mali zostať v rukách človeka. Umelá inteligencia by napríklad nemala autonómne rozhodovať o tom, ktorému lietadlu udeliť prednosť v prípade konfliktu, ak je výsledkom ohrozenie života. Domnievam sa, že hranica medzi tým, čo môžeme prenechať technológii a čo musíme ponechať človeku, sa bude musieť neustále nanovo definovať v kontexte technického pokroku, spoločenských očakávaní a právneho rámca. Budúcnosť letectva bude pravdepodobne charakterizovaná úzkou spoluprácou človeka a technológie. Udržiavanie rovnováhy medzi pokrokom a zodpovednosťou bude kľúčom k tomu, aby umelá inteligencia slúžila ako nástroj na posilnenie bezpečnosti a kvality leteckej dopravy, nie ako jej rizikový prvok

Referencie

1. **LeanIX.** History od AI. *LeanIX*. [Online] [Dátum: 8. február 2025.] https://www.leanix.net/en/wiki/ai-governance/history-of-ai?utm_term=&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_campaign=MEE-CEE_Enterprise-Architecture_AO_PMax_ENG&hsa_ver=3&hsa_cam=21523278421&hsa_grp=&hsa_acc=9751618594&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_s

2. **Wagner, Jozef.** História umelej inteligencie (AI) od staroveku až po súčasnosť . *msg*. [Online] 12. júl 2024. [Dátum: 8. február 2025.] https://msg-life.sk/clanky/digitalizacia/historia-umelej-inteligencie/?gclid=CjwKCAiAiOa9BhBqEiwABCdG8wuWqhRps22JRDFjkhGi3MTCjfopHXURVeARJV-5q11ibPBlp1gK1BoCNhoQAvD_BwE.
3. **EASA.** Umelá inteligencia a letectvo. *EASA*. [Online] [Dátum: 8. február 2025.] <https://www.easa.europa.eu/sk/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0>.
4. **Dr. J. Karthikeyan .** Learning outcomes of classroom research. *Researchgate*. [Online] https://www.researchgate.net/publication/359024128_978-93-92995-15-6.
5. **Šantavý, Peter.** Umelá inteligencia dobrý sluha a zlý pán? [Online] [Dátum: 8. február 2025.] https://peter.santavy.cloud/data/uploads/docs/tftu_ke-ps-ai_dobry_sluha_a_zly_pan.pdf.
6. **Levity.** How do machines learn? *Levity*. [Online] [Dátum: 13. február 2025.] <https://levity.ai/blog/how-do-machines-learn>.
7. **Coursare.** What is deep learning? *Coursare*. [Online] [Dátum: 15. február 2025.] <https://www.coursera.org/articles/what-is-deep-learning>.
8. **Solutions, Symphony.** AI in aviation: How artificial intelligence is changing the airline industry. *Symphony Solutions*. [Online] [Dátum: 3. marec 2025.] <https://symphony-solutions.com/insights/ai-in-aviation>.
9. **EASA.** EASA Artificial Intelligence Roadmap 2.0 published. *EASA*. [Online] [Dátum: 3. marec 2025.] <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/news/easa-artificial-intelligence-roadmap-20-published>.
10. **SESAR.** How Useful Is Artificial Intelligence in Air Traffic Management? *SESAR*. [Online] [Dátum: 13. marec 2025.] <https://www.sesarju.eu/news/how-useful-artificial-intelligence-air-traffic-management>.
11. **S. Meijer.** An Overview of Avian Radar Developments-Past, Present and Future. *Researchgate*. [Online] [Dátum: 18. marec 2025.] https://www.researchgate.net/publication/252505181_An_Overview_of_Avian_Radar_Developments_-_Past_Present_and_Future.
12. **EASA.** Ako EASA zabezpečuje odolnosť letectva voči kybernetickým hrozbám. *EASA*. [Online] [Dátum: 22. marec 2025.] <https://www.easa.europa.eu/sk/light/topics/how-easa-ensures-aviation-resilient-against-cyber-threats>.
13. **COMMISSION, EUROPEAN.** Ethics Guidelines for Trustworthy AI. *Brusel: European Commission*. [Online] [Dátum: 25. marec 2025.] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
14. **komisia, Európska.** Regulačný rámec pre umelú inteligenciu . *Brusel: Európska komisia*. [Online] [Dátum: 28. marec 2025.] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/sk/policies/regulatory-framework-ai>.
15. **Rademan, Rudi.** How Artificial Intelligence Will Shape Aviation Human Factors. *LinkedIn*. [Online] [Dátum: 2. apríl 2025.] <https://www.linkedin.com/pulse/how-artificial-intelligence-shape-aviation-human-factors-rudi-rademan>.
16. **Jeffrey Cuskey.** Human-AI Teams in Aviation: Considerations from Human Factors. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*. [Online] [Dátum: 2. apríl 2025.] <https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2046&context=jaer>.
17. **Harald MULLER.** The Human Dimension in Tomorrow's Aviation System - A White Paper. *Researchgate*. [Online] [Dátum: 10. apríl 2025.] https://www.researchgate.net/publication/366290340_The_Human_Dimension_in_Tomorrow's_Aviation_System_-_A_White_Paper.