Trnavská univerzita v Trnave
Pedagogická fakulta
Katedra matematiky a informatiky

Veronika Gabaľová - József Udvaros - Hana Hyksová

Robotika v edukácii ako nástroj rozvoja informatického myslenia

TRNAVA 2026

Recenzenti: Mgr. Peter Pšenák, PhD.
Ing. Ondrej Takáč, PhD.

Jazyková korektúra: Mgr. Zuzana Kupcová
Grafická úprava: PaedDr. Veronika Gabaľová, PhD.

© PaedDr. Veronika Gabaľová, PhD., RNDr. József Udvaros, PhD., Mgr. Hana Hyksová, Ph.D., MBA, 2026

ISBN 978-80-568-0963-1

Obsah

Úvod ... 7
1 Vzdelávacia robotika ... 9
2 Informatické myslenie ... 10
2.1 Vymedzenie pojmu informatické myslenie ... 10
2.2 Komponenty informatického myslenia ... 12
2.3 Robotika ako edukačný nástroj rozvoja informatického myslenia ... 13
2.4 Didaktické vymedzenie robotiky v kontexte rozvoja informatického myslenia ... 13
2.5 Vzťah informatického myslenia a robotiky vo výchovno-vzdelávacom procese ... 14
2.6 Rozvoj informatického myslenia žiakov prostredníctvom robotiky ... 15
3 Priemysel 4.0 a premena vzdelávania ... 17
3.1 Priemysel 4.0 ako spoločensko-technologický kontext vzdelávania ... 17
3.2 Premena vzdelávania v podmienkach Priemyslu 4.0 ... 18
3.3 Vzdelávacia robotika verzus požiadavky Priemyslu 4.0 ... 18
3.4 Reflexia technologických trendov v kontexte Priemyslu 5.0 ... 19
3.5 Empirické východiská rozvoja informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0 ... 21
3.5.1 Hypotéza H1 ... 22
3.5.2 Metodológia výskumu testovania hypotézy H1 ... 22
3.5.3 Výsledky testovania hypotézy H1 ... 25
3.5.4 Hypotéza H2 ... 26
3.5.5 Metodológia výskumu testovania hypotézy H2 ... 26
3.5.6 Výsledky testovania hypotézy H2 ... 27
3.5.7 Hypotéza H3 ... 28
3.5.8 Metodológia výskumu testovania hypotézy H3 ... 28
3.5.9 Výsledky testovania hypotézy H3 ... 29
3.6 Štatistické zhrnutie výsledkov testovania hypotéz ... 31
4 Konštruktivisticky orientované prístupy v robotickom vzdelávaní ... 32
4.1 5E model výučby ... 32
4.2 Problémovo orientované vyučovanie ... 34
4.3 Integrácia 5E modelu a problémovo orientovaného vyučovania ... 34
5 Vzdelávacia robotika a rozvoj informatického myslenia ... 36
5.1 Robotika ako súčasť rámcových a školských vzdelávacích programov ... 36
5.2 Rozvíjané kompetencie prostredníctvom vzdelávacej robotiky ... 37
6 STEM a STEAM vzdelávanie v kontexte vzdelávacej robotiky ... 39
7 Robotické hračky ... 42
7.1 Bee-Bot a Blue-Bot – základy programovania pre najmenších ... 42
7.2 Pro-Bot ... 45
7.3 Bager Construkta-Bot ... 46
7.4 Ozobot – farebné kódovanie a vizuálne programovanie ... 47
7.5 Sphero – mobilné ovládanie a pokročilé programovanie ... 50
7.6 Cubetto – robot pre najmenších s hmatovým ovládaním ... 51
7.7 Dash ... 52

7.8 VEX123 ... 54
7.9 VEX AIM ... 57

8 Robotické stavebnice ... 60

8.1 LEGO WeDo 2.0 ... 60
8.2 LEGO SPIKE ... 61
8.3 LEGO Mindstorms EV3 ... 62
8.4 mBot ... 63
8.5 VEX GO ... 63
8.6 VEX IQ ... 65
8.7 VEX EDR ... 67
8.8 VEX V5 ... 68

9 Vzdelávacia robotika v digitálnom prostredí ... 73

9.1 Online platforma VEXcode VR ... 73
9.2 Porovnanie programovania online robota a fyzického robota ... 79
9.3 Praktické príklady edukačných aktivít v online prostredí ... 80

10 Konštruktivistické prístupy vo vzdelávacej robotike ... 82

10.1 Projektové vyučovanie zamerané na reálne situácie ... 82
10.2 Postupné zvyšovanie náročnosti úloh (Scaffolding) ... 82
10.3 Podpora tímovej spolupráce a komunikácie ... 82
10.4 Okamžitá spätná väzba pri testovaní riešení ... 83

11 Využitie bezpilotných technológií vo vzdelávaní ... 84

11.1 Dron ... 84
11.2 Klasifikácia dronov ... 85
11.3 Bezpilotné štátne lietadlá a etické otázky ... 87
11.4 Vzdelávanie o dronoch a jeho štruktúra ... 88
11.5 Algoritmizácia letu dronu a riadenie prostredníctvom mikrokontrolérov ... 92
11.6 Autonómne riadenie dronov a spracovanie senzorických dát ... 93
11.7 Manuálne, programované a autonómne riadenie dronov z didaktického hľadiska ... 93
11.8 Logistické a aplikačné scenáre využitia dronov vo výučbe ... 93
11.9 Využitie dronov vo vzdelávaní v kontexte Priemyslu 5.0 ... 94
11.10 Bezpečnosť a manažment rizík pri využívaní dronov vo vzdelávaní ... 94
11.11 Didaktické prístupy k vzdelávaniu v oblasti dronov ... 96
11.12 Kompetencie učiteľov a príprava pedagógov pre výučbu práce s dronmi ... 98
11.13 Materiálne a organizačné podmienky pre prácu s dronmi v škole ... 99
11.14 Drony a umelá inteligencia vo vzdelávaní ... 101
11.15 Didaktické zhrnutie kapitoly ... 103

12 Didaktické aspekty programovania robotických systémov v edukácii ... 104
Záver ... 106
Literatúra ... 108

Zoznam obrázkov, tabuliek a grafov

Obrázok 1: Priemysel 4.0 – Inteligentná továreň prepojená cez IoT, umelú inteligenciu, cloud a 5G sieť s dôrazom na analýzu dát a kybernetickú bezpečnosť 17
Obrázok 2: Základné piliere konceptu Priemyslu 5.0: človek v centre, udržateľnosť a odolnosť 19
Obrázok 3: Vzdelávanie v Priemysle 5.0 21
Obrázok 4: 5E model 33
Obrázok 5: STEAM 40
Obrázok 6: Robotické hračky Bee-Bot a Blue-Bot 42
Obrázok 7: Podložka pre Bee-Bot a Blue-Bot 43
Obrázok 8: Bludisko pre Bee-Bot a Blue-Bot 43
Obrázok 9: Čítačka TacTile pre Blue-Bot 43
Obrázok 10: Emulátor 44
Obrázok 11: Zápis programu 44
Obrázok 12: Ovládanie emulátora 44
Obrázok 13: Podložka písmená 44
Obrázok 14: Podložka kocky 44
Obrázok 15: Autíčko Pro-Bot 45
Obrázok 16: Constructa Bot 47
Obrázok 17: Robotické hračky Ozobot BIT a Ozobot Evo 48
Obrázok 18: Ozoblockly pre najmenších 49
Obrázok 19: Ozoblockly pre starších žiakov 49
Obrázok 20: Ozobot Challenges 50
Obrázok 21: Sphero 51
Obrázok 22: Cubbeto 52
Obrázok 23: Dash 53
Obrázok 24: VEX 123 54
Obrázok 25: Herné pole pre VEX 123 54
Obrázok 26: Úloha zvieratá 55
Obrázok 27: Úloha tvary 55
Obrázok 28: Kodér 55
Obrázok 29: Kódovacie karty 55
Obrázok 30: VEXcode 123 56
Obrázok 31: Prehľad systémov VEX 56
Obrázok 32: VEX AIM 57
Obrázok 33: LEGO WeDo 2.0 61
Obrázok 34: Lego SPIKE 61
Obrázok 35: LEGO Mindstorms EV3 63
Obrázok 36: mBot 63
Obrázok 37: VEX GO 64
Obrázok 38: VEXcode GO 65
Obrázok 39: VEX IQ – 1. generácia 66

Obrázok 40: VEX IQ – 2. Generácia 66
Obrázok 41: Ukážka stavieb robotov 66
Obrázok 42: VEXcode IQ 67
Obrázok 43: VEX EDR 67
Obrázok 44: VEX V5 – robot 69
Obrázok 45: VEX V5 – program 70
Obrázok 46: Obrázok VEX V5 – senzory 70
Obrázok 47: Virtuálny robot VEXcode VR 73
Obrázok 48: Program vo VEXcode VR 75
Obrázok 49: Pohyb robota vo VEXcode VR 75
Obrázok 50: Riadiaci panel 75
Obrázok 51: Priebeh programu 76
Obrázok 52: Ihrisko „Kresliace plátno“ 77
Obrázok 53: Ihrisko „Bludisko disku“ 77
Obrázok 54: Ihrisko „Transportér disku“ 78
Obrázok 55: Ihrisko „Ničiteľ hradov“ 78
Obrázok 56: Popis prostredia VR VEXCode 79
Obrázok 57: Dron používaný na kontrolu zásob vo veľkosklade a jeho riadiaca jednotka 85
Obrázok 58: Typy dronov 86
Obrázok 59: Štyri fázy výučby dronov 88
Obrázok 60: Fázy stredoškolskej výučby dronov 89
Obrázok 61: Fázy univerzitnej výučby dronov 90
Obrázok 62: Rámec vzdelávania o dronoch 92

Tabuľka 1: Porovnanie didaktického potenciálu vybraných robotických hračiek 59
Tabuľka 2: Didaktické využitie robotických stavebníc z hľadiska rozvoja kognitívnych procesov a informatického myslenia 72

Graf 1: Vzťah medzi frekvenciou používania umelej inteligencie a motiváciou k ďalšiemu vzdelávaniu 27
Graf 2: Porovnanie motivácie podľa používania AI 27
Graf 3: Vzťah medzi postojom k AI a digitálnou pripravenosťou 30
Graf 4: Digitálna pripravenosť podľa postoja k AI 30

Úvod

V súčasnosti prebieha mimoriadne dynamický rozvoj robotických technológií a umelej inteligencie, ktorý výrazne ovplyvňuje fungovanie modernej spoločnosti, charakter práce aj spôsob riešenia problémov. Schopnosť porozumieť týmto technológiám a zmysluplne s nimi pracovať sa stáva nevyhnutnou súčasťou profesijného aj osobného života človeka. Digitálne technológie prenikajú do všetkých oblastí spoločenského diania a ich prítomnosť je čoraz výraznejšia aj vo vzdelávacom prostredí, kde vytvárajú nové príležitosti na rozvoj informatického myslenia, digitálnych kompetencií a schopnosti žiakov riešiť problémy (OECD, 2019).

Z tohto dôvodu je nevyhnutné, aby si nastupujúce generácie systematicky osvojovali nielen technické zručnosti, ale predovšetkým základy informatického a algoritmického myslenia, ktoré predstavujú východisko pre porozumenie princípom fungovania moderných digitálnych technológií. Informatické myslenie je v odbornej literatúre chápané ako schopnosť formulovať problémy, navrhovať riešenia a analyzovať ich pomocou pojmov a postupov typických pre informatiku (Wing, 2006). Jeho rozvoj nemožno chápať ako jednorazový proces, ale ako dlhodobú a systematickú edukačnú činnosť, ktorá musí rešpektovať vývinové osobitosti detí a mládeže.

Už v predprimárnom vzdelávaní sa deti stretávajú s prvkami robotiky prostredníctvom interaktívnych edukačných hračiek. Na základných a stredných školách sú do vyučovacieho procesu postupne začleňované robotické stavebnice a programovateľné roboty, prostredníctvom ktorých si žiaci rozvíjajú schopnosť logicky uvažovať, plánovať postup riešenia úloh a overovať správnosť svojich algoritmických riešení. V odbornom a vysokoškolskom vzdelávaní sa následne pracuje s pokročilejšími technológiami vrátane bezpilotných systémov a aplikácií umelej inteligencie, ktoré si vyžadujú vyššiu mieru abstrakcie, analytického uvažovania a systematického informatického myslenia.

Robotika a umelá inteligencia sa tak postupne stávajú prirodzenou súčasťou vzdelávania na všetkých jeho stupňoch – od predprimárneho až po terciárne. Ich význam pritom presahuje rámec formálneho vzdelávacieho systému a uplatňuje sa aj v oblasti neformálneho a celoživotného vzdelávania. Tento vývoj poukazuje na potrebu cielenej podpory informatického myslenia ako jednej z kľúčových kompetencií pre fungovanie jednotlivca v digitálnej spoločnosti (UNESCO, 2018).

Implementácia robotiky a digitálnych technológií do vyučovania preto nepredstavuje len reakciu na technologický pokrok, ale strategický pedagogický nástroj na rozvoj informatického myslenia, kritického uvažovania, kreativity a schopnosti spolupráce. Programovateľné robotické hračky, stavebnice, virtuálne robotické prostredia a bezpilotné systémy umožňujú žiakom učiť sa prostredníctvom aktívnej činnosti, experimentovania a bezprostrednej spätnej väzby. Takto koncipované edukačné prostredia vytvárajú priaznivé podmienky pre hlbšie porozumenie algoritmických princípov a vzťahov medzi algoritmom, programom a jeho realizáciou v reálnom alebo simulovanom prostredí.

Učebné osnovy predmetu informatika na základných školách reflektujú potrebu rozvoja informatického myslenia žiakov v kontexte digitálne orientovaného vzdelávania. Tento cieľ je napĺňaný prostredníctvom tvorby jednoduchých programov, riešenia úloh zameraných na prácu s informáciami a využívania edukačných robotov, ktoré umožňujú žiakom porozumieť

základným princípom fungovania digitálnych technológií (Pšenáková, 2021). Výučba informatiky sa tak posúva od pasívneho osvojovania si poznatkov k aktívnemu riešeniu problémov a tvorbe vlastných riešení.

Skúsenosti z pedagogickej praxe poukazujú na to, že programovateľné robotické hračky, stavebnice a bezpilotné systémy predstavujú didakticky primeraný a motivujúci prostriedok rozvoja algoritmického a informatického myslenia už v mladšom školskom veku. Takto nadobudnuté vedomosti a zručnosti vytvárajú pevný základ pre prácu s náročnejšími digitálnymi technológiami v ďalších etapách vzdelávania a podporujú plynulý prechod k abstraktnejším formám uvažovania.

Cieľom predkladanej monografie je analyzovať možnosti a prínosy využitia robotiky, robotických hračiek, stavebníc, virtuálnych robotických prostredí a bezpilotných systémov v edukácii so zameraním na systematický rozvoj informatického myslenia žiakov. Monografia sa sústreďuje na didaktické aspekty implementácie týchto technológií do vyučovacieho procesu, identifikáciu ich edukačného potenciálu a prezentáciu teoretických východísk a praktických príkladov využiteľných v oblasti výchovy a vzdelávania. .

1 Vzdelávacia robotika

V kontexte tejto práce je vzdelávacia robotika chápaná ako edukačný prostriedok založený na práci s fyzickými alebo virtuálnymi robotickými systémami, prostredníctvom ktorých žiaci riešia problémové úlohy vyžadujúce plánovanie postupov, algoritmické uvažovanie, testovanie riešení a reflexiu vlastnej činnosti. Vzdelávacia robotika (*educational robotics*) predstavuje oblasť, v ktorej sú roboty a robotické aktivity využívané ako didaktický nástroj v edukačnom procese. Nejde pritom o technickú robotiku v úzkom slova zmysle, ale o pedagogicky orientované využitie robotických systémov, ktoré nachádza uplatnenie v rôznych formách vyučovania a učenia sa. V odbornej literatúre je vzdelávacia robotika spájaná s podporou kognitívnych procesov žiakov, porozumením základným princípom programovania a realizáciou konštruktívne orientovaných vzdelávacích aktivít (Alimisis, 2013).

Vzdelávacia robotika zahŕňa návrh, implementáciu a využívanie robotických nástrojov v edukačnom procese naprieč rôznymi stupňami vzdelávania – od predprimárneho a primárneho vzdelávania až po sekundárne a terciárne vzdelávanie. V školskom prostredí sa uplatňuje prostredníctvom širokého spektra edukačných prostriedkov, medzi ktoré patria robotické stavebnice, programovateľné hračky, edukačné roboty, mikrokontrolérové platformy, ako aj pokročilejšie systémy, napríklad autonómne roboty či bezpilotné systémy. V ďalšom texte je pojem *robotika* používaný ako skrátené označenie pojmu *vzdelávacia robotika*, pokiaľ nie je uvedené inak.

Robotiku možno v edukačnom kontexte chápať ako interdisciplinárnu oblasť, ktorá prepája prvky informatiky, techniky, elektroniky a riadenia s cieľom navrhovať, konštruovať a programovať systémy schopné vykonávať určité úlohy v reálnom alebo simulovanom prostredí. V školskom vzdelávaní umožňuje práca s robotickými systémami sprostredkovať technické a informatické poznatky prostredníctvom praktických činností, ktoré žiakom umožňujú pracovať s konkrétnymi reprezentáciami abstraktných pojmov.

V pedagogickom diskurze je robotika vnímaná ako edukačný prostriedok, ktorý nachádza uplatnenie pri organizácii aktivít zameraných na riešenie problémových úloh, prácu s technickými artefaktmi a realizáciu projektovo orientovaných foriem vyučovania. Takto koncipované aktivity vytvárajú rámec pre uplatňovanie rôznych prístupov k učeniu a predstavujú východisko pre rozvoj informatického myslenia (Wing, 2006; Benitti, 2012; Shute et al., 2017).

V edukačnom prostredí sa vzdelávacia robotika uplatňuje v rámci formálneho aj neformálneho vzdelávania. Okrem integrácie do vyučovania informatiky a techniky nachádza uplatnenie aj v projektovo orientovaných aktivitách, školských kluboch, záujmových útvaroch a mimoškolských vzdelávacích programoch. V týchto kontextoch slúži robotika ako edukačný prostriedok umožňujúci realizáciu prakticky orientovaných úloh a podporu aktívneho zapojenia žiakov do vzdelávacieho procesu (Alimisis, 2013; Eguchi, 2014).

Z hľadiska edukačného využitia je robotika charakteristická flexibilitou a variabilitou použitia, čo umožňuje jej adaptáciu na rôzne vekové skupiny a vzdelávacie prostredia. Rozmanitosť robotických nástrojov a prostredí vytvára podmienky pre ich využitie v rôznych formách výučby, od riadenej práce učiteľa až po samostatné alebo skupinové aktivity žiakov (Mubin et al., 2013; Benitti, 2012).

2 Informatické myslenie

V podmienkach súčasného vzdelávania sa čoraz viac zdôrazňuje potreba rozvíjať také poznávacie schopnosti žiakov, ktoré im umožňujú samostatne, cieľavedome a systematicky riešiť problémy. Nejde pritom len o osvojovanie jednotlivých vedomostí, ale aj o rozvoj spôsobu uvažovania, ktorý umožňuje získané poznatky uplatňovať v rôznych situáciách a súvislostiach.

Informatické myslenie nie je v Štátnom vzdelávacom programe Slovenskej republiky explicitne definované ako samostatná prierezová téma, svojím charakterom však presahuje rámec jednotlivých vyučovacích predmetov. Nejde o samostatný obsahový okruh, ale o súbor poznávacích postupov, ktoré sú implicitne prítomné v cieľoch a požiadavkách kurikula, najmä v dôraze na rozvoj schopnosti riešiť problémy, plánovať postup činnosti, logicky usporadúvať informácie a hodnotiť výsledky vlastnej práce (Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR, 2023).

Z tohto pohľadu možno informatické myslenie považovať za prierezový poznávací základ, ktorý podporuje napĺňanie cieľov viacerých prierezových tém Štátneho vzdelávacieho programu, ako sú osobnostný a sociálny rozvoj, mediálna výchova, environmentálna výchova či tvorba projektov a prezentačné zručnosti (Štátny pedagogický ústav, 2023). Jeho rozvoj sa prirodzene uskutočňuje v rámci rôznych vyučovacích predmetov – v matematike pri riešení úloh vyžadujúcich postupnosť krokov a logické usudzovanie, v prírodovedných predmetoch pri pozorovaní javov a vyhodnocovaní výsledkov, ako aj v jazykových predmetoch pri práci s textom a usporiadaní informácií (European Commission/EACEA/Eurydice, 2023).

Rozvoj informatického myslenia je v súčasnosti považovaný za dôležitý cieľ výchovno-vzdelávacieho procesu už od nižších stupňov vzdelávania. Ide o schopnosť, ktorú je potrebné rozvíjať systematicky a dlhodobo, podobne ako čitateľskú, matematickú alebo prírodovednú gramotnosť (OECD, 2019). Informatické myslenie podporuje u žiakov schopnosť plánovať postup riešenia, predvídať dôsledky vlastných rozhodnutí a hodnotiť správnosť zvoleného postupu. Jeho rozvoj sa prirodzene uskutočňuje v rámci viacerých vyučovacích predmetov, napríklad v matematike pri riešení úloh vyžadujúcich postupnosť krokov, v prírodovedných predmetoch pri pozorovaní javov a vyhodnocovaní výsledkov či v jazykových predmetoch pri usporiadaní informácií a logickom vyjadrovaní myšlienok.

Z pedagogického hľadiska je dôležité zdôrazniť, že informatické myslenie nemožno zužovať výlučne na algoritmizáciu, programovanie alebo prácu s digitálnymi technológiami. Ide o širšiu mentálnu schopnosť, ktorú možno rozvíjať aj prostredníctvom bežných učebných činností, riešenia problémových úloh a praktických aktivít. Tento prístup je v súlade s odporúčaniami odborných organizácií Computer Science Teachers Association (CSTA) a International Society for Technology in Education (ISTE), podľa ktorých informatické myslenie podporuje schopnosť riešiť problémy, analyticky uvažovať, vytvárať nové riešenia a učiť sa na základe vlastnej skúsenosti (CSTA & ISTE, 2011).

2.1 Vymedzenie pojmu informatické myslenie

Jednou z kľúčových schopností tohto druhu je informatické myslenie, ktoré je v pedagogickej teórii i praxi považované za významnú prierezovú schopnosť súčasného vzdelávania.

V odbornej literatúre je informatické myslenie charakterizované ako spôsob uvažovania založený na analýze problémov, ich rozklade na menšie časti, rozlišovaní podstatných a nepodstatných informácií, tvorbe presných postupov riešenia a hodnotení ich správnosti a účinnosti. Ako uvádza Wing (2006), ide o spôsob myslenia vychádzajúceho z princípov informatiky, ktorého uplatnenie však presahuje rámec samotného vyučovacieho predmetu informatika. Neskoršie výskumy tento pohľad rozvíjajú a poukazujú na to, že informatické myslenie predstavuje ucelený súbor poznávacích procesov využiteľných v rôznych oblastiach učenia aj v každodennom živote (Shute et al., 2017).

Za neoddeliteľnú súčasť informatického myslenia je považované algoritmické myslenie, ktoré možno charakterizovať ako schopnosť vytvárať presné a jednoznačné postupy riešenia problémov (Selby & Woollard, 2013). Algoritmické myslenie sa u žiakov rozvíja už pri jednoduchých činnostiach, ako je usporiadanie objektov podľa určitého kritéria, plánovanie postupu činnosti alebo opis riešenia úlohy krok za krokom. Aj keď žiaci v týchto situáciách nepoužívajú odborný pojem algoritmus, ich uvažovanie má charakter algoritmického postupu. Vytvárajú si mentálny model riešenia, rozhodujú o poradí krokov a overujú správnosť výsledku, čím sa vytvára základ pre neskoršie pochopenie formálneho algoritmického riešenia v informatike a programovaní (Kong & Abelson, 2019).

Informatické myslenie je v odbornej literatúre chápané ako schopnosť formulovať problémy a navrhovať ich riešenia spôsobom, ktorý je možné realizovať prostredníctvom výpočtových a informatických prostriedkov (Wing, 2006). V kontexte vzdelávania predstavuje informatické myslenie komplexný kognitívny proces zahŕňajúci analytické uvažovanie, systematické riešenie problémov a schopnosť pracovať s abstrakciou.

V edukačnom prostredí sa informatické myslenie spája s rozvojom kognitívnych stratégií, ktoré umožňujú žiakom analyzovať problémy, rozkladať ich na menšie časti, identifikovať podstatné prvky a navrhovať postupy riešenia. Tieto procesy sú úzko späté s dekompozíciou, abstrakciou a algoritmickým uvažovaním, ktoré sú v odbornej literatúre považované za základné komponenty informatického myslenia.

Informatické myslenie je v súčasných kurikulárnych dokumentoch a odborných odporúčaniach vnímané ako významná prierezová schopnosť podporujúca učenie naprieč rôznymi vzdelávacími oblasťami a predmetmi. Jeho rozvoj je spájaný so schopnosťou riešiť problémy, analyticky uvažovať a aplikovať získané poznatky v rôznych kontextoch, nielen v rámci vyučovania informatiky (OECD, 2019; Computer Science Teachers Association & International Society for Technology in Education, 2011).

Robotické úlohy majú spravidla interaktívny charakter, keď sú navrhnuté riešenia konfrontované so správaním robota, čo si vyžaduje reflexiu zvoleného postupu, identifikáciu chýb a následnú úpravu riešenia. Tento cyklický proces učenia prispieva k rozvoju systematického uvažovania, metakognitívnych schopností a adaptability pri riešení komplexnejších problémov (Benitti, 2012).

Využívanie robotiky vo vzdelávaní zároveň vytvára priestor pre rozvoj kognitívnych stratégií úzko súvisiacich s informatickým myslením, najmä v oblastiach analytického uvažovania, riešenia problémov a uplatňovania postupov v nových situáciách. Robotické aktivity umožňujú žiakom experimentovať s navrhovanými riešeniami, identifikovať chyby a reflektovať vlastné postupy, čím podporujú učenie založené na spätnej väzbe a postupnom zdokonaľovaní riešení (Shute et al., 2017).

Z uvedených dôvodov je informatické myslenie v tejto monografii chápané ako jedna zo základných prierezových schopností súčasného vzdelávania. Jedným z edukačných prostriedkov, ktorý vytvára priaznivé podmienky na jeho rozvoj, je aj robotika, ktorej edukačný potenciál je predmetom ďalších častí práce.

2.2 Komponenty informatického myslenia

Informatické myslenie je možné chápať ako komplexnú poznávaciu schopnosť, ktorá sa skladá z viacerých vzájomne prepojených komponentov. Tieto komponenty spolu vytvárajú základ pre analytické a systematické riešenie problémov a umožňujú uplatňovanie informatických princípov v rôznych vzdelávacích aj mimoškolských kontextoch. V odbornej literatúre sa medzi základné zložky informatického myslenia najčastejšie zaraďujú dekompozícia, abstrakcia a algoritmické myslenie (Wing, 2006; Selby & Woollard, 2013; Shute et al., 2017).
Dekompozícia predstavuje schopnosť rozložiť komplexný problém na menšie, prehľadnejšie a zvládnuteľné časti. Umožňuje lepšie pochopenie štruktúry problému, identifikáciu jeho jednotlivých prvkov a postupné riešenie čiastkových úloh. V edukačnom prostredí sa dekompozícia uplatňuje pri plánovaní postupov, riešení zložitých úloh alebo analýze situácií, ktoré si vyžadujú viac navzájom prepojených krokov. Rozvoj tejto schopnosti podporuje analytické uvažovanie a prácu so zložitosťou, pričom vytvára predpoklady pre efektívne uplatnenie ďalších komponentov informatického myslenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017).
Abstrakcia je proces, prostredníctvom ktorého sa pri riešení problémov identifikujú podstatné informácie a potláčajú nepodstatné detaily. Jej cieľom je vytvorenie zjednodušeného modelu situácie, ktorý umožňuje sústrediť sa na kľúčové prvky problému bez nadbytočného zahltenia informáciami. V kontexte vzdelávania abstrakcia podporuje schopnosť generalizovať poznatky, vytvárať mentálne modely a prenášať riešenia do nových situácií. Táto schopnosť je významná nielen v informatike, ale aj v matematike, prírodovedných a jazykových predmetoch, kde zohráva dôležitú úlohu pri práci so vzťahmi, pravidlami a vzorcami (Selby & Woollard, 2013; Shute et al., 2017).
Algoritmické myslenie je neoddeliteľnou súčasťou informatického myslenia a možno ho charakterizovať ako schopnosť vytvárať presné, jednoznačné a postupné riešenia problémov. Ide o uvažovanie, pri ktorom sú jednotlivé kroky riešenia usporiadané do logickej sekvencie a ich realizácia vedie k dosiahnutiu stanoveného cieľa. V edukačnom prostredí sa algoritmické myslenie rozvíja už pri jednoduchých činnostiach, ako je plánovanie postupu, usporiadanie objektov podľa zvoleného kritéria alebo opis riešenia úlohy krok za krokom. Aj keď žiaci v týchto situáciách nepoužívajú formálne algoritmy, ich uvažovanie má algoritmický charakter. Postupne si vytvárajú mentálny model riešenia, rozhodujú o poradí krokov a overujú správnosť výsledku, čím sa vytvára základ pre neskoršie pochopenie formálnych algoritmických riešení v informatike a programovaní (Selby & Woollard, 2013; Kong & Abelson, 2019).
Algoritmické myslenie zároveň podporuje schopnosť pracovať s chybou ako prirodzenou súčasťou riešenia problémov. Nesprávne navrhnutý postup vedie k neúspešnému výsledku, ktorý je potrebné analyzovať, vyhodnotiť a upraviť. Tento proces prispieva k rozvoju systematického uvažovania, sebareflexie a metakognitívnych schopností, ktoré sú dôležité pri riešení komplexnejších úloh (Shute et al., 2017). z hľadiska kognitívnych procesov vytvára

využívanie robotiky vo vzdelávaní prostredie, v ktorom je možné komponenty informatického myslenia cielene uplatňovať.

2.3 Robotika ako edukačný nástroj rozvoja informatického myslenia

Významným aspektom robotických aktivít je práca s chybou. Bezprostredná spätná väzba sprostredkovaná správaním robota umožňuje žiakom analyzovať nesprávne kroky, identifikovať ich príčiny a navrhovať úpravy riešení. Chyba tak nie je vnímaná ako zlyhanie, ale ako zdroj učenia, ktorý podporuje rozvoj sebareflexie, vytrvalosti a schopnosti kriticky hodnotiť vlastné postupy (Benitti, 2012; Shute et al., 2017).
Robotika zároveň vytvára edukačné prostredie, v ktorom sa informatické myslenie nerozvíja izolovane, ale v interakcii s ďalšími poznávacími a sociálnymi aspektmi učenia. Spoločné riešenie robotických úloh podporuje spoluprácu, komunikáciu a argumentáciu, čím prispieva k rozvoju schopnosti obhajovať vlastné riešenia a reflektovať alternatívne postupy. V tomto zmysle robotické aktivity presahujú rámec technickej výučby a sú v literatúre spájané s rozvojom prierezových kompetencií využiteľných v rôznych vzdelávacích kontextoch (Alimisis, 2013).
Robotika tak predstavuje edukačný nástroj, prostredníctvom ktorého možno cielene vytvárať podmienky pre systematický rozvoj informatického myslenia vo vzdelávacom procese.

2.4 Didaktické vymedzenie robotiky v kontexte rozvoja informatického myslenia

V nadväznosti na vymedzenie vzdelávacej robotiky uvedené v prvej kapitole sa v tejto časti robotika chápe ako edukačný prostriedok rozvoja informatického myslenia, zahŕňajúci využívanie programovateľných technických artefaktov, ako sú robotické stavebnice, edukačné roboty a vybrané bezpilotné systémy, prostredníctvom ktorých žiaci riešia problémové úlohy založené na plánovaní postupov, algoritmickom riadení, testovaní riešení a práci so spätnou väzbou. Robotika je pritom vnímaná nie ako samotný cieľ vzdelávania, ale ako didaktický nástroj podporujúci aktívne učenie, experimentovanie a rozvoj kognitívnych procesov typických pre informatické myslenie.
V súčasnom výchovno-vzdelávacom procese je takto vymedzená robotika čoraz častejšie vnímaná ako efektívny edukačný nástroj, ktorý umožňuje cielene rozvíjať informatické myslenie prostredníctvom aktívnej a praktickej činnosti žiakov. Jej didaktický potenciál spočíva najmä v schopnosti prepájať abstraktné poznávacie procesy s konkrétnou manipuláciou a bezprostrednou spätnou väzbou, čím vytvára priaznivé podmienky pre rozvoj systematického a algoritmického uvažovania. Robotické aktivity podporujú učenie založené na skúsenosti, experimentovaní a riešení problémov, ktoré sú považované za kľúčové princípy rozvoja informatického myslenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017).
Z pedagogického hľadiska možno robotiku zaradiť medzi konštruktivisticky orientované vyučovacie prostriedky, ktoré kladú dôraz na aktívnu úlohu žiaka v procese učenia. Žiaci prostredníctvom práce s robotmi samostatne alebo v skupinách navrhujú postup riešenia, realizujú ho, overujú jeho funkčnosť a na základe výsledkov svoje riešenie upravujú. Takýto cyklický proces učenia podporuje rozvoj schopnosti analyzovať problém, rozkladať ho na menšie časti, plánovať postup riešenia a hodnotiť jeho účinnosť, čo sú základné zložky informatického myslenia (Bers, 2018).

Neoddeliteľnou súčasťou rozvoja informatického myslenia prostredníctvom robotiky je rozvoj algoritmického myslenia. Pri práci s robotmi sú žiaci prirodzene vedení k tvorbe presných a jednoznačných postupov riadenia, ktoré pozostávajú zo sekvencie krokov, rozhodovania na základe podmienok a opakovania činností. Aj v prípade vizuálnych alebo blokových programovacích prostredí ide o uplatňovanie algoritmických princípov, hoci bez potreby používania formálneho programovacieho jazyka. Žiaci si vytvárajú mentálne modely riešenia, rozhodujú o poradí krokov a overujú správnosť výsledku, čím sa vytvára základ pre neskoršie pochopenie formálnych algoritmických konceptov (Papert, 1980; Grover & Pea, 2013).
Významným aspektom robotických aktivít je práca s chybou ako prirodzenou súčasťou učenia. Správanie robota poskytuje žiakom okamžitú spätnú väzbu, ktorá im umožňuje identifikovať nesprávny krok, analyzovať jeho príčinu a navrhnúť úpravu riešenia. Tento proces podporuje rozvoj metakognitívnych schopností, systematického uvažovania a uvedomovania si vzťahu medzi príčinou a následkom. Chyba tak nie je vnímaná ako zlyhanie, ale ako zdroj informácií vedúcich k zdokonaľovaniu riešenia, čo je v súlade s princípmi informatického myslenia a problémovo orientovaného učenia. (Shute et al., 2017; Bers, 2018).
Robotika zároveň vytvára priaznivé podmienky na transfer rozvinutých poznávacích schopností do iných oblastí vzdelávania. Schopnosti ako plánovanie postupu, analytické uvažovanie, predvídanie dôsledkov vlastných rozhodnutí či hodnotenie výsledkov riešenia nachádzajú uplatnenie v matematike, prírodovedných predmetoch, technickom vzdelávaní aj v projektovom vyučovaní. V tomto zmysle robotika podporuje nielen rozvoj informatického myslenia, ale aj širšie prierezové kompetencie potrebné pre riešenie problémov v rôznych vzdelávacích a životných situáciách (European Commission/EACEA/Eurydice, 2023).
Na základe uvedeného možno konštatovať, že robotika predstavuje vhodný a didakticky opodstatnený prostriedok rozvoja informatického myslenia vo vzdelávaní. Jej využívanie umožňuje prepájať abstraktné poznávacie procesy s praktickou činnosťou, podporuje aktívne učenie a vytvára priestor na rozvoj algoritmického uvažovania, systematického riešenia problémov a práce s chybou. v tomto kontexte je robotika vnímaná ako edukačný nástroj, ktorý cielene podporuje rozvoj informatického myslenia ako jednej zo základných prierezových schopností súčasného vzdelávania.

2.5 Vzťah informatického myslenia a robotiky vo výchovno-vzdelávacom procese

Rozvoj informatického myslenia je v súčasnosti považovaný za jeden z dôležitých cieľov výchovno-vzdelávacieho procesu už od nižších stupňov vzdelávania. Ide o prierezovú poznávaciu schopnosť, ktorú je potrebné rozvíjať systematicky a dlhodobo, podobne ako čitateľskú, matematickú či prírodovednú gramotnosť. Informatické myslenie podporuje u žiakov schopnosť analyzovať problémy, plánovať postup riešenia, predvídať dôsledky vlastných rozhodnutí a hodnotiť správnosť zvolených postupov, pričom tieto schopnosti sú uplatniteľné v rôznych oblastiach učenia aj v každodennom živote (Wing, 2006; Shute et al., 2017).
Jeho cieľom je podporiť systematické, efektívne a prenositeľné riešenie problémov v rôznych kontextoch, nielen v oblasti informatiky. z tohto pohľadu informatické myslenie nepredstavuje výlučne schopnosť programovať, ale širšiu poznávaciu kompetenciu, ktorá podporuje analytické a kritické myslenie, tvorivosť a schopnosť pracovať s chybou ako prirodzenou

súčasťou procesu učenia (Computer Science Teachers Association & International Society for Technology in Education, 2011).
Rozvoj informatického myslenia sa prirodzene uskutočňuje naprieč viacerými vyučovacími predmetmi a vzdelávacími situáciami. v matematike sa prejavuje pri riešení úloh vyžadujúcich postupnosť krokov, triedenie a porovnávanie objektov, v prírodovedných predmetoch pri pozorovaní javov, formulovaní predpokladov a vyhodnocovaní výsledkov a v jazykových predmetoch prostredníctvom práce s textom a logického usporiadania informácií. Aj bežné učebné činnosti, ako je plánovanie postupu činnosti alebo opis riešenia krok za krokom, vedú žiakov k uplatňovaniu princípov informatického a algoritmického myslenia, hoci bez používania formálnych pojmov (Shute et al., 2017).
Jedným z edukačných prostriedkov, ktorý umožňuje tieto poznávacie procesy cielene, názorne a systematicky rozvíjať v autentických vzdelávacích situáciách, je vzdelávacia robotika. Robotické aktivity vytvárajú prirodzený most medzi abstraktným uvažovaním a praktickou činnosťou, čím poskytujú vhodné podmienky na uplatňovanie princípov informatického myslenia prostredníctvom riešenia konkrétnych problémových úloh. Žiaci sú pri práci s robotmi vedení k plánovaniu postupov, testovaniu riešení, identifikácii chýb a ich následnej úprave, čím sa podporuje cyklický charakter učenia založený na spätnej väzbe a reflexii (Benitti, 2012; Bers, 2018).
Didaktický potenciál robotiky spočíva v tom, že umožňuje žiakom uplatňovať informatické myslenie v praktických a zmysluplných kontextoch. Robotika v tomto ponímaní nepredstavuje cieľ vzdelávania sama o sebe, ale edukačný prostriedok, prostredníctvom ktorého možno systematicky podporovať rozvoj informatického myslenia ako jednej zo základných prierezových schopností súčasného vzdelávania. Vďaka svojej interdisciplinárnej povahe zároveň vytvára priestor na transfer rozvinutých poznávacích schopností do ďalších oblastí vzdelávania a podporuje rozvoj širších kompetencií potrebných pre riešenie problémov v rôznych vzdelávacích a životných situáciách (Alimisis, 2013; European Commission/EACEA/Eurydice, 2023).

2.6 Rozvoj informatického myslenia žiakov prostredníctvom robotiky

Rešpektovanie vývinových osobitostí detí a žiakov predstavuje významný predpoklad systematického rozvoja informatického myslenia. Zohľadnenie úrovne kognitívneho vývinu a mentálnej zrelosti umožňuje vytvárať podmienky pre postupné osvojovanie základných princípov informatického a algoritmického myslenia, ako aj pre ich udržateľné rozvíjanie v kontexte vzdelávacieho procesu.
Robotika je v tomto kontexte chápaná ako edukačný prostriedok, prostredníctvom ktorého možno primeraným spôsobom rozvíjať schopnosť plánovať postup riešenia, analyzovať problém, pracovať so spätnou väzbou a reflektovať vlastné postupy.
Už v predškolskom veku (približne 3–6 rokov) je možné u detí cielene rozvíjať základy algoritmického myslenia prostredníctvom jednoduchých robotických nástrojov s fyzickou manipuláciou. Robotické aktivity založené na pohybe, hre a práci s konkrétnymi objektmi umožňujú deťom intuitívne porozumieť princípom sekvencií, opakovania a jednoduchých logických vzťahov bez potreby formálneho programovania. Takýto prístup je v súlade

s kognitívnym a motorickým vývinom detí a podporuje učenie založené na skúsenosti a objavovaní (Sullivan & Bers, 2016).

V prostredí primárneho vzdelávania (približne 6–12 rokov) sa robotické aktivity rozširujú o jednoduché vizuálne programovanie, ktoré umožňuje žiakom vytvárať a testovať vlastné riešenia prostredníctvom intuitívnych grafických rozhraní. Práca s robotickými stavebnicami a vizuálnymi programovacími prostrediami podporuje rozvoj dekompozície, algoritmického uvažovania a schopnosti riešiť problémové úlohy. Zároveň vytvára priestor pre spoluprácu, kreativitu a reflexiu riešení, čím prispieva k systematickému rozvoju informatického myslenia (Benitti & Spolaôr, 2017).

Na úrovni nižšieho sekundárneho a sekundárneho vzdelávania sa robotika uplatňuje prostredníctvom komplexnejších systémov, ktoré umožňujú prácu s rozšírenými programovacími konceptmi, senzormi a technickými komponentmi. Takto koncipované robotické aktivity podporujú nielen algoritmické a analytické myslenie, ale aj schopnosť aplikovať získané poznatky v nových a autentických situáciách. Žiaci sú vedení k samostatnému navrhovaniu riešení, ich testovaniu a úprave na základe spätnej väzby, čo je v súlade s princípmi informatického myslenia a problémovo orientovaného učenia (Hussain et al., 2021).

Vekovo diferencovaný prístup k využívaniu robotiky zabezpečuje, že náročnosť úloh, miera abstrakcie a používané nástroje zodpovedajú vývinovej úrovni žiakov. Takýto prístup podporuje aktívne učenie, vnútornú motiváciu a postupný rozvoj informatického myslenia. Rozvoj vybraných digitálnych zručností je v tomto procese chápaný ako sekundárny a sprievodný efekt práce s robotickými systémami, nie ako samostatný cieľ vzdelávania. Robotika tak vytvára pedagogicky opodstatnený rámec pre systematický rozvoj informatického myslenia naprieč rôznymi stupňami vzdelávania.

V kontexte spoločenských a technologických zmien spájaných s konceptom Priemyslu 4.0 sa vo vzdelávaní zvyšuje dôraz na rozvoj kognitívnych a prierezových schopností, medzi ktoré patrí najmä informatické myslenie, schopnosť riešiť problémy a adaptabilita. Robotika ako edukačný prostriedok umožňuje tieto požiadavky napĺňať prostredníctvom aktívneho a problémovo orientovaného učenia, ktoré podporuje systematické a algoritmické uvažovanie žiakov.

3 Priemysel 4.0 a premena vzdelávania

Súčasný vývoj spoločnosti je charakterizovaný dynamickým technologickým pokrokom, ktorý zásadne ovplyvňuje fungovanie priemyslu, ekonomiky aj každodenného života. Digitalizácia, automatizácia a rastúce využívanie inteligentných systémov menia spôsob práce, komunikácie a riešenia problémov, čím vytvárajú nové požiadavky na schopnosti jednotlivcov. V tomto kontexte nadobúda osobitný význam koncept Priemyslu 4.0, ktorý predstavuje rámec technologických, organizačných a spoločenských zmien formujúcich súčasnú spoločnosť.
Zmeny spojené s Priemyslom 4.0 sa prirodzene premietajú aj do oblasti vzdelávania. Tradičné vzdelávacie prístupy zamerané predovšetkým na prenos faktografických vedomostí sa ukazujú ako nedostatočné na prípravu jednotlivcov na fungovanie v prostredí charakterizovanom rýchlymi zmenami, komplexnými systémami a vysokou mierou neistoty. Do popredia sa preto dostáva potreba rozvíjať také kognitívne a prierezové schopnosti, ktoré umožňujú flexibilne reagovať na nové situácie, analyzovať problémy a navrhovať efektívne riešenia. Medzi tieto schopnosti patrí najmä informatické myslenie.

Obrázok 1: Priemysel 4.0 – Inteligentná továreň prepojená cez IoT, umelú inteligenciu, cloud a 5G sieť s dôrazom na analýzu dát a kybernetickú bezpečnosť.
(Zdroj: vlastné spracovanie s využitím generatívnej umelej inteligencie ZonerAI, 2026).

3.1 Priemysel 4.0 ako spoločensko-technologický kontext vzdelávania

Štvrtá priemyselná revolúcia, označovaná ako Priemysel 4.0, je charakterizovaná prepojením digitálnych, fyzických a kybernetických systémov do integrovaných celkov. Medzi jej kľúčové znaky patrí rozvoj kyber-fyzických systémov, internetu vecí, analýzy veľkých dát, umelej inteligencie a autonómnych technológií, ktoré zásadne menia charakter výrobných procesov, organizáciu práce a spôsob rozhodovania (Schwab, 2016; Su et al., 2017).
Tieto technologické zmeny majú výrazný dopad na požiadavky kladené na pracovnú silu. V prostredí automatizovaných a dátovo riadených systémov rastie význam schopnosti porozumieť procesom, analyzovať informácie, pracovať s komplexnými systémami

a flexibilne reagovať na nové situácie. Rutinné činnosti sú postupne nahrádzané automatizovanými riešeniami, zatiaľ čo význam ľudskej práce sa presúva smerom k riešeniu problémov, rozhodovaniu a tvorivej činnosti.
Vzdelávanie v tomto kontexte zohráva kľúčovú úlohu pri príprave jednotlivcov na fungovanie v technologicky podmienenej spoločnosti. Nejde pritom len o osvojovanie technických zručností, ale predovšetkým o rozvoj spôsobu uvažovania, ktorý umožňuje efektívne pracovať s informáciami, systémami a technológiami. Informatické myslenie ako prierezová schopnosť poskytuje rámec pre rozvoj takéhoto uvažovania a predstavuje významný predpoklad pre uplatnenie jednotlivcov v podmienkach Priemyslu 4.0.

3.2 Premena vzdelávania v podmienkach Priemyslu 4.0

Dôsledky Priemyslu 4.0 sa výrazne premietajú do premeny cieľov, obsahu a metód vzdelávania. Tradičné modely vyučovania orientované na pasívny príjem informácií postupne ustupujú didaktickým prístupom založeným na aktívnom učení, riešení problémov a aplikácii poznatkov v nových situáciách. V tomto kontexte sa čoraz viac zdôrazňuje rozvoj kognitívnych a prierezových schopností, medzi ktoré patrí schopnosť riešiť problémy, informatické a kritické myslenie, spolupráca a adaptabilita.
Premena vzdelávania je úzko spätá aj so zmenami na trhu práce, ktorý vyžaduje flexibilných odborníkov schopných celoživotného učenia a adaptácie na rýchlo sa meniace technologické podmienky. Vzdelávacie inštitúcie sú preto konfrontované s potrebou vytvárať také učebné prostredia, ktoré podporujú aktívne zapojenie žiakov, experimentovanie a reflexiu vlastných postupov. Dôraz sa presúva od memorovania k pochopeniu princípov, od reprodukcie postupov k ich tvorbe a hodnoteniu.
V tomto kontexte nadobúda osobitný význam rozvoj informatického myslenia ako schopnosti analyzovať problémy, rozkladať ich na menšie časti, navrhovať postupy riešenia a hodnotiť ich účinnosť. Informatické myslenie umožňuje jednotlivcom porozumieť fungovaniu digitálnych a technických systémov a aktívne s nimi pracovať, čo je v podmienkach Priemyslu 4.0 nevyhnutné. Jeho rozvoj je preto vnímaný ako jeden z kľúčových cieľov súčasného vzdelávania.

3.3 Vzdelávacia robotika verzus požiadavky Priemyslu 4.0

Technologické zmeny spojené s Priemyslom 4.0 vytvárajú vo vzdelávaní priestor pre využívanie takých edukačných prostriedkov, ktoré umožňujú prepájať teoretické poznatky s praktickou činnosťou. Osobitné postavenie v tomto kontexte zaujíma robotika, ktorá predstavuje konkrétny a didakticky opodstatnený nástroj rozvoja informatického myslenia.
Robotické systémy umožňujú realizáciu vzdelávacích aktivít založených na plánovaní postupov, algoritmickom riadení, testovaní riešení a práci so spätnou väzbou. Prostredníctvom práce s robotmi sú žiaci vedení k systematickému riešeniu problémov, analýze vlastných postupov a ich postupnému zdokonaľovaniu. Takto koncipované aktivity podporujú učenie založené na skúsenosti a experimentovaní, ktoré je v súlade s požiadavkami vzdelávania v podmienkach Priemyslu 4.0.
Robotika zároveň vytvára prirodzený most medzi digitálnym riadením a fyzickým prostredím, čím umožňuje žiakom pracovať s abstraktnými konceptmi prostredníctvom konkrétnych

činností. Tento aspekt je významný najmä z hľadiska rozvoja informatického myslenia, ktoré sa formuje v interakcii medzi mentálnymi modelmi a ich praktickým overovaním. Robotické aktivity tak pripravujú žiakov na porozumenie komplexným systémom typickým pre súčasnú technologickú spoločnosť.
Z hľadiska tejto práce predstavuje robotika edukačný prostriedok, ktorý reaguje na výzvy Priemyslu 4.0 a zároveň vytvára metodický rámec pre rozvoj informatického myslenia. Reflexia vzdelávacej robotiky v kontexte Priemyslu 4.0 zároveň prirodzene otvára priestor pre uvažovanie o ďalšom vývoji spoločensko-technologických trendov, v ktorých sa dôraz postupne presúva od samotnej automatizácie k humanocentrickému, udržateľnému a spoločensky zodpovednému využívaniu technológií, charakteristickému pre koncept Priemyslu 5.0.

3.4 Reflexia technologických trendov v kontexte Priemyslu 5.0

Hoci je teoretický rámec tejto kapitoly postavený na koncepte Priemyslu 4.0, je potrebné reflektovať aj aktuálny posun odborného diskurzu smerom k pojmu Priemysel 5.0, ktorý sa v posledných rokoch etabloval ako jeho hodnotové a spoločenské rozšírenie. Tento koncept nereprezentuje ďalšiu technologickú revolúciu v úzkom zmysle slova, ale zdôrazňuje otázku účelu, zmyslu a dopadov technologického rozvoja na človeka a spoločnosť (Schwab, 2016; Caligiuri et al., 2020).

Obrázok 2: Základné piliere konceptu Priemyslu 5.0: človek v centre, udržateľnosť a odolnosť
(zdroj: autorská úprava podľa European Commission, 2021).

Kým Priemysel 4.0 kladie dôraz predovšetkým na automatizáciu, digitalizáciu, kyber-fyzické systémy a efektívne využívanie dát, Priemysel 5.0 posúva pozornosť k humanocentrickému

prístupu, udržateľnosti a spoločenskej zodpovednosti technologických riešení. Technológie sú v tomto kontexte chápané ako prostriedok na podporu ľudskej tvorivosti, rozhodovania a kvality života, nie ako cieľ sám o sebe (Cimini et al., 2021; Su et al., 2022).

Základ Priemyslu 5.0 tvoria tri vzájomne prepojené piliere: človek v centre technologického rozvoja, environmentálna udržateľnosť a odolnosť systémov voči krízam a zmenám. Osobitný dôraz sa kladie na spoluprácu človeka a inteligentných systémov, vrátane kolaboratívnych robotov, ktoré rozširujú ľudské schopnosti bez ich nahrádzania. Tento prístup integruje hodnoty ako etické rozhodovanie, kreativita, kritická reflexia technologických dopadov a dlhodobá udržateľnosť (Caligiuri et al., 2020; Van der Aalst, 2021).

Z hľadiska vzdelávania tento posun znamená, že rozvoj prierezových schopností – kreativity, kritického myslenia, spolupráce, reflexie a adaptability – nadobúda rovnaký význam ako osvojovanie technických a digitálnych zručností. Vzdelávanie už nemá pripravovať žiakov len na fungovanie v automatizovaných systémoch, ale aj na aktívnu, zodpovednú a hodnotovo ukotvenú spoluprácu s technológiami (Lasi et al., 2014; Cimini et al., 2021).

V tejto perspektíve informatické myslenie presahuje rámec technickej práce s algoritmami a dátami a zahŕňa schopnosť systémovo uvažovať, analyzovať komplexné problémy, navrhovať riešenia a zároveň reflektovať ich spoločenské, etické a environmentálne dôsledky. Ide o spôsob uvažovania, ktorý umožňuje jednotlivcom aktívne a zodpovedne využívať digitálne technológie v prospech spoločnosti (Hagen et al., 2022).

Vzdelávacia robotika, ktorá je predmetom tejto práce, si zachováva svoju relevanciu aj v kontexte Priemyslu 5.0. Robotické aktivity podporujú nielen rozvoj algoritmického a systémového myslenia, ale aj tímovú spoluprácu, tvorivé riešenie problémov a reflexiu vlastných postupov. Tým prirodzene napĺňajú humanocentrické princípy Priemyslu 5.0 a pripravujú žiakov na porozumenie komplexným systémom založeným na spolupráci človeka a technológií (Mubin et al., 2013; Benitti, 2012).

Obrázok 3: Vzdelávanie v Priemysle 5.0
(Zdroj: vlastné spracovanie s využitím generatívnej umelej inteligencie ChatGPT (OpenAI. 2026)).

Zahrnutím reflexie Priemyslu 5.0 sa spoločensko-technologický rámec tejto kapitoly rozširuje a poukazuje na to, že rozvoj informatického myslenia prostredníctvom robotiky predstavuje nadčasový vzdelávací cieľ. Tento cieľ reaguje nielen na požiadavky Priemyslu 4.0, ale aj na širšie hodnotové a spoločenské výzvy súčasnej technologicky formovanej spoločnosti.

3.5 Empirické východiská rozvoja informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0

Napriek tomu, že hlavný teoretický rámec práce sa zameriava na vzdelávaciu robotiku ako edukačný prostriedok rozvoja informatického myslenia, súčasťou výskumných aktivít autorov bol aj empirický výskum zameraný na využívanie digitálnych technológií a nástrojov umelej inteligencie vo vzdelávaní. Tento výskum vychádza z teoretických východísk Priemyslu 4.0 a 5.0, ktoré kladú dôraz na rozvoj digitálnych, kognitívnych a prierezových schopností jednotlivcov v technologicky podmienenej spoločnosti. Informatické myslenie je v tomto kontexte chápané ako spoločný kognitívny základ pre prácu s robotickými systémami aj s nástrojmi umelej inteligencie.
Empirický výskum bol realizovaný medzi žiakmi stredných škôl a študentmi vysokých škôl v Slovenskej republike a Maďarsku. Jeho cieľom bolo analyzovať vplyv využívania digitálnych technológií a umelej inteligencie na rozvoj vybraných aspektov informatického myslenia, ako aj na postoje respondentov k používaniu moderných technológií v edukačnom procese. Výskum

mal prevažne kvantitatívny charakter a bol realizovaný prostredníctvom dotazníkového zisťovania.
Zameranie výskumu zahŕňalo najmä schopnosť riešiť problémy, analytické a algoritmické uvažovanie, prácu so spätnou väzbou, mieru motivácie a angažovanosti respondentov pri učení s využitím digitálnych nástrojov. Výsledky poukazujú na to, že respondenti, ktorí pravidelne pracujú s nástrojmi umelej inteligencie a digitálnymi technológiami, vykazujú vyššiu mieru rozvoja vybraných komponentov informatického myslenia, ako aj pozitívnejší postoj k technológiami podporovanému učeniu. Tieto zistenia korešpondujú s požiadavkami Priemyslu 4.0, ktorý zdôrazňuje schopnosť pracovať s dátami, algoritmickými postupmi a komplexnými systémami.
Hoci empirická časť výskumu nebola zameraná priamo na využívanie vzdelávacej robotiky, jej zistenia sú relevantné aj pre oblasť robotického vzdelávania. Robotika a nástroje umelej inteligencie zdieľajú spoločné princípy, ako sú algoritmické riadenie, systémové myslenie, iteratívne testovanie riešení a využívanie spätnej väzby. Zároveň sa tieto princípy uplatňujú aj v kontexte Priemyslu 5.0, ktorý kladie dôraz na humanocentrický prístup, spoluprácu človeka s technológiami a zodpovedné využívanie digitálnych nástrojov.
Získané empirické poznatky poukazujú na význam zmysluplnej integrácie digitálnych technológií do vyučovania, pričom dôraz sa presúva od samotného technického nástroja k rozvoju kognitívnych a prierezových schopností žiakov. V tomto kontexte možno vzdelávaciu robotiku vnímať ako jednu z foriem realizácie princípov overených v empirickom výskume, ktorá umožňuje prepájať abstraktné koncepty informatického myslenia s konkrétnou praktickou činnosťou v súlade s požiadavkami Priemyslu 4.0 a 5.0.

3.5.1 Hypotéza H1

Formulácia hypotézy H1 vychádza z teoretických východísk informatického myslenia a digitálnych kompetencií, ktoré poukazujú na význam aktívnej práce s digitálnymi technológiami a nástrojmi umelej inteligencie v procese učenia. Predpokladá sa, že pravidelná interakcia s algoritmickými systémami, dátovými nástrojmi a automatizovanými riešeniami podporuje rozvoj analytického, systémového a algoritmického uvažovania, ktoré tvoria základ informatického myslenia v kontexte digitálnej transformácie a konceptov Priemyslu 4.0 a 5.0. Na základe uvedených teoretických predpokladov bola sformulovaná nasledovná hypotéza:

H1: *Respondenti, ktorí častejšie využívajú digitálne technológie a nástroje umelej inteligencie v procese učenia, vykazujú vyššiu úroveň rozvoja vybraných komponentov informatického myslenia.*

3.5.2 Metodológia výskumu testovania hypotézy H1

Cieľom tejto časti výskumu bolo empiricky overiť existenciu vzťahu medzi intenzitou využívania nástrojov umelej inteligencie a úrovňou digitálnej kompetencie a pripravenosti respondentov pracovať s technologickými systémami, ktoré v tomto výskume vystupujú ako zástupné indikátory (proxy) vybraných komponentov informatického myslenia, najmä v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0. Ide predovšetkým o schopnosť pracovať s algoritmami, dátami, digitálnymi systémami a automatizovanými procesmi.

Výskum bol koncipovaný ako kvantitatívna empirická štúdia s neexperimentálnym, korelačným výskumným dizajnom. Zvolený prístup reflektoval skutočnosť, že cieľom nebolo manipulovať s premennými ani realizovať intervenciu, ale analyzovať existujúce vzťahy medzi intenzitou používania umelej inteligencie a vybranými indikátormi informatického myslenia na základe reálnych skúseností respondentov. Korelačný dizajn umožnil identifikovať štatisticky významné súvislosti medzi premennými, avšak neumožňuje vyvodzovať kauzálne závery.

Výskumná vzorka

Výskumnú vzorku tvorilo **N = 1 563 respondentov**, vysokoškolských študentov zo Slovenska a Maďarska, študujúcich na prvom a druhom stupni vysokoškolského štúdia. Respondenti boli oslovení prostredníctvom online dotazníka v anglickom jazyku, ktorý bol distribuovaný medzi študentov viacerých univerzít.
Výskumná vzorka mala charakter príležitostného (convenience) výberu, keďže respondenti boli oslovení prostredníctvom online dotazníka distribuovaného medzi študentov viacerých univerzít. Tento spôsob výberu predstavuje metodologické obmedzenie z hľadiska generalizovateľnosti výsledkov na celú populáciu vysokoškolských študentov, je však bežne využívaný v korelačných štúdiách zameraných na analýzu vzťahov medzi premennými. Napriek tomu veľkosť vzorky poskytla dostatočnú štatistickú silu na spoľahlivé testovanie vzťahov medzi sledovanými premennými.

Nástroj zberu dát

Nástrojom zberu dát bol štandardizovaný online dotazník, ktorý obsahoval položky zamerané na:

- frekvenciu používania nástrojov umelej inteligencie,
- typy využívaných AI nástrojov (ChatGPT, Gemini, Copilot, Meta AI, DeepSeek),
- postoje k integrácii umelej inteligencie do vzdelávania,
- subjektívne vnímanú pripravenosť pracovať s AI,
- etické a praktické obavy spojené s využívaním AI v akademickom prostredí.

Dotazník kombinoval uzavreté položky, Likertove škály, výberové otázky a jednu otvorenú otázku umožňujúcu respondentom vyjadriť vlastné postoje k využívaniu umelej inteligencie vo vzdelávaní.

Operacionalizácia premenných

Keďže dotazník neobsahoval priamu psychometrickú škálu informatického myslenia, bola zvolená stratégia proxy indikátorov (zástupných premenných), ktorá je v pedagogickom a sociálnovednom výskume akceptovaná v prípadoch, keď skúmaný konštrukt nie je možné merať jednou štandardizovanou škálou.

Nezávislá premenná

Ako hlavná nezávislá premenná bol vytvorený Index intenzity používania umelej inteligencie (AI_usage_index). Tento index vznikol sčítaním frekvencie používania piatich vybraných AI nástrojov: ChatGPT, DeepSeek, Gemini, Copilot a Meta AI.
Jednotlivé odpovede boli prekódované na numerickú škálu od 0 do 4, kde:

- 0 = nikdy (Never),
- 1 = zriedka (Rarely),

- 2 = niekedy (Sometimes),
- 3 = často (Frequently),
- 4 = vždy (Always).

Vyššie hodnoty indexu reprezentovali intenzívnejšie a pravidelnejšie využívanie umelej inteligencie v študijnom procese.

Závislá premenná

Ako závislá premenná bola použitá položka dotazníka:
„Do you feel properly prepared to interact with AI technology in your academic pursuits?"(Vnímate sa ako dostatočne pripravení na využívanie technológií umelej inteligencie v rámci svojich akademických aktivít?)
Odpovede boli prekódované na trojbodovú numerickú škálu:

- 0 = nie,
- 1 = možno,
- 2 = áno.

Táto premenná bola interpretovaná ako indikátor digitálnej pripravenosti, ktorá zahŕňa schopnosť orientovať sa v digitálnych systémoch, porozumieť algoritmickým procesom, pracovať s technologickými nástrojmi a adaptovať sa na automatizované prostredie. Uvedené schopnosti sú považované za základné komponenty informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.

Štatistické metódy

Na testovanie hypotézy H1 boli použité dve komplementárne štatistické metódy:

1. **Spearmanova korelačná analýza**, zvolená vzhľadom na ordinálny charakter dát a ich neparametrické rozdelenie.
2. **Mann–Whitneyho U test**, použitý na porovnanie dvoch nezávislých skupín respondentov rozdelených podľa mediánu indexu AI_usage_index na respondentov s intenzívnym využívaním umelej inteligencie a respondentov so zriedkavým využívaním umelej inteligencie.

Etické aspekty výskumu

Účasť na výskume bola dobrovoľná a anonymná. Respondenti neuvádzali žiadne osobné identifikačné údaje a získané dáta boli použité výlučne na vedecko-výskumné účely v rámci tejto monografie.

Limity výskumu

Výskum má niekoľko metodologických limitov. Absencia priamej škály informatického myslenia si vyžiadala použitie proxy indikátora, čo môže obmedzovať presnosť merania skúmaného konštruktu. Použitie príležitostnej vzorky znižuje možnosti generalizácie výsledkov a korelačný dizajn neumožňuje vyvodzovať kauzálne závery. Napriek týmto obmedzeniam zvolená metodológia poskytuje robustný základ pre testovanie hypotézy H1.

3.5.3 Výsledky testovania hypotézy H1

Hypotéza H1 predpokladala, že respondenti, ktorí častejšie využívajú digitálne technológie a nástroje umelej inteligencie v procese učenia, vykazujú vyššiu úroveň rozvoja vybraných komponentov informatického myslenia. Digitálna pripravenosť bola v tomto výskume chápaná ako proxy indikátor informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.

Korelačná analýza

Spearmanova korelačná analýza preukázala **pozitívny a štatisticky významný vzťah** medzi intenzitou používania umelej inteligencie a digitálnou pripravenosťou respondentov ($\rho = 0{,}23$; $p < 0{,}001$). Ide o slabý až stredný korelačný vzťah, ktorý však konzistentne podporuje teoretický predpoklad, že pravidelná interakcia s AI nástrojmi súvisí s vyššou úrovňou digitálnych kompetencií.

Porovnanie skupín

Mann–Whitneyho U test potvrdil štatisticky významný rozdiel medzi respondentami s intenzívnym využívaním umelej inteligencie a respondentami so zriedkavým využívaním umelej inteligencie ($U = 131\,348{,}0$; $p < 0{,}001$). Priemerné skóre digitálnej pripravenosti bolo vyššie u respondentov s intenzívnym využívaním umelej inteligencie ($M = 1{,}70$) v porovnaní s respondentami so zriedkavým využívaním umelej inteligencie ($M = 1{,}37$).

Interpretácia výsledkov

Získané výsledky poskytujú konzistentnú podporu hypotézy H1. Respondenti, ktorí intenzívnejšie využívajú nástroje umelej inteligencie, vykazujú vyššiu úroveň digitálnej pripravenosti, ktorá bola v tomto výskume interpretovaná ako indikátor rozvoja vybraných dimenzií informatického myslenia, najmä v dimenziách algoritmického uvažovania, práce s digitálnymi systémami, orientácie v dátach a systémového myslenia.

Záver k hypotéze H1

Na základe vykonaných analýz možno konštatovať, že hypotéza H1 bola empiricky potvrdená. Hoci informatické myslenie nebolo merané prostredníctvom priamej štandardizovanej škály, použité proxy indikátory poskytujú teoreticky odôvodnené a empiricky podložené dôkazy o existencii pozitívneho vzťahu medzi intenzitou používania umelej inteligencie a digitálnou pripravenosťou vysokoškolských študentov.

Cieľom analýzy bolo empiricky overiť, či intenzívnejšie využívanie nástrojov umelej inteligencie súvisí s vyššou úrovňou digitálnej kompetencie a pripravenosti pracovať s technologickými systémami, ktoré sú v odbornej literatúre považované za kľúčové zložky informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0, najmä v oblastiach práce s algoritmami, dátami, digitálnymi systémami a automatizovanými procesmi.

Keďže dotazník neobsahoval priamu štandardizovanú psychometrickú škálu informatického myslenia, bola zvolená stratégia proxy indikátorov (zástupných premenných), ktorá je v pedagogickom a sociálnovednom výskume považovaná za legitímny postup v prípadoch, keď skúmaný konštrukt nie je možné merať priamo prostredníctvom jednej položky alebo existujúcej validovanej škály.

3.5.4 Hypotéza H2

Formulácia hypotézy H2 vychádza z teoretických východísk motivácie k učeniu a humanocentrického prístupu k využívaniu digitálnych technológií, ktorý je charakteristický pre koncepciu Priemyslu 5.0. Tento prístup zdôrazňuje, že technológie – vrátane umelej inteligencie – by nemali byť vnímané výlučne ako nástroje zvyšovania efektivity, ale aj ako prostriedky podporujúce vnútornú motiváciu, angažovanosť a osobnostný rozvoj učiacich sa.
Predpokladá sa, že pravidelná interakcia s digitálnymi nástrojmi a systémami umelej inteligencie môže stimulovať zvedavosť, podporovať záujem o učenie a posilňovať vnútornú motiváciu študentov. Na základe týchto teoretických východísk bola formulovaná nasledovná hypotéza:

H2: *Využívanie nástrojov umelej inteligencie vo vzdelávaní pozitívne súvisí s vyššou mierou motivácie a angažovanosti respondentov v procese učenia.*

3.5.5 Metodológia výskumu testovania hypotézy H2

Cieľom tejto časti výskumu bolo empiricky overiť, či intenzívnejšie využívanie nástrojov umelej inteligencie súvisí s vyššou mierou motivácie a angažovanosti respondentov v procese učenia. Keďže použitý dotazník neobsahoval priamu štandardizovanú psychometrickú škálu motivácie k učeniu, bola zvolená stratégia využitia proxy indikátora, ktorá je v pedagogickom a sociálnovednom výskume považovaná za akceptovaný a teoreticky odôvodnený postup.
Výskum bol koncipovaný ako kvantitatívna empirická štúdia s neexperimentálnym korelačným dizajnom, keďže cieľom nebolo manipulovať s premennými, ale analyzovať existujúce vzťahy medzi sledovanými premennými na základe reálnych skúseností respondentov s digitálnymi technológiami. Zvolený dizajn umožňuje identifikovať štatisticky významné súvislosti, neumožňuje však vyvodzovať kauzálne závery.
Keďže testovanie hypotézy H2 vychádzalo z rovnakého výskumného súboru a rovnakého nástroja zberu dát ako hypotéza H1, opis výskumnej vzorky a dotazníka sa v tejto časti neopakuje.

Operacionalizácia premenných

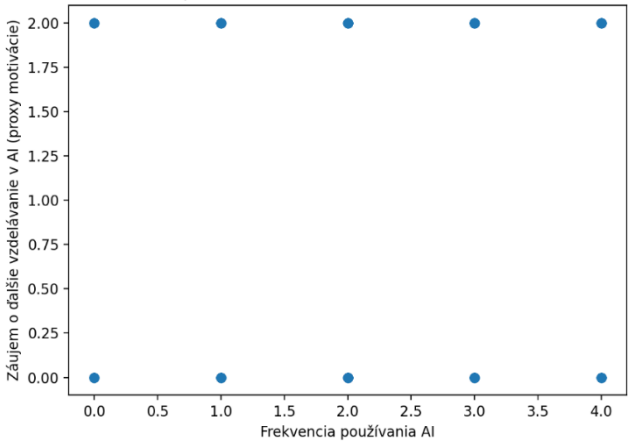
Ako nezávislá premenná bola použitá frekvencia využívania umelej inteligencie, meraná položkou *„How often do you use AI technology?“(„Ako často využívate technológie umelej inteligencie?“)*. Odpovede boli prekódované na numerickú škálu od 0 do 4, pričom vyššie hodnoty vyjadrovali častejšie a intenzívnejšie využívanie umelej inteligencie v procese učenia.
Ako závislá premenná bol použitý proxy indikátor motivácie k učeniu, reprezentovaný položkou *„Are you interested in learning more about AI technology?“ („Prejavujete záujem o rozšírenie svojich vedomostí v oblasti technológií umelej inteligencie?“)*. Odpovede boli prekódované na trojbodovú numerickú škálu (0 = nie, 1 = možno, 2 = áno) a interpretované ako prejav vnútornej motivácie, zvedavosti a ochoty respondentov angažovať sa v ďalšom vzdelávaní.
Takto operacionalizovaná motivácia korešponduje s humanocentrickým rámcom Priemyslu 5.0, ktorý zdôrazňuje podporu ľudskej motivácie, kreativity a osobnostného rozvoja prostredníctvom využívania digitálnych technológií.

Štatistické metódy

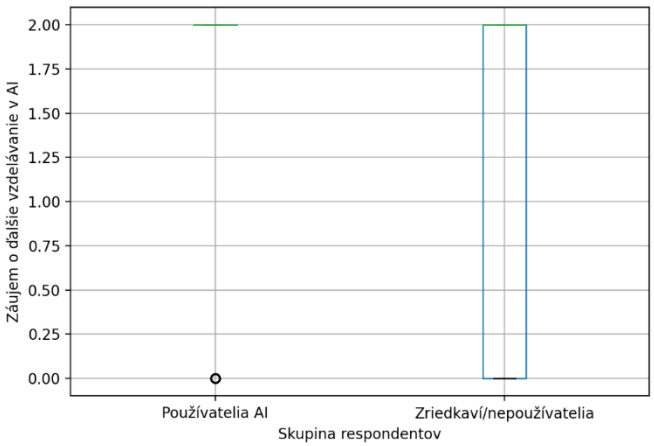
Na testovanie hypotézy H2 boli použité dve komplementárne štatistické metódy. V prvom kroku bola realizovaná Spearmanova korelačná analýza, ktorá slúžila na overenie vzťahu medzi frekvenciou využívania umelej inteligencie a indikátorom motivácie k učeniu. Následne boli respondenti rozdelení do dvoch skupín podľa miery využívania umelej inteligencie a tieto skupiny boli porovnané pomocou Mann–Whitneyho U testu, ktorý je vhodný na analýzu neparametrických dát a porovnanie dvoch nezávislých výberov.

3.5.6 Výsledky testovania hypotézy H2

Hypotéza H2 predpokladala existenciu pozitívneho vzťahu medzi využívaním nástrojov umelej inteligencie vo vzdelávaní a mierou motivácie a angažovanosti respondentov v procese učenia. Motivácia bola v tomto výskume operacionalizovaná prostredníctvom proxy indikátora – záujmu o ďalšie vzdelávanie v oblasti umelej inteligencie – v súlade s humanocentrickým prístupom charakteristickým pre koncepciu Priemyslu 5.0.



Graf 1: Vzťah medzi frekvenciou používania umelej inteligencie a motiváciou k ďalšiemu vzdelávaniu
(zdroj: vlastné spracovanie)



Graf 2: Porovnanie motivácie podľa používania AI
(zdroj: vlastné spracovanie)

Korelačná analýza

Spearmanova korelačná analýza preukázala pozitívny a štatisticky významný vzťah medzi frekvenciou používania umelej inteligencie a motiváciou k ďalšiemu vzdelávaniu ($\rho = 0{,}158$; $p < 0{,}001$). Ide o slabý, avšak systematický korelačný vzťah, ktorý podporuje teoretický predpoklad hypotézy H2.

Porovnanie skupín a interpretácia výsledkov

Výsledky Mann–Whitneyho U testu potvrdili štatisticky významný rozdiel medzi porovnávanými skupinami respondentov ($U = 171\ 898{,}5$; $p < 0{,}001$). Respondenti s intenzívnejším využívaním umelej inteligencie dosahovali vyššie priemerné skóre motivácie ($M = 1{,}63$) v porovnaní s respondentmi, ktorí AI využívajú zriedkavo alebo vôbec ($M = 1{,}27$). Získané výsledky poskytujú konzistentnú empirickú podporu hypotéze H2 a naznačujú, že využívanie umelej inteligencie vo vzdelávaní môže pôsobiť nielen ako nástroj učenia, ale aj ako faktor podporujúci vnútornú motiváciu a angažovanosť študentov.

Záver k hypotéze H2

Na základe vykonaných analýz možno konštatovať, že hypotéza H2 bola v rámci tohto výskumu empiricky potvrdená. Hoci motivácia k učeniu nebola meraná prostredníctvom štandardizovanej psychometrickej škály, použité proxy indikátory poskytujú teoreticky odôvodnený a empiricky podložený dôkaz o pozitívnom vzťahu medzi využívaním umelej inteligencie a motiváciou respondentov v kontexte humanocentrického rámca Priemyslu 5.0.

3.5.7 Hypotéza H3

Formulácia hypotézy H3 vychádza z teoretických východísk informatického myslenia a z humanocentrického prístupu k digitálnej transformácii, ktorý je charakteristický pre koncepciu Priemyslu 5.0. Tento prístup zdôrazňuje význam hodnotovej a postojovej dimenzie vzťahu človeka k technológiám, najmä dôvery v ich zmysluplnosť, prínos a schopnosť podporovať proces učenia.
Predpokladá sa, že pozitívne vnímanie digitálnych technológií a nástrojov umelej inteligencie ako podpory učenia zvyšuje ochotu jednotlivcov s týmito technológiami pracovať, experimentovať s nimi a rozvíjať vlastné digitálne kompetencie. Takto formovaný postoj môže následne podporovať rozvoj analytického, systémového a algoritmického uvažovania, ktoré tvoria základ informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0. Na základe uvedených teoretických predpokladov bola formulovaná nasledovná hypotéza:

H3: *Respondenti, ktorí vnímajú digitálne technológie a nástroje umelej inteligencie ako zmysluplnú podporu učenia, vykazujú vyššiu úroveň rozvoja vybraných komponentov informatického myslenia než respondenti s neutrálnym alebo negatívnym postojom.*

3.5.8 Metodológia výskumu testovania hypotézy H3

Cieľom tejto časti výskumu bolo empiricky overiť, či pozitívnejšie vnímanie umelej inteligencie ako nástroja podpory učenia súvisí s vyššou úrovňou digitálnej pripravenosti

respondentov, ktorá bola v tomto výskume interpretovaná ako proxy indikátor rozvoja informatického myslenia.
Keďže testovanie hypotézy H3 vychádzalo z rovnakého výskumného súboru a rovnakého nástroja zberu dát ako testovanie hypotéz H1 a H2, opis výskumnej vzorky a dotazníka sa v tejto časti neopakuje. Výskum bol realizovaný ako kvantitatívna empirická štúdia s neexperimentálnym korelačným dizajnom, zameraná na analýzu existujúcich vzťahov medzi postojmi respondentov k umelej inteligencii a ich digitálnou pripravenosťou. Zvolený dizajn umožnil identifikovať štatisticky významné súvislosti medzi premennými, avšak neumožňuje vyvodzovať kauzálne závery.

Operacionalizácia premenných

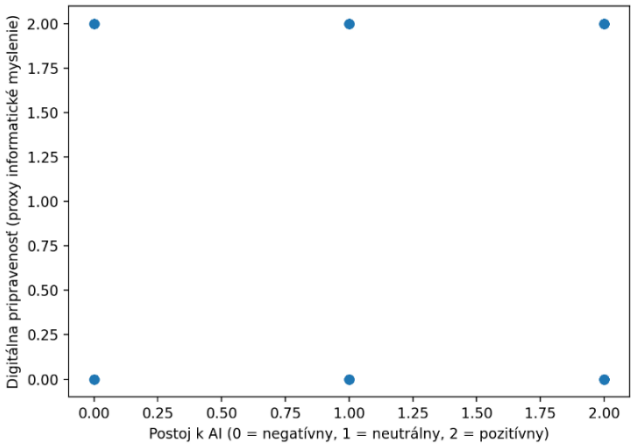
Ako nezávislá premenná bol použitý postoj respondentov k umelej inteligencii ako nástroju podpory učenia, meraný položkou *„Do you think AI can improve the learning experience for students?“(„Domnievate sa, že využívanie umelej inteligencie môže prispieť k zlepšeniu kvality vzdelávacieho procesu študentov?“)*. Odpovede boli prekódované na trojbodovú numerickú škálu, kde hodnota 0 reprezentovala negatívny postoj („No“), hodnota 1 neutrálny postoj („Not sure“) a hodnota 2 pozitívny postoj („Yes“). Táto premenná vyjadrovala mieru, do akej respondenti vnímajú umelú inteligenciu ako zmysluplný a hodnotný nástroj vo vzdelávacom procese.
Ako závislá premenná bola použitá subjektívne vnímaná digitálna pripravenosť, meraná položkou *„Do you feel properly prepared to interact with AI technology in your academic pursuits?“(„Vnímate svoju pripravenosť na využívanie technológií umelej inteligencie v rámci akademických aktivít ako dostatočnú?“)*. Odpovede boli prekódované na trojbodovú numerickú škálu (0 = nie, 1 = neviem, 2 = áno). Táto premenná bola interpretovaná ako proxy indikátor rozvoja informatického myslenia, keďže pocit pripravenosti pracovať s umelou inteligenciou odráža schopnosť orientovať sa v digitálnych systémoch, porozumieť algoritmickým procesom a efektívne pracovať s technologickými nástrojmi.

Štatistické metódy

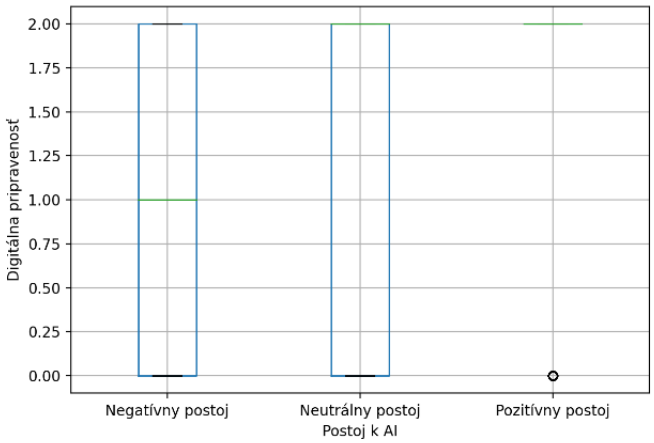
Na testovanie hypotézy H3 boli použité komplementárne štatistické metódy. Najprv bola realizovaná Spearmanova korelačná analýza zameraná na posúdenie vzťahu medzi postojom respondentov k umelej inteligencii a ich digitálnou pripravenosťou. Následne boli respondenti rozdelení do troch skupín podľa postoja k umelej inteligencii (negatívny, neutrálny a pozitívny postoj) a úroveň ich digitálnej pripravenosti bola porovnaná pomocou Kruskal–Wallisovho testu, ktorý je vhodný na porovnanie viacerých nezávislých skupín pri neparametrickom rozdelení dát.

3.5.9 Výsledky testovania hypotézy H3

Hypotéza H3 predpokladala, že pozitívnejšie vnímanie umelej inteligencie ako podpory učenia súvisí s vyššou úrovňou digitálnej pripravenosti respondentov. Táto pripravenosť bola v rámci výskumu chápaná ako proxy indikátor rozvoja informatického myslenia v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.



Graf 3: Vzťah medzi postojom k AI a digitálnou pripravenosťou
(zdroj: vlastné spracovanie)



Graf 4: Digitálna pripravenosť podľa postoja k AI
(zdroj: vlastné spracovanie)

Korelačná analýza

Spearmanova korelačná analýza preukázala stredne silný a štatisticky významný pozitívny vzťah medzi postojom k umelej inteligencii a digitálnou pripravenosťou respondentov ($\rho = 0{,}264$; $p < 0{,}001$). Tento výsledok naznačuje, že pozitívnejšie hodnotenie umelej inteligencie ako nástroja podpory učenia súvisí s vyššou mierou subjektívne vnímanej pripravenosti pracovať s digitálnymi technológiami.

Porovnanie skupín a interpretácia výsledkov

Výsledky Kruskal–Wallisovho testu potvrdili štatisticky významné rozdiely medzi tromi skupinami respondentov podľa postoja k umelej inteligencii ($H = 67{,}41$; $p < 0{,}001$). Priemerné hodnoty digitálnej pripravenosti vykazovali rastúci trend od respondentov s negatívnym postojom ($M = 1{,}00$), cez respondentov s neutrálnym postojom ($M = 1{,}13$), až po respondentov s pozitívnym postojom ($M = 1{,}67$).
Tieto výsledky poukazujú na systematickú súvislosť medzi hodnotovým vnímaním umelej inteligencie a úrovňou digitálnej pripravenosti respondentov.

Záver k hypotéze H3

Na základe vykonaných analýz možno konštatovať, že hypotéza H3 bola v rámci tohto výskumu empiricky potvrdená. Respondenti, ktorí vnímajú umelú inteligenciu ako zmysluplnú podporu učenia, vykazujú vyššiu úroveň digitálnej pripravenosti, čo naznačuje aj vyššiu úroveň rozvoja vybraných komponentov informatického myslenia.
Hoci informatické myslenie nebolo merané prostredníctvom štandardizovanej psychometrickej škály, použité proxy indikátory poskytujú teoreticky odôvodnený a empiricky podložený dôkaz o významnej úlohe postojovej dimenzie pri rozvoji digitálnych kompetencií v kontexte vzdelávania a humanocentrického rámca Priemyslu 4.0 a 5.0.

3.6 Štatistické zhrnutie výsledkov testovania hypotéz

Testovanie hypotéz H1–H3 bolo realizované pomocou neparametrických štatistických metód, konkrétne Spearmanovej korelačnej analýzy a Mann–Whitneyho U testu, resp. Kruskal–Wallisovho testu, v závislosti od charakteru premenných. Vo všetkých troch prípadoch boli identifikované štatisticky významné vzťahy medzi sledovanými premennými ($p < 0{,}001$).
Výsledky korelačných analýz poukázali na pozitívne súvislosti medzi intenzitou využívania umelej inteligencie, postojmi k umelej inteligencii a vybranými indikátormi informatického myslenia a motivácie. Sila korelačných vzťahov sa pohybovala od slabej po stredne silnú ($\rho = 0{,}158$ až $0{,}264$), čo je v sociálnych a pedagogických výskumoch považované za významné a teoreticky relevantné hodnoty.
Porovnanie skupín respondentov potvrdilo štatisticky významné rozdiely v úrovni digitálnej pripravenosti a motivácie v závislosti od miery využívania umelej inteligencie a postoja k nej. Respondenti s intenzívnejším využívaním umelej inteligencie a s pozitívnym postojom k týmto technológiám dosahovali systematicky vyššie hodnoty sledovaných premenných.
Zhrnuté výsledky poskytujú konzistentnú empirickú podporu všetkým trom hypotézam a potvrdzujú významnú úlohu umelej inteligencie nielen ako technologického nástroja, ale aj ako faktora podporujúceho rozvoj digitálnych kompetencií, informatického myslenia a motivácie v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.

4 Konštruktivisticky orientované prístupy v robotickom vzdelávaní

Súčasné pedagogické prístupy čoraz viac zdôrazňujú aktívne zapojenie žiakov do procesu učenia, rozvoj kritického myslenia, kreativity a schopnosti spolupracovať. V oblasti vzdelávacej robotiky a STEM vzdelávania sa preto uplatňujú aktivizujúce a konštruktivisticky orientované metodické prístupy, ktoré umožňujú prepájať teoretické poznatky s praktickou činnosťou a riešením autentických úloh. Medzi takéto prístupy patria model 5E a problémovo orientované vyučovanie, ktoré sú v odbornej literatúre považované za efektívne nástroje rozvoja kognitívnych, technických aj sociálnych zručností žiakov (Bybee et al., 2006; Barrows, 1996; Thomas, 2000).

Vzdelávacia robotika poskytuje prirodzené prostredie pre uplatnenie týchto prístupov, keďže je založené na experimentovaní, riešení problémov, iterácii riešení a práci s chybou. Táto kapitola sa zameriava na charakteristiku modelu 5E a problémovo orientovaného vyučovania a na ich integráciu v kontexte vzdelávacej robotiky ako prostriedku podpory informatického myslenia, systematického uvažovania a aktívneho učenia.

4.1 5E model výučby

Model 5E, vyvinutý Rodgerom W. Bybeem a tímom Biological Sciences Curriculum Study (BSCS), predstavuje päťfázový cyklus výučby pozostávajúci z fáz zapojenie (Engage), preskúmanie (Explore), vysvetlenie (Explain), rozpracovanie (Elaborate) a hodnotenie (Evaluate) (Bybee et al., 2006). Tento model vychádza z konštruktivistickej teórie učenia, podľa ktorej si žiaci aktívne konštruujú poznanie na základe vlastných skúseností a interakcie s prostredím.

V kontexte vzdelávacej robotiky má každá fáza modelu 5E špecifickú didaktickú funkciu. Fáza zapojenia slúži na aktiváciu predchádzajúcich vedomostí a motiváciu žiakov prostredníctvom problémovej situácie alebo demonštrácie robotického riešenia. Nasledujúca fáza preskúmania umožňuje žiakom experimentovať s robotickými systémami, testovať vlastné nápady a získavať skúsenosti bez okamžitého zásahu učiteľa. Táto fáza podporuje objavné učenie, spoluprácu a formulovanie hypotéz.

Vo fáze vysvetlenia dochádza k systematizácii získaných poznatkov a k ich prepojeniu s odbornými pojmami z oblasti robotiky, algoritmizácie a programovania. Rozpracovanie umožňuje aplikovať nové poznatky v komplexnejších úlohách a rozšírených projektoch, čím sa podporuje transfer učenia a schopnosť generalizácie. Záverečná fáza hodnotenia poskytuje priestor na reflexiu, sebahodnotenie a posúdenie úrovne pochopenia a aplikácie poznatkov.

Výskumy poukazujú na to, že implementácia modelu 5E vedie k hlbšiemu porozumeniu učiva, vyššej angažovanosti žiakov a rozvoju kritického myslenia (Duran & Duran, 2004; Trowbridge et al., 2008). V robotickom vzdelávaní je tento model obzvlášť vhodný, keďže podporuje učenie prostredníctvom činnosti a systematickú prácu s chybou ako prirodzenou súčasťou učenia.

Každá fáza modelu má svoj špecifický cieľ a prispieva k celistvému vzdelávaciemu zážitku:

1. **Zapojenie (Engage):** úlohou úvodnej fázy je prebudiť záujem žiakov, zistiť ich predchádzajúce vedomosti a vytvoriť osobné prepojenie s témou. V kontexte robotiky môže ísť napríklad o ukážku robota vykonávajúceho zaujímavú úlohu alebo diskusiu o technológiách, s ktorými sa žiaci stretávajú v každodennom živote.

2. **Preskúmanie (Explore):** počas tejto fázy sa žiaci aktívne zapájajú do riešenia problému alebo experimentu, čím získavajú skúsenosti s danými konceptmi prostredníctvom praktických aktivít bez bezprostredného vysvetľovania učiteľom. Táto fáza podporuje tvorbu hypotéz, pozorovanie a zdieľanie reflexií. V robotickom vzdelávaní ide často o prácu so stavebnicami, testovanie senzorov, experimentovanie s kódovaním a základné interakcie s robotickým systémom.
3. **Vysvetlenie (Explain):** v tejto fáze sa žiaci pokúšajú sformulovať, čo sa naučili, a učiteľ im pomáha spájať skúsenosti s vedeckými pojmami. Diskusie, priame vysvetlenia, používanie presných odborných pojmov – to všetko umožňuje prepojiť skúsenosti z fázy Explore s teoretickými východiskami. V robotickom vzdelávaní dochádza k objasneniu základných princípov robotiky, algoritmizácie, mechaniky a programovania.
4. **Rozpracovanie (Elaborate):** v predposlednej fáze žiaci aplikujú získané vedomosti v nových alebo zložitejších úlohách. V praxi môžu stavať a programovať vlastného robota riešiaceho komplexnejší problém, ako je navigácia v priestore, interakcia s prostredím alebo vykonanie série úloh.
5. **Hodnotenie (Evaluate):** Posledná fáza slúži na zhodnotenie procesu učenia zo strany učiteľa aj samotných žiakov, hodnotí sa v nej pochopenie a schopnosť aplikácie znalostí – formálne i neformálne. Môže ísť o prezentácie, reflexie, sebahodnotenie alebo diagnostické testy. V robotickom vzdelávaní sa môže hodnotenie zamerať na efektivitu riešenia úlohy, kvalitu algoritmu alebo spoluprácu v tíme.

Obrázok 4: 5E model
(zdroj: autorský preklad a grafická adaptácia podľa https://www.frontierpri.moe.edu.sg)

Model 5E zároveň podporuje diferencovaný prístup k vyučovaniu, keďže umožňuje individualizáciu učenia v súlade s potrebami, schopnosťami a tempom jednotlivých žiakov. Vytvára priestor pre aktívne zapojenie žiakov do edukačného procesu a prirodzene integruje rozvoj digitálnych kompetencií. Z daného hľadiska predstavuje vhodný rámec pre moderné vzdelávanie, ktoré reflektuje aktuálne technologické trendy a systematicky pripravuje žiakov na fungovanie v digitálnej spoločnosti.
Implementácia modelu 5E v kombinácii s problémovo orientovaným vyučovaním v robotickom vzdelávaní predstavuje efektívny spôsob podpory aktívneho učenia, rozvoja kritického myslenia a schopnosti riešiť komplexné problémy. Tieto pedagogické prístupy zvyšujú mieru angažovanosti žiakov, podporujú ich samostatnosť a zodpovednosť za vlastné učenie a zároveň prispievajú k rozvoju technických, kognitívnych a metakognitívnych zručností. V kontexte súčasných vzdelávacích požiadaviek tak významne prispievajú k príprave žiakov na výzvy 21. storočia, v ktorých sú digitálne a technologické kompetencie nevyhnutným predpokladom úspechu.

4.2 Problémovo orientované vyučovanie

Problémovo orientované vyučovanie (Problem-Based Learning – PBL) predstavuje pedagogický prístup založený na učení prostredníctvom riešenia autentických a zmysluplných problémov. Na rozdiel od tradičného vyučovania, v ktorom sú poznatky sprostredkované prevažne frontálnou formou, PBL kladie žiakov do aktívnej úlohy riešiteľov problémov, ktorí musia získané vedomosti aplikovať v konkrétnych situáciách. Učenie sa tak realizuje v kontexte reálnych výziev, čo podporuje hlbšie porozumenie učiva a transfer poznatkov do praxe.
Tento prístup je mimoriadne efektívny pri rozvoji analytického a kritického myslenia, keďže žiaci sú vedení k identifikácii problému, analýze jeho príčin, návrhu možných riešení a reflexii zvolených postupov. Problémovo orientované vyučovanie zároveň podporuje tvorivosť, samostatnosť a schopnosť spolupracovať v tíme, keďže riešenie komplexných úloh si často vyžaduje diskusiu, argumentáciu a spoločné rozhodovanie. Výskumy poukazujú na to, že PBL má pozitívny vplyv najmä na rozvoj schopnosti riešiť problémy, tímovej spolupráce a metakognitívnych zručností žiakov (Barrows, 1996; Thomas, 2000).
V edukačnej praxi je problémovo orientované vyučovanie často kombinované s ďalšími aktivizujúcimi metódami, ako sú kooperatívne vyučovanie či bádateľsky orientované učenie. Takéto prepojenie vytvára podmienky pre komplexný rozvoj kognitívnych aj sociálnych kompetencií žiakov a podporuje učenie založené na skúsenosti. V kontexte vzdelávacej robotiky predstavuje PBL prirodzený rámec, v ktorom žiaci riešia technické a algoritmické problémy prostredníctvom návrhu, programovania a testovania robotických riešení, čím sa vytvára priestor na prepojenie teórie s praktickou činnosťou.

4.3 Integrácia 5E modelu a problémovo orientovaného vyučovania

Spojenie modelu 5E a problémovo orientovaného vyučovania v rámci vzdelávacej robotiky vytvára komplexný didaktický rámec, ktorý umožňuje rozvíjať technické zručnosti žiakov v úzkej väzbe na ich schopnosť riešiť problémy, kriticky uvažovať a reflektovať vlastné postupy. Tento integračný prístup podporuje aktívne zapojenie žiakov do učenia a vytvára podmienky na uplatňovanie teoretických poznatkov v autentických edukačných situáciách.

Problémovo orientované vyučovanie sa prirodzene uplatňuje v rámci cyklického modelu 5E, najmä v jeho fázach zameraných na objavovanie, aplikáciu a hodnotenie riešení. Robotické úlohy, ako je návrh a programovanie robota na riešenie konkrétneho problému, poskytujú žiakom priestor na experimentovanie, overovanie hypotéz a postupnú optimalizáciu riešení na základe spätnej väzby. Takto koncipované aktivity podporujú systematické uvažovanie, analytický prístup k riešeniu problémov a schopnosť adaptovať zvolené postupy na meniace sa podmienky.

Integrácia modelu 5E a problémovo orientovaného vyučovania zároveň umožňuje pedagógom cielene pracovať s reflexiou učenia a hodnotením procesu riešenia problémov. Diskusia o zvolených postupoch, porovnávanie alternatívnych riešení a hodnotenie ich účinnosti prispievajú k rozvoju metakognitívnych schopností žiakov a k hlbšiemu porozumeniu riešených úloh. V robotickom vzdelávaní sa tak učenie neobmedzuje len na dosiahnutie funkčného výsledku, ale zahŕňa aj porozumenie princípom, ktoré k nemu viedli.

Implementácia modelu 5E v kombinácii s problémovo orientovaným vyučovaním predstavuje efektívny spôsob podpory aktívneho učenia, rozvoja kritického myslenia a schopnosti riešiť komplexné problémy. Takto koncipované robotické vzdelávanie vytvára priestor nielen pre rozvoj technických zručností, ale aj pre systematické budovanie informatického myslenia a ďalších prierezových kompetencií, ktoré sú predmetom nasledujúcej kapitoly.

5 Vzdelávacia robotika a rozvoj informatického myslenia

Vzdelávacia robotika zohráva významnú úlohu v rozvoji informatického myslenia ako kľúčovej prierezovej kompetencie súčasného vzdelávania, ako aj v rozvoji ďalších prierezových kompetencií nevyhnutných pre úspešné uplatnenie jednotlivca v súčasnom spoločenskom a pracovnom prostredí. Medzi tieto kompetencie patria najmä kritické myslenie, kreativita, komunikácia, spolupráca, digitálna gramotnosť a schopnosť riešiť problémy. Prostredníctvom práce s robotickými systémami sú žiaci vedení k systematickej analýze úloh, ich dekompozícii, abstrakcii a tvorbe algoritmických postupov, čím sa informatické myslenie rozvíja v úzkom prepojení s ostatnými oblasťami učenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017; Benitti, 2012).

Robotické aktivity vytvárajú edukačné prostredie založené na aktívnom učení, experimentovaní a riešení autentických problémov. Žiaci sú vedení k aplikácii získaných poznatkov v praktických situáciách, k reflexii vlastných postupov a k práci so spätnou väzbou. Takto koncipované učenie podporuje hlbšie porozumenie učivu a systematický rozvoj kognitívnych aj sociálnych kompetencií.

5.1 Robotika ako súčasť rámcových a školských vzdelávacích programov

V mnohých vzdelávacích systémoch, vrátane slovenského, sa robotika postupne etablovala ako súčasť rámcových vzdelávacích programov, predovšetkým v oblasti informatického a technického vzdelávania. Tento trend súvisí s rastúcim dôrazom na rozvoj digitálnych kompetencií, informatického myslenia a schopnosti aplikovať technické poznatky v praktických situáciách, ktoré sú považované za kľúčové predpoklady pre fungovanie jednotlivca v súčasnej digitálnej spoločnosti (MŠVVaŠ SR, 2020).

Štátny vzdelávací program pre primárne a nižšie sekundárne vzdelávanie (ISCED 1 a ISCED 2) vytvára priaznivé podmienky pre využívanie robotiky ako didaktického nástroja prostredníctvom dôrazu na rozvoj digitálnej gramotnosti, kreatívneho a logického myslenia, ako aj schopnosti riešiť problémy. Robotické aktivity umožňujú tieto ciele napĺňať prostredníctvom prakticky orientovaných úloh, ktoré prepájajú teoretické poznatky s reálnou činnosťou žiakov.

Napriek existencii kurikulárneho rámca zostáva reálna miera integrácie robotiky do vyučovacej praxe vo veľkej miere závislá od konkrétnych školských vzdelávacích programov a iniciatív jednotlivých škôl. V praxi je robotika často realizovaná prostredníctvom voliteľných predmetov, projektového vyučovania, tematických dní alebo záujmových útvarov, ako sú robotické krúžky a súťaže zamerané na programovanie a konštruovanie robotických systémov (Jurášová et al., 2021).

Takto organizované formy vzdelávania umožňujú flexibilnejšie reagovať na záujmy a potreby žiakov, ako aj na materiálno-technické možnosti škôl. Zároveň vytvárajú priestor pre interdisciplinárne prepájanie informatiky, techniky, matematiky a prírodovedných predmetov, čím podporujú komplexné a zmysluplné učenie. Robotika sa tak stáva prostriedkom, prostredníctvom ktorého je možné prepájať školské vzdelávanie s reálnym technologickým prostredím a cielene rozvíjať kompetencie nevyhnutné pre budúce uplatnenie žiakov v digitálnej spoločnosti (Kireš, 2018).

Z hľadiska edukačnej praxe možno konštatovať, že zaradenie robotiky do rámcových a školských vzdelávacích programov predstavuje významný krok smerom k modernizácii vyučovania. Jej flexibilná implementácia umožňuje školám vytvárať vzdelávacie prostredie podporujúce aktívne učenie, rozvoj informatického myslenia a systematickú prípravu žiakov na výzvy súčasného technologicky orientovaného sveta.

5.2 Rozvíjané kompetencie prostredníctvom vzdelávacej robotiky

Vzdelávacia robotika predstavuje účinný edukačný nástroj, prostredníctvom ktorého je možné systematicky rozvíjať široké spektrum kľúčových a prierezových kompetencií žiakov. Jej význam spočíva v prepojení technológií, praktickej činnosti a konštruktivisticky orientovaného učenia, čím vytvára podmienky pre rozvoj informatického myslenia, kognitívnych schopností, sociálnych zručností a digitálnej gramotnosti. Robotické aktivity umožňujú žiakom aktívne sa zapájať do procesu učenia, experimentovať, riešiť autentické problémy a reflektovať vlastné postupy, čo prispieva k hlbšiemu porozumeniu učiva a komplexnému rozvoju osobnosti žiaka.

Prierezovým poznávacím základom kompetencií rozvíjaných prostredníctvom robotiky je informatické myslenie, ktoré výrazne presahuje rámec samotného programovania. Zahŕňa schopnosť analyzovať problémy, rozkladať ich na menšie časti, identifikovať vzory, navrhovať algoritmické postupy a overovať ich účinnosť v praktických situáciách. Robotické úlohy vytvárajú autentické edukačné prostredie, v ktorom si žiaci tieto procesy osvojujú prirodzeným a skúsenostným spôsobom, napríklad pri programovaní správania robota, jeho navigácii v priestore alebo reakcii na podnety zo senzorov. Takto získané skúsenosti podporujú rozvoj systematického a efektívneho riešenia problémov, ktoré je považované za jednu zo základných kompetencií súčasného vzdelávania (Wing, 2006; Gabaľová, 2022).

Robotika významne prispieva aj k rozvoju kognitívnych schopností, ako sú analytické uvažovanie, abstrakcia, generalizácia a metakognícia. Pri riešení robotických úloh sú žiaci vedení k plánovaniu postupov, formulovaniu hypotéz, testovaniu riešení a hodnoteniu ich efektívnosti. Tento proces podporuje rozvoj vyšších kognitívnych funkcií a schopnosť uvedomovať si vlastné myslenie a učenie, čo je nevyhnutné pre sebariadené a celoživotné vzdelávanie (Atmatzidou & Demetriadis, 2016). Práca s robotickými systémami zároveň podporuje rozvoj priestorovej predstavivosti a vizuálno-priestorových schopností, ktoré sú významné najmä v technických a prírodovedných disciplínach (Eguchi, 2014).

Významným aspektom vzdelávacej robotiky je rozvoj rozhodovacích a adaptačných schopností. Pri práci s robotmi sa žiaci stretávajú s nepredvídanými situáciami, ako sú chyby v programe, konštrukčné nedostatky alebo zmeny v správaní robota. Tieto situácie si vyžadujú flexibilné reagovanie, úpravu stratégie a hľadanie alternatívnych riešení. Žiaci sa tak učia pracovať s chybou ako prirodzenou súčasťou učenia, rozvíjajú vytrvalosť, sebareflexiu a schopnosť adaptácie na meniace sa podmienky (Alimisis, 2013; Atmatzidou & Demetriadis, 2016).

Robotika zároveň podporuje rozvoj logického myslenia a matematickej gramotnosti. Pri riešení robotických úloh žiaci pracujú s číselnými údajmi, premennými, časovými a priestorovými vzťahmi, ako aj s geometrickými predstavami. Prepájanie programovania s matematickými konceptmi, ako sú vzdialenosť, rýchlosť, uhol či čas, umožňuje lepšie porozumieť abstraktným

pojmom prostredníctvom ich aplikácie v konkrétnych situáciách, čím sa posilňuje zmysluplné učenie matematiky a jej praktická využiteľnosť (Benitti, 2012).

Neoddeliteľnou súčasťou vzdelávacej robotiky je aj rozvoj digitálnej gramotnosti a technických zručností. Žiaci si osvojujú základy programovania, algoritmického myslenia a práce s digitálnymi technológiami, učia sa orientovať v programovacích prostrediach, interpretovať technické návody a pracovať s digitálnymi rozhraniami. Tým sa zvyšuje ich schopnosť efektívne využívať digitálne nástroje a technológie pri riešení problémov v autentických edukačných situáciách (Eguchi, 2014; OECD, 2019).

Robotické aktivity majú výrazný prínos aj v oblasti rozvoja sociálnych a komunikačných kompetencií. Väčšina robotických projektov je realizovaná v tímoch, čo si vyžaduje spoluprácu, rozdelenie úloh, argumentáciu a spoločné rozhodovanie. Žiaci sa učia efektívne komunikovať, prezentovať svoje riešenia a rešpektovať názory ostatných členov tímu. Tímová práca v robotickom prostredí tak podporuje sociálne učenie a rozvoj kompetencií potrebných pre spoluprácu v akademickom aj profesijnom prostredí (Benitti, 2012; Alimisis, 2013).

Vzdelávacia robotika vytvára priaznivé podmienky aj pre rozvoj kreativity a projektového myslenia. Návrh konštrukcie robota, výber senzorov a tvorba algoritmov správania umožňujú individuálne prístupy k riešeniu úloh a podporujú tvorivý proces. Kreativita sa prejavuje nielen vo výslednom produkte, ale aj v samotnom procese hľadania, testovania a optimalizácie riešení, čo podporuje divergentné myslenie a inovatívny prístup k riešeniu problémov (Jurášová et al., 2021).

Súčasťou vzdelávacej robotiky je aj rozvoj prezentačných, argumentačných a pracovných návykov. Žiaci často prezentujú výsledky svojej práce, vysvetľujú zvolené postupy a obhajujú svoje riešenia. Proces konštruovania a programovania robota si vyžaduje systematickú prácu, trpezlivosť a vytrvalosť, čím sa podporuje formovanie pracovných návykov a zodpovednosti za vlastné učenie (Kireš, 2018).

Na základe uvedeného možno konštatovať, že vzdelávacia robotika predstavuje komplexný edukačný nástroj rozvoja informatického myslenia a širokého spektra kľúčových kompetencií. Prostredníctvom robotických aktivít sa kognitívne, sociálne, digitálne a pracovné zručnosti rozvíjajú v úzkom prepojení, čím robotika významne prispieva k napĺňaniu cieľov moderného vzdelávania a k príprave žiakov na výzvy súčasnej digitálnej spoločnosti.

6 STEM a STEAM vzdelávanie v kontexte vzdelávacej robotiky

STEM je akronym označujúci štyri kľúčové oblasti vzdelávania: Science (veda), Technology (technológie), Engineering (inžinierstvo) a Mathematics (matematika). Tento interdisciplinárny prístup kladie dôraz na prepojenie teoretických poznatkov s ich praktickým uplatnením a podporuje rozvoj kritického myslenia, schopnosti riešiť problémy, tvorivosti a inovačného potenciálu žiakov. STEM vzdelávanie je považované za jeden z rozhodujúcich faktorov prípravy mladých ľudí na moderný trh práce, ktorý sa vyznačuje rýchlym technologickým vývojom a rastúcimi nárokmi na flexibilitu, adaptabilitu a komplexné myslenie (Bybee, 2010; National Science Board, 2018). Zároveň významne prispieva k vedeckému pokroku, inováciám a udržateľnému rozvoju spoločnosti (Honey, Pearson & Schweingruber, 2014).

Zavádzanie STEM vzdelávania do školských kurikulárnych rámcov už od primárneho stupňa vzdelávania podporuje motiváciu žiakov k objavovaniu a systematickému rozvoju záujmov v oblasti prírodných vied, techniky, inžinierstva a matematiky. Prostredníctvom projektovo orientovaných a problémovo zameraných edukačných úloh majú žiaci príležitosť riešiť komplexné zadania, ktoré prirodzene integrujú viaceré disciplíny, čím sa rozvíjajú ich schopnosti spolupráce, experimentovania a aplikácie získaných poznatkov v praktických kontextoch (Sanders, 2009). Viaceré výskumy poukazujú na to, že STEM vzdelávanie zohráva významnú úlohu aj pri zmierňovaní nedostatku kvalifikovaných odborníkov v technických a vedeckých profesiách, čím prispieva k ekonomickému rastu a konkurencieschopnosti krajín (Maltese & Tai, 2010; OECD, 2020). z tohto dôvodu sa STEM stáva integrálnou súčasťou národných i medzinárodných stratégií rozvoja vzdelávania.

Robotika je prirodzene a úzko prepojená s konceptom STEM vzdelávania, keďže vytvára priestor na autentické prepájanie všetkých jeho zložiek. v rámci STEM poskytuje robotika žiakom možnosť aplikovať teoretické poznatky z matematiky a prírodných vied v praktických situáciách, rozvíjať technické a inžinierske zručnosti a zároveň si osvojovať základy algoritmizácie a programovania. Práca s robotickými systémami umožňuje žiakom využívať matematické koncepty, ako sú geometria, meranie, súradnicové systémy či proporcie, analyzovať fyzikálne princípy pohybu, mechaniky a senzoriky a overovať ich funkčnosť v reálnom alebo simulovanom prostredí.

Výskumy poukazujú na to, že žiaci zapojení do STEM aktivít, vrátane robotických projektov, dosahujú vyššiu úroveň kritického myslenia, schopnosti riešiť problémy a vykazujú väčšiu sebadôveru pri práci s technológiami (OECD, 2018). Robotické úlohy podporujú aj rozvoj tvorivého myslenia, keďže žiaci sú vedení k navrhovaniu vlastných riešení, ich testovaniu, vyhodnocovaniu a následnej optimalizácii. Tento proces zodpovedá inžinierskemu cyklu riešenia problémov a prispieva k hlbšiemu porozumeniu učiva.

Z pohľadu tejto práce je však potrebné zdôrazniť, že robotika v kontexte STEM vzdelávania nepredstavuje iba prostriedok integrácie jednotlivých predmetových oblastí, ale zároveň významný nástroj rozvoja informatického myslenia. Pri riešení robotických úloh sú žiaci systematicky vedení k analýze problému, jeho dekompozícii na menšie časti, návrhu algoritmických postupov, ich testovaniu a optimalizácii na základe spätnej väzby. Tieto procesy zodpovedajú základným princípom informatického myslenia, ako ich definuje Wing (2006), a vytvárajú autentický edukačný kontext pre jeho rozvoj.

Robotika tak v rámci STEM vzdelávania prepája matematické, technické a prírodovedné poznatky s algoritmickým a systémovým uvažovaním. Žiaci sa učia nielen aplikovať poznatky z jednotlivých disciplín, ale aj efektívne navrhovať riešenia, predvídať správanie systémov a reflektovať vlastné postupy, čím sa informatické myslenie rozvíja ako prierezová kompetencia podporujúca riešenie komplexných problémov.
V súčasnosti sa koncept STEM čoraz častejšie rozširuje o umeleckú a kreatívnu dimenziu, čím vzniká prístup označovaný ako STEAM (A=Art -Umenie, obrázok 4). Tento model reflektuje potrebu komplexnejšieho rozvoja kompetencií žiakov a reaguje na požiadavky spoločnosti, v ktorej sú technické zručnosti úzko prepojené s tvorivosťou, dizajnom, estetickým cítením a schopnosťou inovatívneho myslenia.

Obrázok 1: STEAM
(zdroj: vlastné spracovanie ilustrácie konceptu STEAM vzdelávania)

Robotika v kontexte STEAM vzdelávania zohráva mimoriadne významnú úlohu, keďže prirodzene spája technické, inžinierske a programátorské zručnosti s kreatívnym návrhom riešení, dizajnom konštrukcií a estetickým spracovaním projektov. Žiaci sú vedení k tvorbe vlastných robotických riešení, ktoré si vyžadujú nielen technickú presnosť, ale aj kreatívne rozhodovanie, experimentovanie a reflexiu výsledkov práce. Tento prístup podporuje rozvoj inovatívneho myslenia a umožňuje žiakom vnímať technológie ako nástroj tvorby, nie iba ako prostriedok reprodukcie poznatkov.
Okrem rozvoja technických a kognitívnych zručností má robotika v rámci STEM a STEAM vzdelávania výrazný potenciál aj v oblasti rozvoja prierezových kompetencií. Robotické projekty sú často realizované tímovou formou, čím podporujú spoluprácu, komunikáciu, schopnosť argumentácie, plánovania a projektového riadenia. Žiaci sa učia rozdeľovať si úlohy, spoločne riešiť problémy a hodnotiť efektívnosť svojich riešení, čo prispieva k rozvoju tzv. mäkkých zručností nevyhnutných pre uplatnenie sa v pracovnom i spoločenskom živote 21. storočia.
Z didaktického hľadiska možno robotiku efektívne integrovať do vyučovania viacerými spôsobmi. v predmete informatika predstavuje prirodzený nástroj na výučbu algoritmizácie a programovania, v STEM a STEAM predmetoch slúži ako aplikačný prostriedok na prehlbovanie teoretických poznatkov z matematiky, fyziky a techniky. Významnú úlohu

zohráva aj v projektovom vyučovaní, kde umožňuje realizáciu komplexných interdisciplinárnych projektov prepájajúcich viacero vzdelávacích oblastí. Takto koncipované vyučovanie zvyšuje zmysluplnosť učenia, podporuje vnútornú motiváciu žiakov a prispieva k formovaniu ich pozitívneho vzťahu k technickým a prírodovedným disciplínam.

7 Robotické hračky

Robotické hračky predstavujú efektívny prostriedok, prostredníctvom ktorého je možné deti už od predškolského veku systematicky oboznamovať so základmi algoritmizácie, logického myslenia a elementárneho programovania. Umožňujú vytváranie jednoduchých algoritmických postupov bez potreby pokročilých technických alebo konštrukčných zručností, čím sú vhodné najmä pre deti vo veku od troch do ôsmich rokov, pričom niektoré modely nachádzajú uplatnenie aj u starších žiakov.
Využívanie robotických hračiek v predškolskom a školskom veku podporuje rozvoj kľúčových kompetencií, ako sú logické myslenie, kreativita, schopnosť riešiť problémy a spolupráca. Tieto zručnosti sú nevyhnutné pre úspech v digitálnom svete a pripravujú deti na výzvy 21. storočia.

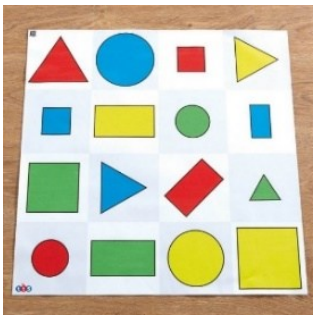
7.1 Bee-Bot a Blue-Bot – základy programovania pre najmenších

Včielka Bee-Bot (Obrázok 6) a lienka Blue-Bot (Obrázok 6) sú didaktické pomôcky vhodné pre rozvoj logického myslenia, priestorovej orientácie, plánovania a matematických zručností. Práca so včielkou či lienkou spontánne podporuje tiež jemnú motoriku a posilňuje koncentráciu pozornosti dieťaťa. Robotické hračky sa pohybujú po hladkej podložke v štyroch základných smeroch. Robotickú hračku Bee-Bot je možné naprogramovať na sekvenciu až 40 krokov, zatiaľ čo Blue-Bot umožňuje vytváranie sekvencií až do rozsahu 400 krokov.

Obrázok 2: Robotické hračky Bee-Bot a Blue-Bot
(zdroj: https://www.tts-group.co.uk)

Programovanie robotických hračiek Bee-Bot a Blue-Bot je realizované prostredníctvom štyroch ovládacích tlačidiel umiestnených na hornej časti zariadenia, ktoré zabezpečujú pohyb v smere dopredu, dozadu, vľavo a vpravo. Otáčanie robotickej hračky doľava a doprava je realizované v uhle 90°, pričom dĺžka jedného kroku pri pohybe vpred alebo vzad predstavuje 15 cm. Súčasťou ovládacieho rozhrania sú aj ďalšie funkčné tlačidlá, konkrétne tlačidlo pauza, ktoré slúži na dočasné zastavenie činnosti robotickej hračky, tlačidlo reset určené na vymazanie uloženého programu a tlačidlo OK, prostredníctvom ktorého je zabezpečené spustenie naprogramovanej sekvencie príkazov.
Práca s robotickými hračkami Bee-Bot a Blue-Bot umožňuje realizáciu širokého spektra edukačných aktivít s vysokým didaktickým potenciálom. Na realizáciu úloh je možné využívať hladkú podložku so štvorcovou sieťou, ako aj univerzálnu podložku s transparentnými

vreckami, do ktorých možno vkladať rôznorodé vizuálne podnety, ako sú obrázky, čísla, zvieratá, tematické karty, ročné obdobia alebo úlohy zamerané na rozvoj kognitívnych a logických schopností. Okrem univerzálnych riešení sú dostupné aj tematicky spracované podložky určené pre konkrétne edukačné oblasti (Obrázok 7).
Pri riešení úloh zameraných na koordináciu pohybu dvoch robotických hračiek na spoločnej podložke sa využíva bludisko (Obrázok 8), ktoré môže byť zakúpené ako hotová didaktická pomôcka alebo vytvorené pedagógom v súlade s konkrétnymi vzdelávacími cieľmi. Robotická hračka je napájaná batériou, ktorá sa dobíja prostredníctvom USB kábla.
Z hľadiska inkluzívneho vzdelávania je možné tieto programovateľné robotické hračky využívať aj pri práci s deťmi s miernym sluchovým alebo zrakovým znevýhodnením, keďže sú vybavené zvukovým výstupom prostredníctvom reproduktora a vizuálnou signalizáciou pomocou LED diód.



Obrázok 3: Podložka pre Bee-Bot a Blue-Bot

(zdroj: https://ruzovka.sk/sk/blue-bot/20523-bee-bot-blue-bot-sada-hracích-podlozek.html)

Obrázok 4: Bludisko pre Bee-Bot a Blue-Bot

(zdroj: https://ruzovka.sk/sk/bee-bot/20531-bee-bot-drevene-bludiste.html)

Obrázok 5: Čítačka TacTile pre Blue-Bot

(zdroj: https://ruzovka.sk/sk/blue-bot/20673-blue-bot-robot-tactile-ctecka-pokynu.html)

Blue-Bot môžeme ovládať aj pomocou čítačky kariet TacTile (Obrázok 9). Deti môžu s jej pomocou preskúmať zákutia geometrie a vytvárať efektívne algoritmy. Set obsahuje 25 doštičiek s pokynmi. Na čítačku môžeme umiestniť až 10 doštičiek s pokynmi. Ďalšou možnosťou ovládania Blue-Bot je pomocou tabletu či počítača, ktorý je vybavený Bluetooth. Na ovládanie robota sa využíva nainštalovaná aplikácia Blue-Bot, v ktorej sú jednotlivé kroky programovo nastavované. Táto aplikácia je zadarmo na stiahnutie a je dostupná pre operačné systémy iOS, Android, Windows 7 a vyššie a Mac OS.
Precvičovanie programovania je dôležité aj pri online výučbe a domácej príprave. Výučba programovania Bee-Bot aj Blue-Bot je možná pomocou emulátora. Na realizáciu týchto aktivít nie je nevyhnutná fyzická prítomnosť robotickej hračky.

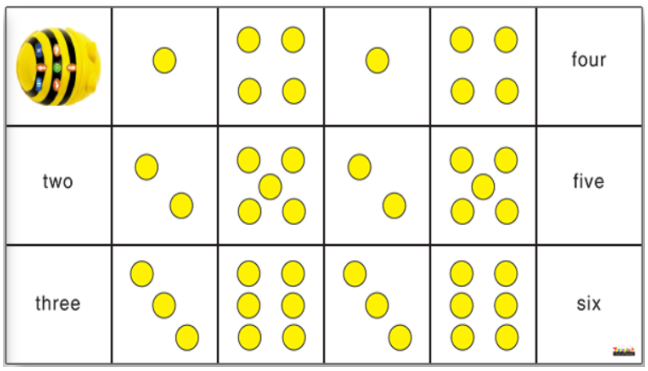
Obrázok 6: Emulátor
(zdroj: vlastné spracovanie)

Obrázok 7: Zápis programu
(zdroj: vlastné spracovanie)

Obrázok 8: Ovládanie emulátora
(zdroj: vlastné spracovanie)

Na obrázku 10 vidíme ovládacie šípky pre smer pohybu Bee-Bot, tlačidlo stop, reset programu a návrat do pôvodnej pozície. Zápis programu po stlačení tlačidla znázorňuje obrázok 11. Vysvetlivky ovládania emulátora sú uvedené na obrázku 12. Môžeme vyberať rôzne podložky pre riešenie úloh. Ukážka podložiek je na obrázkoch 13 a 14.

Obrázok 9: Podložka písmená
(zdroj:
https://www.terrapinlogo.com/mat-downloads.html)



Obrázok 10: Podložka kocky
(zdroj:
https://bluebot.terrapinlogo.com/?dice_mat)

Z didaktického hľadiska predstavujú robotické hračky Bee-Bot a Blue-Bot efektívny nástroj na rozvoj elementárneho algoritmického myslenia u detí v predprimárnom a mladšom školskom veku. Programovanie prostredníctvom fyzických tlačidiel minimalizuje kognitívnu záťaž spojenú s prácou s digitálnymi rozhraniami a umožňuje deťom sústrediť sa na pochopenie logickej štruktúry algoritmu, nie na ovládanie technológie.
V zmysle konštrukcionistického prístupu k učeniu (Papert, 1993) si deti osvojujú princípy programovania prostredníctvom aktívnej manipulácie s konkrétnym objektom a bezprostrednej spätnej väzby na svoje rozhodnutia. Realizované edukačné aktivity podporujú rozvoj sekvenčného uvažovania, priestorovej orientácie, plánovania krokov a schopnosti predvídať dôsledky zvoleného algoritmu, čím prispievajú k formovaniu základov informatického myslenia (Wing, 2006).

Významným didaktickým prínosom je aj možnosť diferencovania úloh podľa úrovne kognitívneho rozvoja detí – od jednoduchých lineárnych sekvencií až po komplexnejšie úlohy vyžadujúce koordináciu viacerých robotických hračiek. Pri vhodnom metodickom vedení pedagóga je možné tieto nástroje efektívne integrovať do vyučovania matematiky, prvouky, jazykovej výchovy aj rozvoja sociálnych kompetencií.

7.2 Pro-Bot

Robotické autíčko Pro-Bot (Obrázok 15) predstavuje pokročilú edukačnú pomôcku, ktorá žiakom umožňuje prakticky aplikovať princípy algoritmického a informatického myslenia. Na rozdiel od jednoduchších robotických hračiek, ako je Bee-Bot, Pro-Bot ponúka širšie možnosti programovania a interakcie.

Medzi kľúčové vlastnosti robotického autíčka Pro-Bot patrí:

- **Integrovaný displej:** Pro-Bot je vybavený LCD displejom, ktorý zobrazuje aktuálne príkazy a umožňuje ich editáciu priamo na zariadení. To žiakom poskytuje okamžitú spätnú väzbu a podporuje učenie sa z chýb.
- **Programovanie v jazyku Logo:** Robot podporuje programovanie v jazyku Logo, čo je vhodné pre výučbu základov algoritmizácie a rozvoj logického myslenia. Žiaci môžu zadávať príkazy pomocou tlačidiel a sledovať, ako ich robot vykonáva.
- **Možnosť kreslenia:** Pro-Bot je navrhnutý tak, aby mohol niesť fixku, čo umožňuje kreslenie rôznych tvarov a vzorcov na papieri. Tento aspekt robí z Pro-Bot ideálny nástroj na výučbu korytnačej grafiky a geometrických konceptov.
- **Senzory a interaktivita:** Robot je vybavený rôznymi senzormi, ako sú dotykové senzory na prednej a zadnej strane, ktoré umožňujú interakciu s prostredím a reagovanie na rôzne podnety.

Obrázok 11: Autíčko Pro-Bot
(zdroj: TTS Group – Pro-Bot)

Z didaktického hľadiska predstavuje robotické autíčko Pro-Bot významný prechodový nástroj medzi elementárnym programovaním založeným na ikonických príkazoch a formálnejším textovo orientovaným programovaním. V tomto kontexte môže slúžiť ako efektívny most medzi vizuálnym a textovým programovaním, keďže umožňuje explicitnú prácu s príkazovým

jazykom Logo a podporuje rozvoj presného algoritmického vyjadrovania a systematického uvažovania.
Využitie korytnačej grafiky prostredníctvom kreslenia trajektórie robota vytvára prirodzené prepojenie medzi programovaním a geometriou. Žiaci si prostredníctvom experimentovania overujú vzťah medzi príkazom, pohybom a výsledným geometrickým útvarom, čím dochádza k hlbšiemu porozumeniu pojmov, ako sú uhol, vzdialenosť, smer a opakovanie. Tento spôsob učenia je v súlade s konštrukcionistickým prístupom, ktorý zdôrazňuje učenie prostredníctvom aktívnej tvorby a vizualizácie (Papert, 1993).
Integrovaný displej a možnosť editácie príkazov priamo na zariadení poskytujú žiakom okamžitú spätnú väzbu, čo podporuje proces ladenia algoritmov a rozvoj schopnosti analyzovať chyby v programe. Práca s Pro-Botom tak cielene rozvíja vyššie úrovne kognitívnych procesov, najmä analýzu, syntézu a hodnotenie riešení, ktoré sú kľúčové pre rozvoj informatického myslenia (Wing, 2006).
Z metodického hľadiska je Pro-Bot vhodný najmä pre mladší sekundárny stupeň vzdelávania, kde môže slúžiť ako efektívny most medzi vizuálnym a textovým programovaním. Pri nevhodnom metodickom vedení však môže dôjsť k redukcii práce s robotom na mechanické vykonávanie príkazov bez hlbšieho porozumenia algoritmickej logiky, čo poukazuje na potrebu cielene formulovaných edukačných úloh a systematickej reflexie riešených problémov zo strany pedagóga.

7.3 Bager Constructa-bot

Bager Constructa-bot (Obrázok 16) je edukatívna robotická stavebnica určená pre deti od troch rokov, kombinuje hravé aktivity s osvojovaním základov programovania a mechaniky. Tento interaktívny robot umožňuje deťom vytvárať sekvencie pohybov, čo podporuje rozvoj ich logického a algoritmického myslenia.
Medzi hlavné vlastnosti Constructa-bot môžeme radiť to, že deti môžu naprogramovať robota pomocou sekvencií príkazov ako dopredu, dozadu, doľava, doprava a pauza. Každý príkaz je potvrdený zvukovým signálom a blikajúcimi očami robota. Okrem toho, Constructa-bot je vybavený držiakom na fixku, čo umožňuje robotovi kresliť svoje trasy na papieri. Tento aspekt robí z robota ideálny nástroj na výučbu korytnačej grafiky a geometrických tvarov. Robot má integrovaný trailer a hornú časť, na ktorú je možné pripevniť LEGO® dieliky, čo umožňuje deťom vytvárať vlastné dizajny a rozvíjať ich kreativitu.
Programovanie robota je intuitívne a nevyžaduje predchádzajúce skúsenosti s programovaním. Deti môžu vytvárať až 40-krokové sekvencie príkazov, ktoré robot vykoná po stlačení tlačidla GO. Deti sa učia vytvárať sekvencie príkazov a pochopiť príčinné následky, čo podporuje ich schopnosť riešiť problémy a myslieť logicky. Rovnako Constructa-bot umožňuje pripevnenie LEGO® dielikov, prostredníctvom ktorých môžu deti vytvárať rôzne dizajny a modely, čo podporuje rozvoj ich kreativity a predstavivosti. Kreslenie trás robota pomáha deťom pochopiť základné geometrické tvary a koncepty, ako sú uhly, vzdialenosti a orientácia.

Obrázok 12: Constructa Bot
(zdroj: TTS Group – Pro-Bot)

Z didaktického hľadiska predstavuje robotická hračka Constructa-bot vhodný edukačný nástroj na rozvoj elementárneho algoritmického myslenia v kombinácii s rozvojom jemnej motoriky a priestorovej predstavivosti. Spojenie jednoduchého programovania so stavebnými a konštrukčnými prvkami vytvára priaznivé podmienky pre učenie prostredníctvom manipulácie, experimentovania a vizualizácie výsledkov vlastnej činnosti.
Programovanie robota prostredníctvom sekvencií príkazov podporuje u detí pochopenie princípu príčinno-následných vzťahov, keďže každá zmena v algoritme má okamžitý vplyv na správanie robota. Tento spôsob práce je v súlade s konštruktivistickými a konštrukcionistickými prístupmi k učeniu, ktoré zdôrazňujú aktívnu účasť dieťaťa na procese poznávania (Papert, 1993).
Možnosť kreslenia trajektórie robota a využitie LEGO® dielikov rozširujú didaktický potenciál robotickej hračky Constructa-bot o prvky kreatívneho a technického vyjadrovania. Deti si prostredníctvom praktických aktivít osvojujú základné geometrické pojmy, ako sú smer, vzdialenosť a uhol, pričom rozvíjajú aj schopnosť plánovať postup riešenia úlohy.
Z metodického hľadiska je Constructa-bot vhodný najmä pre predprimárne vzdelávanie a mladší školský vek. Pri nedostatočnom pedagogickom vedení však existuje riziko, že činnosti zostanú na úrovni voľnej hry bez explicitného rozvoja algoritmického myslenia, čo poukazuje na potrebu cielene formulovaných edukačných úloh a reflexie realizovaných aktivít.

7.4 Ozobot – farebné kódovanie a vizuálne programovanie

Jednou z najčastejšie využívaných edukačných robotických pomôcok v prostredí základných škôl je Ozobot. V pedagogickej praxi patrí medzi najrozšírenejšie roboty používané na 1. aj 2. stupni základných škôl, a to vo všetkých ročníkoch od 1. po 9. triedu. Jeho popularita medzi učiteľmi vyplýva najmä z priaznivej ceny, kompaktných rozmerov a širokých možností didaktického využitia v rôznych vyučovacích predmetoch.
Ozobot je malý autonómny robot, ktorý dokáže sledovať čiaru a vyhodnocovať grafické farebné kódy. Medzi jeho základné funkcie patrí zmena smeru a rýchlosti pohybu, zastavenie, čakanie,

otáčanie, preskakovanie medzi čiarami, počítanie odbočení, reakcia na zmenu farby dráhy a svetelná signalizácia. Robota je možné programovať nielen pomocou grafických kódov, ale aj prostredníctvom počítača. Na jedno nabitie je schopný aktívnej prevádzky približne 60 minút, pričom čas nabíjania prostredníctvom USB portu je približne 20 minút. Vďaka týmto vlastnostiam je vhodný na systematické využitie vo formálnom aj neformálnom vzdelávaní a podporuje rozvoj STEAM kompetencií.

Na trhu sú dostupné dva modely – Ozobot Bit a Ozobot Evo (Obrázok 17). Model Evo predstavuje technologicky vyspelejšiu verziu, ktorá je vybavená väčším počtom senzorov a rozšírenými funkciami. Oproti modelu Bit disponuje senzorom vzdialenosti, zvukovým výstupom a možnosťou bezdrôtovej komunikácie prostredníctvom technológie Bluetooth Smart. Ozobot Evo je možné ovládať a programovať aj pomocou mobilných aplikácií pre tablety a smartfóny.

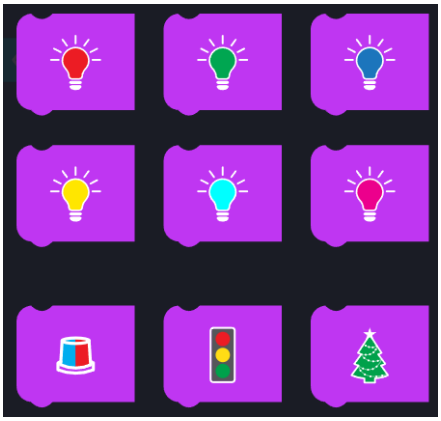
Didaktické využitie Ozobota spravidla začína jednoduchými aktivitami založenými na kreslení dráh pomocou farebných fixiek (čierna, červená, zelená a modrá) na biely papier. Žiaci prostredníctvom experimentovania sledujú správanie robota a postupne si osvojujú základné princípy algoritmického myslenia. Dôležitým aspektom týchto aktivít je správna hrúbka čiar a plynulosť zákrut. Následne sa využívajú tzv. ozokódy, ktoré predstavujú grafické programovacie prvky umožňujúce riadiť správanie robota priamo na papieri. Tento spôsob práce podporuje postupný prechod od intuitívneho k systematickému programovaniu.

Pre pokročilejšie aktivity je možné využiť vizuálne programovacie prostredie OzoBlockly, ktoré je založené na systéme Blockly. Umožňuje vytvárať komplexnejšie programy s využitím riadiacich štruktúr, podmienok, cyklov a premenných. Aplikácia Ozobot Evo pre operačné systémy iOS a Android rozširuje možnosti práce s robotom o ovládanie prostredníctvom virtuálneho joysticku, zmenu farieb LED diód, zvukové efekty a nahrávanie vlastných pohybov. Podpora rozšírenej reality a komunikačných funkcií prispieva k vyššej miere interaktivity a motivácie žiakov.

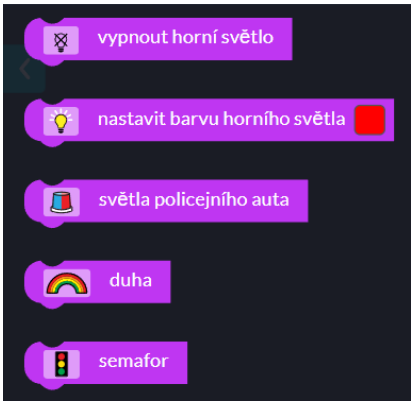
Ozobot predstavuje významný didaktický nástroj na rozvoj základov programovania, logického myslenia a kreatívneho riešenia problémov. Vďaka možnosti integrácie do rôznych vyučovacích predmetov, ako sú matematika, prírodné vedy, technika a umenie, je vhodným prostriedkom na implementáciu interdisciplinárneho prístupu STEAM vo vzdelávaní.

Obrázok 13: Robotické hračky Ozobot BIT a Ozobot Evo
(zdroj: Ozobot – Ozobot Evo)

Ozobota je možné programovať v grafickom programovacom prostredí OzoBlockly, ktoré podporuje oba typy robotov – Ozobot Bit aj Ozobot Evo. Programovanie je realizované prostredníctvom blokov, čo predstavuje spoločný princíp mnohých vizuálnych programovacích nástrojov využívaných pri práci s edukačnými robotmi.
Prostredie OzoBlockly obsahuje vysvetlivky jednotlivých programovacích blokov, nástroje na kalibráciu robota, možnosť nahrávania programov a množstvo pripravených ukážkových príkladov. Je navrhnuté tak, aby bolo prístupné žiakom rôznych vekových kategórií a úrovní digitálnych zručností.
Programovanie v OzoBlockly (Obrázok 18) je možné už u žiakov nižších ročníkov základnej školy, vrátane tých, ktorí ešte nevedia čítať. Pre túto vekovú skupinu je prostredie prispôsobené využitím vizuálnych piktogramov bez textu. Starší žiaci pracujú s blokmi doplnenými textovými popismi, ktoré umožňujú presnejšie definovanie programovacích príkazov.
OzoBlockly (Obrázok 19) ponúka päť úrovní náročnosti, ktoré podporujú postupný rozvoj programátorských kompetencií. Žiaci začínajú s jednoduchými sekvenčnými príkazmi a postupne prechádzajú k zložitejším konštrukciám, ako sú cykly a ďalšie riadiace štruktúry. Tento postup umožňuje systematický rozvoj algoritmického myslenia v súlade s vekovými a kognitívnymi možnosťami žiakov.



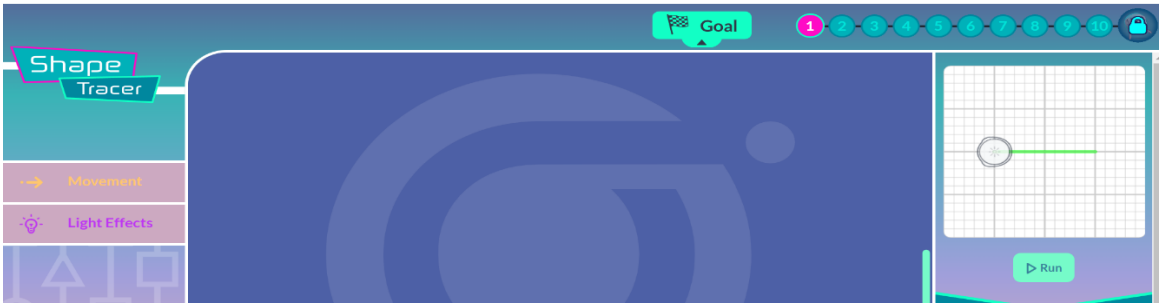
Obrázok 14: Ozoblockly pre najmenších
(zdroj: vlastné spracovanie)



Obrázok 15: Ozoblockly pre starších žiakov
(zdroj: vlastné spracovanie)

Na tento účel potrebujeme fyzicky Ozobot BIT či Ozobot EVO. Program vytvoríme a nahráme do Ozobota . Spustením programu si overíme, či náš program je správny.
V dobe online výučby si mohli žiaci tohto robota zapožičať a tvoriť programy doma. Žiaci, ktorí robota nemajú, môžu využiť Ozobot Challenges (Obrázok 20). Ozobot Challenges je simulátor, v ktorom žiaci programujú a program spúšťa bez robota. Program vyhodnotí nielen správne, ale aj optimálne riešenie. Pokiaľ žiak zvolí viac krokov, než je nutné, je vyzvaný na úpravu programu. Tento program je veľmi vhodný na precvičovanie programovania doma bez reálneho robota.
Ozobot predstavuje didakticky mimoriadne hodnotný edukačný nástroj, ktorý umožňuje plynulý prechod od intuitívneho, vizuálneho programovania k formálnemu algoritmickému mysleniu. Farebné kódy používané pri kreslení dráh fungujú ako prechodná reprezentácia medzi konkrétnou manipuláciou a abstraktným programovaním, čím sú vhodné najmä pre mladších žiakov základnej školy.

Postupný prechod od práce s grafickými kódmi k blokovému prostrediu OzoBlockly umožňuje diferencovanie výučby podľa úrovne digitálnych kompetencií žiakov. Žiaci sa najskôr oboznamujú so sekvenčnými príkazmi, následne s riadiacimi štruktúrami, cyklami a podmienkami, čím sa systematicky rozvíja informatické myslenie v zmysle dekompozície problému, tvorby algoritmov a ich optimalizácie (Wing, 2006).



Obrázok 16: Ozobot Challenges
(zdroj: vlastné spracovanie)

Didaktický potenciál Ozobota spočíva aj v jeho výraznom interdisciplinárnom presahu. Využitie robota v matematike, prírodovedných predmetoch, technike či umeleckých aktivitách podporuje implementáciu STEAM prístupu, v rámci ktorého žiaci prepájajú poznatky z viacerých oblastí do funkčných riešení. Projektovo orientované úlohy zároveň podporujú rozvoj spolupráce, komunikácie a kreatívneho riešenia problémov.
Významným prínosom je aj dostupnosť simulačných prostredí, ako je Ozobot Challenges, ktoré umožňujú precvičovanie algoritmického myslenia aj v situáciách, keď nie je k dispozícii fyzický robot. Na druhej strane, pri absencii metodického vedenia pedagóga existuje riziko redukcie práce s Ozobotom na mechanické kreslenie dráh bez hlbšieho porozumenia algoritmickým princípom, čo poukazuje na potrebu cielene navrhnutých edukačných aktivít a reflexie riešených úloh.

7.5 Sphero – mobilné ovládanie a pokročilé programovanie

Sphero (Obrázok 21) je guľatý robot, ktorý ovládame prostredníctvom mobilnej aplikácie cez Bluetooth. Robot umožňuje realizáciu aktivít zameraných na riadenie pohybu, reguláciu rýchlosti a vizualizáciu dráhy, ako aj programovanie správania prostredníctvom blokovo orientovaného prostredia. Sphero je vhodný aj pre vonkajšie použitie. Platforma Sphero zahŕňa viacero modelových radov s odlišnou úrovňou senzorického vybavenia a náročnosti programovania, čo umožňuje jej využitie v rôznych vzdelávacích kontextoch. Srdcom Sphero robotov je aplikácia Sphero Edu, ktorá umožňuje ovládať roboty prostredníctvom mobilných zariadení a zároveň poskytuje rôzne spôsoby programovania. Prostredníctvom aplikácie Sphero Edu je možné robot ovládať manuálne, ako aj programovo, pričom prostredie podporuje vizuálne blokové programovanie a plynulý prechod k textovo orientovanému programovaniu v jazyku JavaScript. Takto koncipované programovacie prostredie umožňuje postupný rozvoj algoritmického myslenia od intuitívneho zostavovania sekvencií príkazov až po tvorbu komplexnejších programových štruktúr.

Blokovo orientované programovanie znižuje kognitívnu záťaž pri osvojovaní základov algoritmizácie, zatiaľ čo textové programovanie vytvára priestor na presnejšie vyjadrenie algoritmických postupov a hlbšie porozumenie princípom riadenia správania robota.
Aplikácia Sphero Edu je kompatibilná s rôznymi zariadeniami vrátane iOS, Android, Windows a Chrome OS, čo zaručuje širokú dostupnosť a flexibilitu pri používaní.

Obrázok 17: Sphero
(zdroj: Sphero – Sphero BOLT)

Z didaktického hľadiska predstavuje robot Sphero flexibilný edukačný nástroj, ktorý umožňuje diferencované využitie v závislosti od veku a úrovne digitálnych kompetencií žiakov. Možnosť ovládania prostredníctvom mobilnej aplikácie a plynulý prechod od intuitívneho riadenia k blokovému a následne textovému programovaniu podporujú postupný rozvoj algoritmického myslenia.
Prostredie Sphero Edu umožňuje realizáciu bádateľsky orientovaných a projektových aktivít, v rámci ktorých žiaci experimentujú s pohybom, rýchlosťou a orientáciou robota. Týmto spôsobom dochádza k prepájaniu informatiky s fyzikou a matematikou, najmä pri riešení úloh zameraných na dráhu, rýchlosť a čas.
Z pedagogického hľadiska je významným prínosom aj možnosť práce v exteriéri, ktorá podporuje zážitkové učenie a zvyšuje motivačný potenciál edukačných aktivít. Na druhej strane, závislosť od mobilných zariadení môže pri nevhodnom metodickom vedení viesť k presunu pozornosti od algoritmického myslenia k samotnému ovládaniu technológie, čo zdôrazňuje potrebu jasne definovaných vzdelávacích cieľov.

7.6 Cubetto – robot pre najmenších s hmatovým ovládaním

Cubetto je drevený edukačný robot (Obrázok 22), ktorý je ovládaný prostredníctvom farebných hmatových blokov umiestňovaných do ovládacej dosky. Jednotlivé bloky reprezentujú základné príkazy pohybu (dopredu, otočenie doľava, otočenie doprava) a opakovania sekvencie, pričom ich kombinovaním vznikajú algoritmické postupy, ktoré robot vykonáva v reálnom priestore. Ovládacia doska komunikuje s robotom bezdrôtovo prostredníctvom technológie Bluetooth.
Programovanie robota prebieha prostredníctvom zostavovania sekvencií hmatových blokov, ktoré určujú jeho pohyb v priestore, často v kontexte tematických máp a príbehových podložiek. Tento spôsob práce umožňuje osvojovanie základných algoritmických princípov bez potreby

využitia digitálnych zariadení, čím podporuje aktívne učenie a sústreďuje pozornosť na logickú štruktúru úloh, nie na ovládanie technológie.

Obrázok 18: Cubbeto
(zdroj: Boing Boing (Cubetto))

Z didaktického hľadiska predstavuje Cubetto špecifický edukačný nástroj zameraný na rozvoj algoritmického myslenia bez využitia digitálnych obrazoviek. Programovanie prostredníctvom hmatových blokov umožňuje porozumenie princípom sekvenčnosti a opakovania ešte pred nadobudnutím čitateľských a digitálnych zručností, čím podporuje rozvoj predsymbolického, konkrétneho a logického uvažovania.
Cubetto nevyžaduje žiadny textový ani vizuálny displej, čo znižuje kognitívnu záťaž a umožňuje jeho využitie už v ranom detskom veku. Absencia obrazovky zároveň podporuje sústredenie pozornosti na samotnú logiku algoritmu a vzťah medzi zvolenou sekvenciou príkazov a výsledným správaním robota. Tento prístup je mimoriadne vhodný pre predprimárne vzdelávanie, kde podporuje rozvoj logického myslenia, priestorovej orientácie a schopnosti plánovať postup riešenia úloh.
Z inkluzívneho hľadiska je Cubetto vhodný aj pre deti so zrakovým znevýhodnením, keďže kombinuje hmatové a zvukové podnety a nevyžaduje vizuálne rozhranie. Didaktický potenciál tohto nástroja je však podmienený aktívnym metodickým vedením pedagóga, ktorý zabezpečuje prechod od voľnej hry k vedomému osvojovaniu si základných algoritmických princípov a ich postupnej internalizácii.

7.7 Dash

Dash je mobilný edukačný robot (Obrázok 23) vybavený sústavou senzorov, ktoré mu umožňujú reagovať na zvukové podnety, pohyb a zmeny v okolí. Robot podporuje multimodálnu interakciu prostredníctvom pohybu, zvukových výstupov a svetelných efektov, čím vytvára široké možnosti jeho využitia v edukačných aktivitách zameraných na rozvoj algoritmického myslenia.
Programovanie robota je realizované prostredníctvom vizuálne orientovaných aplikácií založených na blokovom programovaní. Prostredie Blockly umožňuje vytváranie algoritmov pomocou grafických blokov reprezentujúcich základné programovacie konštrukcie, ako sú sekvencie príkazov, cykly, podmienky a premenné. Tento spôsob práce znižuje kognitívnu

záťaž spojenú s formálnym zápisom kódu a vytvára predpoklady pre postupný prechod k textovo orientovanému programovaniu.
Pre robota Dash je k dispozícii viacero aplikačných prostredí, ktoré umožňujú diferencované využitie v závislosti od veku žiakov, úrovne digitálnych kompetencií a didaktických cieľov. Jednotlivé aplikácie sa líšia mierou komplexnosti a typom podporovaných edukačných aktivít. Medzi najčastejšie využívané patria:

- **Blockly** – aplikačné prostredie založené na vizuálnom blokovom programovaní, ktoré podporuje osvojovanie základných algoritmických konštrukcií.
- **Wonder** – aplikačné prostredie umožňujúce tvorbu interaktívnych príbehov a scenárov, ktoré podporuje kreatívne a projektovo orientované učenie.
- **Blockly Pro** – pokročilejšia verzia programovacieho prostredia, ktorá vytvára predpoklady pre prácu s komplexnejšími algoritmami a systematickejšie programovanie.

Didaktický potenciál robota Dash je možné rozšíriť aj prostredníctvom doplnkových modulov, ako sú ***Sketch Kit*** určený na kreslenie trajektórií, ***Launcher*** umožňujúci mechanickú interakciu s prostredím a ***Gripper Building Kit*** zameraný na manipuláciu s objektmi. Tieto rozšírenia prepájajú programovanie s technickým, konštrukčným a priestorovým myslením a podporujú realizáciu interdisciplinárnych edukačných aktivít.
Didaktický potenciál robota Dash je možné rozšíriť aj prostredníctvom doplnkových modulov, ako sú ***Sketch Kit*** určený na kreslenie trajektórií, ***Launcher*** umožňujúci mechanickú interakciu s prostredím a ***Gripper Building Kit*** zameraný na manipuláciu s objektmi. Tieto rozšírenia prepájajú programovanie s technickým, konštrukčným a priestorovým myslením a podporujú realizáciu interdisciplinárnych edukačných aktivít.

Obrázok 19: Dash
(zdroj: Wonder Workshop – Dash)

Z didaktického hľadiska predstavuje Dash flexibilný edukačný nástroj, ktorý umožňuje rozvoj algoritmického myslenia prostredníctvom multimodálnej interakcie a projektovo orientovaných úloh. Pri absencii adekvátneho metodického vedenia však existuje riziko redukcie práce s robotom na zábavnú činnosť bez hlbšej analytickej reflexie riešených úloh, čo zdôrazňuje potrebu jasne formulovaných vzdelávacích cieľov a premyslenej integrácie robota do vyučovacieho procesu.

7.8 VEX 123

VEX 123 (Obrázok 24) je programovateľná robotická hračka navrhnutá primárne pre deti v predprimárnom vzdelávaní a v primárnom stupni základnej školy, pričom jej didaktický potenciál umožňuje efektívne využitie aj v nižšom sekundárnom vzdelávaní. Jej koncepcia podporuje implementáciu základov informatiky, algoritmizácie a logického myslenia do rôznorodých vzdelávacích prostredí spôsobom, ktorý je pre žiakov zrozumiteľný a motivujúci (VEX Robotics, 2023; Wing, 2006).

Robotickú hračku VEX 123 je možné využívať na oboch stupňoch základných škôl. Prostredníctvom práce s týmto edukačným nástrojom pedagóg cielene rozvíja algoritmické myslenie, schopnosť riešiť problémy a základné princípy sekvenčného uvažovania, ktoré tvoria jadro informatického myslenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017). Programovanie a ovládanie robotickej hračky je realizované prostredníctvom dotykových tlačidiel umiestnených v hornej časti zariadenia, pomocou kodéra (príkazovej tabuľky) v kombinácii s kódovacími kartami, ako aj prostredníctvom webovej aplikácie VEXcode 123 (VEX Robotics, 2023).

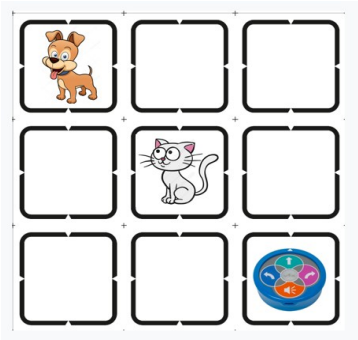
Z didaktického hľadiska je VEX 123 atraktívny pre mladších žiakov, zároveň však pri vhodne zvolených úlohách a metodických postupoch poskytuje priestor aj pre starších žiakov na druhom stupni základných škôl. Empirické prehľady poukazujú na to, že vzdelávacia robotika podporuje rozvoj informatického myslenia naprieč vekovými skupinami, pokiaľ je integrovaná do výučby systematicky a s jasne definovanými vzdelávacími cieľmi (Benitti, 2012).

Obrázok 20: VEX 123
(zdroj: https://kb.vex.com/hc/en-us/articles/36590819932692-123-Quickstart-Guide)

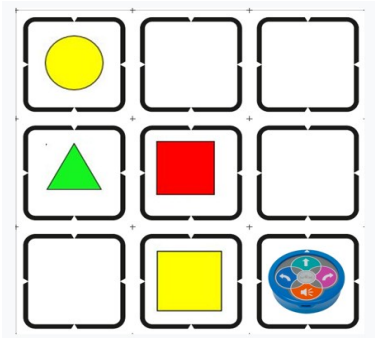
Obrázok 21: Herné pole pre VEX 123
(zdroj: https://kb.vex.com/hc/en-us/articles/360056120552-Get-Started-with-Your-123-Kit)

V rámci práce s robotickou hračkou VEX 123 je možné zvoliť rôzne režimy programovania v závislosti od aktuálnej úrovne vedomostí a vývinových charakteristík žiakov. Na základe ich pokroku môžu byť postupne implementované náročnejšie režimy a úlohy, ktoré podporujú systematický rozvoj poznatkov a zručností. Uvedený edukačný nástroj zároveň nenásilnou formou podporuje rozvoj jemnej motoriky a posilňuje schopnosť sústredenia pozornosti.

Robotická hračka sa pohybuje po hladkej podložke v štyroch základných smeroch a jej činnosť je možné programovať prostredníctvom ovládacích tlačidiel umiestnených v hornej časti zariadenia, pričom dĺžka programovanej sekvencie môže dosiahnuť až 255 krokov. Súčasťou ekosystému VEX 123 je aj tematické herné pole (Obrázok 25) a podložky s úlohami (Field & Activity Mats) (obrázky 26 a 27), ktoré umožňujú realizáciu štruktúrovaných vzdelávacích aktivít a projektových úloh (VEX Robotics, 2023).



Obrázok 22: Úloha zvieratá
(zdroj: vlastné spracovanie)



Obrázok 23: Úloha tvary
(zdroj: vlastné spracovanie)

Z hľadiska metodického postupu je práca s robotickou hračkou VEX 123 realizovaná obdobným spôsobom ako pri využívaní robotickej hračky Bee-Bot, čo umožňuje plynulý prechod medzi jednotlivými edukačnými nástrojmi v rámci výučby. Programovanie je možné realizovať aj prostredníctvom kodéra a kódovacích kariet, ktoré predstavujú alternatívny, netechnologický spôsob riadenia robotickej hračky.

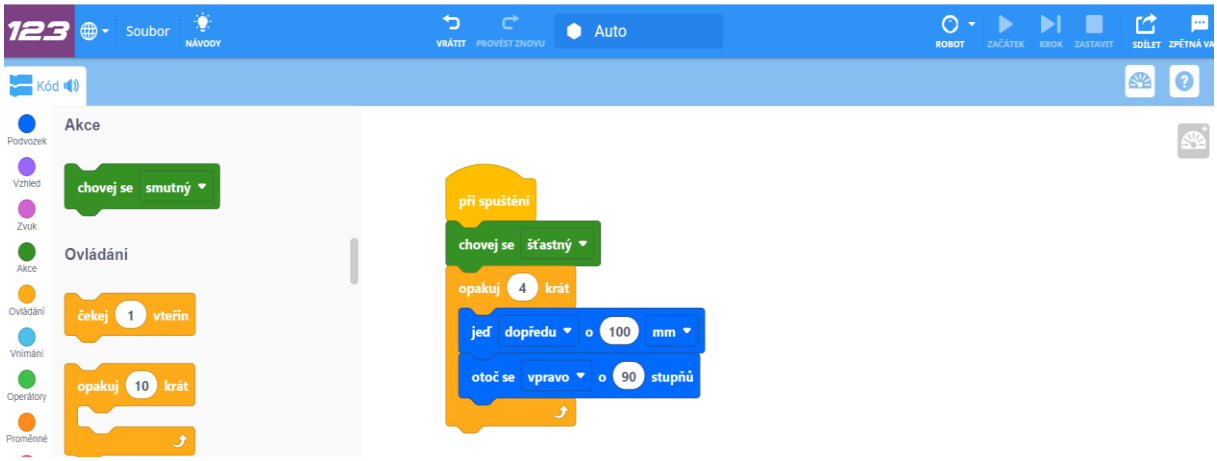
Využitím kodéra a kódovacích kariet (obrázky 28 a 29) je možné dosiahnuť porovnateľný edukačný efekt ako pri programovaní prostredníctvom digitálnych zariadení, a to bez nutnosti používania tlačidiel alebo obrazovky, čo je z didaktického hľadiska významné najmä v práci s mladšími deťmi (VEX Robotics, 2023; Bers, 2018).

Kodér a kódovacie karty sú navrhnuté tak, aby podporovali aj žiakov, ktorí ešte neovládajú čítanie. V tomto prípade žiaci pracujú predovšetkým so symbolickou časťou kariet, ktorá obsahuje piktogramy a vizuálne znaky reprezentujúce jednotlivé príkazy. Zároveň sú tieto karty vhodné aj pre žiakov, ktorí už čítajú, keďže umožňujú viacero úrovní interpretácie. Najmladší žiaci môžu využívať farby a ikony na „čítanie“ vizuálnych informácií, zatiaľ čo zdatnejší čitatelia identifikujú príkazy na základe textového označenia, čím sa paralelne podporuje aj rozvoj čitateľskej gramotnosti (Bers, 2018).

Obrázok 24: Kodér
(zdroj: https://education.vex.com/stemlabs/sk/123/coding-fundamentals/robot-help/play)

Obrázok 25: Kódovacie karty
(zdroj:https://kb.vex.com/hc/en-us/articles/360055037612-Using-the-VEX-Coder)

Ďalšou možnosťou programovania je využitie webovej aplikácie VEXcode 123 (Obrázok 30). Programovanie robotickej hračky je v tomto prípade realizované prostredníctvom blokovo orientovaných príkazov, ktoré umožňujú vizuálne a intuitívne zostavovanie programových sekvencií. Prenos programov a komunikácia medzi aplikáciou a robotickou hračkou prebiehajú bezdrôtovo prostredníctvom technológie Bluetooth.



Obrázok 26: VEXcode 123
(zdroj: vlastné spracovanie)

Robotická hračka VEX 123 predstavuje systematicky koncipovaný edukačný nástroj, ktorý umožňuje rozvoj algoritmického myslenia prostredníctvom viacerých úrovní programovania. Možnosť ovládania pomocou tlačidiel, kódovacích kariet aj blokového programovania vytvára plynulý prechod od konkrétnej manipulácie k abstraktnejšiemu programovaniu. Využitie kódovacích kariet podporuje porozumenie algoritmom aj u žiakov, ktorí ešte neovládajú čítanie, čím sa zároveň rozvíja symbolické myslenie. Z didaktického hľadiska predstavuje VEX 123 vhodný nástroj na systematické budovanie základov informatického myslenia, pričom jeho metodická kontinuita s inými nástrojmi (napr. Bee-Bot) umožňuje plynulý rozvoj žiakov naprieč vzdelávacími stupňami.
Prehľad systémov VEX (Obrázok 31) poukazuje na kontinuitu edukačných nástrojov od predprimárneho až po sekundárne vzdelávanie.

Obrázok 27: Prehľad systémov VEX
(zdroj: autorský preklad a grafická úprava podľa VEX Robotics)

7.9 VEX AIM

VEX AIM (Obrázok 32) je inovatívny a všestranný robotický systém určený pre modernú výučbu STEM, programovania, robotiky a základov umelej inteligencie. Je súčasťou ekosystému VEX Continuum, ktorý zabezpečuje plynulú nadväznosť vzdelávania od základných až po stredné školy. Prostredníctvom prakticky orientovaných úloh umožňuje žiakom a študentom rozvíjať algoritmické myslenie, porozumenie princípom programovania a základné koncepty umelej inteligencie.
Robot VEX AIM je vybavený omnidirekčným podvozkom, AI Vision senzorom na rozpoznávanie objektov, dotykovým displejom, LED indikátormi a reproduktorom, čo vytvára predpoklady pre realizáciu interaktívnych projektov, tvorivých úloh a edukačných súťaží. Robustná konštrukcia a intuitívne ovládanie zvyšujú jeho využiteľnosť v projektovo orientovanom vyučovaní aj pri individuálnej práci študentov.

Obrázok 28: VEX AIM
(zdroj: https://www.vexrobotics.com/aim)

Programovanie robota je možné prostredníctvom blokového prostredia VEXcode, programovacieho jazyka Python, ako aj priamo na robotovi pomocou jednoduchého tlačidlového kódovania. Podpora bezdrôtovej komunikácie (Bluetooth) umožňuje prepojenie viacerých robotov a realizáciu kooperatívnych aktivít, čím sa podporuje tímová spolupráca a rozvoj komunikačných zručností.
VEX AIM predstavuje komplexný edukačný nástroj, ktorý podporuje rozvoj kreativity, technických a digitálnych kompetencií, ako aj sociálnych zručností nevyhnutných pre budúce profesijné uplatnenie v technologicky orientovaných oblastiach.

Kľúčové technické a didaktické vlastnosti systému VEX AIM
Medzi kľúčové technické a didaktické vlastnosti systému VEX AIM patria:

- **Omnidirekčný pohyb** – vďaka trom omni kolesám (omni wheels) je robot schopný pohybu všetkými smermi s vysokou mierou presnosti, čo umožňuje realizáciu úloh zameraných na priestorovú orientáciu a presné riadenie pohybu.

- **AI Vision senzor** – umožňuje rozpoznávanie farieb, objektov a značiek AprilTags, čím vytvára priestor pre riešenie úloh s prvkami strojového videnia a základov umelej inteligencie.
- **Interaktívne prvky** – dotykový displej, LED indikátory a reproduktor podporujú tvorbu interaktívnych projektov a zvyšujú mieru zapojenia žiakov do edukačných aktivít.
- **Programovacie možnosti** – robot podporuje programovanie v blokovom prostredí aj v jazyku Python, čím je vhodný pre rôzne úrovne znalostí a umožňuje plynulý prechod od vizuálneho k textovému programovaniu.
- **Bluetooth komunikácia** – umožňuje bezdrôtové prepojenie viacerých zariadení a vytvára podmienky pre tímovú spoluprácu, kooperatívne projekty a edukačné súťaže.

VEX AIM podporuje rozvoj algoritmického myslenia, kreativity, tímovej spolupráce a technických zručností, pričom je vhodný pre projektovo orientovanú výučbu, súťažné aktivity aj individuálnu prácu žiakov a študentov. Vďaka robustnej konštrukcii a intuitívnemu ovládaniu je jeho využitie realizovateľné aj v bežných triednych podmienkach bez náročných technických požiadaviek.

Z didaktického hľadiska VEX AIM nepredstavuje iba robotický systém, ale komplexný vzdelávací nástroj, ktorý umožňuje systematickú prípravu žiakov a študentov na výzvy technologicky orientovanej spoločnosti, vrátane práce s inteligentnými a autonómnymi systémami.

VEX AIM predstavuje pokročilý edukačný robotický systém, ktorý umožňuje integráciu programovania, robotiky a základov umelej inteligencie do projektovo orientovanej výučby. Využitie senzorov strojového videnia a možnosti programovania v blokovom prostredí aj v jazyku Python vytvára podmienky pre rozvoj vyšších úrovní informatického myslenia.

Kooperatívne aktivity založené na bezdrôtovej komunikácii viacerých robotov podporujú rozvoj tímovej spolupráce, strategického plánovania a riešenia komplexných problémov. Žiaci sa učia analyzovať údaje zo senzorov, navrhovať algoritmy a overovať ich funkčnosť v reálnych podmienkach.

Efektívne didaktické využitie systému VEX AIM si však vyžaduje primerané technické vybavenie školy a metodickú pripravenosť pedagóga, ktoré sú nevyhnutné pre naplnenie jeho edukačného potenciálu.

Na základe analýzy vybraných robotických hračiek je možné formulovať nasledovné syntetické závery týkajúce sa ich didaktického potenciálu a možností využitia v edukačnom procese.

Z porovnania jednotlivých robotických hračiek vyplýva, že ich didaktický potenciál je podmienený najmä vekovými a kognitívnymi charakteristikami žiakov, mierou abstrakcie programovania a metodickým prístupom pedagóga. Jednoduchšie robotické hračky sú vhodné predovšetkým na formovanie elementárnych algoritmických zručností, zatiaľ čo komplexnejšie systémy vytvárajú priestor na rozvíjanie vyšších úrovní informatického myslenia, analytických schopností a projektovo orientovanej spolupráce. Efektívne využitie robotických nástrojov si preto vyžaduje ich cielene navrhnutú integráciu do edukačného procesu s jasne definovanými vzdelávacími cieľmi.

Prehľadné porovnanie kľúčových didaktických charakteristík vybraných robotických hračiek je uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Porovnanie didaktického potenciálu vybraných robotických hračiek

Robotická hračka	**Cieľová veková skupina**	**Forma programovania**	**Rozvíjané kognitívne procesy**	**Didaktické silné stránky**	**Limity a riziká**
Bee-Bot / Blue-Bot	MŠ, 1.–2. ročník ZŠ	Fyzické tlačidlá, emulátor	Sekvenčné uvažovanie, priestorová orientácia, plánovanie	Nízka kognitívna záťaž, okamžitá spätná väzba	Mechanické vykonávanie bez reflexie
Pro-Bot	1. stupeň ZŠ, nižší sekundárny stupeň	Textové príkazy (Logo)	Algoritmizácia, geometrické myslenie, analýza chýb	Prepojenie programovania a geometrie	Vyššie nároky na abstrakciu
Construkta-Bot	MŠ, 1. stupeň ZŠ	Sekvenčné príkazy	Príčinno-následné vzťahy, jemná motorika	Spojenie konštrukcie a programovania	Riziko redukcie na voľnú hru
Ozobot	1.–9. ročník ZŠ	Farebné kódy, bloky	Dekompozícia problému, optimalizácia	STEAM presah, diferenciácia výučby	Povrchné využitie bez metodiky
Sphero	1.–2. stupeň ZŠ	Blokové, textové	Experimentovanie, modelovanie	Vysoký motivačný potenciál	Závislosť od mobilných zariadení
Cubetto	MŠ	Hmatové bloky	Sekvenčné, symbolické myslenie	Bez obrazovky, inkluzívnosť	Obmedzená komplexnosť
Dash	1.–2. stupeň ZŠ	Blokové programovanie	Logické myslenie, podmienky	Multimodálna interakcia	Riziko „len zábavy“
VEX 123	MŠ, 1. stupeň ZŠ	Tlačidlá, karty, bloky	Algoritmické myslenie	Kontinuita nástrojov	Vyššie náklady
VEX AIM	2. stupeň ZŠ, SŠ	Bloky, Python	Analýza dát, systémové myslenie	Prvky AI, projekty	Technická náročnosť

(zdroj: vlastné spracovanie na základe odbornej literatúry)

8 Robotické stavebnice

Robotické stavebnice sa stali neoddeliteľnou súčasťou moderného vzdelávania, najmä v oblastiach informatiky, techniky a prírodných vied. Ich využitie vo výučbe podporuje rozvoj kľúčových kompetencií, ako sú logické a algoritmické myslenie, tímová spolupráca, kreativita a schopnosť riešiť problémy.

Z didaktického hľadiska ich význam nespočíva primárne v technickej komplexnosti jednotlivých stavebníc, ale v možnostiach ich pedagogickej interpretácie, metodického vedenia a cielenej integrácie do edukačného procesu.

Práca s robotickými stavebnicami umožňuje žiakom naučiť sa základom programovania a algoritmizácie. Vizuálne programovacie jazyky, ako Scratch alebo blokové programovanie, poskytujú prístupný spôsob, ako pochopiť logiku a sekvencie príkazov. Týmto spôsobom sa žiaci učia, ako rozložiť komplexné problémy na menšie, riešiteľné časti a vytvárať efektívne riešenia.

Robotické stavebnice často vyžadujú spoluprácu v tímoch, čo podporuje rozvoj komunikačných a organizačných zručností žiakov. Pri práci na spoločnom projekte sa žiaci učia rozdeliť úlohy, diskutovať o riešeniach a spoločne dosiahnuť stanovený cieľ. Tento prístup zodpovedá princípom projektového a problémového vyučovania, ktoré kladú dôraz na aktívne učenie a aplikáciu teoretických poznatkov v praxi. (Kabátová, 2012)

Stavba robotov z jednotlivých dielikov podporuje manuálnu zručnosť a priestorovú predstavivosť žiakov. Pri konštrukcii modelov sa žiaci stretávajú s fyzikálnymi princípmi, ako je rovnováha, pohyb a mechanika, čo im pomáha lepšie pochopiť reálne aplikácie týchto zákonov. Okrem toho sa učia pracovať s rôznymi návodmi, čo rozvíja ich schopnosť čítať a interpretovať technické dokumentácie. (https://www.interactivelearning.cz/vzdelavani/robotickekonstrukcni-stavebnice-seznamte-se)

Robotické stavebnice sú ideálnym nástrojom na integráciu rôznych oblastí vzdelávania, ako sú veda, technológia, inžinierstvo, umenie a matematika – koncept známy ako STEAM. Týmto spôsobom sa žiaci učia nielen technické aspekty, ale aj kreativitu, estetiku a kritické myslenie, čo vedie k holistickému rozvoju ich schopností. (https://www.veskole.cz/vzdelavani/detail-3384)

Pokročilé robotické stavebnice ako LEGO WeDo 2.0, LEGO SPIKE, LEGO Mindstorms EV3, VEX IQ, VEX EDR a mBot predstavujú efektívne nástroje na výučbu robotiky, programovania a inžinierskeho myslenia pre žiakov od 10 rokov. Tieto stavebnice umožňujú žiakom nielen konštruovať a programovať roboty, ale aj rozvíjať tímovú spoluprácu, riešiť problémy a aplikovať teoretické poznatky v praxi. V nasledujúcich podkapitolách sú analyzované z hľadiska ich didaktického potenciálu, rozvíjaných kognitívnych procesov a možností pedagogickej integrácie do výučby na jednotlivých stupňoch vzdelávania, pričom dôraz nie je kladený na technický opis, ale na ich edukačné využitie v kontexte vzdelávacích cieľov.

8.1 LEGO WeDo 2.0

Z didaktického hľadiska predstavuje stavebnica LEGO WeDo 2.0 vstupný edukačný nástroj určený na rozvoj elementárneho algoritmického myslenia, základov programovania a technického uvažovania u mladších žiakov základnej školy.

LEGO WeDo 2.0 je určené pre žiakov od siedmich rokov a ponúka jednoduchý spôsob, ako sa zoznámiť s robotikou a programovaním. Súprava obsahuje motory, senzory a inteligentnú riadiacu jednotku, ktoré umožňujú stavbu rôznych modelov. Programovanie prebieha prostredníctvom aplikácie, ktorá využíva vizuálne bloky, čo uľahčuje učenie sa základov algoritmizácie a logického myslenia. Súprava (Obrázok 33) je určená pre dvoch študentov a obsahuje 280 dielikov, vrátane Smarthub s Bluetooth pripojením, stredného motora, snímača pohybu a snímača náklonu.

Obrázok 29: LEGO WeDo 2.0
(zdroj: LEGO Education – LEGO WeDo 2.0)

8.2 LEGO SPIKE

Z didaktického hľadiska predstavuje stavebnica LEGO SPIKE prechodový edukačný nástroj medzi elementárnym blokovým programovaním a komplexnejšími formami algoritmického a inžinierskeho myslenia u žiakov druhého stupňa základnej školy.
LEGO SPIKE (Obrázok 34) je určené pre žiakov od 10 rokov a kombinuje LEGO Technic dieliky s programovateľnými senzormi a motormi. Programovanie prebieha pomocou aplikácie, ktorá podporuje blokové aj textové programovanie, čo umožňuje postupný prechod od základov k pokročilejším technikám. SPIKE podporuje interdisciplinárne projekty, ktoré integrujú matematiku, fyziku a informatiku. Nová riadiaca jednotka má 6 univerzálnych portov, integrovaný reproduktor a spoľahlivý 6-osový gyroskop. Motory a senzory majú zalisované káble, čo zvyšuje odolnosť a bezpečnosť. (https://robotika-na-zakladnej-skole.webnode.sk/lego-mindstorms/)

Obrázok 30: Lego SPIKE
(zdroj: LEGO Education – LEGO SPIKE)

8.3 LEGO Mindstorms EV3

LEGO Mindstorms EV3 predstavuje pokročilú edukačnú robotickú stavebnicu, ktorá nachádza uplatnenie vo vyučovaní základov robotiky na druhom stupni základnej školy. Jej využitie vychádza z konštruktivistických a konštrukcionistických prístupov k vzdelávaniu, ktoré kladú dôraz na aktívnu účasť žiaka na procese učenia prostredníctvom praktickej činnosti, experimentovania a riešenia problémových situácií. Stavebnica umožňuje integráciu poznatkov z oblasti informatiky, techniky, matematiky a fyziky, čím podporuje interdisciplinárny charakter vyučovania (Benitti, 2012; Papert, 1993).

Z hľadiska technického vybavenia stavebnica obsahuje programovateľnú riadiacu jednotku, výkonné servomotory a súbor senzorov (dotykový, farebný, ultrazvukový a gyroskopický), ktoré umožňujú konštruovať robotické systémy schopné autonómne reagovať na zmeny prostredia. Programovanie robotov je realizované prostredníctvom vizuálne orientovaného grafického prostredia, vhodného aj pre žiakov bez predchádzajúcich skúseností s programovaním, ako aj prostredníctvom textového programovania v jazyku Python. Tento prístup umožňuje diferencovanú prácu so žiakmi s rôznou úrovňou digitálnych zručností a zabezpečuje kontinuitu vzdelávania a postupný prechod od elementárnych algoritmických štruktúr k zložitejším programovým riešeniam (Wing, 2006; Shute et al., 2017).

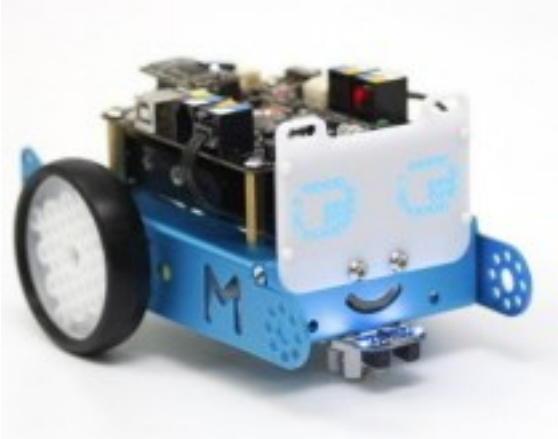
Didaktický prínos stavebnice LEGO Mindstorms EV3 (Obrázok 35) spočíva predovšetkým v systematickom rozvoji kľúčových kompetencií žiakov. V oblasti kognitívneho rozvoja podporuje formovanie logického a algoritmického myslenia, schopnosť analyzovať problémové situácie, navrhovať adekvátne riešenia a overovať ich funkčnosť v reálnych podmienkach, čím priamo prispieva k rozvoju informatického myslenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017). V afektívnej oblasti prispieva k posilňovaniu vnútornej motivácie žiakov, rozvoju záujmu o technické a prírodovedné predmety a formovaniu pozitívneho vzťahu k riešeniu náročnejších úloh, čo potvrdzujú viaceré výskumy zamerané na vzdelávaciu robotiku (Benitti, 2012; Papert, 1993). V sociálnej oblasti podporuje rozvoj spolupráce, komunikácie a zodpovednosti pri tímovej práci, keďže edukačné aktivity realizované s touto stavebnicou sú vo väčšine prípadov založené na kooperatívnych formách vyučovania (Benitti, 2012).

Napriek tomu, že oficiálna podpora série LEGO Mindstorms EV3 bola ukončená v decembri 2022, jej pedagogická a didaktická hodnota zostáva zachovaná (LEGO Education, 2022). Stavebnica je aj naďalej využiteľná ako efektívny edukačný nástroj na rozvoj základov robotiky a programovania na základnej škole a zároveň vytvára pevný základ pre nadväzujúce vzdelávanie v oblasti moderných robotických a digitálnych technológií. Získané poznatky a zručnosti žiakov možno považovať za významný predpoklad pre ich ďalšie štúdium v technicky a technologicky orientovaných odboroch, čo je v súlade s dlhodobými trendmi vo vzdelávaní STEM a rozvoji informatického myslenia (Papert, 1993; Wing, 2006).

Obrázok 31: LEGO Mindstorms EV3
(zdroj: LEGO Education – LEGO Mindstorms EV3)

8.4 mBot

Z didaktického hľadiska predstavuje robotická stavebnica mBot vstupný edukačný nástroj určený na rozvoj základov algoritmického myslenia, technických zručností a porozumenia princípom riadenia robotických systémov u mladších žiakov základnej školy.
Na obrázku 36 je znázornená robotická stavebnica mBot, ktorá predstavuje cenovo dostupný edukačný nástroj určený pre žiakov približne od ôsmich rokov. Súprava obsahuje základné konštrukčné a elektronické komponenty umožňujúce zostavenie jednoduchých robotických modelov, ktoré je možné programovať prostredníctvom graficky orientovaného prostredia mBlock, založeného na princípoch blokového programovania v prostredí Scratch. Stavebnica mBot je vhodná najmä ako úvod do problematiky robotiky a programovania.



Obrázok 32: mBot
(zdroj: Makeblock – mBot)

8.5 VEX GO

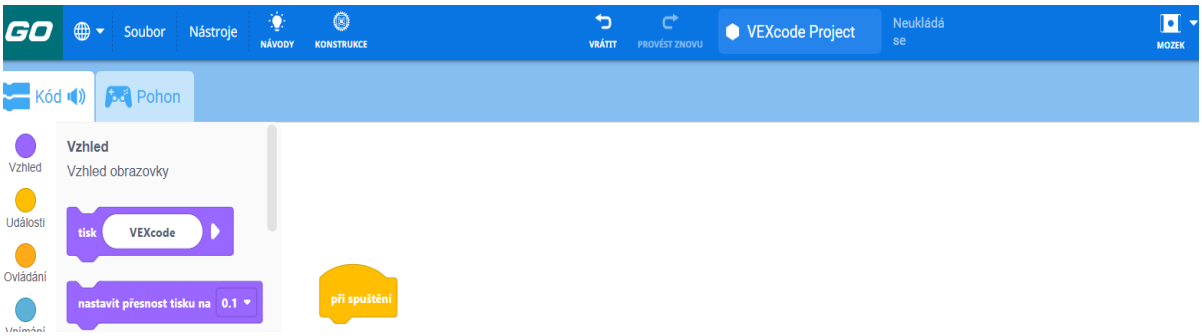
Z didaktického hľadiska predstavuje robotická stavebnica VEX GO edukačný nástroj určený na rozvoj elementárneho algoritmického a informatického myslenia, technických zručností a spolupracujúcich kompetencií u žiakov prvého stupňa základnej školy.

Robotická stavebnica VEX GO (Obrázok 37) je výrobcom koncipovaná pre žiakov prvého stupňa základnej školy. Jej didaktický koncept zahŕňa kooperatívne a prakticky orientované edukačné aktivity, ktoré podporujú aktívne zapojenie žiakov do procesu učenia a rozvoj základných technických, logických a sociálno-kooperatívnych.
VEX GO je súčasťou robotického radu VEX, ktoré sprevádza žiakov od materskej školy až po strednú školu. Túto stavebnicu môžeme využiť nielen v hodinách informatiky na rozvoj konštrukčných zručností, ale aj programovania. Prostredie VEXcode GO im pomôže naučiť sa základy blokového programovania. Jeho súčasťou sú aj konštrukčné návody na stavbu robotov. Stavebnica obsahuje stavebné diely, páčkový prepínač, akumulátor, riadiacu jednotku robota, motory a senzory (dotykový, optický, elektromagnet). Široká škála doplnkových dielov umožňuje postaviť roboty väčšie, zložitejšie aj s viacerými funkciami. Pri konštruovaní robota nepotrebujeme skrutkovač. Robota je možné ovládať ručným ovládačom (s vopred naprogramovaným kódom, napr. na overenie jeho mechanických vlastností) alebo ho naprogramovať tak, aby fungoval samostatne pomocou inteligentných senzorov.

Obrázok 33: VEX GO
(zdroj: https://www.vexrobotics.com/go-kits.html?srsltid=AfmBOooFckAg5Wwm1PGXqY6Du6zpjfCZG0Lre66igPnGSR_gVvH1WZp_)

Aktivity realizované prostredníctvom stavebnice VEX GO sú koncipované predovšetkým pre samostatnú a skupinovú prácu žiakov. Vyznačujú sa výrazným medzipredmetovým presahom a sú vhodné najmä na realizáciu krátkodobých edukačných úloh v rámci vyučovacej hodiny. Využitím stavebnice VEX GO môže pedagóg cielene rozvíjať informatické myslenie a posilňovať schopnosť žiakov riešiť problémy prostredníctvom algoritmického a logického uvažovania.
Webová aplikácia VEXcode GO umožňuje žiakom osvojovať si základy blokového programovania, pričom samotná stavebnica zároveň podporuje rozvoj konštrukčných a technických zručností. Zostavenie jednoduchých modelov, ako sú vozidlá alebo robotické zostavy, si spravidla nevyžaduje viac ako 10 minút, zatiaľ čo ich demontáž a opätovné uloženie komponentov do úložných boxov je možné realizovať v časovom intervale kratšom ako

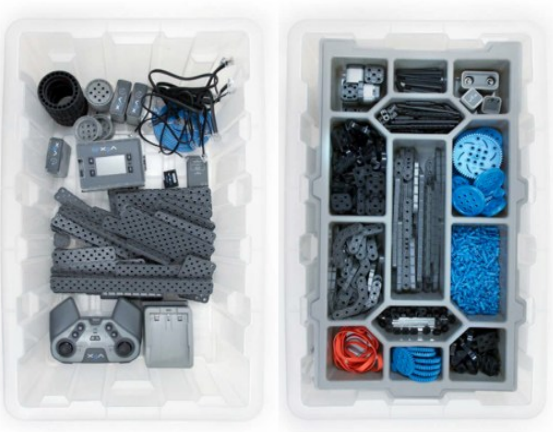
5 minút. Tento časový rámec vytvára dostatočný priestor na návrh jednoduchého programu, overenie funkčnosti zostaveného modelu a poskytnutie okamžitej spätnej väzby, čím sa podporuje aktívne zapojenie žiakov počas jednej vyučovacej hodiny.
Programovanie a ovládanie robotických modelov je realizované prostredníctvom prostredia VEXcode GO (Obrázok 38), pričom prenos dát a komunikácia medzi aplikáciou a robotickou stavebnicou prebiehajú bezdrôtovo prostredníctvom technológie Bluetooth.



Obrázok 34: VEXcode GO
(zdroj: vlastné spracovanie)

8.6 VEX IQ

Z didaktického hľadiska predstavuje robotická stavebnica VEX IQ edukačný nástroj určený na rozvoj algoritmického a informatického myslenia, technických zručností a tímovej spolupráce u žiakov druhého stupňa základných škôl.
Didaktické využitie stavebnice je založené na kooperatívnych a prakticky orientovaných edukačných aktivitách, ktoré podporujú aktívne zapojenie žiakov do procesu učenia a riešenia problémov. Obsahuje viac ako 800 štrukturálnych a pohybových komponentov, 4 inteligentné motory, rôzne senzory (gyroskopický senzor, spínač nárazníka, dotykový senzor LED, ultrazvukový senzor, ultrazvukový snímač s meraním vzdialenosti, optický senzor) a riadiacu jednotku robota s diaľkovým ovládaním. Pôvodná súprava je nazývaná 1. generácia (Obrázok 39), a nová súprava je 2. generácia (Obrázok 40). Obe sa líšia nielen usporiadaním dielov v boxoch, ale aj odlišnými stavebnými dielmi. Z každej súpravy môžeme stavať iné roboty (Obrázok 41). Riadiaca jednotka 2. generácie je technicky dokonalejšia a do jej pamäte je možné ukladať viac programov.

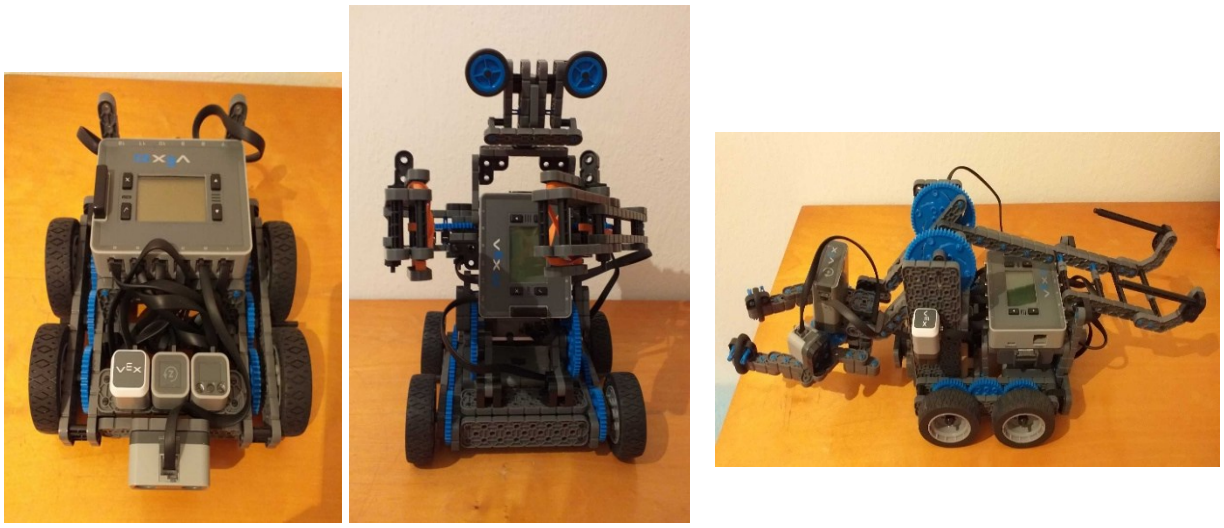


Obrázok 35: VEX IQ – 1. generácia

(zdroj: https://kb.vex.com/hc/en-us/articles/360047105271-Introduction-to-the-VEX-IQ-1st-gen-Kit)

Obrázok 36: VEX IQ – 2. Generácia

(zdroj: https://education.vex.com/stemlabs/sk/iq/competition-101-viqrc-mix-match/building-your-first-robot/viqrc-session-2)



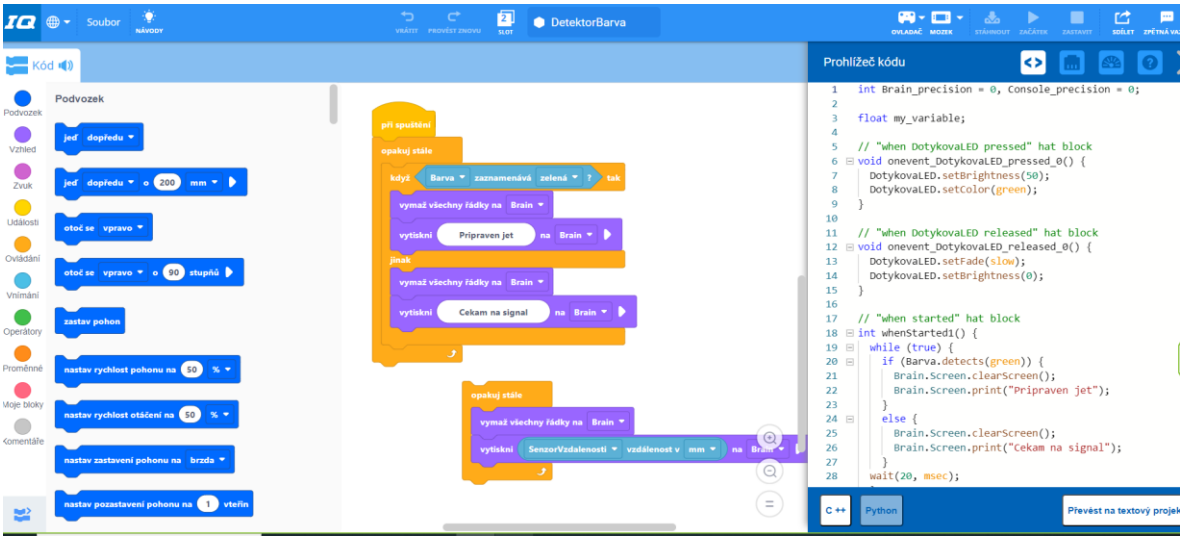
Obrázok 37: Ukážka stavieb robotov

(zdroj: vlastné spracovanie)

Programovanie robotickej stavebnice VEX IQ je realizované prostredníctvom vývojového prostredia VEXcode IQ (Obrázok 42), ktoré podporuje viacero programovacích prístupov. Prostredie umožňuje tvorbu programov prostredníctvom vizuálne orientovaného blokového programovania, ako aj prostredníctvom textovo orientovaného programovania. V súčasnosti sú k dispozícii blokové aj textové režimy, čo umožňuje flexibilné prispôsobenie výučby veku a úrovni znalostí žiakov (VEX Robotics, 2023; Wing, 2006).

Na úrovni základnej školy je programovanie spravidla realizované v blokovom prostredí, ktoré je pre žiakov zrozumiteľné a znižuje kognitívnu záťaž pri osvojovaní základov algoritmizácie. Prostredie zároveň umožňuje zobrazenie ekvivalentného textového zápisu programu, čím sa podporuje prepojenie medzi vizuálnym a textovým programovaním. Textovo orientované programovanie je v rámci platformy VEX IQ realizované najmä v programovacích jazykoch Python a C++, čo vytvára podmienky na postupný prechod k pokročilejším formám

programovania a zabezpečuje kontinuitu vo vzdelávaní v oblasti informatiky a robotiky (Bers, 2018).

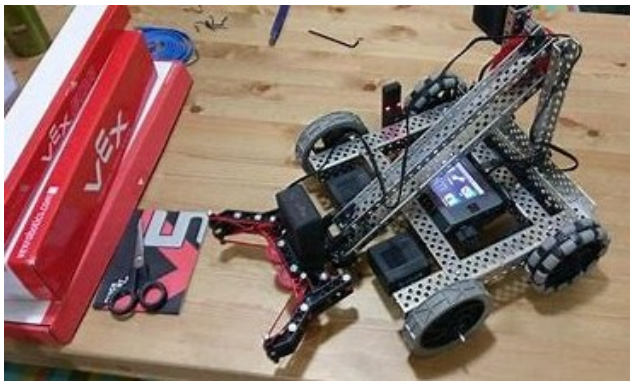


Obrázok 38: VEXcode IQ
(zdroj: vlastné spracovanie)

Pri práci s robotickou stavebnicou žiaci spravidla pracujú v skupinách. K danej aktivite potrebujú robot a vytvorený program si overujú jeho nahraním do robota a spustením.

8.7 VEX EDR

Robotická stavebnica VEX EDR (Obrázok 43) je koncipovaná pre využitie na stredných školách a univerzitách a poskytuje pokročilé možnosti v oblasti robotiky, konštrukcie a programovania. Je zameraná na riešenie komplexnejších technických úloh a podporuje aplikáciu pokročilých algoritmických postupov a inžinierskeho myslenia. Stavebnica VEX EDR zároveň systematicky podporuje rozvoj tímovej spolupráce, komunikačných zručností a schopnosti riešiť technické výzvy v kooperatívnom prostredí, čo je v súlade s cieľmi súčasného technicky orientovaného vzdelávania.



Obrázok 39: VEX EDR
(zdroj: https://www.robot-hq.org/vex-edr/)

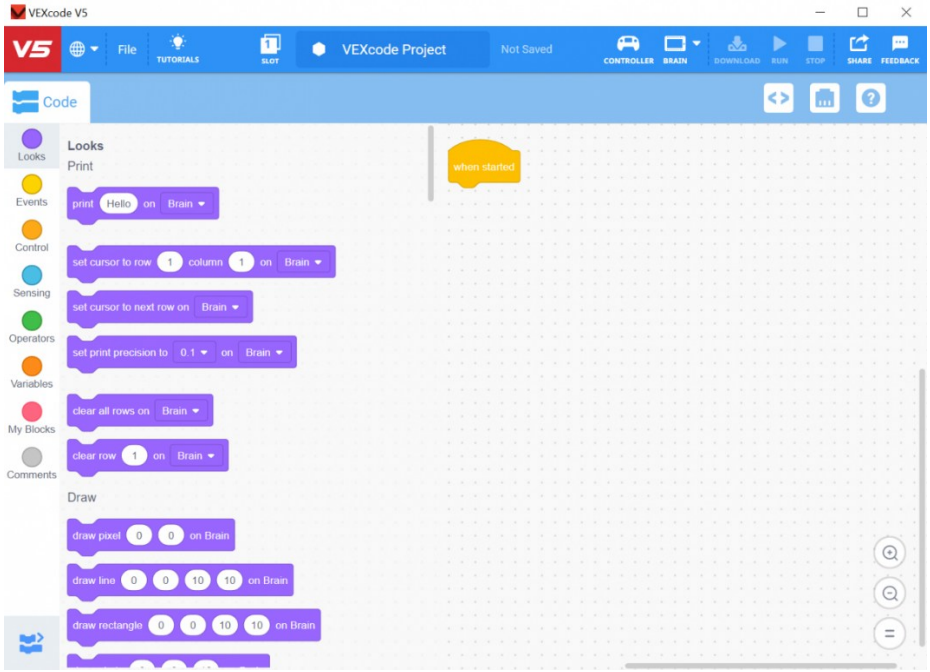
Široká škála doplnkových konštrukčných prvkov vytvára podmienky na riešenie komplexnejších edukačných úloh zameraných na rozvoj inžinierskeho a algoritmického myslenia, keďže umožňuje zostavovanie robotických modelov väčších rozmerov, vyššej konštrukčnej zložitosti a s rozšírenou funkčnosťou. Proces konštruovania robota nevyžaduje použitie špeciálneho náradia, čo zjednodušuje montáž a demontáž jednotlivých komponentov a umožňuje efektívne využitie stavebnice v školskom prostredí.
Robotické systémy je možné ovládať prostredníctvom ručného ovládača s vopred naprogramovaným riadiacim kódom, napríklad na účely testovania mechanických vlastností a funkčnosti zostavy, alebo ich možno naprogramovať tak, aby pracovali autonómne na základe údajov získaných z inteligentných senzorov. Tento spôsob práce podporuje rozvoj schopnosti analyzovať technické problémy, navrhovať riešenia a overovať ich funkčnosť v reálnych podmienkach, čo je v súlade s cieľmi technicky orientovaného vzdelávania (VEX Robotics, 2023; Benitti, 2012).

8.8 VEX V5

Z didaktického hľadiska predstavuje VEX V5 komplexný edukačný robotický systém určený na rozvoj pokročilého algoritmického, informatického a inžinierskeho myslenia v rámci STEM vzdelávania.
VEX V5 predstavuje piatu generáciu vzdelávacích robotických systémov, ktoré využívajú robotiku ako efektívny prostriedok výučby technických a informatických disciplín. Elektronická platforma V5 je koncipovaná ako prístupná, flexibilná a výkonná, pričom integruje moderné technologické riešenia umožňujúce dosahovanie relevantných a merateľných vzdelávacích výsledkov v oblasti technického a informatického vzdelávania (VEX Robotics, 2023; Benitti, 2012).
Mechanický systém VEX V5 (Obrázok 44) zahŕňa modulárne a všestranné konštrukčné prvky, ktoré sprístupňujú základy inžinierskeho navrhovania aj začínajúcim používateľom, zároveň však poskytujú pokročilým žiakom široké možnosti tvorby komplexných a technicky náročných riešení. Táto variabilita umožňuje diferencované zadávanie edukačných úloh podľa úrovne vedomostí a zručností žiakov. Vďaka tejto kombinácii podporuje systém VEX V5 rozvoj technického myslenia, kreativity a praktických zručností naprieč rôznymi úrovňami znalostí a je využiteľný v sekundárnom aj terciárnom vzdelávaní (Papert, 1993; Shute et al., 2017).

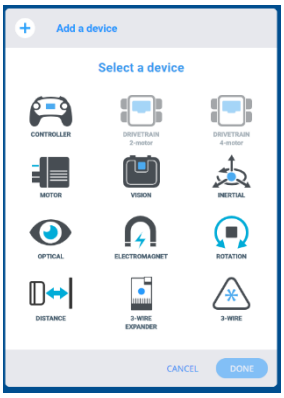
Obrázok 40: VEX V5 – robot
(zdroj: https://www.vexrobotics.com)

VEX V5 je robotická stavebnica založená na kovových, skrutkovaných konštrukčných prvkoch, ktoré umožňujú navrhovanie a zostavovanie širokého spektra mechanických systémov rôznej úrovne zložitosti. Modulárny charakter stavebnice umožňuje žiakom vstupovať do práce s robotikou na rôznych úrovniach náročnosti a postupne, prostredníctvom experimentovania, konštrukcie a programovania vlastných robotických riešení, prechádzať k pokročilejším inžinierskym konceptom (VEX Robotics, 2023).
Riadiaca jednotka VEX V5 Brain podporuje bezdrôtové ovládanie aj bezdrôtové programovanie robotických systémov, čím zvyšuje flexibilitu práce a komfort používateľov. Zároveň poskytuje okamžitú spätnú väzbu prostredníctvom integrovaného rozhrania, ktoré sprostredkúva informácie o stave robota, priebehu programu a údajoch zo senzorov. Táto spätná väzba má významný didaktický efekt pri rozvoji schopnosti analyzovať chyby, optimalizovať riešenia a reflektovať vlastný postup práce, čo prispieva k rozvoju analytického a technického myslenia (Benitti, 2012; Shute et al., 2017).
VEXcode V5 (Obrázok 45) predstavuje vizuálne blokové programovacie prostredie určené na programovanie robotických systémov platformy VEX V5. Prostredie je navrhnuté tak, aby umožňovalo intuitívnu tvorbu programov prostredníctvom blokov, čím sprístupňuje základy programovania a algoritmického myslenia aj používateľom bez predchádzajúcich skúseností. Zároveň poskytuje dostatočnú funkcionalitu na tvorbu komplexnejších programových riešení, čo umožňuje jeho využitie aj v pokročilejších fázach výučby robotiky a informatiky (VEX Robotics, 2023; Wing, 2006).



Obrázok 41: VEX V5 – program
(zdroj: vlastné spracovanie)

Pri programovaní robotických systémov v prostredí VEXcode V5 je nevyhnutné zabezpečiť správnu konfiguráciu robota, aby bola garantovaná korektná komunikácia medzi softvérovým prostredím a jednotlivými hardvérovými komponentmi, ako sú motory, senzory a ďalšie pripojené zariadenia (Obrázok 46). Proces konfigurácie zároveň rozvíja u žiakov schopnosť systematicky prepájať softvérové a hardvérové komponenty robotického systému.



Obrázok 42: Obrázok VEX V5 – senzory
(zdroj: vlastné spracovanie)

Využívanie programovateľných hračiek a robotických stavebníc predstavuje účinný didaktický prostriedok na podporu prirodzenej detskej zvedavosti a na rozvoj schopnosti riešiť problémy prostredníctvom hravých, bádateľsky orientovaných vzdelávacích aktivít. Pri práci s robotickými stavebnicami sú žiaci systematicky konfrontovaní s problémovými úlohami, ktoré si vyžadujú pozorovanie, premýšľanie, navrhovanie riešení, konštruovanie a programovanie robotických modelov. Fyzická manipulácia s konštrukčnými a technickými

komponentmi zároveň prispieva k rozvoju manuálnych a technických zručností žiakov (Papert, 1993; Benitti, 2012).

Pri riešení zadaných úloh žiaci pracujú so senzormi, motormi a akčnými prvkami, pričom sú nútení analyzovať problémové situácie, navrhovať riešenia a overovať ich funkčnosť v praxi. Okrem technických a manuálnych zručností sa v tomto procese rozvíja aj abstraktné a algoritmické myslenie, schopnosť analýzy a syntézy, tvorba algoritmov, riešenie problémov, ako aj spolupráca a komunikácia pri práci na komplexných úlohách (Wing, 2006; Shute et al., 2017).

Robotické stavebnice poskytujú žiakom komplexný vzdelávací zážitok, ktorý integruje konštrukciu, programovanie a tímovú spoluprácu. Ich využitie vo výučbe podporuje rozvoj kľúčových kompetencií v oblasti STEM (veda, technológia, inžinierstvo a matematika) a prispieva k systematickej príprave žiakov na výzvy digitálnej spoločnosti a trhu práce 21. storočia (OECD, 2015; Benitti, 2012). Cieľom tejto kapitoly nebolo poskytnúť vyčerpávajúci prehľad všetkých dostupných robotických hračiek a stavebníc, ale predstaviť vybrané príklady tých edukačných nástrojov, ktoré sú najrozšírenejšie v slovenskom a českom školskom prostredí.

Popri fyzických robotických stavebniciach sú v súčasnosti dostupné aj virtuálne a simulačné prostredia, ktoré umožňujú modelovať správanie reálnych robotických systémov. Tieto nástroje zvyšujú dostupnosť robotiky pre školy, ktoré nedisponujú dostatočnými materiálnymi alebo finančnými zdrojmi, a zároveň poskytujú alternatívny priestor na rozvoj algoritmického a informatického myslenia (OECD, 2015).

Napriek nespornému didaktickému potenciálu nie sú robotické stavebnice v školskom prostredí využívané v dostatočnej miere. Medzi hlavné bariéry patrí najmä ich finančná náročnosť, nedostatočné vybavenie škôl, obmedzené priestorové možnosti na skladovanie a údržbu, ako aj zvýšené riziko poškodenia pri častom premiestňovaní medzi učebňami. Významným obmedzujúcim faktorom je tiež nedostatočná odborná a metodická príprava učiteľov, ktorí často nemajú dostatok skúseností ani podpory na efektívnu integráciu robotických stavebníc do vyučovania (OECD, 2015; Redecker, 2017).

Z analýzy vybraných robotických stavebníc vyplýva, že ich didaktický potenciál nespočíva primárne v technickej úrovni použitých komponentov, ale v možnostiach ich pedagogickej interpretácie, metodického vedenia a cielenej integrácie do edukačného procesu. Robotické stavebnice predstavujú komplexné edukačné nástroje, ktoré umožňujú prepájať konštrukčnú činnosť, programovanie a riešenie problémových úloh, čím podporujú rozvoj algoritmického, informatického a inžinierskeho myslenia naprieč jednotlivými stupňami vzdelávania.

Jednoduchšie stavebnice určené pre mladších žiakov vytvárajú podmienky na rozvoj elementárnych algoritmických zručností, základov technického uvažovania a porozumenia princípom riadenia jednoduchých systémov. S rastúcou komplexnosťou stavebníc sa rozširujú aj kognitívne nároky kladené na žiakov – od práce so sekvenčnými príkazmi a jednoduchými riadiacimi štruktúrami až po tvorbu komplexných algoritmov, analýzu údajov zo senzorov, ladenie programov a optimalizáciu riešení v reálnych podmienkach.

Významným didaktickým prínosom robotických stavebníc je ich výrazný interdisciplinárny presah. Prostredníctvom projektovo a problémovo orientovaných aktivít dochádza k prirodzenému prepájaniu informatiky, techniky, matematiky a prírodných vied, čo je v súlade s princípmi STEM vzdelávania. Kooperatívny charakter väčšiny edukačných úloh zároveň

podporuje rozvoj sociálnych a komunikačných kompetencií, tímovej spolupráce a zodpovednosti za spoločné riešenie problému.
Efektívne využitie robotických stavebníc si však vyžaduje primeranú odbornú a metodickú pripravenosť pedagóga, ako aj jasne definované vzdelávacie ciele. Pri absencii didaktického rámca hrozí redukcia práce so stavebnicami na technickú manipuláciu alebo mechanické plnenie úloh bez hlbšieho rozvoja informatického a inžinierskeho myslenia. Robotické stavebnice preto nemožno vnímať ako cieľ vzdelávania, ale ako prostriedok, ktorého edukačný prínos je podmienený kvalitou pedagogického návrhu a reflexie realizovaných aktivít.
Tabuľka 2 syntetizuje didaktický potenciál vybraných robotických stavebníc z hľadiska rozvoja algoritmického a informatického myslenia, pričom zdôrazňuje vývinovú kontinuitu kognitívnych procesov od elementárnych foriem uvažovania až po komplexnejšie formy riešenia problémov.

Tabuľka 2: Didaktické využitie robotických stavebníc z hľadiska rozvoja kognitívnych procesov a informatického myslenia

Robotická stavebnica	**Cieľová veková skupina**	**Úroveň algoritmického myslenia**	**Dominantné kognitívne procesy**	**Typické edukačné aktivity**
LEGO WeDo 2.0	1. stupeň ZŠ	elementárna	sekvencovanie, kauzálne uvažovanie	jednoduché konštrukcie, blokové programovanie
LEGO SPIKE	2. stupeň ZŠ	základná – stredná	analýza, abstrakcia, aplikácia	interdisciplinárne projektové úlohy
LEGO Mindstorms EV3	2. stupeň ZŠ	**stredná** – vyššia	algoritmizácia, syntéza, hodnotenie	autonómne roboty, projektová práca
mBot	1.–2. stupeň ZŠ	elementárna – základná	porozumenie riadeniu, logické uvažovanie	úvod do robotiky, vizuálne programovanie
VEX GO	1. stupeň ZŠ	elementárna	algoritmické uvažovanie, spolupráca	krátkodobé edukačné úlohy
VEX IQ	2. stupeň ZŠ	základná – stredná	abstrakcia, riešenie problémov	komplexnejšie projektové aktivity
VEX EDR	SŠ	vyššia	analýza, optimalizácia riešení	riešenie komplexných technických úloh
VEX V5	SŠ / VŠ	pokročilá	systémové uvažovanie, hodnotenie	dlhodobé projektové a súťažné úlohy

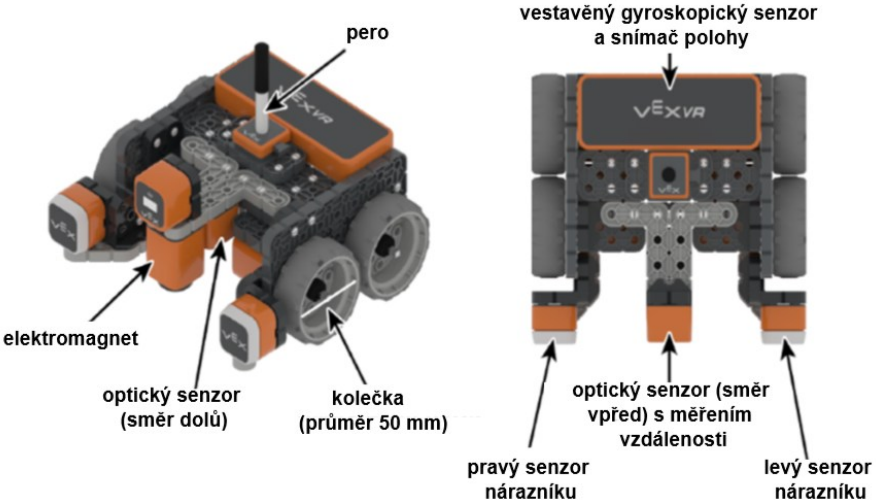
(zdroj: vlastné spracovanie na základe odbornej literatúry)

9 Vzdelávacia robotika v digitálnom prostredí

V čase pandémie COVID, keď bola väčšina škôl uzavretých a prebiehala online výučba, bolo dôležité zvážiť aj možnosti výučby programovania online. k tomu pomáhali rôzne simulátory programovateľných hračiek či robotických stavebníc. Vďaka robotom ožíva počítačová veda s aplikáciami v reálnom svete. Teraz môže STEAM učenie pokračovať aj doma pre študentov, učiteľov a mentorov bez prístupu k robotom VEX.
Pre robotické stavebnice radu VEX existuje simulátor VEXcode VR. Aktualizácie prinášajú stále nové výzvy a hry, z ktorých niektoré sú voľne použiteľné v rámci bezplatnej licencie a iné vyžadujú prémiovú (platenú) licenciu.
Online platforma VEXcode VR predstavuje inovatívny nástroj pre implementáciu edukačnej robotiky v modernom vzdelávacom prostredí. Táto virtuálna robotická platforma prináša množstvo príležitostí pre rozvoj programátorských schopností a informatického myslenia bez potreby fyzických robotických komponentov(VEX Robotics, 2023).

9.1 Online platforma VEXcode VR

VEXcode VR umožňuje programovať virtuálneho robota pomocou blokového kódovacieho prostredia založeného na Scratch Blocks alebo pomocou textu v Pythone. VEXcode VR je založený na VEXcode, rovnakom programovacom prostredí používanom pre roboty VEX 123, VEX GO, VEX IQ a VEX V5.
Robot používaný v prostredí VEXcode VR (Obrázok 47) disponuje virtuálnymi senzormi, riadiacimi prvkami a rozšírenými funkčnými možnosťami, ktoré simulujú vlastnosti reálneho robotického systému. V prostredí VEXcode prostredí VEXcode VR je iba jeden robot a ten je už predkonfigurovaný. To eliminuje potrebu konfigurácie robota alebo vopred určenej šablóny.



Obrázok 43: Virtuálny robot VEXcode VR
(zdroj: vlastné spracovanie)

Robot VR má nasledujúce ovládacie prvky:

- hnacie ústrojenstvo s gyroskopom, ktoré umožňuje kategóriu príkazov „Drivetrain“ v sade nástrojov VEXcode VR,

- funkcia „kreslenie perom“, ktorá umožňuje umiestniť pero hore (aby nekreslilo) alebo dole (aby kreslilo),
- elektromagnet na zachytenie diskov s kovovými jadrami.

Robot VR má nasledujúce fyzické atribúty, ktoré je možné škálovať:

- kolieska majú priemer 50 mm,
- rozvor (vzdialenosť medzi stredom predného kolesa a stredom zadného kolesa) je približne 50,8 mm,
- dĺžka robota VR je 133 mm.

Robot VR má nasledujúce senzory:

- motorové kodéry, ktoré majú 360 stupňov na otáčku kolesa,
- predný optický senzor tiež funguje ako senzor s meraním vzdialenosti a vracia vzdialenosť detekovaného objektu v mm a palcoch,
- gyroskopický senzor, ktorý je zabudovaný do hnacieho ústrojenstva,
- dva optické senzory, jeden smeruje dopredu a druhý smerom dole. Tieto senzory dokážu detekovať prítomnosť nejakého predmetu. Ak je nejaký predmet prítomný, môže senzor detekovať aj farbu (červená, zelená, modrá, žiadna).,
- snímač polohy, ktorý číta súradnice (x, y) zo stredu otočného bodu robota VR.

VEXcode VR je spôsob, ako obohatiť zážitok z programovania a ovládania fyzických robotov, pretože umožňuje žiakom zostať v kontakte s robotikou, aj keď v blízkosti nemajú fyzického robota VEX. Obsahuje tiež funkcie určené na uľahčenie učenia žiakov a sprístupnenie STEAM výučby a informatiky viacerým žiakom. Medzi tieto funkcie patrí jednoduché použitie, okamžitá spätná väzba, schopnosť zviditeľniť výsledky učenia a pomoc s rôznymi implementáciami v triede.

VEXcode VR je webové programovacie prostredie, ktorého používanie je z hľadiska technickej dostupnosti mimoriadne nenáročné, keďže je prevádzkované priamo v internetovom prehliadači bez potreby inštalácie dodatočného softvéru. Používateľské rozhranie je navrhnuté prehľadne a intuitívne; programovacie príkazy sú systematicky rozdelené do tematických kategórií, čím sa minimalizuje kognitívna záťaž používateľa spôsobená rozsiahlym množstvom blokov. Jednotlivé príkazy sú farebne diferencované, čo uľahčuje orientáciu v prostredí a rýchlu identifikáciu funkčne príbuzných blokov. Neustála viditeľnosť programovacej plochy podporuje plynulosť práce a napomáha lepšiemu porozumeniu štruktúry vytváraných programov. (VEX Robotics, 2023)

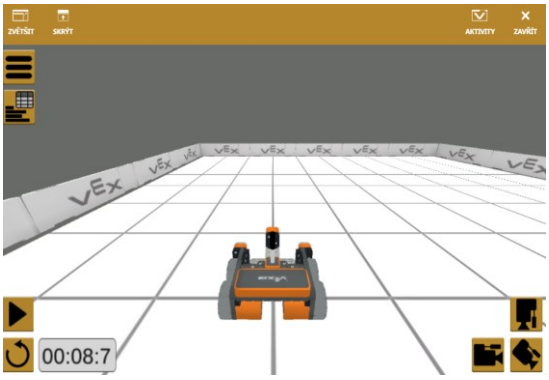
Implementácia prostredia VEXcode VR do edukačnej praxe prináša viaceré pedagogické benefity. Predovšetkým podporuje rozvoj digitálnych kompetencií, posilňuje algoritmické myslenie a schopnosť riešenia problémov a prispieva k porozumeniu základných konceptov programovania, od sekvenčných príkazov až po cykly a podmienené štruktúry. Zároveň umožňuje žiakom osvojovať si základné princípy robotiky a automatizácie prostredníctvom simulovaných robotických úloh. Platforma má univerzálnu použiteľnosť, keďže je vhodná pre žiakov rôznych vekových kategórií - od základných až po stredné školy.

Zadania úloh realizované v prostredí VEXcode VR disponujú škálovateľnou úrovňou náročnosti, čo umožňuje postupný rozvoj algoritmických, logických, analytických

a problémovo-orientovaných zručností, ako aj diferencovaný prístup k žiakom s rôznou úrovňou predchádzajúcich vedomostí a skúseností (Obrázok 48).

Obrázok 44: Program vo VEXcode VR

(zdroj: vlastné spracovanie)



Obrázok 45: Pohyb robota vo VEXcode VR

(zdroj: vlastné spracovanie)

Virtuálny robot v prostredí VEXcode VR vždy začína svoju činnosť z vopred definovanej počiatočnej pozície a jeho pohyb nie je ovplyvnený fyzikálnymi faktormi, ako je napríklad trenie (Obrázok 49). Prostredie umožňuje žiakom dynamicky upravovať program aj počas jeho vykonávania, zastaviť projekt v ľubovoľnej fáze a resetovať virtuálne ihrisko prostredníctvom jedného ovládacieho prvku. Programové bloky, ktoré nie sú prepojené s hlavným riadiacim blokom, sú pri spustení projektu automaticky ignorované, čo prispieva k prehľadnosti a zrozumiteľnosti programovej štruktúry.

Prostredie VEXcode VR je navrhnuté tak, aby eliminovalo syntaktické chyby typické pre textovo orientované programovacie jazyky. Žiaci sa môžu dopúšťať logických chýb v návrhu algoritmu, avšak nie sú konfrontovaní s problémami kompilácie alebo spustenia programu, čo znižuje mieru frustrácie a podporuje experimentovanie. Okamžitá spätná väzba poskytovaná prostredím spolu s jeho jednoduchým ovládaním vytvára priaznivé podmienky pre rozvoj algoritmického myslenia a motiváciu k ďalšiemu učeniu.

Súčasťou prostredia VEXcode VR je okno Ihrisko, ktoré obsahuje riadiaci panel zobrazujúci aktuálne údaje zo všetkých senzorov virtuálneho robota (Obrázok 50). Počas vykonávania programu majú žiaci k dispozícii priebežne aktualizované senzorické dáta v reálnom čase, čo im umožňuje lepšie porozumieť vzťahom medzi programovým kódom, správaním robota a interpretáciou nameraných údajov, ako aj efektívne uvažovať o možnostiach ich ďalšieho využitia.

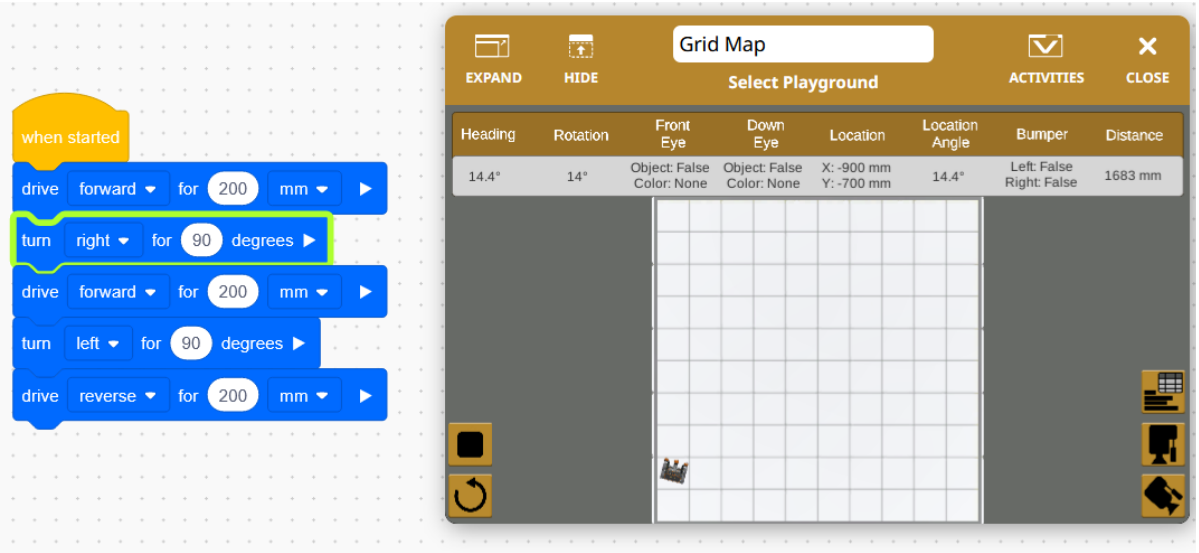
.

Směr	Rotace	Optický senzor (směr vpřed)	Optický senzor (směr dolů)	Poloha	Polohový úhel	Nárazník	Vzdálenost
90^0	450^0	Objekt: Nepravda Barva: Žádná	Objekt: Nepravda Barva: Žádná	X: -700 mm Y: -100 mm	90^0	Vlevo: Nepravda Vpravo: Nepravda	1645 mm

Obrázok 46: Riadiaci panel

(zdroj: vlastné spracovanie)

Prostredie **VEXcode VR** vizuálne zvýrazňuje programové bloky v okamihu ich vykonávania (Obrázok 51). Táto funkcia umožňuje žiakom priebežne sledovať realizáciu programu a súvisiacu činnosť virtuálneho robota. Počas vykonávania programu je aktuálne spracovávaný blok graficky označený zvýrazneným zeleným ohraničením, čím je používateľovi poskytovaná okamžitá vizuálna spätná väzba. Uvedený mechanizmus podporuje porozumenie vzťahu medzi jednotlivými príkazmi programu a správaním robota, ako aj efektívne ladenie a analýzu algoritmu.



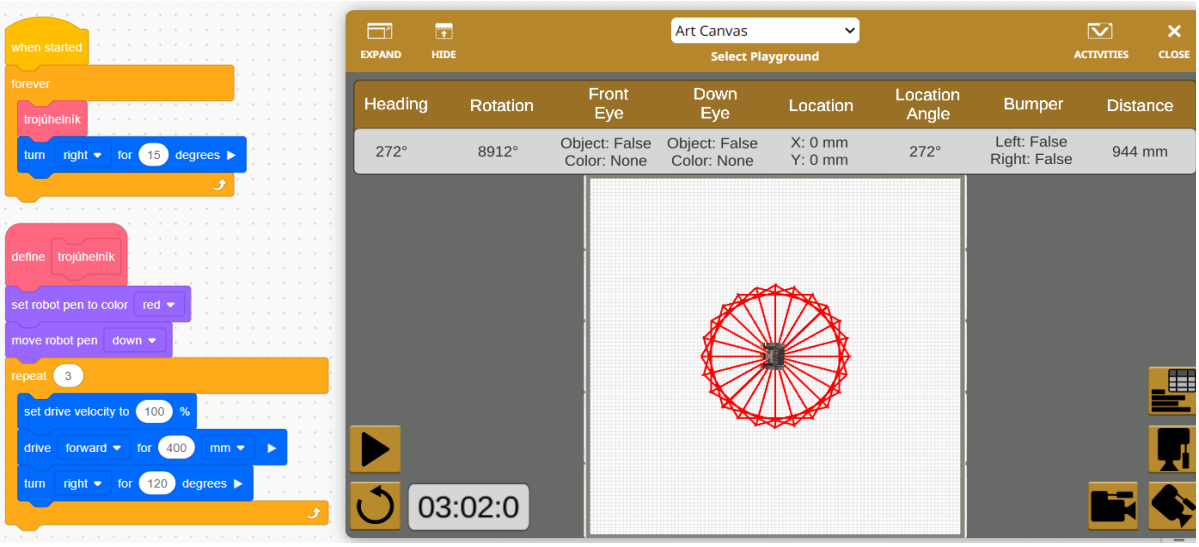
Obrázok 47: Priebeh programu
(zdroj: vlastné spracovanie)

Údaje zobrazované v reálnom čase v kombinácii s vizuálnym zvýraznením práve vykonávaných programových blokov prispievajú k lepšej vizualizácii a konkretizácii abstraktných pojmov, ako je napríklad rozhodovací proces robota pri vykonávaní algoritmu. Takáto forma spätnej väzby umožňuje žiakom porozumieť vzťahom medzi programovým kódom, správaním robota a interpretáciou senzorických údajov, čím sa podporuje hlbšie pochopenie princípov algoritmického riadenia a informatického myslenia (Wing, 2006; Shute et al., 2017; VEX Robotics, 2023).

Prostredie VEXcode VR zároveň predstavuje efektívny nástroj na podporu diferenciácie výučby. Vzhľadom na rozdielne tempo učenia žiakov a rôzne vzdelávacie situácie (napr. absencia z dôvodu choroby, zmena školy alebo prerušovaná účasť na vyučovaní) poskytuje VEXcode VR flexibilné riešenie, ktoré umožňuje kontinuitu učenia a individuálny prístup. v tomto kontexte môže prostredie VEXcode VR vhodne dopĺňať výučbu realizovanú s fyzickými robotickými stavebnicami a rozširovať jej dostupnosť pre všetkých žiakov (OECD, 2015; Redecker, 2017).

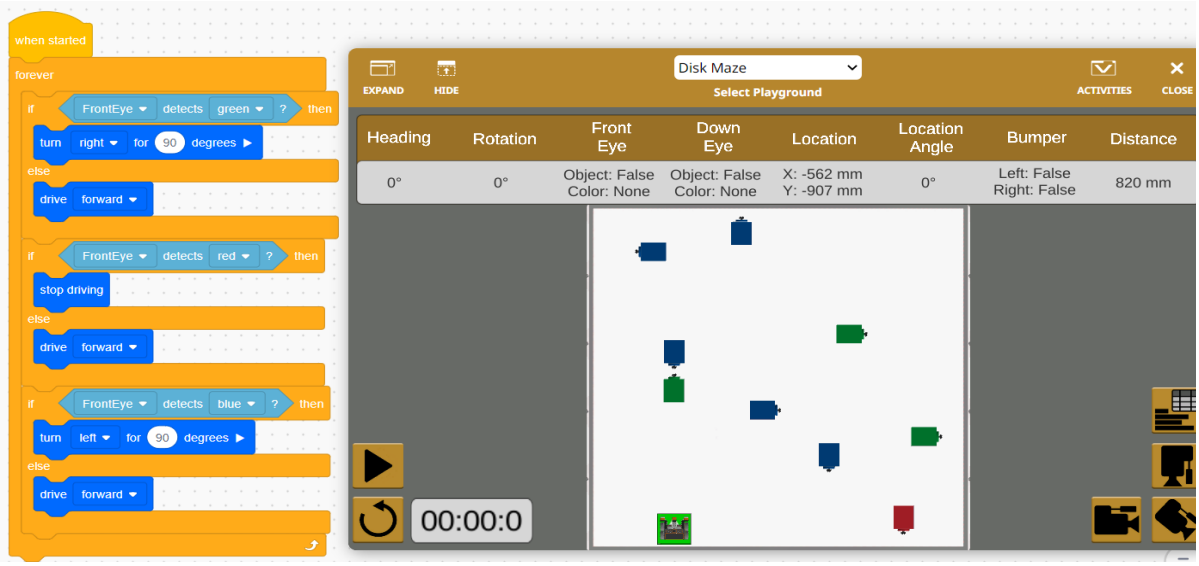
V prostredí VEXcode VR je možné realizovať programovanie tromi odlišnými spôsobmi: blokovým programovaním založeným na vizuálnych blokoch Scratch, textovým programovaním v jazyku Python realizovaným priamo v internetovom prehliadači a kombinovaným prístupom, ktorý spája blokové programovanie so súbežným generovaním textového kódu v jazyku Python. Program je vykonávaný vo virtuálnom hernom prostredí –

napríklad na tzv. kresliacom plátne (Drawing Canvas), ktoré umožňuje vizualizáciu trajektórie pohybu robota (Obrázok 52). Tento viacúrovňový prístup umožňuje plynulý prechod od vizuálne orientovaného programovania k textovému kódu a podporuje postupný rozvoj programovacích a informatických kompetencií žiakov (Bers, 2018; VEX Robotics, 2023).



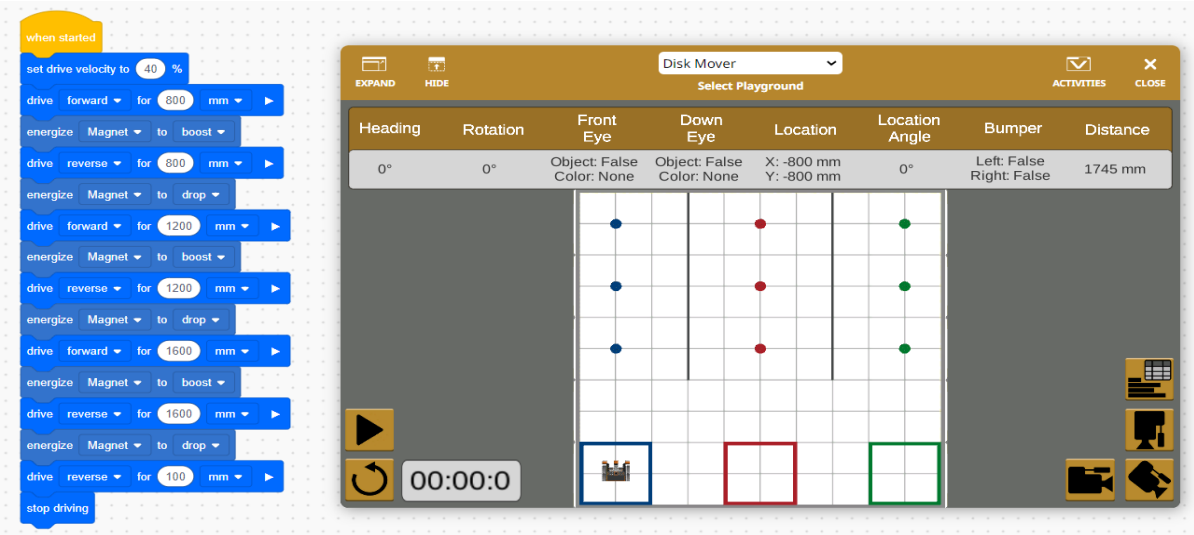
Obrázok 48: Ihrisko „Kresliace plátno“
(zdroj: vlastné spracovanie)

Príkladom zapojenia optického senzora pri pohybe robota je ihrisko s názvom „Bludisko disku“ (Disk Maze). Úlohou je vytvoriť program tak, aby optický senzor rozlíšil farbu a vyhol sa prekážke. Štart robota je na pozícii vľavo dole a cieľ je červený disk (Obrázok 53).



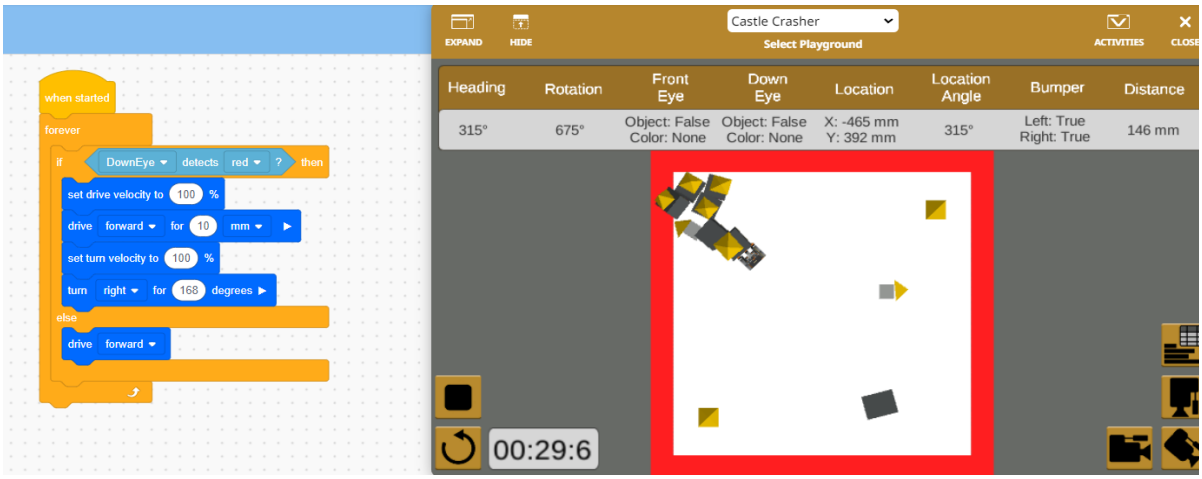
Obrázok 49: Ihrisko „Bludisko disku“
(zdroj: vlastné spracovanie)

Na obrázku 54 je uvedené využitie senzora elektromagnet na ihrisku „Transportér disku” (Disk Mover). Úlohou je vytvorenie programu tak, aby pozbieral disky a premiestnil ich do štvorca príslušnej farby.



Obrázok 50: Ihrisko „Transportér disku“
(zdroj: vlastné spracovanie)

Medzi ihriskami nájdeme aj dynamické ihriská, v ktorých sa pri opakovanom spustení postavenie prekážok mení. Príkladom je ihrisko „Ničiteľ hradov“, v ktorom je úlohou vytvoriť program tak, aby všetky kocky, z ktorých sú vytvorené jednotlivé stavby, robot odstránil z ihriska (Obrázok 55). Je nutné vytvoriť algoritmus tak, aby boli zakaždým odstránené všetky stavby, pretože v tejto výzve sa rozvrhnutie hradov neustále mení.

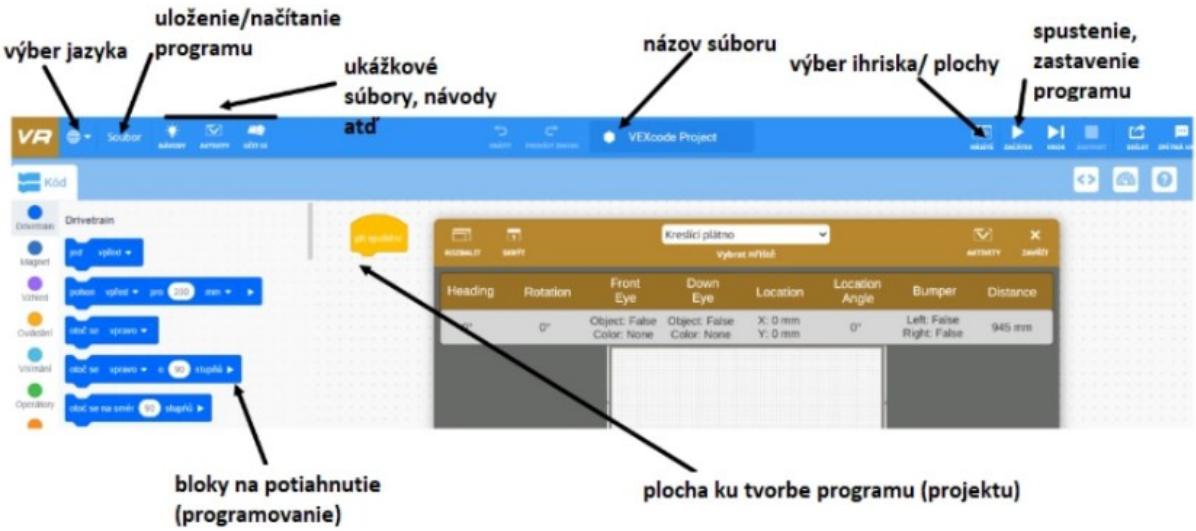


Obrázok 51: Ihrisko „Ničiteľ hradov“
(zdroj: vlastné spracovanie)

Implementácia platformy VEXcode VR do výučby prináša viacero pedagogických benefitov, ktoré podporujú systematický rozvoj digitálnych a informatických kompetencií žiakov. Prostredníctvom práce s virtuálnym robotom dochádza k posilňovaniu algoritmického myslenia a schopnosti riešiť problémy, ako aj k postupnému osvojovaniu základných konceptov programovania – od jednoduchých sekvencií až po cykly a podmienené príkazy. Súčasne platforma napomáha porozumeniu základných princípov robotiky a automatizácie v bezpečnom a vizuálne prehľadnom prostredí (Obrázok 56).

Významnou výhodou VEXcode VR je jeho univerzálna použiteľnosť, keďže je vhodný pre rôzne vekové skupiny od primárneho po stredoškolské vzdelávanie. Zadania úloh na platforme

sú navrhnuté so stupňujúcou sa náročnosťou, čo umožňuje diferencovaný a postupný rozvoj programátorských a problémovo-orientovaných zručností v súlade s individuálnymi schopnosťami žiakov.



Obrázok 52: Popis prostredia VR VEXCode
(zdroj: Pinkasová, 2024)

9.2 Porovnanie programovania online robota a fyzického robota

V súčasnom edukačnom prostredí sa čoraz častejšie uplatňuje kombinácia virtuálnych a fyzických foriem vzdelávacej robotiky. Porovnanie programovania robota v online simulačnom prostredí s prácou s fyzickými robotickými systémami umožňuje identifikovať ich didaktické možnosti, limity a vhodnosť využitia v rôznych vzdelávacích kontextoch.
Online simulačné prostredie VEXcode VR (https://vr.vex.com/) predstavuje virtuálnu platformu, ktorá umožňuje žiakom programovať roboty v prostredí prehliadača bez potreby fyzického hardvéru. Táto platforma je navrhnutá tak, aby podporovala výučbu základov robotiky, algoritmického myslenia a riešenia problémov prostredníctvom praktických úloh. Zameriame sa na štyri kľúčové aktivity: navigáciu v bludisku, zber objektov, sledovanie čiary a autonómnu navigáciu, pričom všetky tieto úlohy sú realizované v prostredí VEXcode VR. Za hlavné výhody virtuálneho prostredia považujeme nižšie vstupné náklady, absenciu problémov spojených s údržbou a poškodením hardvéru, možnosť okamžitého reštartu a upravenia programu, ako aj neobmedzený počet simultánnych používateľov. Napriek uvedenému využívanie online platformy prináša aj limity. Medzi najvýznamnejšie patrí absencia taktilnej skúsenosti pri konštrukcii robota, obmedzené možnosti kreatívneho upravovania robotickej platformy a rovnako aj simulované prostredie nedokáže plne reprezentovať všetky nuansy fyzického sveta.
VEXcode VR predstavuje významný krok k demokratizácii vzdelávacej robotiky sprístupňujúc ho širšiemu okruhu žiakov bez ohľadu na materiálne vybavenie škôl. V kombinácii s fyzickými robotickými platformami môže vytvoriť komplexný vzdelávací ekosystém, ktorý pripravuje žiakov na technologicky orientovanú budúcnosť.

S postupným vývojom platforma ponúka stále sofistikovanejšie simulácie a možnosti, ktoré sa približujú reálnym robotickým skúsenostiam, pričom zachováva prístupnosť a škálovateľnosť potrebnú pre efektívnu implementáciu vo vzdelávacom prostredí. Z pôvodne bezplatného portálu sa stal platený. Napriek tomu však aktuálne stále poskytuje dostatok možností pre bezplatnú verziu.

9.3 Praktické príklady edukačných aktivít v online prostredí

Typové edukačné úlohy programovania robota v online prostredí, vhodné na rozvoj algoritmického myslenia a riešenia problémov:

1. ***Navigácia v bludisku***: je jednou zo základných úloh v robotike, ktorá umožňuje žiakom pochopiť princípy pohybu a orientácie v priestore. V prostredí VEXcode VR môžu študenti využiť senzory, ako je nárazový senzor, na detekciu prekážok a následné riadenie pohybu robota. Príkladom môže byť úloha, kde robot musí prejsť bludiskom tak, že sa bude pohybovať dopredu, kým nenarazí na stenu, následne sa otočí a pokračuje v pohybe, až kým nedosiahne cieľovú pozíciu. Tento proces zahŕňa použitie cyklov a podmienok v programovacom jazyku VEXcode VR.
2. ***Zber a triedenie objektov***: Úloha zberu a triedenia objektov simuluje reálne aplikácie v logistike a priemysle. V prostredí VEXcode VR môžu študenti navrhnúť algoritmy, ktoré umožňujú robotom identifikovať objekty na základe farby, tvaru alebo veľkosti a následne ich umiestniť do príslušných kontajnerov. Tento proces zahŕňa prácu so senzormi, ako sú farebné senzory alebo kamery, a manipulátormi, ako sú robotické ramená. Využitím blokov ako „Dolný zrakový senzor“ môžu študenti detegovať farby objektov a vykonať príslušné akcie, ako je zber alebo triedenie (kb.vex.com; education.vex.com).
3. ***Sledovanie čiary***: je základnou úlohou v robotike, ktorá vyžaduje schopnosť robota detekovať a reagovať na zmeny v prostredí. V prostredí VEXcode VR môžu študenti implementovať algoritmy, ktoré umožňujú robotom sledovať čiaru pomocou infračervených senzorov. Pokročilejšie prístupy zahŕňajú využitie regulátorov ako PID (proporcionálny, integračný, derivačný), ktoré umožňujú presnejšie a stabilnejšie sledovanie trasy. Tento proces zahŕňa prácu s blokmi ako „Drive for“ a „Turn for“, ktoré umožňujú presné riadenie pohybu robota (education.vex.com).
4. ***Autonómna navigácia***: predstavuje pokročilú úlohu, ktorá zahŕňa schopnosť robota pohybovať sa v neznámom prostredí, vyhýbať sa prekážkam a plánovať optimálne trasy. V prostredí VEXcode VR môžu žiaci využiť vzdialenostné senzory, na detekciu prekážok a následné riadenie pohybu robota. Príkladom môže byť úloha, kde robot musí prejsť bludiskom bez kolízie s prekážkami, pričom využíva algoritmy na plánovanie trasy. Tento proces zahŕňa použitie pokročilých techník, ako je mapovanie prostredia a lokalizácia robota.

Táto kapitola si nenárokuje ambíciu poskytnúť vyčerpávajúci prehľad všetkých možností využitia platformy VEXcode VR v edukačnej robotike. Jej cieľom je prezentovať vybrané príklady, ktoré nadväzujú na teoretické východiská formulované v predchádzajúcich kapitolách monografie, a to s dôrazom na ich praktickú aplikovateľnosť vo vzdelávacom procese.
Ako bolo uvedené v predchádzajúcich kapitolách, implementácia digitálnych technológií a robotických platforiem do výučby robotiky a programovania predstavuje efektívny

prostriedok rozvoja technických, logických a analytických zručností žiakov. Platforma VEXcode VR v tomto kontexte ponúka moderné, flexibilné a didakticky hodnotné prostredie, ktoré umožňuje prepájanie teoretických poznatkov s praktickou činnosťou v súlade so súčasnými pedagogickými prístupmi.

Integrácia VEXcode VR do vyučovania sa opiera o viaceré pedagogické princípy, medzi ktoré patria najmä konštruktivistický prístup, projektové vyučovanie, scaffolding (postupná podpora učenia), tímová spolupráca a okamžitá spätná väzba. Tieto princípy, podrobne rozpracované v predchádzajúcich kapitolách, vytvárajú predpoklady pre aktívne učenie, v ktorom žiaci vystupujú ako aktívni tvorcovia vlastného poznania.

V tejto kapitole boli uvedené pedagogické východiská demonštrované prostredníctvom praktických ukážok využitia platformy VEXcode VR vo vyučovaní. Na základe prezentovaných príkladov možno konštatovať, že VEXcode VR umožňuje efektívnu implementáciu uvedených princípov v reálnych edukačných situáciách a predstavuje vhodný nástroj pre inovovanie výučby robotiky a programovania.

Záverom možno uviesť, že platforma VEXcode VR, v kontexte teoretických rámcov rozpracovaných v predchádzajúcich kapitolách monografie, ponúka významný potenciál pre skvalitnenie vyučovacieho procesu, zvýšenie motivácie žiakov a rozvoj ich digitálnych a technických kompetencií.

10 Konštruktivistické prístupy vo vzdelávacej robotike

Didaktické modely konštruktivisticky orientovaného vyučovania, nachádzajú svoje praktické uplatnenie aj v digitálnych prostrediach určených na výučbu robotiky a programovania. Implementácia týchto prístupov v prostredí VEXcode VR, svojím konceptuálnym riešením podporuje aktívnu účasť žiakov na riešení problémov, experimentovanie s algoritmami a iteratívne overovanie riešení. Prostredníctvom simulovaných úloh umožňuje platforma žiakom bezprostredne pozorovať dôsledky vlastných rozhodnutí, čím sa posilňuje porozumenie základným princípom robotiky, algoritmizácie a programovania (Brusilovsky & Millán, 2007).

10.1 Projektové vyučovanie zamerané na reálne situácie

Projektové vyučovanie predstavuje jednu z najčastejšie využívaných foriem aplikácie konštruktivistického prístupu vo vzdelávaní, pričom sa zameriava na učenie prostredníctvom riešenia konkrétnych úloh úzko prepojených s reálnymi situáciami.
V prostredí VEXcode VR sa žiaci stretávajú s úlohami, ktoré simulujú reálne technické výzvy, ako je navrhovanie autonómnych systémov, optimalizácia trasy robota alebo implementácia algoritmov pre zber objektov. Tento prístup umožňuje aplikovať získané teoretické poznatky a technické zručnosti v praktickom kontexte, čo vedie k hlbšiemu pochopeniu učiva.
Výhodou projektového vyučovania je, že žiaci sa učia tým, že sa aktívne zapájajú do riešenia problémov, čím získavajú schopnosť analyzovať komplexné situácie a prichádzať s inovatívnymi riešeniami (Thomas, 2000).

10.2 Postupné zvyšovanie náročnosti úloh (Scaffolding)

Scaffolding, resp. postupné zvyšovanie náročnosti úloh, predstavuje ďalší významný princíp pri implementácii prostredia VEXcode VR. Tento prístup zahŕňa začiatok s jednoduchými úlohami, ktoré žiakom umožňujú osvojiť si základné princípy práce s prostredím, a následný prechod k náročnejším a komplexnejším úlohám, ktoré vyžadujú vyššiu úroveň schopností a znalostí.
VEXcode VR umožňuje pedagógom prispôsobovať zadania s ohľadom na individuálnu úroveň zručností žiakov. Výučba môže začínať jednoduchými úlohami, ako je napríklad sledovanie čiary, pričom sa postupne prechádza k zložitejším aktivitám zahŕňajúcim pokročilé techniky, ako je autonómna navigácia alebo riadenie robota v neznámom prostredí. Takto koncipovaný prístup umožňuje žiakom postupne si budovať sebadôveru a rozvíjať potrebné kompetencie, čím sa zvyšuje ich motivácia a miera angažovanosti v procese učenia (Wood, Bruner & Ross, 1976).

10.3 Podpora tímovej spolupráce a komunikácie

Tímová spolupráca a komunikácia predstavujú kľúčové zručnosti, ktoré sú v súčasnom svete považované za nevyhnutné, najmä v oblasti techniky a inovácií. Prostredie VEXcode VR umožňuje žiakom pracovať na úlohách v skupinách, v ktorých sa od nich očakáva spolupráca pri tvorbe algoritmov a programovaní robota.

Pri riešení úloh, ako je navigácia v bludisku alebo zber objektov, musia žiaci koordinovať svoje činnosti, diskutovať o navrhovaných postupoch a zdieľať vlastné nápady. Takto organizovaná práca podporuje rozvoj komunikačných zručností, schopnosť rozpoznať silné a slabé stránky jednotlivých členov tímu a efektívne sa prispôsobiť dynamike tímovej spolupráce (Johnson & Johnson, 1999).

10.4 Okamžitá spätná väzba pri testovaní riešení

VEXcode VR poskytuje žiakom okamžitú spätnú väzbu počas testovania navrhnutých riešení. Tento aspekt je kľúčový pre efektívne učenie, keďže umožňuje žiakom bezprostredne overiť, či zvolené riešenie funguje správne, a na základe výsledkov upraviť ďalší postup. Okamžitá spätná väzba podporuje procesy sebareflexie a systematického zlepšovania riešení, čím sa posilňuje schopnosť žiakov učiť sa z vlastných chýb.
Rýchly cyklus testovania, vyhodnocovania a následnej úpravy riešení motivuje žiakov k priebežnému zdokonaľovaniu algoritmov a zároveň podporuje rozvoj analytického aj tvorivého prístupu k riešeniu problémov (Hattie & Timperley, 2007).

11 Využitie bezpilotných technológií vo vzdelávaní

V období Priemyslu 4.0 dochádza k dynamickému rozvoju viacerých špičkových technológií, medzi ktoré patria aj drony a s nimi súvisiace digitálne a autonómne systémy. V posledných rokoch dochádza k postupnému znižovaniu cien dronov, vďaka čomu sa tieto technológie stávajú čoraz dostupnejšími a rozšírenejšími aj mimo úzko špecializovaných oblastí. Z tohto dôvodu nadobúda osobitný význam systematické zavádzanie vzdelávania o dronoch na stredných školách aj univerzitách, ktoré si vyžaduje definovanie vhodných didaktických prístupov a metodík. V súčasnosti sa vzdelávanie o dronoch objavuje prevažne len v niektorých oblastiach všeobecného vzdelávania, najmä ako súčasť predmetov STEM.

V tejto kapitole sa pojem *vzdelávanie o dronoch* používa v širšom význame, ktorý zahŕňa nielen osvojenie si praktických zručností pri práci s dronmi vo výučbe, ale aj rozvoj teoretických poznatkov, algoritmického myslenia, bezpečnostnej gramotnosti, etického uvažovania a schopnosti aplikovať získané poznatky v reálnych aplikačných kontextoch.

Vzdelávanie o dronoch zohráva významnú úlohu v STEM vzdelávaní, keďže poskytuje žiakom aj študentom možnosť získavať autentické skúsenosti pri navrhovaní, konštruovaní a ovládaní dronov. Zároveň podporuje kreatívne a inovatívne myslenie, keďže umožňuje nielen využívanie hotových riešení, ale aj tvorbu vlastných dronových systémov a ich rozširovanie o nové funkcie.

Vzdelávanie o dronoch má interaktívny a prakticky orientovaný charakter. Študenti môžu drony stavať, programovať a ovládať, čo im umožňuje učiť sa skúsenostne a experimentovať. Týmto spôsobom sa rozvíja schopnosť riešiť problémy, kritické myslenie a tímová spolupráca. Výučba dronov sa neobmedzuje výlučne na technologické oblasti, ale prepája sa aj s ďalšími predmetmi, ako sú matematika, fyzika či geografia. Študenti tak získavajú integrovanú a multidisciplinárnu vzdelávaciu skúsenosť a vnímajú dronové technológie v širšom aplikačnom kontexte.

Výučba o dronoch zároveň pripravuje študentov na výzvy Priemyslu 4.0. V priemyselnej praxi a na trhu práce sa drony využívajú v širokom spektre oblastí, čím študenti získavajú príležitosť osvojiť si vedomosti a zručnosti potrebné pre ich efektívne využívanie. V univerzitnom štúdiu informatiky je možné výučbu dronov ďalej špecializovať, napríklad na využitie fotogrametrie pomocou dronov, aplikáciu dronov v logistike, plánovanie trás alebo optimalizačné úlohy (Udvaros et al., 2023).

11.1 Dron

Dron je lietajúci objekt, ktorý sa ovláda diaľkovým ovládačom (Chun, 2021). Drony boli pôvodne vyvíjané predovšetkým na vojenské účely. Neskôr začali nadnárodné spoločnosti, ako napríklad Google a Amazon, vyvíjať vlastné dronové riešenia, čo vzbudilo záujem širokej verejnosti. Postupne sa drony začali využívať v rôznych oblastiach, napríklad v leteckej fotografii, poľnohospodárstve či v preprave tovaru. V súčasnosti komerčné trhy s dronmi rýchlo rastú a viaceré priemyselne vyspelé štáty v nich vidia významný potenciál, čo sa prejavuje podporou rozsiahlych vývojových a výskumných projektov.

Drony sú známe aj ako bezpilotné lietadlá (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) alebo bezpilotné letecké systémy a využívajú sa v širokom spektre aplikácií. Patrí sem napríklad priemyselný monitoring, fotografovanie, vojenské prieskumné a útočné operácie (Xia et al., 2017),

záchranné a humanitárne operácie pri katastrofách (Sandvik & Lohne, 2014), doručovanie zásielok (Murray & Chu, 2015), či využitie v poľnohospodárstve (Bai et al., 2022). Technické parametre dronov sa vyvíjajú mimoriadne rýchlo, pričom už nie sú určené výlučne na nákladné operácie (Moshref-Javadi et al., 2020), ale potenciálne aj na prepravu cestujúcich (Shavarani et al., 2021). Bezpilotné autonómne vozidlá zároveň vykazujú značný potenciál v oblasti manažmentu dodávateľského reťazca a logistiky (Rejeb et al., 2023).

Obrázok 53: Dron používaný na kontrolu zásob vo veľkosklade a jeho riadiaca jednotka (zdroj: vlastné spracovanie)

11.2 Klasifikácia dronov

Bezpilotné lietadlá sa môžu líšiť veľkosťou, tvarom, funkcionalitou a účelom použitia. V odbornej literatúre sa najčastejšie stretávame s nasledujúcimi typmi:

- ***Mini a mikro UAV***: spravidla malé drony (môžu byť aj „do dlane“), často na hobby alebo komerčné účely, napríklad letecké fotografovanie. Využívajú sa však aj vo vojenskej oblasti, napríklad na prieskum v uzavretých priestoroch.
- ***Taktické UAV***: stredne veľké drony, ktoré armáda a polícia často používajú na taktické úlohy, ako je prieskum a monitorovanie. Zvyčajne dokážu zostať vo vzduchu dlhší čas a poskytovať prenos obrazu a dát v reálnom čase pozemnému operátorovi.
- ***MALE (Medium Altitude Long Endurance) a HALE (High Altitude Long Endurance) UAV***: väčšie drony schopné dlhých letov vo vyšších výškach. HALE drony môžu zostať vo vzduchu aj niekoľko dní a operovať vo výškach, kde je len málo iných lietadiel schopných činnosti. Využívajú sa na dlhodobý prieskum, monitoring alebo ako komunikačné platformy.
- ***Rýchle drony*:** drony schopné letu vysokou rýchlosťou, často využívané na vojenské útočné účely. Patria sem napríklad americké drony Predator a Reaper.
- ***Podvodné drony (UUVs – Unmanned Underwater Vehicles)***: využívané na prieskum a monitoring podmorského prostredia alebo na hlbokomorský výskum.

- ***Nákladné (cargo) drony***: drony s vysokou nosnosťou, typicky využívané v doprave a logistike na krátke vzdialenosti (PS & Jeyan, 2020).

Obrázok 54: Typy dronov
(zdroj: Udvaros & Forman, 2024)

Okrem toho možno drony klasifikovať aj podľa spôsobu riadenia, napríklad na diaľkovo ovládané, poloautonómne alebo plne autonómne UAV. Ďalšou možnosťou je klasifikácia podľa zdroja energie, napríklad na elektrické, benzínové alebo plynové drony.
V rámci prehľadu literatúry sme sa viackrát stretli aj s výrazmi „bezpilotné hračkárske lietadlá“ a „bezpilotné štátne lietadlá“. Pojem „bezpilotné hračkárske lietadlo“ často označuje hobby drony alebo RC (Radio Controlled) modely. Tieto zariadenia sú menších rozmerov a zvyčajne sú určené pre používateľov, ktorí sa lietaniu či fotografovaniu venujú vo voľnom čase. Hobby drony existujú v širokej škále – od veľmi jednoduchých lacných modelov až po technicky vyspelé a drahšie varianty. Väčšina dronov má zabudovanú kameru, ktorá umožňuje snímať fotografie a videá zo vzduchu. Medzi známe príklady patria drony značiek DJI, Parrot, Syma a Hubsan, používané na fotografovanie, natáčanie videí alebo jednoducho pre zážitok z lietania. Používanie dronov však podlieha pravidlám a predpisom, ktoré určujú, kde a ako ich možno používať, aby boli bezpečné pre používateľov aj okolie. Tieto pravidlá často stanovujú maximálnu výšku letu, povolené oblasti a minimálne vzdialenosti od ľudí, budov, letísk a podobne. Je dôležité, aby používateľ dronu tieto pravidlá poznal a dodržiaval.
Regulácia používania dronov sa líši podľa krajiny, no v Európskej únii vychádza z pravidiel Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (EASA). Predpisy zohľadňujú napríklad hmotnosť dronu, účel použitia (komerčné vs. súkromné), miesto letu a ďalšie faktory. Medzi dôležitejšie pravidlá patria:

- ***Výška letu*:** podľa pravidiel EASA drony spravidla nesmú lietať vyššie ako 120 metrov nad zemou, ak na to nemajú osobitné povolenie.

- ***Letové oblasti***: drony nesmú lietať v blízkosti letísk, vojenských objektov, nemocníc, väzníc a podobne. Aj hobby pilot musí zabezpečiť, aby nelietal v zakázaných alebo obmedzených zónach.
- ***Ľudia a budovy***: drony musia dodržiavať určitú vzdialenosť od ľudí a budov. Napríklad pri podujatiach (koncert, športové podujatie) je potrebné zabezpečiť, aby dron nelietal príliš blízko ľudí či objektov. Podľa pravidiel EASA sa často uvádza minimálna vzdialenosť približne 50 metrov, ktorá sa však môže meniť podľa podmienok a kategórie letu.
- ***Registrácia a poistenie***: na Slovensku je pred používaním dronu potrebné zaregistrovať sa ako prevádzkovateľ UAS (*Unmanned Aircraft System*) na Dopravnom úrade – Civilné letectvo, pričom registrácia sa vzťahuje na osobu (nie na samotný dron) a je povinná pre každého, kto používa dron s hmotnosťou nad 250 g alebo aj ľahší dron vybavený kamerou či senzorom schopným zaznamenávať osobné údaje; po registrácii dostane prevádzkovateľ identifikačné číslo, ktoré musí byť viditeľne umiestnené na každom používanom drone. Zároveň je v určitých prípadoch povinné uzavrieť poistenie zodpovednosti za škodu spôsobenú prevádzkou dronu, pričom na Slovensku sa poistenie vyžaduje najmä pre lety v otvorenej kategórii A2 a A3, prípadne pre ťažšie drony, a hoci v kategórii A1 nemusí byť vždy povinné, jeho uzatvorenie sa dôrazne odporúča, pretože chráni prevádzkovateľa pred vysokými finančnými nákladmi v prípade spôsobenia škody na majetku alebo zdraví tretích osôb (NSAT).

Uvedené pravidlá predstavujú všeobecné usmernenia a v konkrétnych situáciách sa môžu interpretovať odlišne, preto je vždy vhodné študovať aj miestne predpisy. Dronoví piloti by mali poznať a dodržiavať všetky relevantné pravidlá na lokálnej aj národnej úrovni (Udvaros & Bódi, 2023).

11.3 Bezpilotné štátne lietadlá a etické otázky

Bezpilotné štátne lietadlá sú lietajúce zariadenia, ktoré nevyžadujú pilota na palube. Označenie „štátne“ znamená, že UAV používa štátny alebo vládny orgán, napríklad armáda, polícia, pohraničná stráž, hasiči, environmentálne agentúry a podobné organizácie. Spôsoby využitia závisia od konkrétneho orgánu: armáda využíva drony na prieskum, identifikáciu cieľov aj útoky; polícia na dohľad nad kriminalitou, masovými podujatiami a dopravou či na pátranie po nezvestných osobách; hasiči na koordináciu zásahov a monitorovanie šírenia požiaru; environmentálne agentúry na monitoring voľne žijúcich živočíchov či kontrolu odlesňovania.

Plnia množstvo funkcií – od monitorovania a prieskumu až po útočné operácie, úlohy civilnej ochrany, ochrany prírody a ďalšie. Tieto UAV riadia pozemní operátori alebo fungujú autonómne na základe predprogramovaných inštrukcií. Pri diaľkovo ovládaných UAV je pilot na zemi a dron riadi často pomocou živého videoprenosu z palubnej kamery. Pri autonómnych UAV môže dron letieť po predprogramovanej trase alebo sa navigovať pomocou umelej inteligencie a vykonávať úlohy.

Používanie štátnych UAV je v mnohých prípadoch výhodné, pretože môžu pôsobiť v nebezpečných alebo ťažko dostupných oblastiach bez rizika pre ľudský život. Zároveň však vyvolávajú etické a právne otázky, najmä v oblasti ochrany osobných údajov a vedenia ozbrojených konfliktov. Medzi dôležité otázky patria:

- ***Ochrana súkromia***: drony dokážu zaznamenávať vysokokvalitné fotografie a videá, čo môže viesť k závažným obavám o súkromie. Snímanie môže ľahko zasiahnuť do súkromného života ľudí, ak sa realizuje alebo využíva nevhodným spôsobom.
- ***Vedenie vojny*:** drony sa často používajú na vojenské účely vrátane prieskumu, zameriavania a útoku. To vyvoláva etické otázky, napríklad riziko civilných obetí alebo „uľahčenie“ vedenia vojny tým, že operátor neriskuje vlastný život.
- ***Otázka zodpovednosti*:** ak dron spôsobí nehodu alebo škodu, kto nesie zodpovednosť – pilot, výrobca alebo vývojár softvéru? Táto otázka je obzvlášť dôležitá pri autonómnych dronoch.

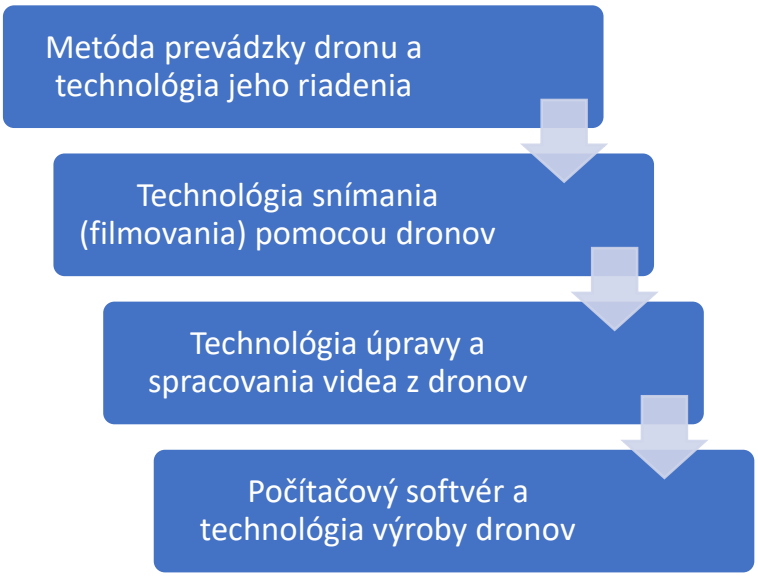
Uvedené príklady predstavujú len časť etických a právnych problémov spojených s dronmi. S technologickým vývojom môžu vznikať ďalšie otázky, ktoré budú musieť riešiť zákonodarcovia aj odborníci (Udvaros & Bódi, 2023).

11.4 Vzdelávanie o dronoch a jeho štruktúra

Vzdelávanie o dronoch rozvinulo také didaktické prístupy, ktoré dokážu kombinovať výučbu hardvéru aj softvéru. Podľa Hyunjina Chuna možno typické vzdelávanie o dronoch rozdeliť do štyroch kategórií. Prvou je spôsob prevádzky dronu a technológia riadenia. Druhou je technológia filmovania pomocou dronov. Treťou je technológia strihu dronových videí. Štvrtou je počítačový softvér a technológia výroby dronov. Na vzdelávacie účely sa spravidla používajú malé a stredne veľké modely (Chun, 2021).

Výučba dronov úzko súvisí aj s použitím mikrokontrolérov pri výučbe programovania, keďže mikrokontroléry umožňujú riadenie a komunikáciu dronov a zároveň rozvíjajú výpočtové myslenie (Fülöp et al., 2022).

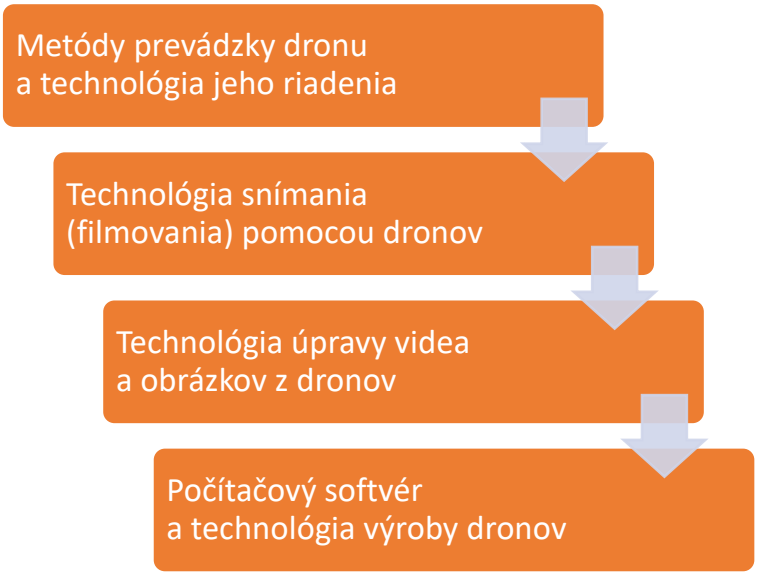
V stredoškolskom vzdelávaní sa drony často prezentujú prostredníctvom projektov, zväčša v rámci predmetov STEM - ako samostatný predmet sa spravidla nevyskytujú; v lepšom prípade existujú vo forme kurzu. V stredoškolskom logistickom vzdelávaní sa využitie dronov typicky nevyučuje, hoci dopyt zo strany firiem a zamestnávateľov by existoval. Prehľad literatúry ukazuje, že výučba dronov sa zvyčajne delí na štyri fázy.



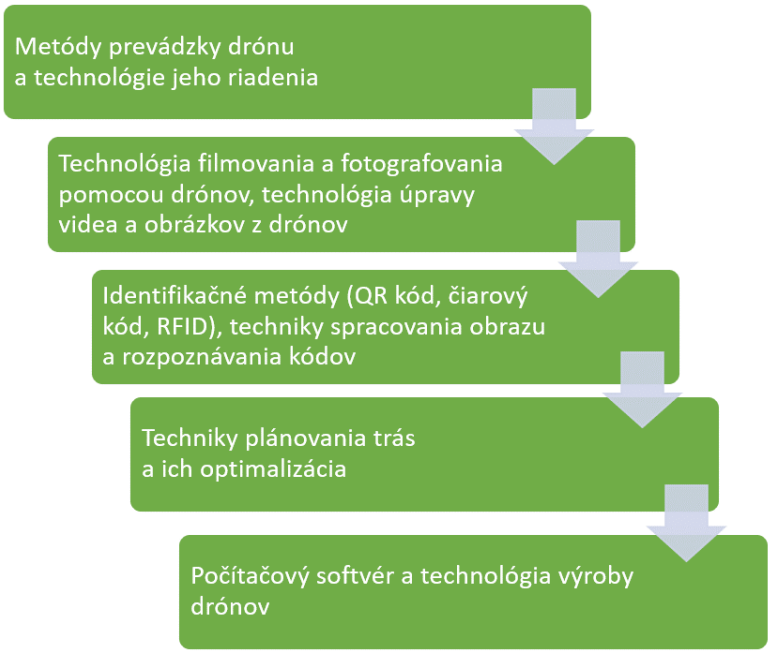
Obrázok 55: Štyri fázy výučby dronov
(zdroj: autorský preklad a vlastné spracovanie podľa (Udvaros et al., 2022))

Predchádzajúce fázy sú charakteristické najmä pre všeobecné dronové vzdelávanie. V prípade logistického využitia však v tejto podobe nie sú postačujúce – je potrebné ich rozšíriť o ďalšie fázy s ohľadom na konkrétne oblasti použitia. Ak ide o doručovanie tovaru alebo inventarizáciu, kľúčové je plánovanie trasy. Pri plánovaní trasy je potrebné zamerať sa aj na optimalizáciu z hľadiska environmentálnej a ekonomickej udržateľnosti. Pri inventarizácii skladových zásob – ak ju chceme riešiť autonómne – je nevyhnutné vyučovať aj metódy identifikácie tovaru (QR kód, čiarový kód, RFID), ako aj techniky spracovania obrazu a rozpoznávania kódov.

Na základe náročnosti a komplexnosti poznatkov určujeme fázy dronového vzdelávania na strednej škole a na univerzite:



Obrázok 56: Fázy stredoškolskej výučby dronov
(zdroj: autorský preklad a vlastné spracovanie podľa (Udvaros et al., 2022))



Obrázok 57: Fázy univerzitnej výučby dronov
(zdroj: autorský preklad a vlastné spracovanie podľa (Udvaros et al., 2022))

Priemysel 4.0 má významný vplyv na udržateľnosť sietí dodávateľských reťazcov. Dronové technológie Priemyslu 4.0 prispievajú k udržateľnosti dodávateľských reťazcov v podnikateľskom aj priemyselnom prostredí. V univerzitnom vzdelávaní je potrebné klásť veľký dôraz na inovatívne technológie a výskum udržateľnosti vrátane jej analýzy. Je potrebné usilovať sa o znižovanie uhlíkovej stopy, kde môže byť využitie dronov vhodným riešením. Z ekonomického hľadiska je zároveň dôležité zohľadniť nákladovo efektívne plánovanie.
Integrácia dronových technológií do vzdelávania v období Priemyslu 4.0 nepredstavuje iba zavedenie nového technického nástroja, ale aj komplexnú zmenu pedagogického prístupu a vzdelávacej filozofie. Využívanie dronov umožňuje, aby sa vzdelávací proces stal výrazne praktickejším, zážitkovejším a multidisciplinárnym, pričom vytvára úzke prepojenie medzi teoretickými poznatkami a reálnymi priemyselnými aplikáciami. Študenti sa nestávajú iba pasívnymi používateľmi technológií, ale aktívnymi tvorcami a vývojármi riešení, čo významne podporuje hlbšie porozumenie učiva a rozvoj dlhodobo využiteľných kompetencií.
Vzdelávanie v oblasti dronov prepája viacero kľúčových oblastí, ako sú programovanie, robotika, využívanie mikrokontrolérov, plánovanie trás a ich optimalizácia, identifikačné technológie (QR kódy, čiarové kódy, RFID), ako aj spracovanie obrazu a rozpoznávanie kódov. Ich vzájomná integrácia formuje u študentov systémové a analytické myslenie, ktoré je nevyhnutné pre pochopenie komplexných technológií charakteristických pre Priemysel 4.0. Osobitný význam má táto problematika v oblasti logistiky a manažmentu dodávateľských reťazcov, kde môžu študenti riešiť reálne problémy, ako je optimalizácia doručovacích trás, autonómna inventarizácia skladových zásob či podpora environmentálne udržateľných riešení. Postupne budované vzdelávacie etapy na stredoškolskej a vysokoškolskej úrovni umožňujú systematické a plynulé osvojovanie si vedomostí a zručností. Na stredných školách sa dôraz kladie najmä na základy bezpečnej prevádzky dronov, ich ovládanie, základné princípy programovania a pochopenie fungovania technológií. Na univerzitnej úrovni sa potom otvára

priestor pre pokročilé aplikácie, ako sú autonómne systémy, komplexné algoritmy plánovania a optimalizácie trás, pokročilé metódy spracovania obrazu, ako aj analýza efektívnosti logistických procesov.

Treba zdôrazniť, že implementácia dronových technológií do vzdelávania nie je len technickou, ale aj pedagogickou, organizačnou a strategickou výzvou. Vyžaduje si vhodnú úpravu učebných plánov, kvalitnú prípravu pedagógov, dostupnú technickú infraštruktúru a jasne definované právne a etické rámce. Zároveň však ide o investíciu s dlhodobým prínosom, keďže absolventi získavajú moderné, konkurencieschopné a priamo využiteľné znalosti a zručnosti pre priemysel, logistiku, výskum a vývoj, ako aj ďalšie inovatívne oblasti.

Vzdelávanie v oblasti dronov má výrazný potenciál stať sa jedným z pilierov moderného technického a odborného vzdelávania. Prispieva k rozvoju technologických kompetencií, posilňuje schopnosť riešiť problémy, podporuje kreativitu a spoluprácu a zároveň formuje environmentálne uvedomelé myslenie. Tým umožňuje, aby vzdelávacie systémy pružne reagovali na meniace sa požiadavky trhu práce a pripravovali odborníkov, ktorí budú schopní zodpovedne, efektívne a udržateľne využívať inteligentné a autonómne technológie v podmienkach Priemyslu 4.0.

V odbornej literatúre sa vzdelávanie o dronoch čoraz častejšie nevníma len ako nácvik ovládania technického zariadenia, ale ako komplexný didaktický proces zahŕňajúci bezpečnostné, kognitívne, technologické a reflexívne aspekty učenia. Chun (2021) navrhuje rámec vzdelávania o dronoch, ktorý zdôrazňuje systematickú nadväznosť medzi znalosťami pedagóga, výberom vhodného typu dronu, rozvojom poznatkov žiakov, bezpečnosťou prevádzky a reflexiou vzdelávacieho procesu.

Tento rámec poukazuje na skutočnosť, že efektívna edukácia v oblasti bezpilotných technológií si vyžaduje viac než len technické zručnosti. Kľúčovú úlohu zohráva pedagogické rozhodovanie o úrovni autonómie dronu, spôsobe jeho riadenia (manuálne vs. programované), ako aj o miere zapojenia algoritmizácie letu, plánovania trás a spracovania dát zo senzorov. Bezpečnosť je pritom chápaná nielen ako súbor legislatívnych pravidiel, ale aj ako didaktický princíp podporujúci zodpovedné a reflektované využívanie technológií vo vzdelávaní.

Rámec zároveň vytvára priestor na integráciu programovania, práce s mikrokontrolérmi, základov autonómneho riadenia a spracovania obrazu do projektovo orientovaných edukačných aktivít. Takto koncipované vzdelávanie podporuje rozvoj algoritmického a informatického myslenia a umožňuje žiakom a študentom prepájať teoretické poznatky s praktickými aplikačnými scenármi, napríklad v oblasti logistiky, monitorovania prostredia alebo autonómnej navigácie dronov.

Obrázok 58: Rámec vzdelávania o dronoch
(zdroj: autorský preklad a vlastné spracovanie podľa Chun, 2021)

11.5 Algoritmizácia letu dronu a riadenie prostredníctvom mikrokontrolérov

Algoritmizácia letu predstavuje jeden z kľúčových didaktických aspektov využívania dronových technológií vo vzdelávaní, keďže umožňuje prepájanie teoretických poznatkov z oblasti informatiky, matematiky a techniky s ich praktickou aplikáciou v reálnom systéme. Riadenie letu dronu je založené na vykonávaní algoritmov, ktoré určujú postupnosť činností, reakcie na zmeny prostredia a správanie systému v reálnom čase.

Z technického hľadiska je základom riadenia dronu mikrokontrolér alebo integrovaný riadiaci systém, ktorý spracúva vstupy zo senzorov (napr. gyroskop, akcelerometer, barometer, GPS, kamera) a na ich základe generuje výstupy pre motory a ďalšie akčné prvky. Z didaktického hľadiska mikrokontrolér sprostredkúva prechod od abstraktného algoritmu k jeho fyzickej realizácii, čím podporuje rozvoj informatického a algoritmického myslenia (Wing, 2006; Fülöp et al., 2022).

Vo výučbe je možné pracovať s rôznymi úrovňami algoritmizácie letu – od jednoduchých sekvenčných algoritmov (vzlet, pohyb, pristátie), cez algoritmy s podmienkami a cyklami, až po regulačné algoritmy zabezpečujúce stabilizáciu polohy a výšky letu. Takýto prístup umožňuje diferencované zadávanie úloh a podporuje postupný prechod od elementárnych algoritmických štruktúr k zložitejším riadiacim modelom (Shute et al., 2017).

Z didaktického hľadiska je možné porovnávať manuálne riadenie dronu s jeho programovaným správaním, čo umožňuje žiakom lepšie porozumieť rozdielu medzi bezprostrednou reakciou operátora a algoritmicky riadeným systémom. Takéto porovnanie podporuje rozvoj analytického myslenia, keďže žiaci hodnotia stabilitu letu, presnosť pohybu a opakovateľnosť správania dronu pri rôznych spôsoboch riadenia. Postupný prechod od manuálneho ovládania

k programovanému letu zároveň vytvára priestor na zavádzanie prvkov autonómneho riadenia a reflexiu ich didaktického prínosu.

11.6 Autonómne riadenie dronov a spracovanie senzorických dát

Autonómne riadenie dronov predstavuje vyššiu úroveň využitia bezpilotných technológií vo vzdelávaní a vytvára priestor na rozvoj analytického a systémového myslenia. Na rozdiel od manuálneho ovládania autonómny dron vykonáva činnosti na základe predprogramovaných algoritmov a spracovania údajov zo senzorov bez priameho zásahu operátora.
Kľúčovým prvkom autonómneho riadenia je spracovanie senzorických dát, ktoré zahŕňa informácie o orientácii, polohe, rýchlosti a vizuálnych charakteristikách prostredia. V edukačnom prostredí sa osobitná pozornosť venuje základom spracovania obrazu, ako je rozpoznávanie objektov, čítanie QR alebo čiarových kódov a orientácia v priestore. Tieto úlohy umožňujú integráciu informatiky, matematiky a techniky a podporujú rozvoj schopnosti abstrahovať a interpretovať dáta (Chun, 2021; Udvaros et al., 2023).
Z didaktického hľadiska autonómne riadenie vytvára priestor na analýzu procesu rozhodovania systému, porozumenie vzťahu medzi vstupmi zo senzorov a výsledným správaním dronu, ako aj na overovanie funkčnosti navrhnutých algoritmov v reálnych podmienkach.

11.7 Manuálne, programované a autonómne riadenie dronov z didaktického hľadiska

Z didaktického hľadiska možno rozlišovať tri základné formy riadenia dronov: manuálne, programované a autonómne. Každá z nich rozvíja odlišné kognitívne procesy a je vhodná pre inú fázu vzdelávania.
Manuálne riadenie je zamerané najmä na rozvoj priestorovej orientácie, percepčno-motorických schopností a základného pochopenia správania dronu v priestore. Programované riadenie kladie dôraz na plánovanie činností, tvorbu algoritmov a ich testovanie, čím podporuje systematické a algoritmické uvažovanie. Autonómne riadenie predstavuje najvyššiu úroveň kognitívnej náročnosti, keďže vyžaduje analýzu dát, návrh rozhodovacích algoritmov a hodnotenie správania systému v dynamickom prostredí (Wing, 2006; Shute et al., 2017).
Takto koncipovaný postup umožňuje plynulý prechod od jednoduchých foriem práce k riešeniu komplexných úloh a podporuje rozvoj vyšších úrovní informatického myslenia.

11.8 Logistické a aplikačné scenáre využitia dronov vo výučbe

Významný didaktický potenciál dronových technológií sa prejavuje pri ich využití v aplikačných a logistických scenároch, ktoré reflektujú reálne potreby priemyselnej praxe. Medzi typické edukačné úlohy patrí plánovanie letovej trasy, optimalizácia pohybu dronu, autonómna inventarizácia skladových zásob a monitorovanie prostredia.
Pri plánovaní trasy sú žiaci konfrontovaní s optimalizačnými problémami, pri ktorých musia zohľadňovať viacero kritérií, ako je čas letu, spotreba energie alebo bezpečnosť. Takéto úlohy podporujú rozvoj analytického myslenia a schopnosti hodnotiť riešenia z hľadiska efektívnosti a udržateľnosti (Udvaros et al., 2022; Rejeb et al., 2023).

Autonómna inventarizácia skladových zásob prostredníctvom dronov umožňuje prepájanie spracovania obrazu, identifikačných technológií a algoritmického riadenia, čím vytvára autentický kontext pre projektovo orientované vyučovanie.

11.9 Využitie dronov vo vzdelávaní v kontexte Priemyslu 5.0

Koncepcia Priemyslu 5.0 rozširuje technologicky orientovaný prístup Priemyslu 4.0 o dôraz na človeka, udržateľnosť a spoločenskú zodpovednosť. V tomto kontexte sa dronové technológie neuplatňujú iba ako nástroje automatizácie, ale aj ako prostriedky podporujúce spoluprácu medzi človekom a inteligentným systémom (European Commission, 2021).
Vo vzdelávaní Priemysel 5.0 kladie dôraz na rozvoj kreativity, kritického myslenia a etického uvažovania pri práci s autonómnymi technológiami. Drony poskytujú vhodné prostredie na riešenie úloh zameraných na environmentálnu udržateľnosť, optimalizáciu procesov a zodpovedné využívanie technológií. Žiaci sú vedení k tomu, aby nielen navrhovali technické riešenia, ale aj hodnotili ich dopady na spoločnosť a životné prostredie (OECD, 2020; European Commission, 2021).
Integrácia dronov do vzdelávania v kontexte Priemyslu 5.0 tak podporuje rozvoj komplexných kompetencií potrebných pre budúce technologické profesie a zároveň formuje zodpovedný prístup k využívaniu inteligentných a autonómnych systémov.

11.10 Bezpečnosť a manažment rizík pri využívaní dronov vo vzdelávaní

Integrácia dronových technológií do vzdelávania prináša výrazné didaktické prínosy, zároveň však zvyšuje nároky na systematické riadenie bezpečnosti. V prostredí stredných a vysokých škôl sa s bezpilotnými systémami stretávajú študenti s rozdielnou úrovňou skúseností. Na jednej strane tak prebieha učenie sa „v reálnom svete“, na druhej strane vzniká potreba minimalizovať fyzické, prevádzkové, právne aj reputačné riziká. Bezpečnosť preto nemožno chápať iba ako formálnu požiadavku vyplývajúcu z legislatívy, ale ako didaktickú zásadu, ktorá podporuje zodpovedné technologické správanie a kultúru bezpečnej práce so systémami Priemyslu 4.0 a 5.0.
V európskom regulačnom rámci je pre väčšinu edukačných aktivít kľúčová tzv. otvorená kategória (Open category), určená pre prevádzku s nižším rizikom. Táto kategória predpokladá dodržiavanie základných pravidiel, ako je let vo vizuálnom dohľade (VLOS) a všeobecný výškový limit 120 m nad povrchom, pokiaľ osobitné podmienky alebo geografické zóny neurčujú prísnejšie obmedzenia. Pravidlá zároveň definujú aj výnimky pre let nad prekážkami presahujúcimi túto výšku, viazané na splnenie konkrétnych podmienok (EASA, 2023; EASA, 2024). V edukačnej praxi tieto pravidlá nepredstavujú iba právne minimum, ale aj praktický rámec pre modelovanie profesionálneho správania študentov, zahŕňajúceho plánovanie letu, výber bezpečnej lokality a rozhodovanie o primeranosti aktivít vzhľadom na úroveň kompetencií študentskej skupiny.
Osobitnú pozornosť si vyžaduje zodpovednosť prevádzkovateľov. Na Slovensku je v mnohých prípadoch relevantná registrácia prevádzkovateľa UAS a plnenie administratívnych povinností súvisiacich s prevádzkou, ako je dokladovanie poplatkov či poistenia v prípadoch, kde je požadované. Vzdelávacie inštitúcie, ktoré drony využívajú v rámci výučby, by mali mať jasne určené, kto vystupuje v roli prevádzkovateľa (škola, laboratórium alebo poverený zamestnanec)

a aké povinnosti z tejto roly vyplývajú, vrátane vedenia dokumentácie a interných smerníc (NSAT – Civilné letectvo, n. d.). Aj keď študenti môžu dron fyzicky ovládať, zodpovednostný rámec musí byť v pedagogickom nastavení transparentný, aby sa predišlo prenášaniu rizika na neskúsených používateľov bez primeraného dohľadu.

Z didaktického hľadiska je prínosné pracovať s manažmentom rizík ako s explicitnou súčasťou učebného obsahu. Študenti sa tak neučia iba ovládať alebo programovať dron, ale rozvíjajú aj schopnosť uvažovať o bezpečnosti ako o súbore rozhodnutí pred letom, počas letu a po jeho ukončení. V predletovej fáze ide najmä o výber lokality (interiér alebo exteriér), posúdenie prítomnosti osôb a prekážok, kontrolu meteorologických podmienok, stavu batérií a komunikačného spojenia, nastavenie návratového bodu (RTH) a testovanie základných funkcií systému. Počas letu je nevyhnutné udržiavať VLOS, sledovať správanie dronu, mať definované núdzové postupy (prerušenie letu, bezpečné pristátie) a dodržiavať pravidlá pohybu osôb v blízkosti letovej zóny. Po lete je vhodné realizovať krátku reflexiu letu, evidenciu incidentov a kontrolu technického stavu zariadenia. Bezpečnosť sa tak stáva cyklickým procesom učenia, nie jednorazovou povinnou inštrukciou.

V školskom prostredí je riziko často spojené s tým, že výučba prebieha v priestoroch, ktoré neboli pôvodne navrhnuté ako letové plochy, preto je vhodné uplatňovať princíp „bezpečného dizajnu“ edukačného prostredia, zahŕňajúci jasne vyhradené letové zóny, fyzické bariéry (napr. ochranné siete v interiéri), pravidlá vstupu do priestoru a didakticky primerané obmedzenia rýchlosti a výšky letu podľa úrovne študentov. Takéto nastavenie umožňuje minimalizovať riziko kolízie a zranenia bez potlačenia skúsenostného charakteru učenia.

Významnou súčasťou bezpečnosti je aj štandardizácia postupov. V odbornej praxi sa bezpečná prevádzka UAS opiera o procesné prístupy zahŕňajúce identifikáciu rizík, zavádzanie kontrolných opatrení a priebežné overovanie ich účinnosti. Tento prístup reflektujú aj technické normy a metodiky z oblasti prevádzky UAS. Norma ISO 21384-3 napríklad popisuje požiadavky na operačné postupy a zdôrazňuje potrebu systematickej práce s rizikom a bezpečnostným uistením (ISO, 2019). V kontexte špecifickej kategórie operácií sa v Európe uplatňuje metodika SORA (Specific Operations Risk Assessment), ktorá poskytuje štruktúrovaný spôsob hodnotenia rizík a navrhovania mitigačných opatrení; jej rozšírenia reflektujú aj nové typy rizík, vrátane kybernetickej bezpečnosti a odolnosti systémov (Yang et al., 2024). Aj keď školské aktivity spravidla ostávajú v otvorenej kategórii, princípy týchto prístupov sú didakticky veľmi hodnotné, keďže vedú študentov k pochopeniu bezpečnosti ako metodického postupu založeného na analýze rizika a dôkazoch, nie na intuícii.

Špecifickým typom rizika v edukačných scenároch je spracovanie obrazových a senzorických dát, najmä pri využívaní kamier, rozpoznávania objektov alebo čítania QR a čiarových kódov. V týchto aktivitách sa bezpečnosť prirodzene prepája s ochranou súkromia a osobných údajov. Drony môžu neúmyselne zaznamenávať identifikovateľné osoby, evidenčné čísla vozidiel alebo iné citlivé informácie, čo v prostredí EÚ môže viesť k vzniku režimu spracúvania osobných údajov. EASA vo svojich materiáloch upozorňuje na typické riziká pre súkromie pri prevádzke dronov a odporúča uplatňovať zásady minimalizácie záznamu, transparentnosti a primeraného informovania dotknutých osôb (EASA, 2017). V školskom prostredí to znamená uprednostňovať také priestory a scenáre, ktoré nevyžadujú snímanie náhodných osôb, pracovať s testovacími objektmi a definovať pravidlá pre ukladanie, zdieľanie a mazanie dát. Edukačné

projekty sa tak môžu stať zároveň platformou pre rozvoj dátovej etiky a princípov „privacy by design“.
Bezpečnosť a manažment rizík majú napokon výrazný kompetenčný rozmer. S prechodom od manuálneho riadenia k programovaným a autonómnym režimom sa mení povaha rizika. Pri manuálnom lete dominuje riziko chyby operátora, pri programovanom lete riziko nesprávnej logiky algoritmu alebo nedostatočného testovania a pri autonómnych scenároch pribúda riziko nesprávnej interpretácie senzorických vstupov či zlyhania rozhodovania v dynamickom prostredí. Didaktické sekvencie by preto mali zahŕňať nielen rastúcu technickú náročnosť úloh, ale aj postupné zvyšovanie úrovne plánovania bezpečnostných opatrení, napríklad prostredníctvom simulácií pred reálnym letom, postupného rozširovania letových manévrov, testovania v kontrolovaných podmienkach a reflexie incidentov ako integrálnej súčasti učenia.
Z uvedeného vyplýva, že bezpečná implementácia dronov do vzdelávania nepredstavuje iba organizačnú povinnosť, ale integrálnu súčasť kvality výučby. Ak je bezpečnosť prepojená s pravidlami prevádzky, so štandardizovanými postupmi, s ochranou súkromia a s postupným rozvojom kompetencií, stáva sa zároveň nástrojom formovania zodpovedného profesionálneho myslenia. Takto koncipovaný prístup podporuje nielen technickú gramotnosť, ale aj schopnosť riadiť riziká a prijímať informované rozhodnutia, ktoré sú kľúčové pre uplatnenie absolventov v logistike, priemysle aj vo verejnom sektore v podmienkach Priemyslu 4.0 a 5.0.

11.11 Didaktické prístupy k vzdelávaniu v oblasti dronov

Didaktické prístupy využívané pri výučbe dronových technológií zohrávajú rozhodujúcu úlohu v tom, či sa študenti stávajú iba pasívnymi používateľmi techniky, alebo aktívnymi tvorcami riešení. Integrácia dronov do vzdelávania si preto nevyžaduje len adekvátne technické vybavenie, ale aj premyslený didaktický rámec, ktorý podporuje rozvoj kritického myslenia, riešenia problémov, spolupráce a transferu poznatkov do reálnych aplikačných situácií. V kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0 sa ako vhodné ukazujú najmä pedagogické prístupy zdôrazňujúce skúsenostné učenie, projektovú prácu a interdisciplinárne prepojenia (Kolb, 1984; OECD, 2020).
Jedným z kľúčových didaktických prístupov je projektovo orientované učenie (Project-Based Learning – PBL). V jeho rámci študenti riešia komplexné úlohy s reálnym aplikačným charakterom, napríklad návrh autonómnej inventarizácie skladu pomocou dronu, optimalizáciu doručovacích trás alebo monitorovanie environmentálnych zmien. Realizácia takýchto projektov si vyžaduje nielen technické zručnosti, ale aj plánovanie, tímovú spoluprácu, experimentovanie a systematickú reflexiu dosiahnutých výsledkov. Výskumy potvrdzujú, že projektové učenie podporuje hlbšie porozumenie učiva a zvyšuje motiváciu študentov vďaka vnímaniu priamej relevancie učebných aktivít pre prax (Thomas, 2000; Markham et al., 2003).
S projektovo orientovaným učením úzko súvisí problémovo orientované učenie (Problem-Based Learning), v ktorom študenti pristupujú k riešeniu konkrétneho problému bez vopred definovaného postupu. Môžu byť napríklad postavení pred úlohu navrhnúť systém, ktorý pomocou dronu automaticky identifikuje chýbajúci tovar v sklade. V tomto procese študenti analyzujú problém, identifikujú potrebné technológie (senzory, kamery, QR kódy, algoritmy spracovania obrazu) a postupne konštruujú riešenie. Takýto prístup rozvíja analytické myslenie,

schopnosť pracovať s neistotou a kreativitu, ktoré sú nevyhnutné pri práci s komplexnými technologickými systémami (Hmelo-Silver, 2004).

Vo výučbe dronových technológií má významné miesto aj skúsenostné učenie (experiential learning), vychádzajúce z Kolbovho cyklu učenia: konkrétna skúsenosť, reflexia, konceptualizácia a následné experimentovanie (Kolb, 1984). Študenti napríklad najskôr manuálne ovládajú dron, následne reflektujú jeho správanie, analyzujú ho z hľadiska fyzikálnych princípov letu a napokon navrhujú algoritmické riadenie. Tento cyklický proces umožňuje systematické prepojenie praktickej skúsenosti s teoretickým poznaním, čo je obzvlášť dôležité pri výučbe technických a informatických disciplín.

Dôležitým didaktickým prvkom je aj STEM-integrované učenie, ktoré prepája poznatky z informatiky, fyziky, matematiky, techniky a v niektorých prípadoch aj geografie. Pri plánovaní letovej trasy študenti pracujú s matematickými modelmi, fyzikálnymi princípmi letu a algoritmickými optimalizačnými postupmi. Takéto interdisciplinárne prepojenia podporujú rozvoj systémového myslenia a pomáhajú študentom chápať dronové technológie v širšom technologickom a spoločenskom kontexte (Schweingruber et al., 2014).

V oblasti dronového vzdelávania sa ako mimoriadne efektívna ukazuje aj kooperatívna výučba, v rámci ktorej študenti pracujú v tímoch s jasne definovanými rolami, napríklad pilot dronu, programátor, analytik dát alebo koordinátor projektu. Takéto rozdelenie úloh podporuje rozvoj komunikačných zručností, tímovej spolupráce a zodpovednosti za spoločný výsledok. Empirické výskumy poukazujú na to, že kooperatívne učenie zlepšuje nielen akademické výsledky, ale aj sociálne a profesionálne kompetencie študentov (Johnson & Johnson, 2009).

Významným didaktickým nástrojom sú aj simulácie a digitálne dvojčatá (digital twins). Pred realizáciou reálneho letu môžu študenti testovať svoje algoritmy v simulovanom prostredí, v ktorom nehrozí riziko poškodenia zariadenia ani ohrozenia bezpečnosti. Simulácie umožňujú experimentovať s rôznymi scenármi, analyzovať chyby a optimalizovať riešenia ešte pred ich implementáciou v reálnych podmienkach (Pires et al., 2019).

V pokročilejších fázach vzdelávania je možné uplatniť aj výskumno-orientované učenie (Inquiry-Based Learning), pri ktorom študenti formulujú vlastné výskumné otázky, napríklad ako rýchlosť vetra ovplyvňuje presnosť autonómneho pristátia dronu alebo aký vplyv má výška letu na kvalitu rozpoznávania QR kódov. Tento prístup podporuje rozvoj vedeckého myslenia, systematickú prácu s dátami a schopnosť kriticky hodnotiť výsledky experimentov.

Z didaktického hľadiska je nevyhnutné, aby sa pedagogické metódy prispôsobovali úrovni študentov. Na stredných školách je vhodné začínať jednoduchými manuálnymi úlohami a postupne prechádzať k programovaniu a základným autonómnym funkciám. Na vysokoškolskej úrovni je možné realizovať komplexné projekty zahŕňajúce optimalizáciu trás, spracovanie obrazu, strojové učenie a integráciu dronov do logistických a priemyselných systémov (Udvaros et al., 2022; Rejeb et al., 2023).

Celkovo možno konštatovať, že efektívne vzdelávanie v oblasti dronových technológií si vyžaduje kombináciu viacerých pedagogických prístupov. Projektové, problémové, skúsenostné a kooperatívne učenie spolu vytvárajú didaktický rámec, ktorý podporuje rozvoj technických, analytických aj sociálnych kompetencií študentov. Takto koncipovaná výučba prispieva k príprave budúcich odborníkov schopných pracovať s autonómnymi systémami v podmienkach Priemyslu 4.0 a 5.0.

11.12 Kompetencie učiteľov a príprava pedagógov pre výučbu práce s dronmi

Efektívna integrácia dronových technológií do vzdelávania závisí nielen od dostupnosti technického vybavenia a vhodne zvolených pedagogických prístupov, ale v rozhodujúcej miere aj od kompetencií učiteľov. Pedagóg v podmienkach Priemyslu 4.0 a 5.0 prestáva byť iba sprostredkovateľom informácií a nadobúda úlohu facilitátora učenia, koordinátora projektových aktivít, garanta bezpečnosti a mentora technologickej gramotnosti. Vzdelávanie v oblasti dronových technológií a výučba práce s dronmi preto kladú na učiteľov nové odborné, didaktické a digitálne nároky, ktoré si vyžadujú systematickú prípravu a kontinuálne profesijné vzdelávanie (OECD, 2020; European Commission, 2021).

Z hľadiska obsahových kompetencií by mal učiteľ disponovať základným porozumením technológie dronov. To zahŕňa poznatky o typoch bezpilotných leteckých systémov, princípoch letu, senzorických systémoch, základoch riadenia letu, bezpečnostných pravidlách a regulačnom rámci EASA. Pedagóg by mal byť schopný vysvetliť rozdiely medzi manuálnym, programovaným a autonómnym riadením dronu a chápať ich didaktické implikácie pre jednotlivé fázy výučby práce s dronmi (Chun, 2021). Nevyžaduje sa pritom expertíza na úrovni leteckého inžinierstva, ale dostatočná odborná orientácia, ktorá umožňuje viesť študentov, hodnotiť ich riešenia a bezpečne organizovať edukačné aktivity s využitím dronov.

Rovnako významnú úlohu zohrávajú digitálne a informatické kompetencie učiteľa. Práca s dronmi vo vzdelávaní je úzko prepojená s programovaním, algoritmizáciou letu, prácou s mikrokontrolérmi a spracovaním dát zo senzorov. Pedagóg by mal byť schopný pracovať s jednoduchými programovacími prostrediami, ako je blokové programovanie alebo jazyk Python, vysvetliť základné algoritmické štruktúry (sekvencie, cykly, podmienky) a porozumieť princípom spracovania obrazu pri identifikácii QR alebo čiarových kódov (Fülöp et al., 2022). Tieto kompetencie umožňujú prepájať teoretické poznatky z informatiky s praktickými aplikáciami v podobe riadenia dronov a analýzy dát.

Významnú zložku kompetenčného profilu učiteľa tvoria aj didaktické kompetencie orientované na projektové a problémové učenie. Pedagóg musí byť schopný navrhovať autentické úlohy s reálnym aplikačným charakterom, napríklad autonómnu inventarizáciu skladu alebo optimalizáciu doručovacích trás s využitím dronov. Zároveň by mal vedieť facilitovať tímovú spoluprácu, efektívne rozdeľovať roly v skupine (pilot dronu, programátor, analytik dát, koordinátor projektu) a podporovať reflexiu učenia po ukončení jednotlivých aktivít (Kolb, 1984; Thomas, 2000). Dôležitou súčasťou tejto kompetencie je schopnosť vyvážiť mieru podpory a autonómie študentov tak, aby mali priestor na experimentovanie, no zároveň pracovali v jasne definovanom a bezpečnom rámci.

Kľúčovým aspektom prípravy pedagógov pre výučbu práce s dronmi je bezpečnostná a právna gramotnosť. Učiteľ musí poznať základné pravidlá prevádzky dronov podľa EASA, vrátane výškových limitov, letových zón a požiadaviek na registráciu prevádzkovateľa UAS. Zároveň by mal byť schopný identifikovať potenciálne riziká, vytvárať bezpečné podmienky pre edukačné aktivity a nastavovať jasné pravidlá správania v letovej zóne (ISO, 2019; EASA, 2023). Bezpečnosť pritom nemá byť vnímaná len ako formálna povinnosť, ale ako integrálna súčasť pedagogického procesu a profesionálnej kultúry práce s technológiami.

Vzhľadom na dynamický vývoj dronových technológií je nevyhnutné, aby príprava učiteľov nebola jednorazovou aktivitou, ale súčasťou kontinuálneho profesijného rozvoja. Tento proces

by mal zahŕňať odborné školenia zamerané na dronové technológie, workshopy orientované na programovanie a mikrokontroléry, metodické semináre venované projektovému a problémovému učeniu, kurzy zamerané na bezpečnosť a legislatívu, ako aj spoluprácu s univerzitami, výskumnými inštitúciami a priemyselnými partnermi. Empirické výskumy poukazujú na to, že učitelia aktívne zapojení do profesijného rozvoja v oblasti digitálnych technológií sú úspešnejší pri integrácii inovácií do výučby a dokážu efektívnejšie motivovať študentov (OECD, 2020).

Dôležitým predpokladom úspešnej implementácie práce s dronmi vo vzdelávaní je aj inštitucionálna podpora pedagógov. Školy by mali vytvárať podmienky na prípravu projektov, zabezpečovať prístup k technickému vybaveniu, podporovať spoluprácu s externými odborníkmi a poskytovať priestor na experimentovanie s inovatívnymi didaktickými prístupmi. Bez takejto podpory sa môže vzdelávanie v oblasti dronových technológií stať pre učiteľov časovo aj organizačne neudržateľné.

Na vysokoškolskej úrovni je možné prípravu pedagógov ďalej špecializovať. Učitelia môžu rozvíjať expertízu v oblastiach, ako sú fotogrametria, autonómna navigácia, optimalizácia trás alebo spracovanie obrazu. Takáto špecializácia umožňuje vytvárať pokročilé kurzy, ktoré prepájajú výučbu práce s dronmi s aktuálnym výskumom a reálnymi potrebami priemyselnej praxe (Udvaros et al., 2023; Rejeb et al., 2023).

Celkovo možno konštatovať, že kompetencie učiteľov predstavujú kľúčový faktor úspešnej integrácie dronových technológií do vzdelávania. Kvalitne pripravený pedagóg dokáže premeniť dron z technického zariadenia na komplexný didaktický nástroj, ktorý podporuje rozvoj informatického myslenia, kreativity, spolupráce a zodpovedného prístupu k technológiám v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.

11.13 Materiálne a organizačné podmienky pre prácu s dronmi v škole

Integrácia dronových technológií do vzdelávania si nevyžaduje len vhodne zvolené pedagogické prístupy a kompetentných učiteľov, ale aj primerané materiálne, priestorové, organizačné a finančné podmienky. Bez adekvátneho technického a organizačného zázemia zostáva práca s dronmi v škole fragmentárna, závislá od individuálneho úsilia pedagógov a často obmedzená na jednorazové projekty alebo mimoškolské aktivity. Kvalitné materiálne a organizačné zabezpečenie preto predstavuje kľúčový predpoklad dlhodobej udržateľnosti, bezpečnosti a kvality vzdelávania v oblasti dronových technológií na stredných školách aj univerzitách (Schweingruber et al., 2014; OECD, 2020).

Základným predpokladom realizácie práce s dronmi vo výučbe je vhodné technické vybavenie. Škola by mala disponovať súborom edukačných dronov, ktorých technické parametre zodpovedajú didaktickým cieľom jednotlivých fáz vzdelávania. V úvodných etapách sú vhodné menšie, ľahké a odolné modely umožňujúce manuálne ovládanie, základnú stabilizáciu letu a jednoduché formy programovania. Tieto zariadenia by mali byť vybavené základnými senzormi, ako sú gyroskop, akcelerometer a barometer, aby študenti mohli porozumieť princípom merania polohy, výšky a pohybu dronu (Chun, 2021).

V pokročilejších fázach vzdelávania je potrebné zabezpečiť drony podporujúce autonómnu navigáciu, prácu s GPS, integráciu kamier a možnosť pripojenia mikrokontrolérov alebo otvorených riadiacich platforiem, ako sú Pixhawk, Arduino alebo Raspberry Pi. Takéto systémy

umožňujú študentom pracovať s technológiami blízkymi reálnym priemyselným aplikáciám, napríklad v logistike, fotogrametrii alebo environmentálnom monitoringu (Udvaros et al., 2023; Rejeb et al., 2023). Z didaktického hľadiska je vhodné kombinovať stabilné komerčné drony s programovateľnými platformami, ktoré podporujú experimentovanie a tvorivé riešenia.

Materiálne podmienky zahŕňajú aj digitálne nástroje a softvérové prostredie. Škola by mala disponovať dostatočným počtom počítačov alebo tabletov, ktoré umožňujú programovanie dronov, simuláciu letu a analýzu dát zo senzorov. Nevyhnutnou súčasťou práce s dronmi vo výučbe sú programovacie prostredia podporujúce rôzne úrovne náročnosti – od blokového programovania pre začiatočníkov až po Python alebo ROS pre pokročilých študentov (Fülöp et al., 2022). Súčasťou vybavenia by mali byť aj nástroje na plánovanie trás, vizualizáciu letu a spracovanie obrazových dát, napríklad na rozpoznávanie QR kódov alebo identifikáciu objektov.

Osobitný význam majú simulačné prostredia, ktoré umožňujú testovanie algoritmov riadenia letu bez rizika poškodenia reálnych zariadení. Simulátory poskytujú bezpečný priestor na experimentovanie, analýzu chýb a optimalizáciu riešení ešte pred ich overovaním v reálnych podmienkach. Ich využitie je obzvlášť dôležité pri prechode od manuálneho riadenia k programovaným a autonómnym režimom, keďže výrazne znižuje riziko nehôd a podporuje hlbšie pochopenie správania systému (Pires et al., 2019).

Dôležitou súčasťou materiálneho zabezpečenia je aj fyzický priestor určený na realizáciu letových aktivít. Ideálnym riešením je vyhradené vnútorné pracovisko alebo laboratórium, vybavené ochrannými sieťami, fyzickými bariérami a jasne označenými letovými zónami. Takéto prostredie umožňuje bezpečné experimentovanie bez vplyvu vonkajších faktorov, ako sú vietor, zrážky alebo rušenie signálu (ISO, 2019).

Vonkajšie priestory sú vhodné najmä pre realistické scenáre, ako je testovanie autonómnej navigácie, mapovanie terénu alebo plánovanie logistických trás. Aj v tomto prípade je však nevyhnutné zabezpečiť, aby bol priestor oddelený od verejnosti, primerane označený a využívaný výlučne pod dohľadom pedagóga. Bezpečnosť práce s dronmi nie je daná len priestorom, ale aj jasne nastavenými organizačnými pravidlami a postupmi (EASA, 2023).

S priestorovým zabezpečením úzko súvisia bezpečnostné opatrenia a organizačné postupy. Škola by mala disponovať ochrannými sieťami, bariérami, hasiacimi prístrojmi a viditeľne umiestnenými bezpečnostnými pokynmi. Mimoriadnu pozornosť si vyžaduje manipulácia s lítium-polymérovými batériami, ktoré predstavujú potenciálne riziko požiaru. Z tohto dôvodu je potrebné zabezpečiť samostatné miesto na ich nabíjanie a skladovanie v ohňovzdorných boxoch (ISO, 2019).

Rovnako dôležité je vypracovanie interných pravidiel pre používanie dronov, riešenie incidentov a postupy pri technických poruchách. Tieto pravidlá by mali byť zrozumiteľné a dostupné nielen učiteľom, ale aj študentom, čím sa bezpečnosť stáva prirodzenou súčasťou vzdelávacieho procesu (Chun, 2021).

Významnou súčasťou materiálneho a organizačného zabezpečenia je aj finančné krytie práce s dronmi vo výučbe. Zavádzanie dronových technológií do vzdelávania si vyžaduje investície do nákupu zariadení, softvéru, úprav priestorov a vzdelávania pedagógov. Z tohto dôvodu je dôležité, aby školy aktívne vyhľadávali grantové schémy, projekty financované z európskych fondov alebo partnerstvá s priemyselnými podnikmi (OECD, 2020).

Spolupráca s firmami pôsobiacimi v oblasti logistiky, geodézie, poľnohospodárstva alebo informačných technológií môže priniesť nielen finančnú podporu, ale aj autentické projektové zadania pre študentov. Takéto partnerstvá zvyšujú praktickú relevanciu výučby a podporujú prepojenie školy s trhom práce (Udvaros et al., 2023; Rejeb et al., 2023).
Organizačné podmienky zohrávajú významnú úlohu aj pri plánovaní výučby. Praktické aktivity spojené s prácou s dronmi si vyžadujú viac času než tradičné vyučovacie hodiny, preto je vhodné ich realizovať formou projektových dní, laboratórnych cvičení alebo voliteľných predmetov. Škola by mala vytvárať flexibilné organizačné rámce, ktoré umožnia realizáciu komplexnejších projektov bez narušenia bežného vyučovacieho procesu.
Zároveň je dôležité, aby práca s dronmi nebola viazaná len na jeden vyučovací predmet. Dronové technológie by mali byť dostupné pre viacero disciplín, napríklad informatiku, fyziku, geografiu, biológiu alebo techniku. V geografii môžu študenti analyzovať letecké snímky, v biológii monitorovať prírodné prostredie a v technike skúmať aerodynamické princípy letu. Takéto interdisciplinárne využívanie zvyšuje efektívnosť materiálneho zabezpečenia a posilňuje STEM charakter vzdelávania (Schweingruber et al., 2014).
Na vysokoškolskej úrovni môže byť materiálne a organizačné zázemie ďalej rozšírené o špecializované laboratóriá a výskumné pracoviská, ako sú fotogrametrické systémy, výkonné výpočtové stanice na spracovanie obrazu, testovacie polygóny pre autonómne drony alebo logistické simulátory. Takéto prostredie umožňuje prepojenie výučby s výskumom a podporuje vznik inovatívnych projektov v oblasti autonómnej navigácie, optimalizácie trás a environmentálneho monitoringu (Pires et al., 2019; Rejeb et al., 2023).
Celkovo možno konštatovať, že primerané materiálne a organizačné podmienky predstavujú nevyhnutný predpoklad systematického a udržateľného vzdelávania v oblasti dronových technológií. Ak sú technické prostriedky, softvér, priestory a organizačné rámce nastavené vhodne, drony sa môžu stať plnohodnotným didaktickým nástrojom podporujúcim rozvoj informatického myslenia, projektovej práce, spolupráce a aplikačných kompetencií študentov v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0.

11.14 Drony a umelá inteligencia vo vzdelávaní

Integrácia umelej inteligencie (AI) do dronových technológií predstavuje jednu z najdynamickejšie sa rozvíjajúcich oblastí v kontexte Priemyslu 4.0 a 5.0. Vo vzdelávaní už nejde len o osvojenie si práce s dronmi ako technickými zariadeniami, ale o systematické oboznamovanie žiakov a študentov s princípmi inteligentných autonómnych systémov, spracovaním dát a rozhodovaním založeným na algoritmoch strojového učenia. Drony vybavené prvkami umelej inteligencie sa tak stávajú autentickým didaktickým prostredím, v ktorom je možné prepájať programovanie, robotiku, dátovú analytiku, počítačové videnie a etické aspekty využívania technológií (Pires et al., 2019; OECD, 2020).
Z technického hľadiska umožňuje umelá inteligencia dronom prechod od striktne predprogramovaného správania k adaptívnemu a autonómnemu rozhodovaniu. Namiesto pevne definovaných trajektórií môže dron analyzovať prostredie v reálnom čase, identifikovať objekty, predvídať prekážky a optimalizovať svoju trasu. V edukačnom kontexte to vytvára priestor na rozvoj porozumenia základom strojového učenia, neurónovým sieťam a princípom

počítačového videnia, pričom žiaci a študenti pracujú s reálnymi dátami získanými zo senzorov a kamier dronu (Goodfellow et al., 2016).
Jednou z kľúčových oblastí využitia umelej inteligencie pri práci s dronmi vo vzdelávaní je rozpoznávanie objektov a obrazová analýza. Žiaci a študenti môžu vytvárať a testovať modely na identifikáciu QR kódov, čiarových kódov, paliet, regálov alebo špecifických objektov v logistickom prostredí. Tento proces zahŕňa zber dát, ich anotáciu, tréning modelu a jeho overovanie v reálnych alebo simulovaných podmienkach. Takto koncipované úlohy podporujú nielen technické zručnosti, ale aj pochopenie limitov algoritmov, citlivosti modelov na kvalitu dát a rizík automatizovaného rozhodovania (Szeliski, 2021).
Z didaktického hľadiska je potrebné rozlišovať úroveň práce s umelou inteligenciou v závislosti od stupňa vzdelávania**.** Na stredných školách je vhodné zamerať sa najmä na porozumenie základným princípom fungovania senzorov, kamier a hotových modelov umelej inteligencie, ktoré žiaci využívajú v predpripravených scenároch a riadených úlohách. Dôraz sa kladie na interpretáciu výstupov, pochopenie chýb modelu a základnú reflexiu správania systému. Na úrovni študentov vysokých škôl je možné pracovať s tréningom vlastných modelov umelej inteligencie, integráciou AI do autonómneho riadenia dronov a experimentálnym overovaním algoritmov v komplexných aplikačných úlohách. Takéto vertikálne usporiadanie učiva umožňuje postupný rozvoj kompetencií bez neprimeraného kognitívneho zaťaženia.
V oblasti logistiky umožňuje integrácia umelej inteligencie do dronov realizovať autonómnu inventarizáciu skladových zásob. Dron môže pomocou kamery a modelov strojového učenia identifikovať chýbajúce položky, poškodené obaly alebo nesprávne umiestnený tovar. Z didaktického hľadiska ide o komplexnú úlohu, ktorá prepája spracovanie obrazu, databázové systémy, optimalizáciu trás a algoritmické riadenie letu. Takéto scenáre poskytujú žiakom aj študentom možnosť pracovať s úlohami blízkymi reálnej priemyselnej praxi (Rejeb et al., 2023; Udvaros et al., 2023).
Ďalšou významnou aplikačnou oblasťou je autonómna navigácia založená na umelej inteligencii. Namiesto jednoduchého využívania globálnych navigačných systémov môže dron aplikovať metódy ako SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), ktoré umožňujú súčasné vytváranie mapy prostredia a určovanie vlastnej polohy. Vo vzdelávacom prostredí možno tieto princípy demonštrovať prostredníctvom simulácií aj reálnych letov v kontrolovaných podmienkach, čím sa podporuje systémové myslenie a pochopenie vzťahu medzi senzorickými vstupmi a rozhodovacími procesmi autonómneho systému (Cadena et al., 2016).
Významným didaktickým prvkom je aj prepojenie umelej inteligencie s plánovaním a optimalizáciou trás. Žiaci a študenti môžu navrhovať algoritmy zamerané na minimalizáciu času letu, spotreby energie alebo environmentálnej záťaže, pričom využívajú genetické algoritmy ako sú posilňované učenie (reinforcement learning) alebo heuristické optimalizačné metódy. Takéto úlohy rozvíjajú algoritmické myslenie a zároveň podporujú uvedomelé rozhodovanie v súlade s princípmi udržateľnosti (Pires et al., 2019).
Z pedagogického hľadiska je dôležité, aby umelá inteligencia nebola prezentovaná ako „čierna skrinka“, ale ako systém, ktorého správanie je možné analyzovať, testovať a kriticky hodnotiť. Praktické experimenty by mali byť doplnené systematickou reflexiou, v ktorej žiaci a študenti hodnotia spoľahlivosť modelov, možné skreslenia dát a riziká nesprávnych rozhodnutí. Takýto

prístup podporuje rozvoj kritického myslenia a etickej zodpovednosti pri práci s autonómnymi technológiami (OECD, 2020).
Osobitnú pozornosť si vyžadujú etické a právne aspekty využívania umelej inteligencie v dronoch. Schopnosť dronov autonómne snímať a analyzovať obrazové dáta môže viesť k zásahom do súkromia, preto je nevyhnutné rozvíjať u žiakov aj študentov porozumenie princípom ochrany osobných údajov, minimalizácie zberu dát a zodpovedného používania technológií. Vo vzdelávacom prostredí by mali byť tieto témy integrálnou súčasťou projektových aktivít, nie len doplnkovým teoretickým obsahom (EASA, 2017).
Z hľadiska didaktického progresu je možné rozvoj kompetencií v oblasti umelej inteligencie a dronov členiť do viacerých úrovní. Základná úroveň je zameraná na pochopenie funkcie senzorov, kamier a jednoduchých algoritmov spracovania obrazu. Stredná úroveň zahŕňa prácu s existujúcimi modelmi rozpoznávania objektov a ich aplikáciu v konkrétnych scenároch. Pokročilá úroveň je orientovaná na tréning vlastných modelov, integráciu umelej inteligencie do autonómneho riadenia letu a optimalizáciu správania dronu v dynamickom prostredí.
Na úrovni študentov vysokých škôl je možné prepojiť využívanie umelej inteligencie v dronoch aj s výskumnými aktivitami v oblastiach multi-agentových systémov, kooperatívnych dronov alebo inteligentných logistických sietí. Študenti môžu pracovať na projektoch, v ktorých viacero dronov spolupracuje pri inventarizácii skladu, monitoringu prostredia alebo doručovaní tovaru, pričom si navzájom vymieňajú informácie a koordinujú svoje správanie (Rejeb et al., 2023).
Celkovo možno konštatovať, že integrácia umelej inteligencie do práce s dronmi vo vzdelávaní predstavuje významný krok smerom k modernému, interdisciplinárnemu a na budúcnosť orientovanému vzdelávaniu. Drony vybavené prvkami AI poskytujú autentické prostredie na rozvoj technických, analytických aj etických kompetencií žiakov a študentov a prispievajú k príprave budúcich odborníkov schopných pracovať s inteligentnými autonómnymi systémami v podmienkach Priemyslu 4.0 a 5.0.

11.15 Didaktické zhrnutie kapitoly

Využívanie dronových technológií vo vzdelávaní predstavuje efektívny nástroj na rozvoj informatického myslenia, schopnosti riešiť problémy a aplikovať algoritmické postupy v reálnych podmienkach. Dôraz na algoritmizáciu letu, autonómne riadenie a aplikačné scenáre umožňuje presun od pasívneho používania technológií k ich aktívnemu pedagogickému využitiu.
Z didaktického hľadiska je prínos dronov podmienený najmä ich integráciou do problémovo a projektovo orientovanej výučby, ktorá podporuje rozvoj vyšších kognitívnych procesov a pripravuje žiakov a študentov na výzvy Priemyslu 4.0 a 5.0.
Kapitola tak vytvára metodický rámec pre systematickú integráciu dronových technológií do technicky a informaticky orientovaného vzdelávania.

12 Didaktické aspekty programovania robotických systémov v edukácii

Táto kapitola nadväzuje na predchádzajúce časti monografie zamerané na projektové vyučovanie a využitie robotických, bezpilotných a virtuálnych prostredí vo vzdelávaní a poskytuje syntetický pohľad na didaktické aspekty programovania robotických systémov v edukácii.

Didaktika programovania robotických hračiek, robotických stavebníc a dronov predstavuje špecifickú oblasť didaktiky informatiky, ktorá reflektuje potrebu systematického prepájania algoritmického myslenia s praktickou činnosťou a pozorovateľným správaním fyzických alebo virtuálnych objektov.

Obsah didaktiky programovania v robotickom kontexte je zameraný na hľadanie a overovanie takých didaktických postupov, prostredníctvom ktorých sa žiaci neučia algoritmy len navrhovať, ale aj implementovať ich prostredníctvom riadenia správania robotických systémov. Programovanie robotických hračiek, stavebníc a dronov umožňuje žiakom bezprostredne pozorovať dôsledky vlastných rozhodnutí, čím sa posilňuje porozumenie vzťahov medzi algoritmom, programom a jeho realizáciou v reálnom alebo simulovanom prostredí.

Didaktika programovania robotických systémov sa zároveň zaoberá identifikáciou a prekonávaním typických ťažkostí žiakov, ako sú problémy s pochopením sekvenčnosti, cyklických a podmienených štruktúr či priestorovej orientácie riadeného objektu.. Jej cieľom je vytvárať edukačné situácie, ktoré umožňujú postupné, názorné a zrozumiteľné osvojovanie princípov algoritmizácie prostredníctvom praktickej činnosti.

Z didaktického hľadiska zohráva pri vyučovaní programovania robotických hračiek a stavebníc kľúčovú úlohu konštruktivistický prístup, ktorý zdôrazňuje aktívnu účasť žiaka na procese učenia. Robotické prostredia prirodzene podporujú učenie založené na pokuse a omyle, experimentovaní a objavovaní. Žiaci majú možnosť okamžite testovať svoje riešenia a prostredníctvom vizualizácie pohybu robota alebo jeho reakcií získavať spätnú väzbu, ktorá je nevyhnutná pre vytváranie mentálnych modelov algoritmického správania.

Vizualizácia predstavuje pri robotických hračkách a stavebniciach integrálnu súčasť vyučovania. Robot ako vykonávateľ algoritmu sprostredkúva žiakom priame prepojenie medzi návrhom algoritmu, zápisom programu a jeho výsledkom. Tento princíp je výrazne prítomný najmä v prostrediach využívajúcich vizuálne alebo ikonické programovanie, kde sa pozornosť žiaka sústreďuje predovšetkým na logiku riešenia problému, a nie na syntaktickú správnosť kódu.

Analogické didaktické princípy možno aplikovať aj pri programovaní dronov, ktoré rozširujú robotické vzdelávanie o priestorový rozmer. Programovanie pohybu dronov podporuje rozvoj priestorovej predstavivosti, plánovanie trajektórie, orientáciu v priestore a prácu s podmienkami. Vďaka tomu sa drony stávajú efektívnym nástrojom na aplikáciu algoritmického myslenia v autentických a motivujúcich edukačných úlohách.

Súčasné trendy v didaktike programovania robotických systémov zdôrazňujú význam skorého kontaktu žiakov s programovacím prostredím, v ktorom si môžu priebežne overovať správnosť svojich algoritmických úvah. Namiesto izolovaného návrhu algoritmov bez spätnej väzby sa preferuje priame riadenie správania robota, najskôr prostredníctvom jednoduchých úloh

a následne v komplexnejších projektovo orientovaných aktivitách. Tento prístup sa ukazuje ako efektívny pri rozvoji algoritmického aj informatického myslenia.
Vyučovanie programovania robotických hračiek, stavebníc a dronov má svoje pevné miesto aj v kurikulárnych dokumentoch. Tematický celok *Algoritmické riešenie problémov* je zakotvený v štátnych vzdelávacích programoch predmetu informatika na všetkých stupňoch regionálneho školstva. Robotické aktivity predstavujú vhodný prostriedok jeho napĺňania, keďže umožňujú prepájať abstraktné algoritmické pojmy s konkrétnou činnosťou a viditeľným výsledkom.
Z hľadiska vývinových osobitostí detí zohrávajú významnú úlohu najmä robotické hračky a jednoduché stavebnice určené pre mladších žiakov. Tie rešpektujú kognitívne možnosti detí v období konkrétnych operácií, keď je učenie efektívnejšie prostredníctvom manipulácie s objektmi a názorných činností. Postupný prechod k zložitejším robotickým systémom a programovacím prostrediam umožňuje plynulý rozvoj abstraktného myslenia v neskorších vekových obdobiach.
Pre efektívne vyučovanie programovania robotických systémov je nevyhnutné, aby učiteľ disponoval nielen technickými znalosťami, ale aj didaktickým nadhľadom. Dôležitú úlohu zohráva primeraná voľba robotického nástroja, gradácia úloh, poskytovanie adekvátnej spätnej väzby a využívanie motivačných prvkov, ako sú projektová práca či robotické súťaže.
Implementácia virtuálnych robotických prostredí, ako je VEXcode VR, prináša nový rozmer do didaktiky programovania. Tieto prostredia umožňujú maximálne využívať potenciál konštruktivistického prístupu, projektového vyučovania, scaffoldingu, tímovej spolupráce a okamžitej spätnej väzby. Žiaci sa v nich neučia iba technické zručnosti, ale rozvíjajú aj schopnosť riešiť problémy, plánovať, reflektovať vlastné riešenia a efektívne spolupracovať.
Na základe uvedených poznatkov možno konštatovať, že robotické hračky, stavebnice a drony predstavujú didakticky hodnotné edukačné nástroje, ktoré umožňujú efektívne napĺňať ciele vyučovania algoritmizácie a programovania na rôznych stupňoch vzdelávania. Ich systematické a premyslené začlenenie do vyučovacieho procesu prispieva k zvyšovaniu kvality výučby informatiky a vytvára pevný základ pre rozvoj digitálnych kompetencií a pripravenosť žiakov na výzvy digitálnej spoločnosti.
.

Záver

Predložená monografia sa zameriava na komplexné uchopenie problematiky vzdelávacej robotiky ako významného nástroja rozvoja informatického myslenia, digitálnych kompetencií a kľúčových zručností žiakov potrebných pre život v spoločnosti 21. storočia. Pozornosť je venovaná teoretickým východiskám vzdelávacej robotiky, inovatívnym pedagogickým prístupom a didaktickým modelom, ako aj praktickým možnostiam jej implementácie do vyučovacieho procesu naprieč rôznymi vekovými kategóriami žiakov.

Významná časť monografie sa sústreďuje na prehľad robotických hračiek a stavebníc, ktoré predstavujú efektívny prostriedok rozvoja základov programovania, algoritmizácie a logického myslenia už v ranom veku. Robotické hračky a jednoduché robotické systémy umožňujú deťom osvojovať si princípy sekvenčného myslenia, riešenia problémov a kreatívneho uvažovania prostredníctvom aktívneho učenia založeného na hre, skúmaní a experimentovaní. Takto koncipované aktivity prirodzene zvyšujú motiváciu žiakov a podporujú ich pozitívny vzťah k technickým a informatickým oblastiam.

Osobitná pozornosť je venovaná možnostiam využitia robotických stavebníc a virtuálnych programovacích prostredí, ktoré umožňujú realizovať výučbu algoritmizácie a programovania aj bez potreby fyzického hardvéru. Virtuálne prostredia poskytujú priestor na bezpečné experimentovanie, testovanie algoritmov a riešenie praktických úloh, čím podporujú hlbšie porozumenie princípov robotiky, rozvoj analytického a kritického myslenia a systematický prístup k riešeniu problémov.

Monografia sa zároveň zameriava na integráciu inovatívnych pedagogických prístupov, najmä modelu 5E a problémovo orientovaného vyučovania, do vzdelávacej robotiky. Tieto prístupy vytvárajú podmienky pre aktívne a konštruktivisticky orientované učenie, podporujú diferenciáciu výučby, rozvoj metakognitívnych zručností a prepojenie teoretických poznatkov s praktickými činnosťami. Vzdelávacia robotika sa v tomto kontexte ukazuje ako vhodné didaktické médium s výrazným interdisciplinárnym potenciálom.

Samostatná časť monografie je venovaná integrácii bezpilotných technológií – dronov – do vzdelávania, ktoré predstavujú perspektívny prostriedok rozvoja technických, priestorových a analytických zručností v kontexte Priemyslu 4.0. Využívanie dronov vo vzdelávaní umožňuje prepojenie viacerých oblastí, ako sú robotika, programovanie, mikrokontroléry, plánovanie a optimalizácia trás, identifikačné technológie a spracovanie obrazu. Takto koncipované vzdelávacie aktivity podporujú systémové a analytické myslenie a umožňujú riešenie autentických úloh prepojených s reálnymi priemyselnými a logistickými aplikáciami.

Implementácia dronových technológií do edukačného procesu však predstavuje nielen technickú, ale aj pedagogickú, organizačnú a legislatívnu výzvu. Vyžaduje si systematickú prípravu pedagógov, adekvátnu technickú infraštruktúru, úpravu učebných plánov a rešpektovanie právnych a etických rámcov. Napriek týmto výzvam ide o investíciu s dlhodobým prínosom, keďže žiaci a študenti získavajú moderné, konkurencieschopné a prakticky využiteľné kompetencie.

Na základe uvedených poznatkov možno konštatovať, že vzdelávacia robotika, vrátane robotických hračiek, stavebníc, virtuálnych prostredí a dronových technológií, predstavuje didakticky hodnotný a efektívny nástroj vzdelávania. Podporuje komplexný rozvoj žiakov – od kognitívnych a technických zručností, cez sociálno-emocionálne kompetencie, až

po schopnosť spolupráce, komunikácie a celoživotného učenia. Jej systematické a didakticky premyslené začlenenie do vzdelávacieho procesu môže významne prispieť k príprave žiakov na dynamicky sa meniace požiadavky spoločnosti a trhu práce.

Osobitný dôraz je v monografii kladený na systematický rozvoj informatického myslenia ako kľúčovej kompetencie súčasného vzdelávania. Informatické myslenie je chápané ako komplex kognitívnych procesov zahŕňajúcich schopnosť analyzovať problémy, abstrahovať, navrhovať algoritmické riešenia, modelovať situácie a efektívne pracovať s informáciami. Vzdelávacia robotika vytvára prirodzené prostredie pre rozvoj týchto schopností prostredníctvom riešenia autentických úloh, práce s algoritmami a interakcie s reálnymi alebo virtuálnymi systémami.

Robotické hračky, stavebnice, virtuálne robotické prostredia a bezpilotné systémy sú v monografii analyzované ako didaktické prostriedky, ktoré umožňujú rozvíjať informatické myslenie naprieč rôznymi vekovými kategóriami žiakov. Prostredníctvom postupne gradovaných aktivít podporujú rozvoj sekvenčného, algoritmického a systémového myslenia, ako aj schopnosť reflektovať a optimalizovať navrhované riešenia. V tomto kontexte je informatické myslenie prezentované nielen ako súčasť výučby informatiky, ale ako transverzálna kompetencia s výrazným interdisciplinárnym presahom.

Monografia tak vytvára pevný teoretický a metodický základ pre ďalší výskum a pedagogickú prax v oblasti vzdelávacej robotiky a zároveň ponúka inšpiráciu pre učiteľov, vzdelávacie inštitúcie a tvorcov kurikúl, ktorí sa usilujú o moderné, inovatívne a zmysluplné vzdelávanie reflektujúce potreby digitálnej doby.

Literatúra

Akavova, A., Temirkhanova, Z., & Lorsanova, Z. (2023). Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space. *E3S Web of Conferences, 451*, 06011. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345106011

Alam, M. S., Kumar, S., Khursheed, Z., Mahato, H. K., Bashar, S., & Suman, A. (2024). Designing an AI driven intelligent tutorial system. In *2024 5th International Conference on Recent Trends in Computer Science and Technology (ICRTCST)* (pp. 585–588). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICRTCST59712.2024.10440987

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education, 6*(1), 63–71.

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Computers & Education, 75*, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.009

Bai, A., Kovách, I., Czibere, I., Megyesi, B., & Balogh, P. (2022). Examining the adoption of drones and categorisation of precision elements among Hungarian precision farmers using a trans-theoretical model. *Drones, 6*(8), 200. https://doi.org/10.3390/drones6080200

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning, 68*, 3–12.

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education, 58*(3), 978–988. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006

Benitti, F. B. V., & Spolaôr, N. (2017). How have robots supported STEM teaching? In M. S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM education* (pp. 103–129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_5

Bers, M. U. (2018). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge.

Bolick, M. M., Mikhailova, E. A., & Post, C. J. (2022). Teaching innovation in STEM education using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Education Sciences, 12*(3), 224. https://doi.org/10.3390/educsci12030224

Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. European Commission. https://doi.org/10.2777/308407

Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). Educational games and gamification research review. *Educational Technology & Society, 10*(3), 1–6.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30–35.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.

Caligiuri, P., De Cieri, H., Minbaeva, D., Verbeke, A., & Zimmermann, A. (2020). International HRM insights for navigating the COVID-19 pandemic: Implications for future research and practice. *Journal of International Business Studies, 51*(5), 697–713. https://doi.org/10.1057/s41267-020-00335-9

OpenAI. (2026). *ChatGPT* (verzia 5.2) [Large language model]. https://chat.openai.com/

Chituc, C. M. (2021). A framework for Education 4.0 in digital education ecosystems. In: *Working Conference on Virtual Enterprises* (pp. 702–709). Springer.

Chun, H. (2021a). A study on the utilization of drone education in the fourth industrial revolution. *Journal of Physics: Conference Series, 1875*(1), 012017.

Chun, H. (2021b). Drone education: A systematic review and educational framework. *Computers & Education, 173*, 104270. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104270

Cimini, C., Lagorio, A., Pirola, F., & Pinto, R. (2021). Exploring human factors in logistics 4.0: Empirical evidence from a case study. *Procedia CIRP, 93*, 660–665. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.092

Computer Science Teachers Association, & International Society for Technology in Education. (2011). *Computational thinking leadership toolkit*.

Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2023). Industry 5.0 and human-centric transformation in education. *Technological Forecasting and Social Change, 189*, 122134. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122134

Dev, P., & Schleyer, T. (2021). Digital technology in health science education. In *Biomedical informatics* (pp. 841–865). Springer.

Didmanidze, I., Tavdgiridze, L., Zaslavskyi, V., Khasaia, I., Dobordginidze, D., & Olga, Y. (2023). The impact of digital technologies in education. In *2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)* (pp. 1–7). IEEE.

Du Plooy, E., Casteleijn, D., & Franzsen, D. (2024). Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review. *Heliyon, 10*(21).

Duran, E., & Duran, L. (2004). The 5E instructional model: A learning cycle approach for inquiry-based science teaching. *Science Education Review, 3*(2), 49–58.

Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems, 8*(1), 5–11.

Elen, J., & Depaepe, F. (2025). Education and technology: Elements of a relevant, comprehensive, and cumulative research agenda. *Educational Technology Research and Development, 73*(1), 1–14.

European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/308407

European Commission / EACEA / Eurydice. (2023). *Key competences development in school education*. Publications Office of the European Union.

Fülöp, M. T., Udvaros, J., Gubán, Á., & Sándor, Á. (2022). Development of computational thinking using microcontrollers integrated into OOP. *Sustainability, 14*(12), 7218.

Gabaľová, V. (2022). *Detské programovacie jazyky a ich využitie v pedagogickej praxi*. Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher, 42*(1), 38–43.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81–112.

Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 14*(4), 1511–1524.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education*. National Academies Press.

Hu, X., Chiu, M. M., Leung, W. M. V., & Yelland, N. (2021). Technology integration for young children during COVID-19. *British Journal of Educational Technology, 52*(4), 1513–1537.

Hyksova, H., Stoffová, V., & Gabaľová, V. (2022). Teaching robotics and online programming using a virtual robot. In *INTED2022 Proceedings* (pp. 7140–7147). IATED.

IBM. (n.d.). *IBM SPSS Statistics*. IBM. https://www.ibm.com/products/spss-statistics

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into Practice, 38*(2), 67–73.

Papert, S. (1980). *Mindstorms*. Basic Books.

Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd ed.). Basic Books.

Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review, 22*, 142–158.

Su, Z., Tang, J., & Zhou, Y. (2022). From Industry 4.0 to Industry 5.0: Concept, enabling technologies, and future perspectives. *Journal of Manufacturing Systems, 64*, 1–17. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.05.001

UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33–35.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17*(2), 89–100.

World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. World Economic Forum.

World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. World Economic Forum.

ZonerAI. (2026). *ZonerAI* [Generatívny softvér umelej inteligencie]. https://zonerai.com