

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra pedagogiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výukové postupy při výuce učňů v práci s roboty FANUC,
jejich analýza a návrh na zvýšení efektivity

Training procedure during education of apprentices for work with robots
FANUC, its analysis and proposal to increase efficiency

Vladimír Špicar

Vedoucí práce: PhDr. Martin Čapek Adamec, Ph.D.
Studijní program: Specializace v pedagogice (B7507)
Studijní obor: Učitelství praktického vyučování a odborného výcviku (B U-PVOV)

Odevzdáním této bakalářské práce na téma „Výukové postupy při výuce učňů v práci s roboty FANUC, jejich analýza a návrh na zvýšení efektivity“ potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Mladá Boleslav, 6. 3. 2019

Rád bych poděkoval PhDr. Martinu Čapku Adamcovi, Ph.D., za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem pedagogům Univerzity Karlovy, kteří mě provází studiem a dali vzniknout myšlence této práce. Věřím, že znalosti získané studiem na UK jsou základním kamenem této práce.

ABSTRAKT

Tato práce se zaměřuje na problematiku výuky průmyslové robotiky na úrovni středního odborného vzdělání. Primárním cílem je vytvoření výukových materiálů pro základní obsluhu průmyslových robotů FANUC. Sekundárním cílem je speciální didaktika – metodika výuky a prostředky výuky.

Práce reflektuje stávající požadavky zaměstnavatelů v oblasti průmyslu a probíhající revize rámcových vzdělávacích programů (RVP) – odborné vzdělávání, ve spolupráci s Národním ústavem pro vzdělávání (NÚV).

KLÍČOVÁ SLOVA

střední odborné vzdělávání, efektivní výukové strategie, průmyslové roboty

ABSTRACT

This thesis deals with the problems of education on the secondary vocational education level. The primary goal is to create education papers for basic handling course of Fanuc industrial robots. The secondary goal is the special didactics – education methods and papers.

This thesis covers actual employer – demands in industrial branch and the ongoing revisions of so called framework educational programmes in cooperation with the National institute for education.

KEYWORDS

secondary vocational education, effective teaching strategies, industrial robots

Obsah

1	Úvod	7
1.1	Cíl práce	7
2	Teoretická část	8
2.1	Průmyslové roboty – úvod do problematiky	8
2.1.1	Slovo robot	8
2.1.2	Definice robota	8
2.1.3	První průmyslový robot	9
2.1.4	Typy kinematiky průmyslových robotů	10
2.1.5	Co umí průmyslový robot?	11
2.1.6	Bezpečnost práce	14
2.1.7	Kolaborativní roboty	14
2.2	Analýza stavu robotizace	16
2.3	Požadavky zaměstnavatelů na znalosti nových pracovníků	17
2.4	Výuka robotiky v českém vzdělávacím systému	17
2.4.1	Základní školy	17
2.4.2	Střední odborné vzdělávání	19
2.5	Východiska odborného vzdělávání v oblasti robotiky	20
2.5.1	Exkurze do výrobních firem	22
2.5.2	Odborná praxe žáků ve spolupracujících výrobních firmách	22
2.5.3	Nákup průmyslových robotů a technologií do odborného výcviku školy	23
2.5.4	Využití digitálních technologií	24
3	Praktická část	31
3.1	Návrh řešení výuky průmyslové robotiky	31
3.1.1	Teoretická a praktická výuka	31

3.1.2	Prostředky výuky praktického modulu.....	32
3.1.3	Minimalistická varianta	32
3.1.4	Doporučená varianta.....	33
3.2	Návrh výukového modulu – spolupráce s NÚV	36
3.3	Realizace výukového modulu	38
3.3.1	Předpoklady pro absolvování modulu	38
3.3.2	Základní cíle modulu	39
3.3.3	Základní vybavení pro výuku modulu ve ŠKODA Akademii	39
3.3.4	Koncept výukových materiálů.....	42
3.3.5	Průběh výukového modulu.....	43
4	Závěr.....	51
5	Použité zkratky a pojmy	53
6	Seznam použitých informačních zdrojů	56
7	Bibliografie.....	57
8	Seznam příloh.....	64

1 Úvod

Již několik dekád se pohybují v oblasti průmyslových technologií. Stejně jako IT prochází i průmysl obrovským vývojem. Na tuto situaci musí reagovat i školský systém. Je to také jeden z důvodů proč v současné době probíhá revize RVP pro všechny stupně našeho školství.

ŠKODA Auto a.s., Střední odborné učiliště strojírenské, odštěpný závod je součástí automobilky a je vnímáno jako jeden z leaderů v trendech výuky nových průmyslových technologií. Také proto byla škola oslovena NÚV [1], aby participovala na evaluaci stávajících a tvorbě nových RVP [2] při projektu Modernizace odborného vzdělávání (MOV) [3]. V současné době se soustředíme na obor 23-45-L/01 Mechanik seřizovač [4]. Součástí výuky tohoto oboru je i výuka průmyslové robotiky. Tato práce bude tedy i podkladem pro projekt MOV.

1.1 Cíl práce

Cílem práce je přiblížení problematiky průmyslových robotů s ohledem na možné použití informací pro teoretický základ výuky robotů na školách, dále obecné zmapování a analýza možností stavu výuky robotiky v našem školství a v poslední části vytvoření moderních výukových materiálů pro výukový modul – Průmyslové roboty: Řídicí systém FANUC - R-30iA (MQB) – OBSLUHA. Tento výukový modul bude teoreticko-praktický s konkrétní metodikou výuky, návrhy prostředků výuky a elektronickou příručkou (Příloha 1) s možností tisku ve formě pracovního sešitu. Sekundárním cílem je vytvoření tzv. „Rodného listu modulu“ pro projekt MOV, jenž bude sloužit jako podklad pro tvorbu ŠVP středního odborného vzdělávání. Cílové jsou následující obory:

Středoškolské vzdělání s výučním listem (H): 23-51-H/01 Strojní mechanik; 23-56-H/01 Obráběč kovů; 26-52-H/01 Elektromechanik pro zařízení a přístroje

Středoškolské vzdělání s maturitou (M/ L): 23-44-L/01 Mechanik strojů a zařízení; 23-45-L/01 Mechanik seřizovač; 26-41-L/01 Mechanik elektrotechnik

A další obory dle potřeb zaměstnavatelů v daném regionu.

2 Teoretická část

2.1 Průmyslové roboty – úvod do problematiky

2.1.1 Slovo robot

Slovo robot poradil svému bratrovi malíř Josef Čapek [5] jako název pro umělého pomocníka lidí. Na rozšíření pojmu se velkou měrou podílel i americký spisovatel Isaac Asimov, který v roce 1942 sepsal tři zákony robotiky [6]:

1. Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby bylo člověku ublíženo.
2. Robot musí uposlechnout příkazů člověka, kromě případů, kdy jsou tyto příkazy v rozporu s prvním zákonem.
3. Robot musí chránit sám sebe před poškozením, kromě případů, kdy je tato ochrana v rozporu s prvním, nebo druhým zákonem.

Většina sci-fi spisovatelů zpočátku pracovala s termínem pro humanoidního robota – android [7].

2.1.2 Definice robota

Asi nejjednodušší definice říká, že robot je technické zařízení, které podle programu vykonává určené úkoly [8]. Pomocí senzorů může vnímat své okolí a reagovat na ně.

Roboty můžeme rozdělit podle různých kritérií [9]:

A: dělení na stacionární a mobilní roboty. Stacionární roboty jsou vázány na jedno místo a mohou být ukotveny k podlaze, stěně či jiné konstrukci. Například svařovací, lakovací a aplikační roboty, ale i kuchyňský robot. Mobilním robotem je například automatický vozík, který po hale vozí materiál, ale i letadlo řízené autopilotem nebo v budoucnu autonomní silniční vozidlo.

B: dělení na průmyslové, chirurgické nebo asistenční roboty. Chirurgické roboty se používají pro náročné minimálně invazivní operace. Asistenční roboty jsou velkou příležitostí pro výrobce díky stárnoucí populaci. Mezi asistenční roboty se dá zařadit i domácí robotický vysavač.

C: speciální roboty. Zde myslíme například průzkumné roboty, které se používají v nebezpečných prostředích, např. zamořených jedy nebo radioaktivitou. Patří sem i sonda Opportunity na Marsu.

D: Softwaroví roboti mohou pomáhat i ve zcela odlišných oblastech, využívají je například banky při poskytování úvěrů, ale i škodit třeba tím, že rozesílají nevyžádané mailové zprávy nebo sbírají citlivé údaje.

Vzhledem k tak širokému portfoliu se budeme nadále specializovat na segment průmyslových robotů.

2.1.3 První průmyslový robot

V roce 1954 podal americký vynálezce George Devol přihlášku patentu na „přenášecí zařízení s programovatelnými klouby“. Jako obchodní název chtěl použít slovo „manipulátor“. Když o svém vynálezu hovořil s Josephem Engelbergem, náruživý čtenář Asimova řekl, že mu to připomíná robota. Tak vznikl první programovatelný průmyslový robot [10].



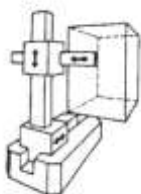
Robot UNIMATE (zdroj: robotics.org)

Robot nesl název UNIMATE a poprvé byl nasazen v roce 1959 ve slévárně firmy General Motors pro manipulaci s horkými odlitky. Již v roce 1961 pracovalo ve slévárnách asi 450 robotů UNIMATE, později se rozšířily i do svařoven. V roce 1966 zakoupila licenci na robota finská NOKIA. Japonská firma KAWASAKI získala licenci v roce 1969 [11].

2.1.4 Typy kinematiky průmyslových robotů

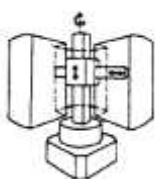
Kinematika průmyslového robota [9] je složena z tzv. kinematického řetězce. Ten tvoří určité množství os a to nejčastěji rotačních (R) či translačních (T).

Kartézská kinematika (TTT)



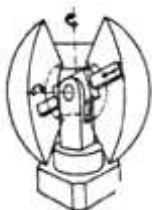
- Kartézský (pravoúhlý) souřadný systém se nejčastěji skládá ze třech translačních os.
- Typické použití portálového (kartézského) robota je automatizovaný sklad. Často je také součástí CNC obráběcího centra.

Cylindrická kinematika (RTT)



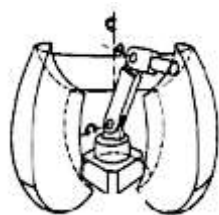
- Válcový (cylindrický) souřadný systém je složen nejčastěji z jedné rotační a dvou translačních os.
- Typicky pro manipulaci s kusy - lisy, zakladače, CNC stroje. Byl to také první robot v AZNP (ŠKODA Auto a.s.) – Versatran P500 v roce 1974.

Sférická kinematika (RRT)



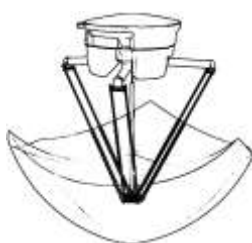
- polární souřadný systém v různých variantách jedné translační a dvou rotačních os.
- Nejčastěji roboty typu SCARA. Aplikací bývá „pick and place“ (zvedni a umísti). Například osazování desek plošných spojů.

Angulární kinematika (RRR)



- Specifický pracovní prostor, který je dán nejčastěji šesti rotačními osami. Programujeme pak zpravidla v kartézských souřadnicích či zadání úhlu jednotlivých os (kloubů).
- Nejrozšířenější kinematika robotů pro široké spektrum úloh. Například lakování, svařování, manipulace atd.

Paralelní kinematika



- Robot typu delta se konstruuje nejčastěji se třemi kloubovými rameny spojenými v koncovém efektoru. Ovládání je obdobné jako u angulární kinematiky.
- Jedná se o vysokorychlostní manipulaci s malými díly. Využití je v elektronice, potravinářství, farmaceutickém průmyslu i v chirurgii.

Další možnou opcí je umístění robota na otočný stůl. Zvláštní kinematiku potom představují lineární osy. Ty se mohou upevňovat na podlahu, na stěnu nebo strop. Samotná mechanická jednotka robota se potom připevňuje na pojezd takové osy. Tuto dodatečnou kinematiku lze přibrat do propočtu kinematiky mechanické jednotky a společně celek obsluhovat z obslužného panelu samotného robota. Výsledkem je potom robot na lineární ose, která rozšiřuje prostor dosažitelný robotem. Délky takových lineárních os mohou být i 25 metrů. Robot potom může být zakladačem například regálového skladového zásobníku při velkém sortimentu dílů.

2.1.5 Co umí průmyslový robot?

Průmyslový robot sám o sobě je z definice strojní součást [12]. Strojem se stává jednak doplněním o provozované technologie se specializovanými nástroji a dále doplněním o komponenty zabezpečující nutnou bezpečnost. Tomuto se říká integrace robota a firma, která takovouto činnost zastřešuje, se nazývá systémový integrátor.

Nástroje robota mohou být nesené, nebo stacionární. Jejich škála je téměř nepřeborná a stále se rozrůstá. Mezi masově používané nástroje, zvláště v automobilovém průmyslu, patří greifer, kleště na bodové svařování, lepička a svářecí hlavy nejrůznějších technologií.

Výrobce průmyslového robota často nezná přesně finální účel robota, a tak je robot vybaven standartními rozhraními, na která svojí činností navazuje systémový integrátor při kompletaci stroje.

Rameno robota je kinematický řetězec, který začíná a končí přírubami. První slouží k uchycení robota k pracovišti nebo k montáži na pojezd lineární osy a nazývá se patou robota. Druhá příruba, kterou robot v prostoru pohybuje, slouží k upevnění neseného nástroje. Dále bývá mechanická jednotka vybavena interně nesenou kabeláží, která má pokud možno co nejméně ovlivňovat pohyb robota. V závislosti na nesené technologii je někdy nutné i použití externí kabeláže.

Samotné rameno se může kromě druhu kinematického řetězce a počtu os (viz výše) ještě odlišovat podle aplikace. Pokud výrobce robota zná cílové nasazení, může provedení robota tomuto přizpůsobit. Lakovací roboty například pracují s kompletně kapotovaným ramenem, které je tlakováno vzduchem a funguje jako přetlaková kabina. Zamezit se tak má vniknutí výbušných par, vznikajících při rozprašování lakovacími tryskami, k elektrickým rozvodům mechanické jednotky. Roboty do sléváren mají speciální provedení ramene s žáruvzdornou úpravou. Pro potravinářský průmysl jsou převodovky robota plněny speciálními mazivy a podobně.

Řídící jednotka (Controller) robota plní funkci rozvaděče, obsahuje výkonovou elektroniku pro pohon motorů mechanické jednotky, počítač pro programování a počítání drah a v neposlední řadě i komunikační rozhraní pro používané průmyslové sběrnice. Komunikace probíhá nejen směrem „dolů“ k řízeným technologiím ale i stále častěji „nahoru“ k nadřazenému řízení, které koordinuje i zbývající část stroje či linky.

Výrobci robotů v závislosti na pokroku ve výkonové elektronice a celkové miniaturizaci nabízejí stále menší provedení Controllerů. Nabízejí se i možnosti sdružování mechanických jednotek pod jedno řízení a tím i společné programování několika takto sdružených ramen jedním ovladačem. Takovouto skupinu mechanických jednotek lze potom provozovat synchronně. Samozřejmostí je plná funkcionalita při propočtu kinematiky a dynamiky takových skupin.

Další výbavou robota, která není na první pohled zřejmá, je dodávaný software. Nejenom základní operační systém, ale i další rozšiřující opce. Zde je nutné konzultovat výrobce robotů a jejich prospekty při každém plánování robotového pracoviště [13]. Rychlost, se kterou vznikají nová softwarová řešení, je ohromující. Výrobci nabízejí nejen software pro integraci vlastního vybavení a funkcí, ale i možnost propojení s výrobky jiných renomovaných výrobců.

Mezi již tradiční opci lze zařadit různé verze softwarových PLC [14], běžících paralelně s produkčními programy ovládajícími pohyb robota. V posledních verzích splňují i parametry Safety PLC.

Pro nasazení ve svařování se potom nabízejí balíčky, které přebírají kompletní komunikaci a řízení se svařovacími zdroji. Umožňují programování svařovacích procesů z ovládacího panelu robota, jejich ladění, monitoring a troubleshooting svařovacích procesů [15]. Výhodou bývá i společné zálohování programů z jednoho místa.

Obdobné balíčky existují pro aplikace lepení [16].

Zajímavou možností je doplnit robota na pracovní přírubě senzorkou hlavou snímající síly a momenty vyvozované robotem na nástroj a tyto informace použít ve zpětné vazbě s řízením mechanické jednotky, takže robot reaguje v závislosti na vyvozovaných silách. Reakce robota je tak mnohem citlivější než bývalo dříve na základě měření motorových proudů [17].

Dalším rozšířením, které se dnes využívá stále častěji, jsou kamerové systémy. Použit se dají na detekci obrobků, jejich počítání či měření vzdáleností. Zvláštním případem jsou potom 3D systémy s několika kamerami, které zaznamenávají i prostorovou orientaci dílů a umožňují tak například vybírání dílů rozsypaných na hromadu [18].

Samostatnou kapitolou jsou potom průmyslové komunikační sítě, kterými je možné robota vybavit. Aktuální standardem je PROFINET, což je verze průmyslového ETHERNETU. Jelikož roboty jsou součástí vývoje od počátku průmyslových sítí, jsou samozřejmostí i ostatní sítě jako ETHERNET IP, PROFIBUS, INTERBUS, CAN, DeviceNet a spousta dalších [19]. Nežádá se možné potkat i jejich kombinace na jednom stroji. Na přání zákazníka lze přes SAFETY verze těchto průmyslových sítí řešit i bezpečnost robota a napojení jeho interního Safety PLC [20] do bezpečnostního konceptu linky.

S rozšířením průmyslových sítí a potřebou vše „zasítovat“ se rozšiřuje i zájem o monitoring stroje vzdáleným přístupem, využití takovýchto dat pro plánování pravidelných i nepravidelných údržeb.

Průmyslový robot jako smysluplné a ekonomické řešení nachází stále více a více aplikací.

2.1.6 Bezpečnost práce

Síla robota je obrovská. Některé roboty běžně manipulují s hmotnostmi okolo sta kilogramů (svařovací kleště nebo díly karoserie, které společně s pneumatickým přenášecím zařízením váží i více než sto kilogramů). Nejsilnější robot současnosti manipuluje s hmotností až 2000 Kg. Dalším faktorem je rychlost robota, která se pohybuje až do 10 metrů za sekundu. U robotů typu delta a SCARA je ještě vyšší. Kombinace velké síly a velké rychlosti představuje značné nebezpečí. Proto musí být robotová pracoviště zabezpečena proti vstupu lidí.

Toto zabezpečení je provedeno nejčastěji mechanicky, roboty pracují v odděleném prostoru. Vstupní dveře do robotové cely jsou chráněné elektronickým zámekem a nelze je otevřít bez zastavení všech strojů na pracovišti.

Části robotového pracoviště, kam obsluha musí vstupovat, jsou chráněny například roletou nebo světelnými závorami. Pokud dojde k narušení paprsku, pohyb v celém pracovním procesu se zastaví. Umístění ochranných prvků je dáno příslušnými bezpečnostními normami a vychází z Analýzy minimalizace rizik dle normy EN ISO 12100 [21].

Je samozřejmé, že všechny průmyslové roboty musí splňovat řadu evropských harmonizovaných norem (základem je ČSN EN ISO 10218-1 [22] [23]).

2.1.7 Kolaborativní roboty

Kolaborativní roboty [24] neboli spolupracující či kooperující roboty (Cobots/ Koboty) [25] jsou specifickou skupinou průmyslových robotů. Tyto roboty jsou navrženy pro přímou spolupráci s člověkem. Nemají ochranné oplocení a mohou přijít během svého chodu do přímého kontaktu s obsluhou. Spolupráce je možná díky odstranění rizika ohrožení života.



Spolupráce s robotem (zdroj: ŠKODA Auto a. s.)

Prakticky to znamená neustálé měření momentů jednotlivých kloubů a vypočítávání síly, kterou robot svými částmi působí navíc oproti normálnímu stavu. Pokud je některý z momentů překonán, znamená to, že robot narazil do překážky. Na takovou situaci reaguje robot naprogramovaným způsobem. Zastaví nebo mírně couvne a zkusí pohyb opakovat. Také rychlost pohybu je omezená, aby robot stihl zastavit na přijatelné vzdálenosti.

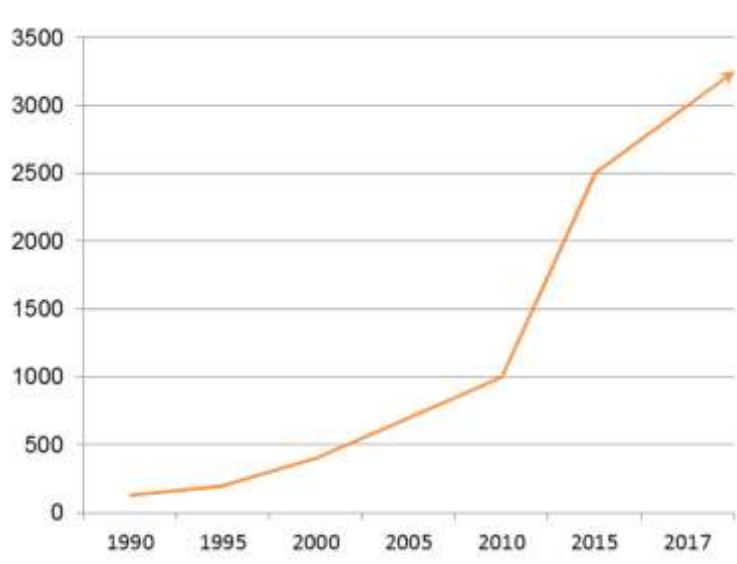
Musí také být dodrženy minimální plochy a poloměry všech částí procesu. To znamená nejenom robota, ale i nástroje. Pokud robot manipuluje s nějakou částí, musí být do analýzy rizik zahrnuta i tato součást.

U zařízení v provozu musí být periodicky kontrolovány biomechanické zátěže.

Díky zmíněným omezením je v současné době poměrně úzké spektrum aplikací pro jejich nasazení. Ale vzhledem k potenciálu této technologie můžeme očekávat prudký rozvoj a mnohem širší nasazení těchto robotů ve všech oblastech našeho pracovního i soukromého života.

2.2 Analýza stavu robotizace

Podle různých nezávislých analýz nastane prudký nárůst automatizace a robotizace. To bude mít jednoznačně dopad na trh práce. Například firma Deloitte, která sdružuje řadu odborníků v různých společnostech po celém světě, provedla v roce 2018 analýzu „Automatizace práce v ČR“ [26]. Výsledkem je, že v tuto chvíli se může automatizace týkat až 51 % pracovních míst a potenciál české ekonomiky do roku 2033 až 78 % pracovních míst. Dalším příkladem může být ŠKODA Auto a. s., kde na následujícím grafu je uveden nárůst průmyslových robotů od roku 1986 do roku 2018.



ŠKODA Auto a. s. - počet průmyslových robotů

(zdroj: ŠKODA Auto a. s.)

Neméně zajímavým se jeví průzkum společnosti PwC ČR, který probíhal mezi 141 manažery významných firem působících v roce 2018 na českém trhu [27]. Dle jejich názoru jsou nejdůležitější technologie pro nejbližší tři až pět let:

- Robotizace (42% – oslovených respondentů)
- Využívání datových cloudů (31%)
- Umělá inteligence (28%)
- IoT – Internet věcí (26%)
- Drony (6%)
- Blockchain (5%)

2.3 Požadavky zaměstnavatelů na znalosti nových pracovníků

Požadované kompetenční profily budoucích pracovníků se u firem dynamicky mění dle vývoje v daném segmentu průmyslu.

Důraz je kladen na praktické znalosti a dovednosti. Ideálním novým zaměstnancem je pro firmu člověk, který je po minimálním zapracování schopen plně plnit své pracovní úkoly [28]. V oblasti robotiky to znamená alespoň minimální teoretické znalosti:

- PLC (Programmable Logic Controller)
- Elektrotechnika
- Mechanika
- Kinematika
- BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci) robotických systémů

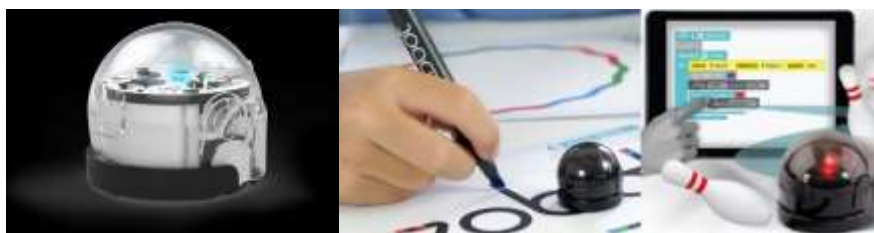
Dále praktické znalosti:

- Obsluha průmyslového robota daného výrobce, typu a SW verze
- Zastavení a rozběh průmyslového robota či automatizované robotické výrobní linky
- Základní znalosti programování a diagnostiky poruch

2.4 Výuka robotiky v českém vzdělávacím systému

2.4.1 Základní školy

Elementární prvky senzibilizace robotiky jsou již v současné době integrovány na úrovni druhého stupně základního školství. Řada základních škol zařadila do výuky (standardní výuka či zájmové kroužky) různé „robotické“ edukační systémy. Tyto didaktické pomůcky rozvíjí kreativitu a logické myšlení dětí. Podporují algoritmické myšlení poutavou formou. Programování těchto systémů je většinou pomocí intuitivního editoru, aby bylo zvládnutelné dětmi na základních školách [29].



Ozobot - didaktická pomůcka (zdroj: Ozobot s.r.o.)

Velice populárním je například český OZOBOT [30]. Jedná se o interaktivní vzdělávací pomůcku, která je vhodná pro žáky cirká od třetího ročníku ZŠ. Je dálkově ovládaný (Bluetooth) prostřednictvím chytrých zařízení, nebo jednoduchým zadáváním příkazů pomocí barevných kombinací zapsaných na papír. Barvy jsou rozpoznány senzory určenými pro rozeznávání nakreslených „ozokódů“ podle kterých robot reaguje. Programování je také možné pomocí aplikace, v intuitivním editoru mobilního telefonu, počítače, nebo tabletu. OZOBOT komunikuje prostřednictvím zvuků a barevných sekvencí sedmi LED diod. OZOBOTY mohou také vzájemně komunikovat a interagovat. Prostřednictvím „OzoChatu“ je možná přímá komunikace mezi dvěma Ozoboty Evo z celého světa. V blízkosti na sebe Ozoboti navzájem reagují díky integrovaným sensorům. Roboty lze koupit jednotlivě, nebo jako školní sadu. OZOBOT EVO školní sada – 18 ks (cca 50 000,- Kč) [31].

Výuka je postavena na konceptu STEM [32] dovedností což je druh filozofie polytechnického vzdělávání. Vznikl v USA v 90. letech dvacátého století pro označení vzdělávání v oborech přírodních věd (Science), techniky (Technology), technologií (Engineering) a matematiky (Mathematics). V rámci výuky se používají speciální vzdělávací pomůcky (například OZOBOTY). Výuka je rozvržena tak, aby se děti jednotlivým konceptům ve výuce věnovaly do hloubky a porozuměly tomu, jak fungují. Kromě toho se učí konzultovat svoje zjištění s pedagogem i spolužáky a učí se tak soft skills dovednostem.

Ve výuce na druhém stupni ZŠ se ve velké míře objevuje, jako výuková pomůcka, stavebnice LEGO. Konkrétně se jedná o LEGO Mindstorms 45544 EV3 – Základní souprava (9 899,- Kč) + LEGO Mindstorms 45560 – Rozšíření pro EV3 (2 879,- Kč) [33]. Základní a rozšiřující sada umožňují konstrukci šesti základních modelů podle 2D technické dokumentace. Vzhledem ke skoro 1400 dílkům, lze vytvořit širokou paletu vlastních modelů. Součástí stavebnice jsou také různé typy sensorů, gyroskop, pohony a inteligentní EV3 kostka (programovatelný počítač). Ovládání a programování se provádí pomocí aplikace v mobilním telefonu nebo tabletu (přes Bluetooth). Programování je prostřednictvím blokového programovacího jazyka (EV3 Programmer). Pro závěrečné ročníky ZŠ a střední školy, lze změnit programovací jazyk EV3 kostky na multiparadigmatický programovací jazyk C++.

Žáci uplatní stávající a získají nové kompetence z matematiky, fyziky, IT, konstruování, technické dokumentace, elektrotechniky a elektroniky. Dále pak schopnost řešení problémů, diagnostiku, změny v konstrukci a v neposlední řadě, manuální zručnost.



LEGO Mindstorms (zdroj: Alza)

2.4.2 Střední odborné vzdělávání

V segmentu středního odborného školství je detailnější seznámení s průmyslovými roboty nejčastěji implementováno do oborů poskytujících střední vzdělání s maturitní zkouškou.

Obory kategorie M a L [34]:

- 18 Informatické obory
- 23 Strojírenství a strojírenská výroba
- 26 Elektrotechnika, telekomunikační a výpočetní technika

V oborech vzdělání poskytujících střední vzdělání s výučním listem (obory kategorie H) se nejčastěji jedná o pouhou senzibilizaci v dané problematice [35].

Reálně je průmyslová robotika nejčastěji vyučována v rámci teoretické výuky ve formě frontální výuky [36]. Jako didaktické materiální prostředky výuky jsou voleny učebnice, příručky, videoprojekce či výukový model.



Výukový model průmyslového robota (zdroj: autor)

V mizivém procentu odborných škol je jako výukový technický prostředek reálný průmyslový robot. Většinou se jedná o vyřazený, zastaralý stroj z výrobního závodu (stáří cca 15. – 20. let) [37]. Další možností škol byla v minulých letech dotace EU na nákup nových technologií do výuky [38]. Některým školám se podařilo za tyto dotace nakoupit jednu až dvě výukové robotické buňky [39]. Je otázkou, zda lze docílit, aby žáci dosáhli výukových cílů a získali znalosti jak intelektuální, tak motorické, pokud je k dispozici pouze jeden až dva roboty pro výuku.

2.5 Východiska oborného vzdělávání v oblasti robotiky

Důležitá je realizace standardních výukových etap:

- Motivační etapa

Práce učitele i práce žáků.

Definice kdy bude motivace realizována.

Motivace žáků průběžně po celou dobu vyučovacího procesu.

Motivace vnější - učitel motivuje žáky.

Motivace vnitřní (žák se chce učit).

Motivace pozitivní (pochvala).

Motivace negativní (pokárání).

Motivace krátkodobá a dlouhodobá.

Využívání zájmů, koníčků, znalostí a zkušeností z občanského života žáků.

- Expoziční etapa

Utváření nových vědomostí a dovedností žáků.

Žáci zvládají nové učivo.

Dochází k předání informací a k získání nových poznatků.

- Fixační etapa

Upevňování a prohlubování učiva na požadovanou úroveň.

Rozvoji myšlení a tvořivosti na úrovni základního i rozšiřujícího učiva.

- Aplikační etapa

Použití upevněného učiva.

Aplikace učiva v nových situacích.

Propojení učiva z teorie a praxe

- Diagnostická etapa

Diagnostika výsledků učení.

Stanovení kritérií hodnocení.

Zkoušení žáků (prolíná se s fází fixační a aplikační - průběžné hodnocení).

- Hodnotící etapa

Hodnocení výsledků žáka.

Reflexe a sebereflexe.

Analýza dosažených výsledků.

Efektivní výuková strategie robotových technologií je z hlediska didaktiky propojení teoretické a praktické části vyučovacího procesu (90% učiva si zapamatujeme, pokud si ho prakticky vyzkoušíme) [40]. Proto je stávající výuka pouze v teoretické rovině již nedostačující (obsahově se většinou jedná o rozšířenou verzi uvedenou v kapitole 2.1 Průmyslové roboty –). To se ani vzdáleně nepřibližuje požadavkům zaměstnavatelů (viz kapitola 2.3 Požadavky zaměstnavatelů na znalosti nových pracovníků).

Jako učivo rozšiřující a doplňující lze následně využít:

- Exkurzi do výrobních firem
- Odbornou praxi žáků ve spolupracujících výrobních firmách

- Nákup průmyslových robotů a technologií do odborného výcviku školy
- Využití digitálních technologií (digitální dvojče, rozšířená a virtuální realita)

2.5.1 Exkurze do výrobních firem

Jedná se o standardizovanou organizační formu výuky, která se dá využít v rámci výukové jednotky a jako názorná pedagogická metoda, formou pozorování, doplní a rozšíří teoreticky nabyté znalosti. Můžeme dosahovat výukových cílů afektivních a kognitivních, nikoli však cílů psychomotorických [41]. Je tedy vhodná jako doplňková forma výuky v oblasti robotových technologií.

2.5.2 Odborná praxe žáků ve spolupracujících výrobních firmách

Odbornou praxi konají v souladu s rámcovým vzdělávacím programem žáci všech oborů a je součástí praktického vyučování či odborného výcviku na všech středních odborných školách i učilištích [42]. Nejčastěji jsou žáci na odborných praxích v závěrečném ročníku. Tedy ve čtvrtém (maturitní obory), nebo ve třetím (obory s výučním listem). Odborná praxe může být aplikována v některých oborech již od druhého ročníku. V rámci odborné praxe si žáci ověřují získané znalosti, teoretických vědomostí a praktických dovedností. Žáci tak aplikují znalosti na konkrétním pracovišti a získají celkový přehled o budoucím zaměstnání. Dochází tak k naplnění a propojení všech cílů výuky (afektivních, kognitivních i psychomotorických).

Některé kompetence nelze v rámci odborné praxe plně získat či prohloubit. A to z hlediska bezpečnosti práce (BOZP) nebo nutnosti nepřetržitého provozu výroby kde je kladen vysoký důraz i na minimální prostoje daných technologií. Takto jsou omezené možnosti i v oblasti výuky průmyslové robotiky.



Robotická výrobní linka (zdroj: ŠKODA Auto a. s.)

Základní kompetence jako je obsluha a základy programování průmyslových robotů je tedy nutné získat ještě před nástupem žáka na odbornou praxi.

2.5.3 Nákup průmyslových robotů a technologií do odborného výcviku školy

Výuka na reálných zařízeních se jeví jako nejefektivnější, ale zároveň ekonomicky mimo možnosti většiny škol.

Náklady reálného robotového pracoviště:

Největší překážkou výuky je zajištění technických výukových prostředků – reálných robotů.

Standardní průmyslový robot s řídicím systémem se pohybuje v cenové hladině okolo jednoho milionu korun [43]. Pro dosažení výukových cílů je třeba pro jednu UVS (učebně výrobní skupina – většinou 10 žáků), minimálně třech robotů.

K jednotlivým robotům je třeba zajistit technologii dle zaměření školy či potřeb zaměstnavatelů v daném regionu. Minimálně se jedná o některý z úchopových prvků (mechanický, elektrický, pneumatický). Zde se pohybujeme v cenové hladině od cca 10 000,- Kč až do řádů milionů Kč dle technologie ke každému robotu [43].

Vzhledem k tomu, že roboty ve většině případů pracují v provázaném prostředí s další technologií (například v robotové lince) je nutná i instalace průmyslové sítě (ceny se pohybují v řádech desítek až stovek tisíc Kč) [44].

Nedílnou součástí robotového pracoviště je i splnění řady bezpečnostních norem. Základem je „oplocenka“ s elektronickým zabezpečením vstupu (cena cca desítky tisíc Kč) [44].

Další častou součástí je nadřazený PLC systém pro řízení chodu linek i jednotlivých I/O - vstupy/ výstupy robota či připojených technologií (zde se opět pohybujeme v relacích stovek tisíc Kč). Další náklady se pojí s provozem celého pracoviště – běžná údržba, revize.

Vzhledem k prudkému vývoji v oblasti průmyslových technologií se dá říci, že jakýkoli systém v horizontu 7-10 let bude morálně zastaralý.

2.5.4 Využití digitálních technologií

Digitalizace nabízí řadu možností výuky. Od digitálních výukových materiálů, přes různé výukové SW a aplikace až po digitální dvojče reálných zařízení [45].

Interakce mezi žákem a digitální aplikací je možná:

- Standardní PC sestava (klávesnice, myš, monitor)
- Standardní PC sestava + reálné zařízení (např. virtuální robot a reálný dopravník)
- AR – Doplnění reálné technologie digitálním prvkem (reálný stroj doplněný virtuálním robotem – realizováno pomocí SW přes kameru tabletu či mobilního telefonu). Implementace digitálních prvků se děje v reálném čase. Výhodou je možnost doplnění aktuálních informací, které jsou umístěné v databázi, či online v prostředí internetu [46].
- VR – Kompletní virtuální prostředí (realizováno pomocí SW a headsetu). Virtuální realitu (dále jen VR) zastupuje v dnešní době řada různých technologií a liší se podle způsobu využití. Cílem je interaktivní digitální svět ve vysoce pokročilé simulaci prostředí. VR má praktické využití v lékařství (vzdálená léčba), návrhářství a designu, průmyslu, armádních technologiích a samozřejmě v zábavním průmyslu.

Vybudování specializovaného virtuálního pracoviště pro návrh a testování automobilů s řadou extrémně výkonných počítačů se pohybuje v řádech desítek

milionů korun. Takovéto pracoviště zabírá část budovy a k zajištění chodu potřebuje středně velký tým odborníků [47].

Pro potřeby výuky průmyslové robotiky a dalších odvětví plně postačuje v současnosti nejrozšířenější HMD zařízení, neboli virtuální brýle (VR headset). Jedná se o tzv. náhlavní soupravu, která obsahuje dva LCD displeje. Mezi okem a každým displejem se nachází optická čočka, za jejíž pomocí je vytvářen 3D stereoskopický obrazový vjem. Pro plynulý pohyb ve virtuálním prostředí je důležité mít na LCD displejích co nejvyšší počet snímků za sekundu (fps), minimálně 60 fps. Součástí headsetu jsou také senzory pro snímání pohybu hlavy, které umožňují reálný vjem virtuálního prostředí. Ke snímání pozice se používá gyroskop, akcelerometr nebo magnetometr. Součástí virtuální sestavy je dále snímání pohybu těla v definovaném prostoru a ovladače pro interakci s virtuálním prostředím. Cena takovéto sestavy je do 20 000,- Kč s DPH, čímž se stává finančně dostupnou pro široké spektrum uživatelů v různých odvětvích [48]. Tento typ virtuální reality se následně připojuje k PC. Výsledná kvalita virtuálního prostředí se odvíjí od kvality VR headsetu a výkonu připojeného PC (pro základní použití robotových simulačních systémů lze použít i kancelářské PC).

V současné době jsou lídry na trhu v oblasti spotřební elektroniky s HMD zařízeními produkty Oculus Rift [49] a HTC Vive [50].

Tyto technologie jsou pro školy finančně dostupnější než reálná technika, s minimálními náklady na provoz, údržbu i následný upgrade na novou verzi. Výhodou je, že globální výrobci technologií nabízejí akademické licence pro svůj SW za zlomek komerční ceny či zcela zdarma [51]. Dále je výuka pomocí moderní techniky pro žáky velice atraktivní a pomáhá ke splnění výukových cílů.

Přes všechna pozitiva je nutné zmínit i negativní stránku výuky pomocí digitálních technologií. Virtuální prostředí nevytváří „respekt“ z dané technologie - podcenění BOZP i rizik následně při práci na reálném zařízení [52].

Vzhledem k virtuálnímu prostředí není rovněž plně dosaženo psychomotorických cílů výuky [41].



Virtuální robotizované pracoviště (zdroj: ABB)

I v odvětví průmyslové robotiky nabízejí výrobci virtuální kopie svých technologií a to včetně řídicího systému (Controlleru). Tyto software jsou primárně určeny k tzv. off-line programování. SW umožňuje virtuální programování a optimalizaci průmyslového robota, navrhování a testování robotizovaných výrobních linek či buněk na počítači, bez zastavení produktivní výroby. Následně mohou být programy přeneseny do reálných robotů. V případě návrhu robotizované linky je dle odladěného virtuálního návrhu realizováno reálné pracoviště. Tím je maximalizována návratnost investic do robotizovaných technologií. Dále se na těchto systémech provádí školení obslužného personálu bez nutnosti zásahu do výrobního procesu a bez rizika poškození technologie.

Jako zástupce těchto programů je možné uvést jedny z nejrozšířenějších SW pro off-line programování, využívající technologie virtuálních robotů:

- **RobotStudio (ABB s.r.o.) [51]**

Průmyslový software pro simulaci a off-line programování, umožňuje programování robota na počítači bez nutnosti zastavení výroby. Uživatelské prostředí se blíží prostředí CAD/ CAM se specifickými prvky pro navrhování a programování robotových pracovišť. Databáze 3D objektů obsahuje knihovny všech průmyslových robotů ve výrobním portfoliu ABB, včetně jednotlivých verzí Controllerů (jak u robotů, tak u Controllerů se jedná o digitální klony reálných technologií). Další knihovny obsahují modely různých technologií pro montáž na efektor robota (greifer, elektrické chapadlo, pneumatická sada atd.). Nedílnou součástí databáze

jsou knihovny podpůrných technologií (dopravníky, PLC, stroje, komunikační rozhraní, podavače, přípravky, světelné či mechanické závory, aktivní bezpečnostní prvky atd.). Virtuální pracoviště je možné dále doplnit pasivními prvky, jako jsou oplocenky, technologické stoly, ale i virtuální obsluha.

Práce ve virtuálním prostředí je prostřednictvím standardní PC sestavy. S využitím výkonnějších PC roste kvalita rozlišení obrazu a zkracuje se doba pro výpočetní operace.

Jako opci lze připojit virtuální soupravu Oculus Rift, nebo HTC Vive. Tím dostává práce s Robotstudiem zcela nový rozměr. Volný pohyb ve virtuálním prostředí umožňuje precizovat rozvržení pracoviště, jednotlivé pozice a dráhy robotů atd., jako v reálném prostředí.

Díky přesné kopii opravdového softwaru (digitálnímu dvojčeti), umožňuje software Robotstudio velmi realistické simulace s využitím reálných robotických programů a konfiguračních souborů, identických s těmi, které jsou využívány ve výrobě.

Robotstudio tedy umožňuje:

- a) Základní obsluhu samostatného robota z portfolia ABB robotics.
- b) Off-line programování od jednotlivých robotů po komplexní robotizované linky
- c) Návrh a testování budoucích robotových pracovišť
- d) Testování, diagnostiku a optimalizaci programů stávajících robotových pracovišť
- e) Výuku robotiky ABB robotů
- f) Testování simulací ve virtuálním prostředí prostřednictvím headsetu.

Další funkce Robotstudia:

- a) Multimove – možnost řízení několika robotů jedním Controllerem.
- b) CAD Import – umožňuje importovat 3D objekty z CAD formátů do databáze Robotstudia např. IGES, STEP, VRML, VDAFS, ACIS a CATIA.
- c) AutoPath – použitím CAD modelu výrobku je možné automaticky generovat body pro dráhu robota.
- d) AutoReach – automaticky analyzuje pracovní dosah robota, následně přesune robot či výrobek na pozici, která je robotem dosažitelná. Tedy ověřuje a optimalizuje rozložení výrobní buňky.

- e) Path Optimization – detekuje pohyby robota blízko singulární pozice a navrhuje optimalizaci pohybů robota.
- f) Collision Detection – automaticky sleduje a indikuje kolizi vybraných objektů při běhu robotového programu.
- g) Virtual FlexPendant – grafické zobrazení reálného ovladače (digitální dvojče). Jedná se nástroj pro kontrolu výsledného programu tak, jak ho uvidí obsluha nebo pro výukové účely.
- h) True Upload and Download – kompletní program může být přenesen do reálného Controlleru bez jakékoliv úpravy.
- i) EventManager – možnost simulovat akce, které se provedou, pokud dojde k určité události.
- j) Microsoft Visual Studio Tools for Applications (VSTA) – dává možnost vytvořit makra či funkce v jazyce C# nebo Visual Basic, které lze spouštět při simulaci událostí.
- k) ScreenRecorder – umožňuje udělat video záznam své práce, buď pro celé grafické rozhraní, nebo pouze pro grafický prohlížeč. Vhodné pro demonstrace a školení.
- l) VirtualTime – kvalifikovaný odhad skutečné doby cyklu programu robota včetně logických instrukcí.
- m) AutoConfiguration – automaticky určí optimální konfiguraci robota pro celou dráhu jedním kliknutím myši.

Cena jedné licence tohoto SW je cca 50 000,- Kč. Pro školy ABB s.r.o. nabízí 100 licencí zdarma na dobu jednoho kalendářního roku. Škola musí potvrdit čestné prohlášení o využití SW Robotstudio pro školní účely, nikoliv pro účely komerční. Dále ABB s.r.o. nabízí v rámci programu pro střední a vysoké školy spolupráci a podporu v oblasti výuky tzv. robotické školicí buňky. Školicí set tvoří průmyslový malý šestiosý robot s Controllerem. Robot má nosnost max. 3 kg, maximální dosah 580 mm a opakovatelnou přesnost 0,01 mm. K efektoru robota je možné připojit další senzory a periferie komunikující pomocí digitálních signálů. V souladu s platnými normami celé pracoviště obsahuje veškeré potřebné bezpečnostní prvky, které zabraňují kontaktu obsluhy s nebezpečnými částmi stroje. Pracoviště je možné

konfigurovat s dalšími prvky automatizace (dopravníkové pásy, chapadla, magnetické či pneumatické prvky, kompresor, kamerový systém a další). Vzhledem k širokému spektru možností konfigurace školního setu se cena zásadně liší podle zvolených opcí. Obecně se dá říci, že školící set o střední vybavenosti se pohybuje okolo 400 000,- Kč.



Robotická školící buňka (zdroj: ABB)

- **Roboguide (FANUC) [53]**

Opět se jedná o průmyslový software pro simulaci a off-line programování jako u ABB Robotstudia, jenž cílí na průmyslové roboty FANUC. V obecné rovině se dá říci, že Roboguide nabízí stejné možnosti jako Robotstudio. Odlišnosti lze nalézt ve specifických funkcích. Namátkou lze uvést několik příkladů specifik SW Roboguide:

- a) Chamfering PRO – automatické vytváření a simulace programů pro odstraňování otřepů.
- b) Paint PRO – zjednodušení učení robotických cest a vývoje lakovacího procesu.
- c) CABLE – simulace připojení kabelů k robotům nebo periferním zařízením.
- d) SPRAY – vizualizace sprejování krytů na dílech.

Jedná se tedy o rozdíly v úzce specializovaných funkcích v uvedených SW. Pro výukové účely jsou tyto rozdíly nepodstatné.

Devizou SW Roboguide jsou velice nízké nároky na HW počítače. Roboguide lze spustit na běžném kancelářském PC či notebooku. Nevýhodou (v současné době) je horší grafické zpracování a nemožnost připojení VR headsetu.

Další informace o robotickém řešení FANUC pro školy a univerzity jsou uvedeny v kapitole 3.1.4 Doporučená varianta.

3 Praktická část

3.1 Návrh řešení výuky průmyslové robotiky

3.1.1 Teoretická a praktická výuka

V rámci teoretické výuky je vhodné žáky seznamovat s obecnými principy v oblasti robotiky a robotických systémů:

- Definice robota a historie robotiky.
- Typologie průmyslových robotů.
- Kinematika a dynamika.
- Čidla a pohony robotů.
- Obecné metody řízení průmyslových robotů.
- Možnosti nasazení robotů ve výrobním i nevýrobní sektoru.

S robotikou souvisí mnoho dalších témat, a proto je důležité nezapomínat na mezipředmětové vztahy [54]. Namátkou lze uvést:

- Matematika (výpočty přímky a kružnice – lineární a cirkulární pohyb robota).
- Fyzika (kinematika těles – dynamika a kinematika ramene robota).
- PLC (programovatelný automat – řízení I/O robota i celé robotové linky).
- Základy elektro (základy elektrického měření – diagnostika robota).
- IT (počítačová gramotnost – připojení robota do sítě a jeho programování).

Praktický výukový modul [40] v rámci odborného výcviku cílí na získání praktických dovedností s danou robotovou technologií. A to v souladu jak s výukovými cíli, tak se základními požadavky na kompetence budoucích zaměstnavatelů. V krátkosti se dá říci, že žák ovládá robota v ručních režimech, umí pracovat se vztažnými body robota (souřadné systémy, TCP) a spustit robota v automatickém chodu.

Teoretická výuka by měla předcházet praktickému modulu pro snadnější pochopení probíraných témat v praktické části [55].

3.1.2 Prostředky výuky praktického modulu

Prostředky pro výuku byly popsány v kapitole: 2.5 Východiska odborného vzdělávání v oblasti robotiky. V rámci finančních možností a udržitelného rozvoje škol jsou v následujících kapitolách uvedeny dvě možnosti realizace učebny, laboratoře či pracoviště odborného výcviku robotiky. Obě varianty jsou vhodným prostředkem pro moderní a efektivní výuku robotových technologií [41].

3.1.3 Minimalistická varianta

Cílem je získání základních kompetencí v oblasti obsluhy a programování průmyslových robotů ABB.

Tato varianta počítá s minimálními náklady na pořízení výukových prostředků na výuku průmyslové robotiky s uspokojivým dosažením cílů výuky. Také zde plně využijeme potenciál nových technologií a digitalizace ve výuce.

Výuka skupiny 10 žáků s následujícím SW a HW vybavením:

- 8 standardních PC
(kancelářský PC – cca à 15 000,- Kč s DPH)
- 2 výkonné PC
(PC pro VR – cca à 20 000,- Kč s DPH)
- 2 VR headsety
(HTC Vive – cca à 15 000,- Kč s DPH)
- 100 licencí ABB Robotstudio
(off-line programování virtuálního robota – 0,- Kč pro školy [51])

Toto vybavení lze využívat ve standardní učebně či laboratoři školy.

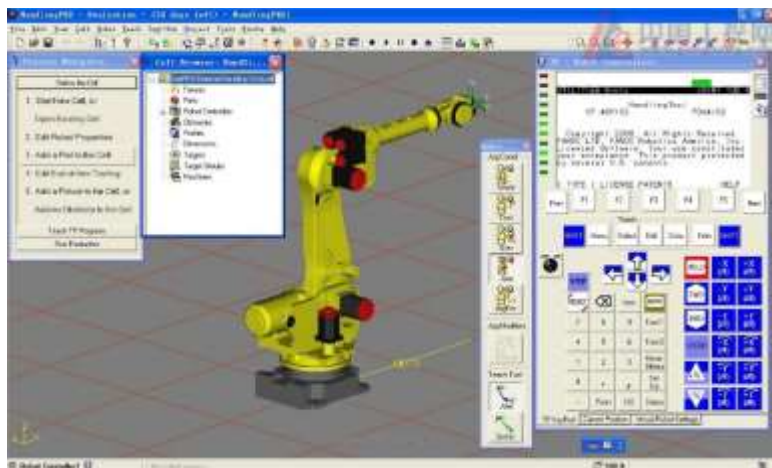
Výuka je na předem připravených virtuálních pracovištích a to od základní obsluhy a programování přes diagnostiku až po návrhy robotizovaných pracovišť a jejich optimalizaci.

Běžná výuka probíhá na PC s monitorem a testování v 3D prostředí je prováděno připojením VR headsetu. Výhody (i nevýhody) tohoto výukového modelu jsou popsány v předchozí kapitole (2.5.4 Využití digitálních technologií).

3.1.4 Doporučená varianta

Jako optimální se jeví kombinace nákupu průmyslových robotů a technologií s využitím digitálních technologií [56].

Základem je opět 10 standardních PC (kancelářský PC – cca à 15 000,- Kč s DPH) pro SW Roboguide – simulátor robotu, který simuluje pohyb samotného robotu i aplikační příkazy.



Roboguide (zdroj: FANUC Czech)

Největším finančním nákladem je samozřejmě reálný průmyslový robot se základní technologií. Samotní výrobci průmyslových robotů mají zájem o kvalifikovaný personál, který bude pracovat s jejich technikou, proto nabízí za „zlomek ceny“ tzv. výukové balíčky. Ty většinou obsahují průmyslového robota (s malou nosností), základní příslušenství, školení a výukové materiály. Většina výrobců tato výuková robotizovaná pracoviště nabízí s nulovou marží či dokonce za dumpingové ceny.

Příkladem tentokrát může být nabídka FANUC, divize roboty, která přímo nabízí robotické řešení pro školy [57]. Jedná se o varianty Academic package 1 až 4 dle vybavenosti pracoviště a potřeb školy.

Servis a údržba je také v jiných cenových relacích než u firemních zákazníků.



Academic package FANUC (zdroj: FANUC Czech)

Academic package 1

Robot:

- FANUC LR-Mate 200iD/4S – robot se 6 osami – zatížení: 4 kg – dosah: 550 mm.

Obsah balení:

- řídicí jednotka 30iB Compact Mate.
- software LR Handling Tool.
- ovladač pro manipulaci s materiálem iPendant s dotykovou obrazovkou.
- standardně 20 digitálních vstupů / 20 digitálních výstupů.
- 7m propojovací kabel robot – řídicí jednotka.

Balíček se vzdělávacím softwarem:

- detekce kolizí, kontrola polohy DCS / rychlosti, připojení DCS Safe I/O, optimalizace pohybu, konstantní dráha, změna programu, multitasking, rozhraní FTP, monitor podmínek, vysokorychlostní skoková funkce.

Školení pro vyučující:

- vše, co vyučující potřebují znát, aby mohli učit studenty ovládat roboty.

Simulační počítačový software pro studenty:

- 20 licencí k simulačnímu softwaru ROBOGUIDE.

Cena cca 320 000,- Kč

Academic Package 2

- Academic Package 1 + integrované vidění FANUC 2D.

Cena cca 373 000,- Kč

Academic Package 3

- Academic Package 1 + rám robota z lehkých hliníkových slitin.

Cena cca 373 000,- Kč

Academic Package 4

- Academic Package 1 + integrované vidění FANUC 2D, rám robota z lehkých hliníkových slitin, elektrický úchopový prvek Schunk.

Cena cca 399 000,- Kč

Z výše uvedených variant lze doporučit Academic Package 4. Jedná se o komplexně připravené pracoviště pro výuku od základů průmyslové robotiky po středně složité aplikace.

Pracoviště se skládá z robotové buňky a deseti PC pracovišť se SW Roboguide. V SW Roboguide je předinstalované „digitální dvojče“ robotové buňky. Prostřednictvím PC lze

tedy obsluhovat nebo programovat daného virtuálního robota a následně přenést program do reálného robota a provést testování. Tím dosahujeme výukových cílů afektivních, kognitivních i psychomotorických. Zároveň dochází ke značnému přiblížení výuky k požadavkům zaměstnavatelů na kompetence budoucích zaměstnanců.

Roboguide zároveň umožňuje časově omezené zapůjčení licenčního klíče s automatickou expirací a návratem klíče na licenční server. To je vhodné například pro domácí přípravu žáků (školní projekty, maturitní práce, úlohy..).

Financování takového projektu ze standardního rozpočtu školy je pro většinu pedagogických zařízení nereálné. Proto je účelné využívat vícezdrojové financování (od zřizovatele, základní dotace ze státního rozpočtu, prostředky z projektů Evropské unie aj.). Je tedy nutné sledovat výzvy, programy, projekty a EU dotační programy vyhlášené MŠMT. Například Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání, v jehož rámci je možné v programovém období 2014 - 2020 čerpat finanční prostředky z Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF).

3.2 Návrh výukového modulu – spolupráce s NÚV

V současnosti probíhá projekt pod záštitou NÚV – Projekt Modernizace odborného vzdělávání (MOV) [58]. Tento projekt se věnuje v rámci klíčové aktivity 5 rozšiřování a zefektivnění odborného výcviku a odborné praxe ve spolupráci se zaměstnavateli. Cílem je dosáhnout užšího propojení škol s jejich sociálními partnery ve všech fázích spolupráce – při plánování praktického vyučování, při jeho samotné realizaci i během procesů postupného zvyšování kvality. V rámci tohoto projektu byla oslovena naše škola (ŠKODA AUTO a.s., Střední odborné učiliště strojírenské, odštěpný závod) s požadavkem na přípravu modulu výuky průmyslové robotiky pro oblast středního odborného vzdělávání s ohledem na kompetenční požadavky zaměstnavatelů [59].

Návrh modulu je součástí této práce (Příloha 4) a vychází z předchozích kapitol. Odborná náplň byla konzultována s českým zastoupením výrobce průmyslových robotů FANUC a odbornými výrobními útvary využívajícími tyto technologie (údržby svařoven ŠKODA Auto a.s.).

Tento výukový modul byl na začátku roku 2019 schválen do projektu MOV a bude zaveden do informačního systému NÚV (IS NÚV) pro využití ve výuce středního odborného vzdělávání a modernizaci RVP.

Modul je postaven obecně pro získání kompetencí obsluhy a základů programování průmyslových robotů FANUC se zohledněním požadavků zaměstnavatelů.

Z tohoto modulu následně vychází i výukový materiál, jenž je součástí této práce (Příloha 1). Tento výukový materiál je specificky zaměřen na prostředí a standardy Škoda Auto a.s.. Demonstruje tak možnost vytvoření specializované výuky se zohledněním potřeb zaměstnavatele v mantinelech obecného výukového modulu.

Obecný popis modulu: 1-04-101 Obsluha řídicího systému R-30iA u PR FANUC

Modul je určen pro kategorii středního odborného vzdělávání ve skupině oborů – 23 Strojírenství a strojírenská výroba, eventuálně skupina – 26 Elektrotechnika, telekomunikační a výpočetní technika. Kategorie dosaženého vzdělání – H, L, M.

Vstupním předpokladem pro úspěšné absolvování výukového modulu je základní strojírenský přehled a samozřejmě počítačová gramotnost na uživatelské úrovni. Proto je doporučeno zařazení modulu do třetího ročníku studia.

Modul je koncipován jako teoreticko-praktický [41] s důrazem na praktickou část (přibližně 25% teorie, 75% praxe). Časová dotace je stanovena na 16 hodin.

Očekávaným výsledkem výuky je, že žák za dodržování BOZP na robotizovaném pracovišti obsluhuje průmyslového robota FANUC.

Obsah vzdělávání v daném modulu:

- Bezpečnost práce na robotizovaných pracovištích
- Obsluha a ovládání Teach Pendantu (ovládací panel)
- Ruční pojíždění s robotem
- Nástroj a nulové body
- Zpracování programů, provozní režimy
- Úprava programů
- Podprogramy

- Základní SPS funkce
- Režim „Externí Automatika“
- Závěrečné ověření znalostí

V rámci cílů učení je modul postaven na Bloomově taxonomii cílů [36].

- Kognitivní cíle:
Vědomosti a poznatky z oblasti průmyslové robotiky a jejich aplikace.
- Afektivní cíle:
Respekt k robotovým technologiím, odstranění strachu z těchto technologií, motivace k zájmu o automatizaci.
- Psychomotorické:
Schopnosti a dovednosti ovládat robotové technologie (například ruční navádění robota do svařovacího bodu).

Prostředky výuky jsou stanoveny podle možností školy (reálné roboty, nebo minimálně SW Roboguide), jak je uvedeno v předchozích kapitolách (3.1 Návrh řešení výuky průmyslové robotiky).

Způsob ověřování dosažených výsledků učení žáků a kritéria hodnocení jsou řešena ústním zkoušením, tedy prověřením odborných znalostí z oblasti jednotlivých okruhů probírané látky. Dále celkovou aktivitou žáka v průběhu výuky. Stěžejním je však praktické testování získaných kompetencí a BOZP (příklad je uveden v následujících kapitolách).

3.3 Realizace výukového modulu

3.3.1 Předpoklady pro absolvování modulu

Návrh efektivní výukové strategie pro střední odborné vzdělávání v oblasti průmyslové robotiky je tedy kombinace teoretické a praktické výuky. Jedná se o koncept výukového modulu v rozsahu 16 hodin. Je koncipován tak, aby žák mohl propojovat a aplikovat své znalosti z různých předmětů (mezipředmětové vztahy) [54]. Proto je tento modul zařazen do výuky až ve třetím ročníku studia.

Předpokladem jsou elementární znalosti v oblasti kinematiky strojů, mechaniky, průmyslových sítí, PLC systémů a logiky programování.

Výukový modul s dotací 16 výukových hodin je velice intenzivní, ale pro získání základních praktických kompetencí postačující. Na tento modul mohou navazovat další výukové moduly, dle potřeb, zaměření daného oboru a specifikaci v profilu absolventa. Navazovat mohou další specializované moduly:

- Programování průmyslových robotů
- Elektronika a elektrotechnika průmyslových robotů
- Diagnostika průmyslových robotů
- Výrobní linky s průmyslovými roboty (průmyslové sítě, standardy, komunikace atd.)

3.3.2 Základní cíle modulu

Žák získá základní kompetence v oblasti průmyslové robotiky [60]:

- BOZP
- Zapnutí a vypnutí robota
- Ruční pojiždění robotem
- Práce s nástrojem a souřadnými systémy robota
- Základy programování a korekcí programu
- Chod robota v automatickém režimu
- Samostatná práce a řešení problému

Tím je žák v základu připraven na další rozvoj v rámci odborné praxe (viz. 2.5.2 Odborná praxe žáků ve spolupracujících výrobních firmách), nebo na výše uvedené rozšiřující moduly. Při odborné praxi žák získá speciální kompetence dle zaměření studovaného oboru (elektro, mechanika, diagnostika, opravy atd.) a trénink v reálném (budoucím pracovním) prostředí.

3.3.3 Základní vybavení pro výuku modulu ve ŠKODA Akademii

Příprava i vlastní výuka je primárně po obsahové stránce koncipována tak, aby žáky připravila na následnou odbornou praxi, která je realizována na pracovištích spolupracující firmy. Sekundární cíl je příprava absolventa pro nástup do zaměstnání a minimalizace času potřebného pro zapracování na dané pracovní pozici, či další profesní rozvoj.

V našem případě se jedná o pracoviště dle VW standardu svařoven, pro roboty FANUC s následující základní specifikací:

- Řídicí systémy FANUC – R30iA (modifikace MQB)
- Mechanické jednotky R2000iB
- Průmyslová síť Profinet (pro tento modul není podstatné)
- PLC Simatic (pro tento modul není podstatné)
- Technologie bodového svařování (pro tento modul není podstatné)



FANUC R2000iB (zdroj: FANUC Czech)

Výuka modulu je realizována ve variantě SW Roboguide a reálný robot (viz. 3.1.4 Doporučená varianta). Vzhledem ke specifiku HW a SW konfigurace robotizovaných pracovišť ve ŠKODA Auto a.s. musí být standardní robot FANUC LR-Mate 200iD/4S a Controller R-30iB z Academic package, nahrazen mechanikou FANUC M-20iA (malá verze R2000iB) a Controllerem R-30iA – obojí v konfiguraci VW standardu verze MQB. Dále musí být do SW Roboguide doinstalován ovladač VirtualController V7.63 MQB, který umožní vytvoření digitálního dvojčete výše uvedené SW a HW konfigurace robota a Controlleru (standardní konfigurace jsou součástí SW Roboguide).

Stávající robotové výukové pracoviště ve ŠKODA Akademii je tedy v následující konfiguraci:

- 10 žákovských PC s nainstalovaným SW Roboguide
+ VirtualController V7.63 MQB

Připravená virtuální robotická pracoviště s digitálními dvojčaty robotů a technologií ze svařoven Škoda Auto a.s. a výukového robota FANUC M-20iA.

- 2 průmyslové robotové buňky:

Robot – FANUC M-20iA

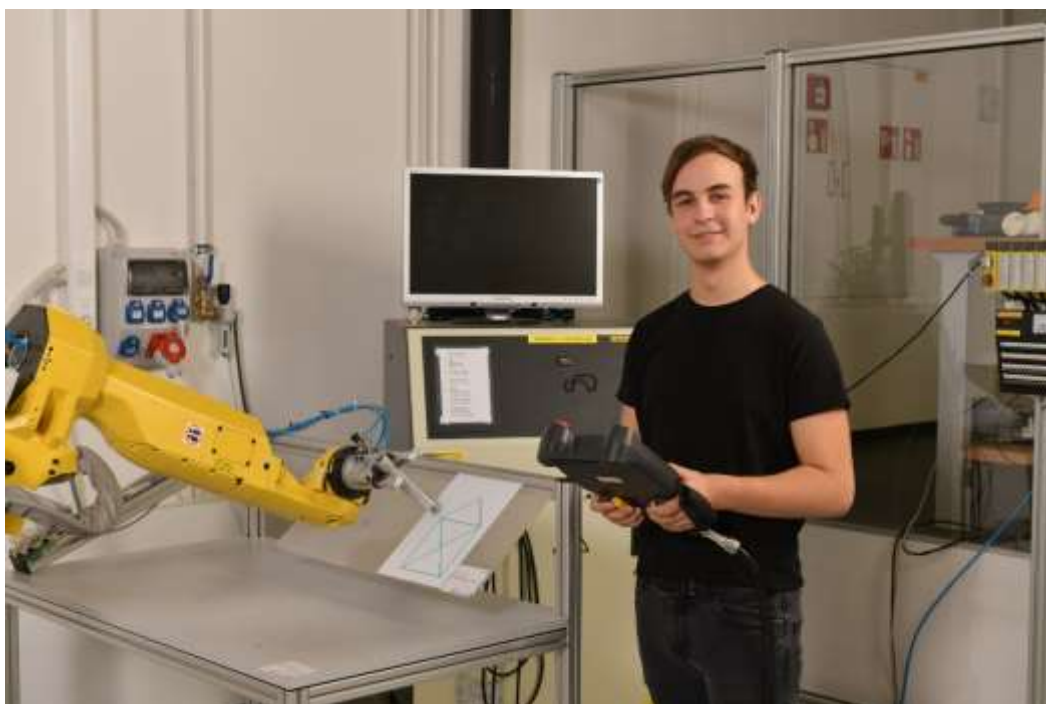
PLC – Simatic

Průmyslová síť – Profinet

Vybavení pro praktické úlohy a testování

Běžné dílenské nářadí

- Učebna s dataprojektorem pro prezentaci výukových materiálů (kapacita 10 žáků)
- Tisknuté výukové materiály s možností záznamu poznámek (viz Příloha 1)



Laboratoř robotiky - ŠKODA Akademie (zdroj: Škoda Auto a.s.)



Laboratoř robotiky - ŠKODA Akademie (zdroj: Škoda Auto a.s.)

3.3.4 Koncept výukových materiálů

S ohledem na potřeby budoucího zaměstnavatele (Škoda Auto a.s.) [61] jsou výukové materiály koncipovány v souladu s VW standardem pro robotizovaná pracoviště napříč VW koncernem. Základním zdrojem pro tvorbu těchto materiálů jsou veřejné i interní materiály FANUC [13] a VW [62] (se svolením obou subjektů). Pro ilustraci se jedná o objem cirká 10 GB dat. Tyto zdroje, vzhledem k svému rozsahu (částečnému utajení), terminologii a jazyku (v češtině, angličtině, němčině), nejsou vhodné jako edukační materiál.

Obsah výukového materiálu je koncipován tak, aby naplnil očekávané výsledky učení [40], jež jsou specifikovány vzdělávacím modulem 1-04-101 Obsluha řídicího systému R-30iA u PR FANUC, definovaném v kapitole 3.3 Návrh výukového modulu. Ve výukových materiálech je kladen důraz na praktické využití, to znamená postupy a jednotlivé kroky při obsluze a programování robotizovaného pracoviště. Vzhledem k praktičnosti, rychlé orientaci a názornosti je v materiálech maximální podíl obrázků, náčrtků a symbolů s minimem textu. Zároveň je ponechán prostor pro vlastní poznámky žáků. V souladu s pedagogickými principy [55] je postupováno od jednoduchého ke složitému – od základní obsluhy mechaniky robota až po řízení celého robotového pracoviště. Příručka je

koncipována tak aby výuka mohla probíhat v souladu s didaktickými principy [63], prostřednictvím jednotlivých vyučovacích metod:

- a) Slovní vyučovací metody (výklad s multimediální podporou)
- b) Názorně demonstrační metoda (demonstrace/ instruktáž)
- c) Fixační a aplikační metody (procvičování demonstrovaného tématu s individuálním přístupem pedagoga)
- d) Aktivizující metody (inscenační/ problémové – vyhledání závad a jejich odstranění)

U každého tématu je ponechána časová rezerva pro individuální přístup k žákům a možnost rozšíření základního učiva o učivo rozšiřující eventuálně doplňující.

V závěrečné fázi výukového modulu slouží výukový materiál jako podpora pro splnění závěrečného ověření znalostí.

Příručka je průběžně aktualizována podle potřeb vyučujícího, zpětné vazby žáků, případně potřeb zaměstnavatele (aktualizace VW standardu).

3.3.5 Průběh výukového modulu

Výuka robotiky na naší škole probíhá již několik let. Výuku pro naši školu zajišťoval v rámci synergií, náš partnerský útvar – Vzdělávání dospělých. S nárůstem robotizace ve Škoda Auto a.s. vznikl požadavek zaměstnavatele na rozšíření výuky robotiky v širším spektru oborů vzdělávání naší školy. Z těchto důvodů byla výuka robotiky našich žáků převzata v roce 2017 našimi pedagogy a postupně je tato problematika integrována do kurikula jednotlivých oborů vzdělávání. V roce 2018 se naše škola připojila k projektu modernizace odborného vzdělávání (viz kapitola 3.2 Návrh výukového modulu – spolupráce s NÚV). Tím vznikl první standardizovaný výukový modul 1-04-101 Obsluha řídicího systému R-30iA u PR FANUC, podle kterého již v letošním školním roce probíhá výuka. Základní cílové kompetence tohoto výukového modulu jsou následující: Žák umí spustit robotový program v automatickém režimu, následně program zastavit v požadovaném bodu, provést úpravu programovaného bodu v ručním režimu robota a následně vrátit robota do automatického provozu.

Výuka probíhá dle základních didaktických zásad [64]:

- Vyučovací bloky na sebe logicky navazují.
- Je zohledněn věk žáků při výběru metod, obsahu a forem výuky
- Je kladen důraz na názornost výuky.
- Učivo je několikrát opakováno, aby došlo k trvalému zapamatování.
- Je zdůrazněno, že probírané učivo žák použije v reálném životě nebo dalších studiích.
- Žák je motivován, aby byl „probuzen“ jeho vnitřní zájem o problematiku.
- Výuka probíhá v pozitivní atmosféře.
- Jednota v požadavcích i přístupech (žáků, učitelů, rodičů).
- Zpětná vazba žáků v průběhu modulu i na jeho závěr. Pedagog tím získá informace o postupu žáka k vytyčenému cíli, jaká je kvalita výuky a její výsledky.
- Individuální přístup ke každému žákovi.
- V rámci výuky jsou rozvíjeny všechny základní komponenty osobnosti žáka.
- Výukový modul je aktualizován jak v odborně, tak v oblasti pedagogiky.

Dále je výukový modul zpracován v souladu s vyučovacími metodami (z hlediska průběhu vyučovacího procesu):

Motivační etapy

Motivace je jedním ze základních didaktických prostředků ke zvyšování efektivity učební činnosti žáků.

Žáci jsou motivováni úvodním slovem a videoukázkou z YouTube - Fanuc - Robot Ride [65], následuje brainstorming na téma „Co je, dle Vašeho názoru ve videoukázce špatně“ (Motivace vnější - učitel motivuje žáky, zaujetí tematikou, praktické ukázky, motivace cílovými kompetencemi). Dále jsou prezentovány ukázky robotizovaných pracovišť Škoda Auto a.s. a možnosti pracovního uplatnění na těchto pracovištích (Motivace vnitřní - žák se chce učit, vize atraktivního zaměstnání, práce s reálnými technologiemi, škola hrou).

Následně je definován a demonstrován cíl výukového modulu na reálném průmyslovém robotu – spuštění robota v automatickém režimu, zastavení v pracovním bodu, provedení úpravy daného bodu a opětovné spuštění automatického chodu.

Motivační etapa se v menší míře opakuje u každého z probíraných témat. S vazbou na danou problematiku se implementují její další typy:

- Motivace pozitivní – pochvala
Pochvala pedagogem za splnění úkolu, aktivitu, sdílení znalostí se slabšími žáky
- Motivace negativní – pokárání
Porušení řádu učiliště (nepozornost, porušení BOZP, pasivita)
Pokárání se nesmí aplikovat při nepochopení (nezvládnutí) probírané látky
- Motivace krátkodobá a dlouhodobá
Viz předchozí body.

Expoziční etapy

V rámci výuky v expoziční etapě probíhá pro každé téma základní výklad s podporou prezentační techniky a simulačního SW Roboguide na předpřipraveném virtuálním robotu. Následně je téma demonstrováno na reálném robotizovaném pracovišti formou instruktáže.

Instruktáž je jako názorně-demonstrační metoda ideální forma výuky v rámci získávání či prohlubování odborných kompetencí. Zprostředkovává žákům učivo k osvojování pohybových, pracovních, technických i sociálních dovedností. Žákům jsou slovním popisem zprostředkovány činnosti a postup činností jednotlivých témat, rozfázovaný na jednotlivé kroky. Následně je činnost demonstrována a komentována pedagogem.

Instruktáž provádí pedagog dle pokynů žáků - prvky metody integrovaného učení „Převrácená třída“. Dochází tím nejen k vlastní instruktáži, ale i k zopakování, doplnění a kontrole pochopení učiva žáky.

Instruktáž je tedy komplexní metoda, v níž je použito několik klasických výukových metod, zpravidla metoda vysvětlování, metoda demonstrace a metoda popisu. Proto ji nezařazuje do systému samostatných vyučovacích metod.

Souhrn jednotlivých výukových témat s odkazy na jednotlivé strany učebních textů (viz Příloha 1):

- 1. Bezpečnost práce (od str. 5)
- 2. Zapnutí/vypnutí řízení (od str. 9)
- 3. I-Pendant – ruční programovací přístroj (od str. 11)

- 4. Ruční pojiždění robotem (od str. 18)
- 5. Zaměření nástroje (od str. 25)
- 6. Zaměření souřadného systému (od str. 30)
- 7. Program – výchozí obrazovka (od str. 33)
- 8. Program – navolení a projíždění v provozech T1/ T2 (od str. 37)
- 9. Programování – Pohybové instrukce (od str. 43)
- 10. Programování – Korektury (od str. 50)
- 11. Programování – Logické instrukce (SPS) (od str. 54)
- 12. Externí automatika (od str. 62)
- 13. Praktické testování
- 14. Závěrečný test
- 15. Zpětná vazba žáků

1: UTOOL_NUM=13 ; - volba nástroje

2: UFRAME_NUM=11 ; - počátek souřadného systému

3: PAYLOAD[1] ; - zatížení na 6-té ose

4: J P[1] 10% CNT0 ACC100 TB 0.00sec,P-SPS ; - nájezd do výchozí pozice

- 1: IF (DI[12]),CALL MAKRO998 ; - *deaktivace simulace I/O
- 2: DO[15]=ON ; - robot je ve výchozí pozici - PFO
- 3: DO[16]=ON ; - robot je na programové dráze - SAK
- 4: CALL MAKRO000 ; - *resetování výstupů a FLAGů
- 5: WAIT (DI[9]) ; - čekání na start FOLGE

5: J P[2] 100% CNT0 ACC100 TB 0.00sec,P-SPS ; - totožný s řádkem 4 (P[1])

- 1: TC_ONLINE (ON) ; - povolí provádění programu
- 2: DO[23]=OFF ; - „žádost o vstup“ - nepovoleno
- 3: DO[15]=OFF ; - robot není ve výchozí pozici
- 4: TIMER[1]=RESET ; - vynulování časovače
- 5: TIMER[1]=START ; - spuštění časovače (měří dobu cyklu programu)
- 6: CALL MAKRO50 ; - definuje Markery, Flagy, otáčky fréz, aktivuje VW user
- 7: WAIT (DI[23]) ; - kontrola tlačítka „žádost o vstup“ (OFF - stisknuta)
- 8: DO[23]=ON ; - „žádost o vstup“ - povoleno
- 9: TC_ONLINE (dle aplikace) ; - definice a aktivace uživatelských podmínek

Ukázka robotového programu FANUC MQB – svařovací bod (zdroj: Škoda Auto a.s.)

Orientační časový plán:

1. Vyučovací den

06:00 – 10:00 Úvod; Témata 1. – 6.

10:30 – 14:00 Témata 7. – 8., Shrnutí a ukončení dne

2. Vyučovací den

06:00 – 10:00 Opakování předchozích témat; Témata 9. – 10.

10:30 – 12:30 Témata 11. – 12.; Praktické testování

13:00 – 14:00 Závěrečný test; Zpětná vazba žáků; Závěrečná diskuze

Na tento modul může volně navazovat doplňující a rozšiřující učivo průmyslové robotiky v teoretické i praktické rovině (pohony, programování, diagnostika, mechanika, elektro).

Fixační etapy

U každého výše uvedeného tématu po expoziční etapě výuky musí být část fixační [66]. V této části dochází upevňování osvojených vědomostí a dovedností. Realizace probíhá formou praktického procvičování tématu na virtuálních i reálných robotových pracovištích. Žáci se průběžně na pracovištích střídají tak, aby každý měl možnost pracovat na reálném robotu.

Aplikační etapy

Aplikační etapy začínají od tématu 7. Program - výchozí obrazovka. Od tohoto tématu již musí žáci aplikovat předchozí získané dovednosti a vědomosti do nových témat.

Příkladem může být téma 9. Programování – Pohybové instrukce. Zde již žáci programují vlastní robotové programy a do těchto programů musí aplikovat (případně modifikovat) své předchozí znalosti o definici nástroje a souřadných systémech robota.

Diagnostické etapy

Jsou součástí všech předchozích etap (viz například převrácená třída u etapy expoziční). Důležitý je závěrečný praktický test na reálném robotu, kde každý žák prokáže dosažení cíle výuky. Je dán výchozí stav robotové buňky - robot stojí v základní pozici, je navolen režim T1, klíček E2 je aktivní. Úkolem je vytvořit kopii určeného robotového programu (FOLGE6), spustit tento program v externí automatice (automatický chod). Následně

program zastavit v určené pozici, provést elementární úpravu bodu v režimu T1 a vrátit robot do externí automatiky. Každá část úlohy je bodově ohodnocena (maximum 100 bodů).

Detail jednotlivých hodnocených kroků:

1. Vytvořit kopii upravovaného programu (10)
2. Zajištění bezpečnosti pracoviště (5); Navolení a start programu (5); Home Position (5); Režim externí automatiky (10)
3. Zastavení programu (5); Režim T1 (5)
4. „Nakrokování“ do korigovaného bodu (10); Korektura bodu (10); Ruční otestování (10)
5. Zajištění bezpečnosti (5); Volba bloku (5); V T1 najetí do bodu (5); Režim externí automatiky (10).

Zadání i hodnocení je součástí přílohy (viz Příloha 2). Hodnotící škála je uvedena v 3.3 Návrh výukového modulu (kritéria hodnocení).



Laboratoř robotiky ve ŠKODA Akademii – robotová buňka pro získání expertních znalostí (zdroj: Škoda Auto a.s.)

Hodnoticí etapa

Částečně spadá či je součástí etapy diagnostické. V našem případě je až na závěr výuky modulu a je reflexí pro žáky, kdy pedagog na základě analýzy průběhu výuky a dosažených výsledků závěrečného testu stanovuje další cíle a prostředky k jejich naplnění v následujících výukových modulech a to ať už teoretických či praktických.

Pedagogický pracovník zároveň získává zpětnou vazbu žáků, prostřednictvím anonymního dotazníku (viz Příloha 3), kterou vyučující může následně promítnout do úpravy průběhu modulu a výukových materiálů. Dotazník je jednotný pro všechny pracovníky (i žáky) ŠKODA Auto a jako takový je zaměřen především na praktické otázky využití znalostí nabytých v rámci výuky.

Dotazník obsahuje šest základních kritérií hodnocení:

Byl pro Vás výklad trenéra srozumitelný a pochopitelný?

Jak Vám vyhovovalo tempo tréninku?

Jak užitečné pro Vás byly studijní podklady?

Do jaké míry splnil obsah tréninku Vaše očekávání/cíle?

Jak hodnotíte možnost využití získaných znalostí/dovedností/kompetencí v praxi?

Jak jste spokojen s organizačním zajištěním tréninku?

Úroveň hodnoceného kritéria je definována hodnoticí stupnicí (1 – zcela, 2 – převážně, 3 – málo, 4 – vůbec ne). V případě hodnocení 3 a 4 je komentář povinný.

Následuje uzavřená otázka – Doporučil/a byste trénink kolegům? Ano/ Ne, která obecně mapuje aktuálnost a atraktivnost daného výukového modulu.

Závěrečné dvě otázky jsou otevřené a získávají informace pro aktualizaci, modernizaci a dalším úpravám výuky:

- Jakým způsobem byste doplnil/a výuku?

- Uveďte max. 3 pozitiva/3 negativa

Tato zpětná vazba je pozitivně vnímána žáky a postupem času i vyučujícími.

Výstupy ze zpětné vazby se průběžně mění. V počátcích výuky byla řada připomínek ke stylu výuky (Byl pro Vás výklad trenéra srozumitelný a pochopitelný?). Jednalo se o příliš odbornou terminologii pedagoga a jeho předpoklad, že žáci mají již nějaké znalosti v dané problematice. Řešením byla úprava tohoto úvodního modulu pro „robotika začátečníka“ bez potřeby širších vstupních znalostí a zjednodušení terminologie pedagoga. Výhodou bylo a je, že daný modul mohou žáci absolvovat v jakékoli části školního roku, je pro ně srozumitelnější (atraktivnější) a více se zaměřuje na výukový cíl – praktickou obsluhu průmyslového robota.

Negativní zpětná vazba byla také ohledně plánování výuky robotiky (Jak jste spokojen s organizačním zajištěním tréninku?). Žáci museli nečekaně přerušit výuku v odborném výcviku a nastoupit na výuku modulu robotiky. To bylo dáno přetížením kapacit laboratoře robotiky, která je v rámci synergií využívána jak vzděláváním dospělých, tak učilištěm. Problém byl vyřešen v několika etapách:

- Zavedení společného termínového kalendáře laboratoře robotiky
- Vybudování nové teoreticko-praktické učebny robotiky
(2 pracoviště FANUC Academic Package 4)
- Nové pracoviště průmyslových robotů v rámci odborného výcviku
(vyřazené výrobní roboty pro výuku mechaniky a kinematiky)

Vzhledem k intenzivnímu tréninku v daném modulu jsme očekávali negativní odezvu ve zpětné vazbě (Jak Vám vyhovovalo tempo tréninku?). Bylo překvapením, že hodnocení žáků bylo naopak velice pozitivní.

Na uzavřenou otázku – Doporučil/a byste trénink kolegům?, je v 99% případů, odpověď kladná (žáci vnímají výukový modul pozitivně).

V současné době jsou nejčastější komentáře v otevřených otázkách s požadavkem na rozšíření výuky robotiky v dalších teoreticko-praktických modulech.

Zpětná vazba není jen nástroj pro zjištění informací, ale zároveň rozšiřuje kompetence žáků i pedagogů o reflexi a sebereflexi.

4 Závěr

V souladu s cílem práce byla provedena analýza stavu výuky průmyslové robotiky v základním a středním odborném školství. Následně byl analyzován vývoj v automatizaci, se kterým souvisí další prudký nárůst automatizace a robotizace i v návaznosti na nástup další průmyslové revoluce – Průmysl 4.0.

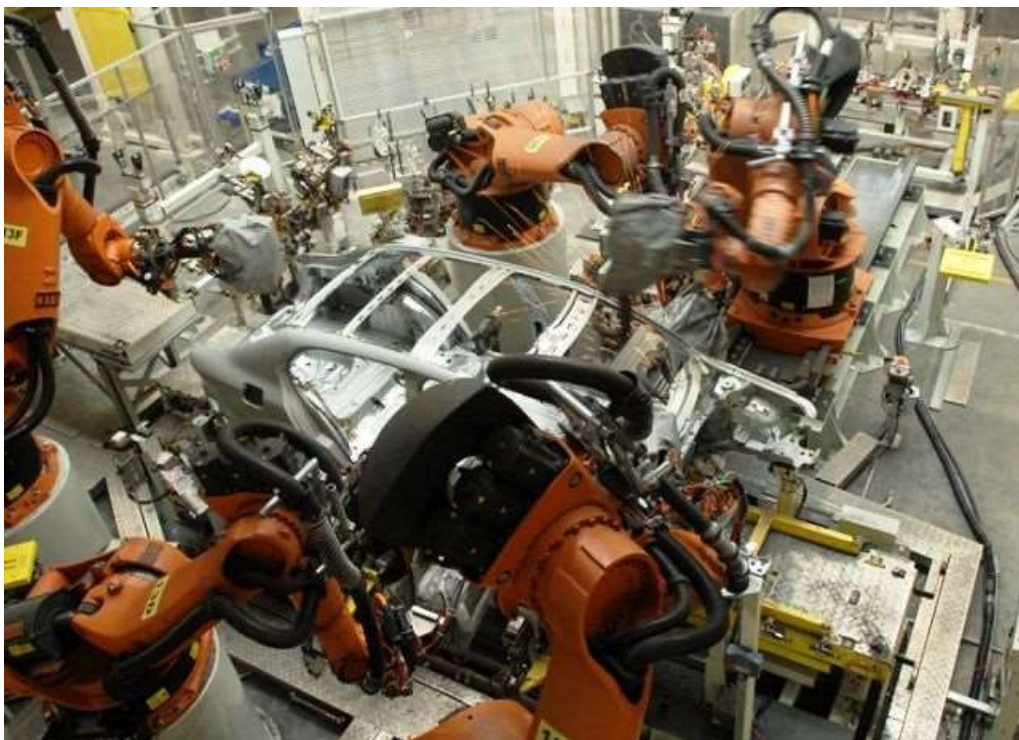
Byl porovnán obsah, metody a výukové prostředky průmyslové robotiky v našem školství s požadavky zaměstnavatelů na odborné kompetence zaměstnanců. Z výsledků vyplývá, že žáci získávají pouze základní znalosti a nejčastěji jen v rovině teoretické. Důvody tohoto stavu jsou ve velké míře zdůvodňovány vysokou finanční zátěží pro školy a to jak z hlediska vybavenosti robotovými technologiemi, tak cenami odborných školení pro pedagogické pracovníky.

V praktické části byla navržena možná východiska pro moderní střední odborné vzdělávání v rámci finančních možností škol. Následoval obecný návrh výukového modulu robotových technologií v projektu MOV (Modernizace odborného vzdělávání) pod záštitou NÚV. Tento výukový modul byl schválen a stal se součástí MOV.

V dalším kroku byla popsána efektivní výuková strategie pro robotický systém FANUC - R-30iA (MQB), především jeho obsluhu s ohledem na požadavky zaměstnavatele (Škoda Auto a.s.). Tento komplexní výukový modul je teoreticko-praktický s konkrétní metodikou výuky, návrhy prostředků výuky a vytvořenou elektronickou příručkou (viz Příloha 1) s možností tisku ve formě pracovního sešitu. Reálně vytvořený výukový modul může sloužit dalším školám jako pomůcka při realizaci vlastních výukových modulů, které budou splňovat jak požadavky kurikula, tak aktuální požadavky zaměstnavatele na odborné kompetence.

Úplným závěrem se dá říci, že na základě daných poznatků je jednoznačně potřeba podpořit výuku automatizace a robotizace na všech stupních škol. Zřizovatel by měl mít na paměti, že investice do vybavení školy (HW i SW) nemůže být jednorázová a technika ve školách by měla alespoň přibližně kopírovat současné trendy v oblasti. V neposlední řadě je třeba se zaměřit i na motivaci a průběžné vzdělávání pedagogů, protože jen oni mohou přenášet

potřebné Know How na žáky. Přitáhnout kvalifikované odborníky do škol by měl být možná prvořadý úkol, protože bez jejich znalostí a nadšení pro věc není možné obor rozvíjet.



Svařovna – potřeba jiných kompetencí dnes, než před lety (zdroj: Škoda Auto a.s.)

5 Použité zkratky a pojmy

AR – Augmented reality (rozšířená realita), reálný obraz je doplněn digitálními objekty.

BOZP – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci.

C# - Vysokoúrovňový objektově orientovaný programovací jazyk.

CNC – Computer Numeric Control (číslicové řízení počítačem).

Cobot – Collaborative robot (spolupracující či kooperující robot).

Controller (řídící jednotka) – Ovládání kinematiky robota, periférií a I/O.

ČSN EN ISO 10218-1 – Česká technická norma: Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů.

Datový Cloud – Služby, programy, úložiště na serverech dostupných z internetu.

Digitální dvojče – Virtuální dvojník reálné technologie.

Fps - Frames per second (snímková frekvence).

Greifer – Uchopovací a manipulační příslušenství robota.

HMD zařízení - Head-mounted Display (náhlavní souprava s dvěma displeji).

HW – Hardware (fyzické technické vybavení počítače).

I/O – Vstupní/ výstupní signály jsou informace, které přicházejí od řízení robota k perifériím nebo naopak.

IoT – Internet of Things (Internet věcí).

I-Pendant – ruční programovací a ovládací přístroj robotů FANUC.

IS NÚV – Informační systém Národního ústavu pro vzdělávání.

Kategorie dosaženého vzdělání – H – Střední odborné vzdělání s výučním listem, L – Úplné střední odborné vzdělání s vyučením i maturitou, M – Úplné střední odborné vzdělání s maturitou (bez vyučení)

Monitoring – Sběr informací probíhající systematicky a po určitou dobu.

MOV – Modernizace odborného vzdělávání (kurikula středního odborného vzdělávání).

MŠMT – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.

NÚV – Národním ústavem pro vzdělávání.

Off-line programování - definice pozic a pohybů robota na PC ve specializovaném SW.

OP VVV – Operační program MŠMT - Výzkum, vývoj a vzdělávání.

PLC – Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat, označení je používáno pro řídicí systémy v oblasti průmyslové automatizace).

PROFINET – Průmyslová komunikační sběrnice určená pro řídicí systémy v oblasti průmyslové automatizace.

RAPID – Programovací jazyk pro průmyslové roboty ABB.

RRR – Kinematika robota složená ze tří rotačních os.

RRT – Kinematika robota složená z translační a dvou rotačních os.

RTT – Kinematika robota složená z rotační a dvou translačních os.

RVP – Rámcový vzdělávací program.

Safety PLC – PLC vyhovující podle normy EN ISO 12100 Safety integrity level 3 (to znamená, že při zpracování bezpečnostní části programové logiky může dojít k chybě s pravděpodobností menší než 1:10 000 000 za 1 hodinu provozu).

SCARA – Selective Compliant Articulated Robot Arm (selektivní kompatibilní kloubové robotické rameno).

Singulární pozice - nejednoznačná konfigurace os robota pro dosažení konkrétní žádané polohy (pozice).

Souřadný systém – Popisuje polohu bodu pomocí čísel jako souřadnic/ koordinátů

SW – Software (programové vybavení počítače).

Systémový integrátor – Spojování různých SW/ HW komponent, subsystémů, v jeden fungující celek.

ŠVP – Školní vzdělávací program.

T1 - Manuální provoz robota. Redukovaná rychlost robotové mechaniky <250mm/s, plné ruční ovládání i-Pendantem.

TCP – Tool Center Point (středový bod nástroje robota).

Troubleshooting – Hledání závady.

TTT – Kinematika robota složená ze tří translačních (posuvných) os.

Upgrade – Výměna či úprava HW/SW na novější nebo lepší verzi.

UVS – Učebně výrobní skupina (skupina žáků v odborném výcviku).

Visual Basic - Událostmi řízený programovací jazyk a integrované vývojové prostředí.

VR – Virtual reality (virtuální realita), počítačem vytvořené třírozměrné prostředí.

VW standard – Interní technický předpis pro HW a SW v rámci koncernu VW.

6 Seznam použitých informačních zdrojů

Odborné konzultace – výuka průmyslové robotiky

Ing. Pavel Zezula, Ph.D. – 3Z Engineering s.r.o., FEL ČVUT v Praze

Ing. Pavel Odvárka, MBA – ŠKODA Auto a.s.

Specializované a interní (produktové) firemní materiály

ABB Robotika. ABB Group:

- R-J3iC_HandlingTool_Operator_Manual_[B-82284CZ-2_01]
- R-2000iB_Maintenance_Manual_[B-82235EN_05]
- R-30iA_Controller_Maintenance_Manual_CE_[B-82595EN-1_06]
- R30IA_Safety_Manual_[B-80687CZ_06]

ŠKODA AUTO Česká republika:

- VW standard - vwuif_V761_GR_Rev1-0

7 Bibliografie

- [1] *NÚV - Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/>
- [2] *Metodický portál RVP* [online]. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, c2012-2019 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://rvp.cz/informace/>
- [3] *Modernizace odborného vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/projekty/mov>
- [4] *Informační systém o uplatnění absolventů škol na trhu práce* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.infoabsolvent.cz/Obory/KartaOboru/2345L01/Mechanik-serizovac/1?zkracene=False>
- [5] ŘEHÁKOVÁ, Eva. Kdo vymyslel slovo robot? Karel Čapek to nebyl!. *Factory Automation* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2014, **2014**(1), 1 [cit. 2019-06-13]. ISSN 2533-4271. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/kdo-vymyslel-slovo-robot-karel-capek-to-nebyl/>
- [6] ASIMOV, Isaac. *I, robot*. 1. New York: Bantam Books, 2008. Robot series. ISBN 978-0-553-38256-3.
- [7] Android. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Android>
- [8] CECERI, Kathy. *Roboti: objevte a postavte stroje budoucnosti : 20 projektů*. 1. V Brně: Computer Press, 2014. ISBN 978-802-5143-155.
- [9] KARGER, Adolf a Marie KARGEROVÁ. *Základy robotiky a prostorové kinematiky*. 1. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2183-1.

- [10] *Unimate - The First Industrial Robot* [online]. Michigan, USA: Robotic Industries Association, 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>
- [11] O'REGAN, Gerard. *Pillars of Computing*. 1. Berlin: Springer International Publishing AG, 2015. ISBN 3319214632.
- [12] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [13] *FANUC Czech s.r.o.* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty>
- [14] *Průmyslové automatizační systémy SIMATIC* [online]. Praha: Siemens Česká republika, 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/?vw=0&ctxnh=6ce260aa8e&ctxp=home&acceptcookies=true>
- [15] *Technologie bodového svařování* [online]. Hamburg: Harms & Wende GmbH & Co KG, 2019 [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.harms-wende.de/en.html>
- [16] PILVOUSEK, Tomáš. Lepení ve výrobě karoserie. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, s.r.o., 2019, **2017**(7), 1 [cit. 2019-06-13]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-ve-vyrobe-karoserie.html>
- [17] *Robotické broušení a leštění* [online]. Lázně Bělohrad: DEPRAG CZ a.s., 2019 [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <http://www.deprag.cz/pneumaticke-naradi/roboticke-brouseni-a-lesteni-6796/>
- [18] *Kamerové funkce pro roboty* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/vid%C4%9Bn%C3%AD>

- [19] *Industrial Communication* [online]. Munich, Germany: Siemens Aktiengesellschaft, 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication.html>
- [20] What's a safety PLC?. *PLCdesign* [online]. Madrid: Enertria, S.L., 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <http://plcdesign.xyz/en/whats-safety-plc/>
- [21] *Bezpečnost strojních zařízení - jak na to?: posouzení rizika dle normy ČSN EN ISO 12100 a souvisejících norem*. 1. Brno: L.P. Elektro, 2017. Sborník prezentací. ISBN 978-80-87616-58-1.
- [22] *ČSN EN ISO 10218-1: Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 1: Roboty*. 1. Česká Republika: České národní normy, 2012, 44 s. Dostupné také z: <https://www.technickenormy.cz/csn-en-iso-10218-1-roboty-a-roboticka-zarizeni-pozadavky-na-bezpecnost-prumyslovych-robotu-cast-1-roboty-1/>
- [23] *ČSN EN ISO 10218-2: Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 2: Systémy robotů a integrace*. 1. Česká Republika: České národní normy, 2012.
- [24] DUCHOSLAV, Petr. Co je to kolaborativní robot?. *Factory Automation: Magazín o průmyslové automatizaci a robotice* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019, 3, 1 [cit. 2019-06-25]. ISSN 2533-4271. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/co-je-to-kolaborativni-robot-5-veci-ktere-byste-o-nem-meli-vedet/>
- [25] PAGÁČ, Marek. "Kobot" Kuka montuje ve Škodovce převodovky. *Konstrukter.cz* [online]. Brno: Nová média, s. r. o., b.r., , 1 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/kobot-kuka-montuje-ve-skodovce-prevodovky-video/>
- [26] *Deloitte* [online]. Praha: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2018 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/cz/cs.html>

- [27] *PwC ČR* [online]. Praha: PricewaterhouseCoopers Česká republika, s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://www.pwc.com/cz/cs.html>
- [28] *ŠKODA Kariéra* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <https://www.skoda-kariera.cz/>
- [29] *Ozobot ve výuce* [online]. Děčín: Jednota školských informatiků, 2017 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: <http://ozobot.sandofky.cz/>
- [30] *OZOBOT* [online]. Praha: Ozobot s.r.o., 2019 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://ozobot.com/>
- [31] *OZOBOT EVO školní sada. Alza* [online]. Praha: Alza.cz a.s., 2019 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/hracky/ozobot-evo-skolni-sada-18-ks-d5620796.htm>
- [32] *Koncept STEM. NÚV - Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-07-10]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/p-kap/koncept-stem>
- [33] *LEGO Mindstorms. Alza* [online]. Praha: Alza.cz a.s., 2019 [cit. 2019-07-11]. Dostupné z: https://www.alza.cz/hracky/lego-mindstorms-45544-ev3-kabelovy-set-d5351908.htm?kampan=adwhr_hracky_pla_all_vyrobci_lego_c_9062909_1o1_LO45544&gclid=EAiaIQobChMI67em9dat4wIVAud3Ch1wJwmDEAQYASABEgIXZfD_BwE
- [34] *RVP - obory kategorie M a L: soustava oborů vzdělání* [online]. Praha: NÚV - Národní ústav pro vzdělávání, 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: http://zpd.nuov.cz/celkove_lm.htm
- [35] *RVP - obory kategorie H: Soustavy oborů vzdělání poskytujících střední vzdělání s výučním listem* [online]. Praha: NÚV - Národní ústav pro vzdělávání, 2019 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: http://zpd.nuov.cz/celkove_h.htm
- [36] PRŮCHA, Jan, Jiří MAREŠ a Eliška WALTEROVÁ. *Pedagogický slovník*. 4. aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2003. ISBN 80-717-8772-8.

- [37] SKALOVÁ, Miloslava. Střední průmyslová škola elektrotechniky a informačních technologií: Robot KUKA obohatí výuku našich žáků. *SPŠel.it Dobruška* [online]. Dobruška: SPŠel.it Dobruška, 2019 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://spselitdobruska.cz/robot-kuka-ve-vyuce/>
- [38] Dotace pro školy. *Dotacní.info* [online]. Brno: EU LEGAL ADVISORY, s.r.o. a CYRRUS ADVISORY, a.s., 2019 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://www.dotacni.info/dotace-podle-oboru/skoly/>
- [39] Robotické pracoviště od ABB pomáhá s výukou na školách. *ABB* [online]. Praha: ABB s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <http://www.abb.com/cawp/seitp202/7591660ae7f71ceec1257f7200319649.aspx>
- [40] SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. 1. Praha: ISV, 1999. Pedagogika (ISV). ISBN 80-858-6633-1.
- [41] ČADÍLEK, Miroslav. *Didaktika praktického vyučování I*. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM,s.r.o., 2003. ISBN 600246.
- [42] Podpora spolupráce škol a firem. *Metodický portál RVP* [online]. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, c2012-2019 [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://pospolu.rvp.cz/vite-co-delame>
- [43] HOLEČEK, Jan. Jaká je cena průmyslových robotů? Zeptali jsme se, co na ni má vliv. *Factory Automation* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019, 2, 1 [cit. 2019-06-27]. ISSN 2533-4271. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/jaka-je-cena-prumyslovych-robotu-zeptali-jsme-se-co-na-ni-ma-vliv/>
- [44] *ROBOTECH SW a.s* [online]. Praha: ROBOTECH SW a.s, 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <http://www.robotechsw.cz/>
- [45] *Digitální dvojče* [online]. Praha: Siemens Česká republika, 2018 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.industryforum.cz/digitalni-dvojce>

- [46] Rozšířená realita. *Apple* [online]. Cupertino, Kalifornie, USA: Apple Inc, 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.apple.com/cz/ios/augmented-reality/>
- [47] Virtuální realita. *Živě* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER a.s., 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/virtualni-realita/sc-384/default.aspx>
- [48] Brýle pro virtuální realitu k počítači. *Alza* [online]. Praha: Alza.cz a.s., 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/search.htm?exps=virtualni+realita+pc>
- [49] *Oculus* [online]. California, US: Facebook Technologies, LLC., 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: https://www.oculus.com/?locale=cs_CZ
- [50] *Vive* [online]. Tchaj-wan: HTC Corporation, 2019 [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.vive.com/eu/>
- [51] Robotstudio. *ABB* [online]. Praha: ABB s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/cs/robotstudio>
- [52] NOVOTNÝ, Tomáš. *Využití technologie virtuální reality v analýze rizik a bezpečnosti výrobních strojů*. Brno, 2013. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Radek Knoflíček.
- [53] Roboguide. *FANUC Czech s.r.o.* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/příslušenství/roboguide>
- [54] KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-571-4.
- [55] JŮVA, Vladimír. *Základy pedagogiky pro doplňující pedagogické studium*. 1. Brno: Paido, 2001. ISBN 80-859-3195-8.
- [56] KUKA ready2_educate. *KUKA* [online]. Augsburg, DE: KUKA AG, 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <http://www.abb.cz/cawp/seitp202/7591660ae7f71ceec1257f7200319649.aspx>

- [57] Robotické řešení pro školy. *FANUC Czech s.r.o.* [online]. Praha: FANUC Czech s.r.o., 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z:
<https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/robotické-řešení-pro-školy>
- [58] Modernizace odborného vzdělávání. *NÚV - Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/projekty/mov>
- [59] *ŠKODA AUTO a.s., Střední odborné učiliště strojírenské, odštěpný závod* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z:
<http://www.sou-skoda.cz/>
- [60] Digitalizace světa práce: Kompetence pro Průmysl 4.0. *NÚV - Národní ústav pro vzdělávání* [online]. Praha: NÚV, 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z:
<http://www.nuv.cz/vystupy/kompetence-pro-prumysl-4-0>
- [61] *ŠKODA AUTO a.s.* [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO a.s., 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>
- [62] *Volkswagen* [online]. Wolfsburg, DE: Volkswagen AG, 2019 [cit. 2019-06-28]. Dostupné z: <https://www.vw.com/>
- [63] DOSTÁL, Jiří. *Učební pomůcky a zásada názornosti*. 1. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN ISBN978-80-7220-310-9.
- [64] MALACH, Josef. *Základy didaktiky: studijní obor: Informační technologie ve vzdělávání*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Pedagogická fakulta, 2003. ISBN 80-704-2266-1.
- [65] Fanuc - Robot Ride. In: *YouTube* [online]. Mountain View, USA: Google Inc., 2019 [cit. 2019-07-01]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6Mxt8yHZ5Hw>
- [66] PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 4., aktualiz. vyd. [i.e. Vyd. 5.]. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-416-8.

8 Seznam příloh

Příloha 1: FANUC_obsluha.pdf

– Výukové materiály pro modul Obsluha řídicího systému R-30iA u PR FANUC

Příloha 2: FANUC_test_obsluha.pdf

– Zadání závěrečné praktické úlohy s vyhodnocením

Příloha 3: FANUC_zpětná_vazba.pdf

– Anonymní zpětná vazba žáků na pedagoga a průběh výuky

Příloha 4: MOV_modul.pdf

- Vzdělávací modul základů robotiky. Projekt MOV pod záštitou NÚV.