



STRATEGIE PRODEJE NOVÉHO VÝUKOVÉHO PROGRAMU PRO STŘEDNÍ A VYSOKÉ ŠKOLY

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Ivana Hrozová**
Vedoucí práce: doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

SALES STRATEGY OF NEW LEARNING PROGRAM FOR HIGH SCHOOLS AND UNIVERSITIES

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering
Author: **Bc. Ivana Hrozová**
Supervisor: doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ivana Hrozová**
Osobní číslo: **T12000530**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Produktové inženýrství**
Název tématu: **Strategie prodeje nového výukového programu pro střední a vysoké školy**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- Analyzujte trh s výukovými pomůckami pro střední a vysoké školy v oboru mechatronika. Zjistěte rozmanitost nabídky trhu a zhodnoťte konkurenci v daném oboru.
- Vyberte alespoň jeden konkurenční výrobek a porovnejte jeho vlastnosti s novým výrobkem. Analyzujte zkušenosti z pilotního provozu výukového programu.
- Navrhněte vhodnou strategii pro vstup produktu na trh.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] FORET, M; STÁVKOVÁ, J. Marketingový výzkum: jak poznávat své zákazníky. Grada Publishing as, 2003.

[2] ŠTEFÁNEK R.: Projektové řízení pro začátečníky. Computer Press, 2011.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce:

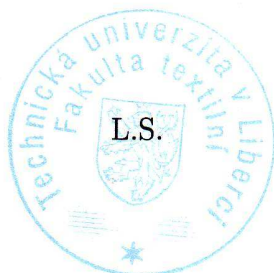
24. října 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

14. května 2015



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 16. března 2015

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce, doc. Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D., za její cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce, a Ing. Jiřímu Šretrovi za poskytnuté materiály a informace. Mé poděkování patří též mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vstupem nového výukového systému pro výuku mechatroniky na trh. Součástí práce je podrobný popis výukového systému, popis konkurenčních systémů a jejich srovnání s novým výukovým systémem. Dále jsou v práci vyhodnoceny výsledky pilotního provozu výukového systému ve třech českých středních školách, analyzována situace firmy a jsou doporučeny vhodné kroky pro vstup na trh. Pro porovnání vlastností výukových systémů je využito vícekriteriální analýzy, metody WSA, pro analýzu situace firmy je použita SWOT analýza a konfrontační matice.

Klíčová slova: mechatronika, výukový systém, výuka mechatroniky, situační analýza, analýza konkurence

Abstract

Diploma thesis deals with market entry strategy of new learning system for educating mechatronics. The thesis consists of description of the new system, description of competing systems and comparison of learning systems. Further the thesis evaluates the results of pilot project of using the learning system for learning in three Czech high schools, analyses the situation of the manufacturer, and finally recommends appropriate activities to enter the market. The multiple-criteria decision analysis - WSA method - is used for comparing system, SWOT and confrontation matrix is used for situational analysis.

Keywords: mechatronics, learning system, teaching mechatronics, situational analysis, competitor analysis

Obsah

Úvod.....	3
1.Mechatronika.....	5
2.Výukové systémy pro mechatroniku.....	7
3.Vícekriteriální analýza.....	36
4.Vyhodnocení pilotního provozu.....	45
5.SWOT analýza.....	62
6.Návrh marketingové strategie.....	70
7.Závěr.....	73
Seznam literatury.....	75
Přílohy.....	79

Úvod

V současné době je mechatronika velmi skloňovaným slovem. Aplikace mechatroniky se v průmyslové praxi implementují stále častěji, díky jejím nesporným výhodám – ceně, rychlosti vývoje, snadnému přizpůsobení. Díky rostoucímu podílu mechatroniky se však v praxi nedostává odborníků na tuto problematiku. Na nedostatek odborníků reagují střední a vysoké školy výchovou žáků a studentů v požadovaných oborech. K účinné výuce však potřebují kvalitní učební pomůcky. Na trhu výukových pomůcek pro mechatroniku existuje několik zavedených výrobců, kteří do českých škol dodávají své výukové pomůcky.

Česká společnost Mechatronic Education, s. r. o., vyvinula nový výukový systém pro výuku mechatroniky a s tímto systémem se chystá vstoupit na trh. V současné době je systém využíván na třech českých středních školách, které jej získaly v rámci projektu, a jedné VŠ. Před vstupem na trh má společnost zájem o provedení analýzy tak, aby optimalizovala své kroky a s efektivním vynaložením nákladů získala významné místo na trhu.

Cílem této práce je analyzovat trh s výukovými pomůckami pro mechatroniku, zejména zhodnotit konkurenci a nabídku konkurenčních výrobků z hlediska jejich vlastností, rozmanitosti a vhodnosti pro výuku. Dále analyzovat zkušenosti z pilotního provozu výukového systému na třech středních školách. Na základě získaných informací poté doporučit vhodné kroky pro vstup nového výrobku na trh.

V první části práce je stručně popsán obsah pojmu mechatronika a poté je podrobně představen výukový systém společnosti Mechatronic Education, s. r. o. Jsou popsány jeho jednotlivé části, přičemž jsou zdůrazněny inovativní prvky, či prvky, které produkt diferencují od ostatních výrobků na trhu.

Další část práce se podrobně věnuje konkurenčním výukovým systémům. Jsou vybrány systémy, které jsou v současné době pro výuku již používány, nebo mají ambice se v blízké době využívanými stát. Každý výrobek je podrobně popsán, je poukázáno na jeho výhody a nevýhody, a je vytvořen stručný souhrn pozitiv a negativ. Vzhledem k tomu, že jednotlivé konkurenční výrobky nejsou navzájem snadno porovnatelné, bude k jejich

porovnání využito vícekriteriální analýzy variant. Výsledkem této analýzy bude pořadí jednotlivých výukových systémů, ohodnocených podle kritérií, které jsou podstatné pro výukový systém. Z analýzy je možné usuzovat na konkurenceschopnost produktu na trhu a je možné poukázat na jeho případné slabiny – oblasti, které jsou objektivně horší, než u konkurenčních systémů.

V poslední části bude analyzována situace samotné společnosti Mechatronic Education, s. r. o. ve vztahu k nabízenému výukovému systému. Na základě SWOT analýzy společnosti, s přihlédnutím k výsledkům analýzy konkurence, budou doporučeny vhodné kroky pro vstup produktu na trh.

1. Mechatronika

Mechatronika je vědní obor, který je umístěn mezi mechaniku, elektroniku a výpočetní techniku. Mechatronika umožňuje vývoj jednodušších, ekonomičtějších, spolehlivějších a víceúčelových systémů. Slovo „mechatronika“ bylo poprvé použito v roce 1969. [1]

Mechatronika získává v poslední době stále více na významu, neboť trendem je nahrazování jednoúčelových, na míru vyvinutých zařízení, zařízeními univerzálními, které je možné snadno adaptovat na požadované funkce, optimalizovat, upravovat a vylepšovat. V původním kontextu byla mechatronika spojením **mechaniky** a **elektroniky**, díky překotnému vývoji výpočetní techniky, byla postupně do mechatroniky jako vědního oboru zahrnuta i výpočetní technika.

Mechatronika jako obor se zabývá těmito klíčovými oblastmi [1]:

1. Modelování fyzických systémů
2. Senzory a aktuátory
3. Signály a systémy
4. Počítačové a logické systémy
5. Software a zpracování dat

Aplikace mechatroniky jsou velmi široké a tyto systémy se využívají ve stále více oblastech lidské činnosti [1]:

- Průmysl
 - výrobní linky
 - výrobní systémy
 - číslicově řízené stroje
 - manipulátory
 - zakladače
 - robotické systémy

- Služby
 - telemetrika, telekomunikace
 - ovládání a řízení rozvodných sítí

- Lékařství
 - využití v diagnostice,
 - operační metody, roboticky řízené operace
 - ortopedické pomůcky, náhrady
 - biomechatronika

- Doprava
 - automobilová doprava – snímače, řízení motoru, řízení trakce, antiblokovací systémy, zabezpečení vozidla
 - letecká doprava – systémy Fly by wire, komunikace s řízením letového provozu, snímání a vyhodnocování jednotlivých letových veličin

- Armáda a policie
 - řídicí a navigační systémy, systémy pro koordinaci pohybu jednotlivých složek, průzkumné systémy
 - manipulační a jiné roboty
 - bezpilotní letouny

- Vybavení domácnosti
 - různé domácí spotřebiče, pračky, myčky, satelitní přijímače
 - řízení vytápění, klimatizace, inteligentní elektroinstalace

Stále důležitější součástí mechatroniky je robotika. Termínem průmyslové roboty jsou označovány ústrojí, která se vyznačují následujícími vlastnostmi:

- Manipulační schopnost: Pomocí jedné nebo několika manipulačních paží (ramen) lze uchopit předmět, přemístit jej, provádět různé montážní úkony a

úpravu předmětů.

- Automatická činnost: Posloupnost úkonů je provedena automaticky podle předem zadaného programu bez dalšího zásahu člověka.
- Snadná změna programu: Program není pevný, ale je zadáván člověkem a je možné jej kdykoli bez obtíží změnit.
- Univerzálnost: Zařízení může sloužit k mnoha účelům, někdy dost rozmanitým.
- Zpětná vazba: Kromě běžných mechanických (dotykových), tlakových a elektromagnetických čidel se u složitějších systémů počítá i s vizuální zpětnou vazbou.
- Prostorová soustředěnost: Tato vlastnost není důležitá funkčně, ale může mít některé vedlejší výhody, např. možnost snadného transportu. Pro některé aplikace lze též požadovat, aby byl systém mobilní.

Analýza trhu práce a požadavky zaměstnavatelů ukazují, že s růstem významu mechatroniky a robotiky roste poptávka po absolventech středních a vysokých škol se znalostmi z těchto oborů. Na tuto poptávku musí pružně zareagovat školy a integrovat do výuky vhodných oborů i problematiku mechatroniky. Pro podporu výuky robotiky je třeba mít vhodné pomůcky. Vzhledem k tomu, že mechatronika a robotika jsou komplexní obory, jsou pomůcky také komplexní, velmi nákladné a výběr není příliš široký.

2. Výukové systémy pro mechatroniku

Mechatronic Education

Společnost Mechatronic Education, s. r. o., je malá česká společnost, která vznikla za účelem vývoje a výroby výukových stavebnic pro výuku mechatroniky. Společnost se zabývá vývojem stavebnice od roku 2009, od roku 2011 existuje první verze výukové stavebnice. Jádrem společnosti je skupina čtyř hlavních vývojářů, kteří vyvíjejí jednotlivé části stavebnice.

V roce 2012 byla ukončena první fáze vývoje stavebnice a zahájeno pilotní testování stavebnice. První škola, ve které začala být stavebnice využívána, je Gymnázium, SOŠ a SOU Podbořany, v roce 2012 byla v rámci pilotního testování stavebnice dodána navíc do SŠT Most a Vyšší odborné školy a Střední školy ve Varnsdorfu [9]. V současné době probíhá pilotní provoz ve výše uvedených školách, stavebnice je dále využívána na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

Popis výukového systému

Komplexní výukový systém společnosti Mechatronic Education se sestává z několika předpřipravených stavebnic (lépe řečeno setů). Součástí každé stavebnice je sada výukových materiálů a pracovních listů, které prostřednictvím příkladů se stále se zvyšující obtížností zavádějí nové teoretické poznatky a tyto poznatky upevňují a propojují s praktickou výukou. Výuka je koncipována moderním způsobem, ve kterém je prolnta teorie s praxí a studenti si každý nový poznatek mohou okamžitě vyzkoušet v praktické aplikaci. Výukové materiály jsou připraveny tak, že provázejí studující od prvních poznatků až po kompletní návrh mechatrického systému ze všech úhlů pohledu – strojírenského, mechanického, elektronického i programového.

V první řadě je třeba uvést, že v případě výukového systému Mechatronic Education se nejedná o izolovanou stavebnici s omezeným rozsahem výukových úloh, ale o komplexní výukový ekosystém. Tento ekosystém je navíc otevřený k rozšiřování, neboť využívá standardizovaných mechanických částí i systémových protokolů, takže jeho použití není omezeno pouze na dodávané úlohy.

Celý ekosystém Mechatronic Education se skládá z následujících částí:

1. Výukové stavebnice – sada několika stavebnic s odstupňovaným stupněm pokročilosti

2. Výukové materiály ke stavebnicím
3. Vizualní vývojové prostředí pro programování řídicích počítačů jednotlivých setů.

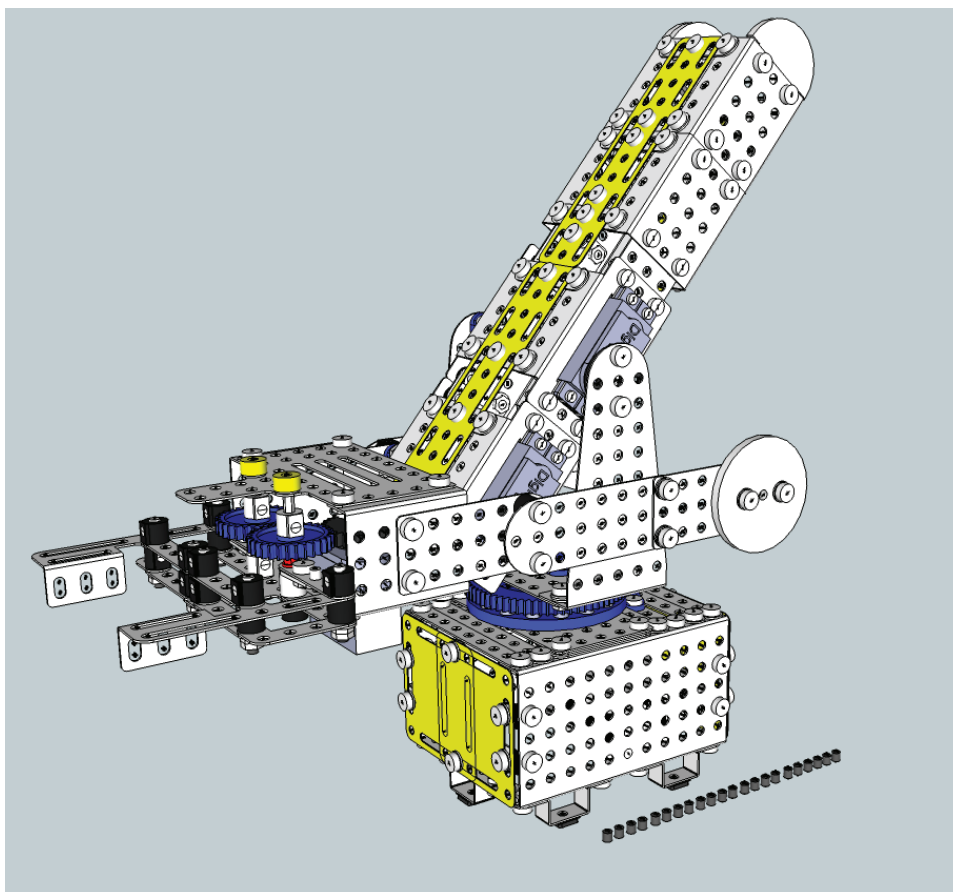
Výukové stavebnice

Jednotlivé stavebnice obsahují nezbytné prvky pro sestavení základních mechatronických soustav pro jednotlivé úrovně znalostí a dovedností studentů.

Každá stavebnice se skládá z mechanických komponent, elektronických komponent a základní stavebnice (nikoliv rozšiřující) obsahují i jednodeskový řídicí počítač.

Mechanické komponenty

Mechanické komponenty slouží ke konstrukci mechanické části mechatronických soustav. Jedná se zejména o konstrukční díly, hřídele, převody, ložiska a spojovací materiál. Jedná se o částečně o díly univerzální (desky, profily, spojovací materiál), částečně o díly specializované (klec krokového a servomotoru, díly lineárního vedení a podobně). Díky této vysoké variabilitě a univerzálnosti je možné vytvářet nejen předpřipravené konstrukce, ale i konstrukce vlastní, které jsou omezeny pouze kreativitou uživatele. Příklad konstrukce viz Obrázek 1.



Obrázek 1: Robotická ruka ze setu EMS

(Zdroj: Mechatronic Education)

Prostřednictvím konstrukčního systému může uživatel vytvořit vlastní konstrukce přenesené z reálného světa a může tak proniknout do jejich principu. Při konstrukci mechanické části uživatelé uplatní své poznatky z oblasti strojírenství, mechaniky, matematiky a fyziky. Při konstrukci mechanického systému je třeba brát v potaz reálné problémy, které řeší konstruktér, jako jsou pevnost konstrukce, její hmotnost a z toho vyplývající hybnost a setrvačnost, vyvážení soustavy, množství stupňů volnosti a os, manipulační schopnosti, pracovní prostor a další vlastnosti z oblasti mechaniky, dynamiky a statiky. Při tom upotřebí své znalosti těchto disciplín a samozřejmě zároveň i matematiky a fyziky. Při konstrukci používá unifikované a standardizované díly, což konstruktéra při návrhu soustavy nutí přizpůsobit provedení nabídky dostupných dílů a připravuje ho na podobný přístup v praxi, kdy použití standardizovaných dílů je preferováno před zakázkovou výrobou specifických dílů. Součástí výukových materiálů jsou modely nejčastějších sestav (převodovky, úchopy, nápravy, ložiska, uložení), takže

často používané sestavy není třeba znovu vymýšlet a je možné se soustředit na jejich začlenění do soustavy.

Jako spojovací článek s předměty typu Technická dokumentace jsou se stavebníci dodávány podrobné 3D modely vzorových soustav a sestav, spolu s kusovníkem. Při stavbě modelu si žáci upevní své dovednosti ve čtení technické a výkresové dokumentace a naučí se při stavbě modelu využívat prostředků výpočetní techniky.

Elektronické komponenty

Dodávané elektronické komponenty se sestávají ze dvou základních skupin – senzorů a akčních členů (aktuátorů). Další skupinou, která stojí trochu stranou, jsou pomocné obvody, jako např. řadiče krokových motorů, tyto prvky samy o sobě nemají smysl, používají se jako nedílná součást nejčastěji akčních členů.

Senzory představují vstupy mechatronického systému. Prostřednictvím senzorů získává mechatronický systém informace z vnějšího prostředí, na základě těchto informací poté program ovládá jednotlivé akční členy a na vnější podněty tak reaguje. Dodávané senzory můžeme členit z několika hledisek. Nejjednodušším členěním je členění na senzory digitální (poskytující nespojitou, často, ne však výhradně, dvoustavovou – binární – hodnotu), senzory analogové, poskytující informaci spojitou a senzory inteligentní, které komunikují po sběrnici I2C.

Digitální senzory

Nejjednodušším digitálním senzorem je tlačítko. Tlačítko poskytuje dvoustavovou informaci (rozepnuto / sepnuto, resp. True / False, Pravda / Nepravda). Tlačítko může být buď v provedení vestavěného tlačítka (na řídicím jednodeskovém počítači se nachází čtyři integrovaná tlačítka), externího tlačítka, které se připojuje přes digitální vstupy řídicího počítače, nebo koncového spínače, který je určen k zabudování do soustavy, kde může například poskytovat informaci o dosažení krajní polohy, čímž systému předává zpětnou vazbu o poloze.

Dalšími dodávanými digitálními senzory je optobrána a enkodér. Oba tyto senzory mají podobné použití, oba pracují na optickém principu, kdy je prosvěcován předmět či kódovací kolečko a zjišťuje se, zda je předmětem optická cesta zastíněna, nebo je cesta volná. Při použití optobrány jako čítače je možné prostřednictvím optického členu přenášet do řídicího počítače informaci o rychlosti otáčení – tato aplikace se používá při výuce regulátorů, kdy řídicí počítač prostřednictvím svého udržuje konstantní otáčky nezávisle na zatížení motoru. Využití enkodéru je podobné, v praxi se tyto optické systémy používají i pro snímání úhlu natočení.

Analogové senzory

Analogové senzory předávají do řídicího počítače analogovou – spojitou - informaci. Tak jako u skutečných systémů je tato analogová informace převedena na unifikovanou elektrotechnickou veličinu, v případě tohoto systému na napětí 0 – 5 V (v praxi se využívají ještě převody na proud a převody s posunutým počátkem – jejich velkou výhodou je možnost detekovat chybový stav).

Mezi nejjednodušší analogové senzory patří potenciometr. Pohyblivý jezdec na otočné ose potenciometru funguje jako odporový dělič a výstupem je napětí v závislosti na poloze. Senzor tedy slouží jako snímač úhlu natočení. Dalším dodávaným senzorem je senzor atmosférického tlaku, který do systému analogově předává informaci o atmosférickém tlaku, čímž umožňuje například vytvoření vlastní meteostanice. K realizaci meteostanice může pomoci i další přiložený senzor, senzor teploty. Dalším možným použitím tohoto senzoru, ve spojení s motorem a větrákem, je realizace termoregulace pomocí programového termostatu. Posledními přiloženými analogovými senzory jsou tři infračervené dálkoměry s různými rozsahy měřené vzdálenosti (od maximálně 4 cm až do 150 cm). Tyto senzory je možné využít při konstrukci autonomního systému pro orientaci systému v prostoru. Vzhledem k tomu, že se jedná o analogové senzory s unifikovanou výstupní veličinou, musí programátor při přípravě řídicího programu provést na základě použitého senzoru převod z napětí na naměřenou vzdálenost.

Intelligentní senzory

Poslední skupinou senzorů jsou senzory označované jako inteligentní. Takový senzor má vlastní procesor a převodník, do řídicího počítače nepředává dvoustavovou nebo digitální informaci, ale informaci již zpracovanou a převedenou na měřenou veličinu. Vzhledem k tomu, že inteligentní senzor předává informaci strukturovanou a výstupem senzoru je konkrétní hodnota měřené veličiny, je senzor do systému připojen pomocí sběrnice. Konkrétně v případě tohoto výukového systému je využita sběrnice I2C. Každý senzor má na sběrnici svou adresu a k řídicímu počítači je možné připojit až 128 různých inteligentních senzorů. Sběrnice I2C je průmyslově standardizovaná sběrnice určená pro připojení nízkorychlostních periférií. Výhodou inteligentní sběrnice je také možnost větvit sběrnici a připojit k jednomu vstupu více než jeden senzor.

Dodávané inteligentní senzory slouží k získání složitějších veličin. Příkladem je 3D gyroskop. Gyroskop je srdcem navigačních přístrojů, kompasů, sklonoměrů a dalších polohových senzorů. Gyroskop je vyroben technologií MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), velikost vlastního snímače je cca 4x4x1 mm a snímač poskytuje ve třech osách informaci o úhlové změně natočení od posledního měření. Tato informace je prostřednictvím sběrnice I2C přenášena jako struktura do řídicího počítače, který poté může na změny natočení reagovat. Gyroskop je základním vstupním zařízením například pro vozítko Segway, které může díky použití tohoto senzoru udržovat stále stejnou polohu platformy a reagovat na pokyny k jízdě.

Dalším inteligentním senzorem je 3D akcelerometr. Akcelerometr měří zrychlení ve třech osách a tím je schopen měřit dynamické změny polohy. V praxi se akcelerometr používá například pro aktivaci airbagů v automobilu. Ve výukovém systému Mechatronic Education se nachází 3D akcelerometr technologie MEMS, který umožňuje měřit ve třech osách zrychlení až 16 g. Do systému je opět připojen sběrnici I2C.

Ultrazvukový dálkoměr slouží k měření vzdálenosti na ultrazvukovém principu (na rozdíl od analogových IR dálkoměrů, které měří úhel odraženého paprsku a ten předávají do systému jako unifikovanou veličinu), to znamená, že je měřena doba, za

kterou se vrátí odražený impuls a na základě této doby a znalosti rychlosti šíření zvuku ve vzduchu je do systému předána přímo vzdálenost překážky v centimetrech.

Senzor osvětlení (luxmetr) měří intenzitu osvětlení a v praxi se využívá pro regulaci umělého osvětlení nebo pro regulaci zastiňování (zatahování závěsů a rolet). V evýukovém systému je také jeden senzor osvětlení přiložen, komunikuje také prostřednictvím sběrnice I2C a lze jej použít třeba pro stavbu výše zmíněné meteostanice.

Optickým senzorem je i RGB senzor. Tento senzor je schopen rozeznat barvu odraženou od předmětu a tuto barvu odeslat do řídicího počítače po sběrnici v aditivním barevném modelu RGB (Red – Green – Blue). Barva je reprezentována třemi hodnotami 0 – 255, které vyjadřují intenzitu jednotlivých barevných složek modelu RGB.

Pro výukové aplikace je velmi zajímavým senzor čáry. Senzor se skládá z pěti optických členů, které jsou rovnoměrně rozmístěny na vzdálenosti cca 7 cm. Každý z optických členů je schopen detekovat černou či bílou barvu. Na základě situace pod senzorem je výstupem senzoru celočíselná hodnota, která popisuje polohu čáry. Pokud je čára přesně uprostřed, nachází se hodnota výstupu senzoru v polovině intervalu, v případě, že je čára detekována některým z krajních senzorů, změní se výstupní hodnota směrem k některé z krajních hodnot. Senzor je možné využít ke stavbě autonomního vozítka, které sleduje čáru nakreslenou na podložce. Při konstrukci takového vozítka je možné automatické řízení možné implementovat formou regulačního algoritmu – ať již nějaké jednoduché formy, či například PID regulátoru. Takový regulační algoritmus sleduje výstup ze senzoru čáry, porovnává jej s požadovanou hodnotou (která odpovídá poloze čáry uprostřed) a na základě rozdílu určuje regulační zásah do výkonu levého nebo pravého motoru. Tak je možné demonstrovat teorii regulace zajímavým a atraktivním způsobem.

Popis funkce senzoru čáry je značně zjednodušující, kromě tohoto celočíselného výstupu je možné pracovat i s každým z pěti senzorů zvlášť.

Akční členy

Akční členy jsou výstupní prvky, které využívají zpracované informace. Mezi nejjednodušší výstupní prvky patří signalizační LED, které jsou v systému přítomné v několika barvách, což odpovídá i praxi, ve které jsou normou definovány barvy pro jednotlivé typy informace (příkladem budiž norma ČSN EN 60073 - Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Zásady kódování sdělovačů a ovládačů).

Dalším možným výstupním prvkem, který se často používá pro signalizaci, je siréna, ve výukovém systému Mechatronic Education je nahrazena reproduktorem, který je vestavěný na desce řídicího počítače. V dnešní době se často pro komunikaci s obsluhou používají i rastrové černobílé a barevné LCD displeje, často dotykové. Jejich velkou výhodou je variabilita zobrazované informace (to platí nejen pro plnobarevné grafické zobrazovače, ale v menší míře samozřejmě i pro jednoduché alfanumerické několikařádkové displeje). Velkou výhodou těchto zobrazovačů je snadná adaptace systémů na změnu komunikačního rozhraní člověk – stroj, kdy není třeba zasahovat do konstrukce zobrazovací jednotky a změny v systému jsou pouze softwarové – změnou programu dojde ke změně formy, struktury či formátu zobrazované informace. Tento přístup značně zjednodušuje, zrychluje a zlevňuje jakékoliv zásahy do systému.

Nejdůležitější skupinou akčních členů jsou pohony. Ty umožňují převést elektrické výstupní signály z výstupního rozhraní řídicího počítače na mechanickou práci. Typ vykonávané činnosti je dán konstrukcí a druhem motoru. Ve výukovém systému Mechatronic Education jsou k dispozici tři typy pohonů:

Stejnoseměrný motor - jedná se o jednoduchý stejnosměrný motor s komutátorem, který je možné připojit k vyhrazenému výstupu řídicího počítače. Tento motor je příkladem jednoduchých motorů, jeho výkon je regulován pomocí modulace PWM (Pulse Width Modulation – Pulsně šířková modulace). Je důležité si uvědomit, že programově u tohoto typu motoru neregulujeme otáčky, ale dodávaný výkon. Otáčky motoru závisí na jeho zatížení a bez použití dalších senzorů je nelze zjistit. Tento fakt je didakticky zapracován do výukových materiálů a v případě, že požadujeme zpětnou vazbu o

skutečných otáčkách, je nutné motor vybavit senzory, které nám zpětnou vazbu poskytnou – nejčastěji optická brána s kódovacím kolečkem. Tato soustava je s výhodou využívána při výuce regulátorů, kde je třeba regulovat právě dodávaný výkon na základě získané informace o skutečných otáčkách. Ty se při konstantním výkonu mohou měnit v závislosti na zatížení motoru, na což musí regulátor reagovat úpravou výkonu motoru.

Krokový motor – krokový motor je řízen řadičem krokových motorů a je napájen impulsy v určitém sledu a délce. Tyto impulsy budí jednotlivá vinutí motoru a motor se otáčí o jednotkový úhel. Typickým krokem je $1,8^\circ$, což znamená, že na 360° připadá 200 kroků. Krokový motor na rozdíl od servomotorů nezná svou polohu (pokud není doplněn zpětnou vazbou, která informaci o poloze zprostředkuje), ale umí se otáčet předem definovaným počtem kroků v určeném směru a s určeným točivým momentem. Ve výukovém systému se používá pro přesné pohyby například rotační základny, nebo ve spojení se závitovou tyčí pro vyvození přesného lineárního pohybu. Krokový motor se k řídicímu počítači připojuje prostřednictvím řadiče krokových motorů, který je schopen budit dva krokové motory.

Servomotor – na rozdíl od krokového motoru servomotor zná svou polohu. Servomotor je motor, u kterého lze nastavit přesnou polohu natočení osy. Servomotory jsou zpravidla přímo ve svém pouzdru vybaveny zpětnou vazbou s indikací polohy a regulátorem, který na základě porovnání požadované a skutečné polohy provádí korekce, a servomotor tak požadovanou hodnotu stále udržuje. Servomotor může polohovat buď do dvou krajních poloh (například plně otevřeno / plně uzavřeno), nebo plynule do jakékoliv polohy mezi krajními polohami. Snímač natočení může být realizován buď opticky, nebo elektricky. Ve výukovém systému jsou obsaženy dva typy servomotorů. Jednodušší analogový servomotor, který se natáčí v rozsahu -90° až $+90^\circ$ a není možné jej uživatelsky konfigurovat (jeho vlastnosti byly dány již při výrobě). Pro náročnější aplikace je možné využít dodávaného digitálního serva, jehož maximální rozsah je také -90° až $+90^\circ$, přičemž pomocí dodávaného programátoru je možné u něj měnit mnoho parametrů, namátkou úhly krajní polohy, rychlost, nastavení Fail Safe polohy a podobně.

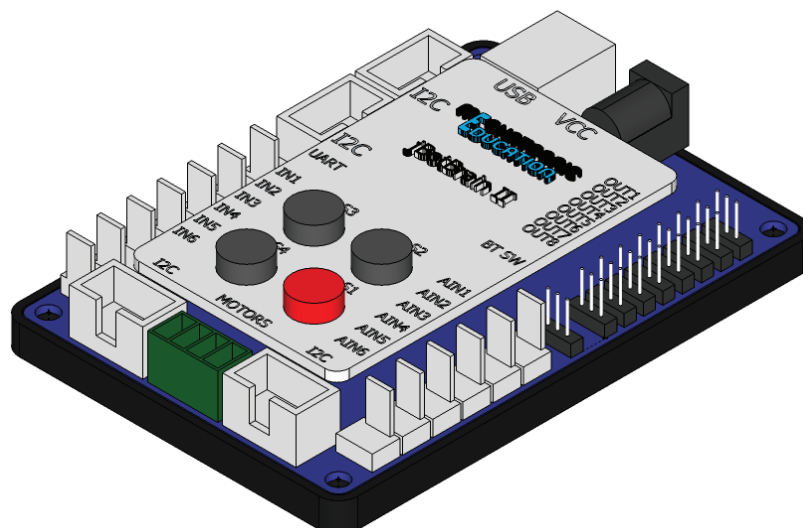
Řídící počítač

Srdcem každého mechatronického systému je řídicí počítač. Ve výukovém systému Mechatronic Education je řídicí počítač označován jako jBotBrainII. Jedná se o jednodeskový počítač s 32b procesorem Atmel s jádrem ARM. Podobné procesory jsou využívány i v moderních mobilních zařízeních s operačním systémem Android. Tomuto procesoru sekunduje jako vstupně-výstupní procesor chip ATmega [2].

Jednodeskový počítač je přímo na desce osazen vstupy a výstupy pro komunikaci s okolím. Na desce se nachází:

- šest digitálních vstupů pro připojení digitálních snímačů s technologií TTL 5 V,
- šest analogových vstupů s unifikovaným signálem 0 – 5 V, s rozlišením převodníku 10 bitů, což znamená, že v rozsahu je schopen detekovat $2^{10} = 1024$ různých hodnot
- osm digitálních výstupů TTL 0 – 5V, s maximálním zatížením 30 mA, každý z výstupů umožňuje generovat řídicí pulsy pro servomotory,
- čtyři programově ovladatelné LED diody,
- čtyři programově dostupná tlačítka,
- čtyři I2C porty pro připojení inteligentních senzorů,
- dva výstupy pro ovládání stejnosměrných motorů s výstupním proudem až 1,3 A,
- Bluetooth modul pro bezdrátovou komunikaci a ovládání například pomocí mobilního telefonu,
- TTL UART,
- USB 2.0 typ B port pro komunikaci s PC a programování.

Řídící počítač je možné napájet stejnosměrným napětím 6 – 15 V buď pomocí dodávaného síťového adaptéru, nebo pomocí dodávané Li-Ion baterie pro konstrukci autonomních systémů nezávislých na síťovém napájení. Vizualizaci řídicího počítače můžeme vidět na Ilustraci 2.



Obrázek 2: Řídící počítač jBotBrainII

(Zdroj: Mechatronic Education)

Firmware řídicího počítače je nahrán do počítače již z výroby. Pro doplnění nových funkcí je možné jej snadno uživatelsky aktualizovat. Firmware se skládá ze dvou základních částí:

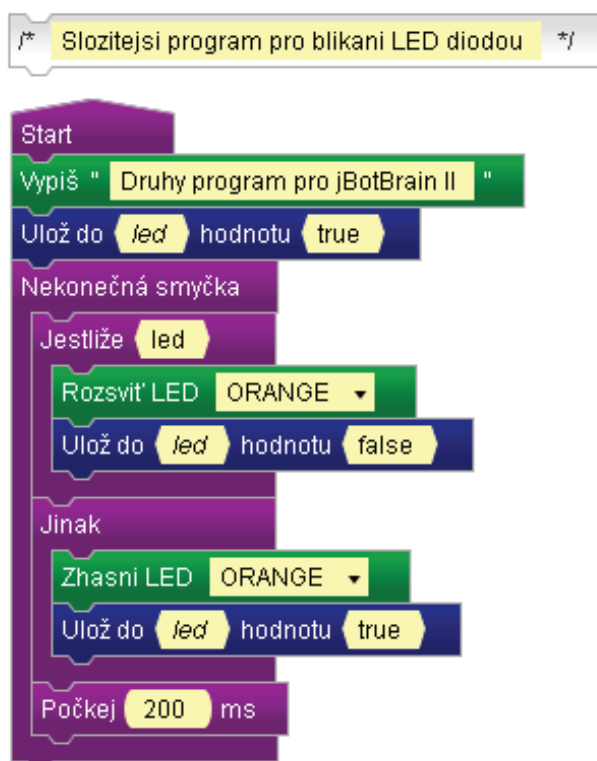
- ovladačů hardware,
- Java Virtual Machine.

Java Virtual Machine je interpret jazyka Java, ve kterém probíhá programování jednotlivých řídicích programů. Uživatel může programovat roboty přímo v jazyce Java, což mu umožní maximální variabilitu, nebo může využít dodávaného vývojového prostředí a programovat ve dvou vizuálních grafických rozhraních (Bloky a Ladder diagramy). Programy vytvořené v těchto rozhraních jsou vývojovým prostředím přeloženy do jazyka Java a nahrány do řídicího jednodeskového počítače. Tam je Java Virtual Machine interpretuje a provádí.

Výhodou využití JVM je nezávislost programu na hardware jednodeskového počítače. Program je přeložen do bytecode a je prováděn na virtuálním stroji [3]. Na tomto virtuálním stroji je program plně oddělen od hardware a je závislý pouze na implementaci JVM. Při změně hardwarové platformy je třeba pouze implementovat JVM (virtuální stroj) a veškeré programové vybavené zůstane beze změny.

Vývojová prostředí

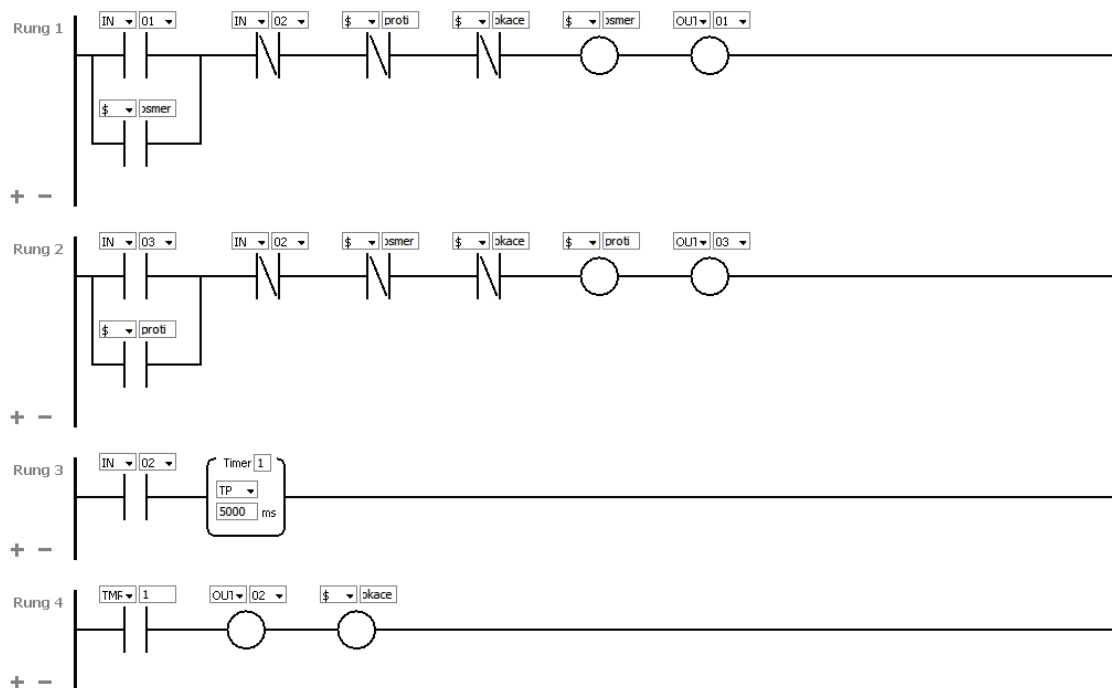
Pro plné využití schopností systému Mechatronic Education je možné programovat řídicí počítač v programovacím jazyce Java. Pro tyto účely je dodáváno vývojové prostředí Eclipse, které je doplněno sadou knihoven pro ovládání periférií Mechatronic Education. Eclipse je volně šiřitelná (open source) platforma pro vývoj v jazyce Java, která díky systému pluginů podporuje velké množství programovacích jazyků. Vývojové prostředí je velmi oblíbené a na celém světě jej využívá více než pět milionů vývojářů (odhad z roku 2011) [4]. Pro účely výuky základů programování není však použití čistého jazyka Java příliš vhodné vzhledem ke své složitosti, důrazu na syntaktickou čistotu a objektovému principu.



Obrázek 3: Příklad programu ve vizuálních blocích

(Zdroj: Mechatronic Education)

Pro výuku základů programování je vhodné využít prostředí jBlock, které je založeno na vizuálním skládání grafických objektů – příklad programu na ilustraci 3. Tyto objekty jsou přizpůsobeny pro výuku programování a jedná se o základní stavební bloky programu v imperativním programovacím jazyce. Prostředí jBlock obsahuje základní programové bloky, jako jsou práce s proměnnými, aritmetické a logické výrazy, vstupní a výstupní operace, podmínky, cykly, funkce a další výrazové prostředky, běžně dostupné v imperativním programování. Pro účely programování řídicího počítače jBotBrainII jsou implementovány funkce pro komunikaci s jednotlivými perifériemi, práci se senzory a akčními členy. Vývojové prostředí grafickým principem programování přirozeně a názorně zobrazuje jednotlivé prvky struktury programu a podporuje tak chápání struktury programu. Program vytvořený v prostředí jBlock je při překladu převeden do jazyka Java, standardní kompilátor Java jej přeloží do mezikódu a ten je nahrán a prováděn v řídicím počítači. Pro pokročilejší uživatele je možné převedený zdrojový program v jazyce Java zobrazit. Toto vývojové prostředí je velmi vhodné pro výuku základů programování, neboť celá struktura programu je graficky znázorněna v okně prostředí a z grafického vyjádření je jasně vidět posloupnost vykonávání jednotlivých kroků programu. Navíc díky svému uspořádání oprostí začátečníka od neustále kontroly syntaktické správnosti programu, neboť značná část tvorby syntaxe probíhá na pozadí na základě toho, jaké programové bloky uživatel použil. Ukazuje se totiž, že při výuce základů programování není největším problémem pochopení jednotlivých funkčních bloků programu, ale pochopení a dodržení syntaktických pravidel při zápisu jednotlivých programových konstrukcí. Z nutnosti dodržování syntaktických pravidel, která jsou pro začátečníka často nepochopitelná a složitá, pak plyne značná demotivace studentů a obava z programování. Vývoj programu v prostředí jBlock v maximální míře studenta zbavuje problémů se syntaxí, neboť syntakticky přesné konstrukce generuje sám na základě použitých bloků. Na použití tohoto vývojového prostředí jsou založeny i výukové materiály, které jsou se systémem dodávány.



Obrázek 4: Program v jazyce kontaktních schémat

Druhým možným vyjadřovacím prostředkem při vývoji vlastních programů je využití jazyka kontaktních schémat (Ladder diagramů) – viz ilustrace 4. Jazyk kontaktních schémat je standardizovaný vyjadřovací prostředek (standard IEC 61131-3), který je jedním ze způsobů zápisu programů pro programovatelné logické automaty (PLC). Tento jazyk se používá i v průmyslové praxi pro programování PLC různých výrobců, jeho využití je univerzální, není omezeno na konkrétního výrobce. Vzhledem k tomu, že programovatelné logické automaty jsou zejména ve strojírenství jako automatizační prostředek často využívány, je implementace tohoto jazyka do výukového systému logickým krokem a velkou konkurenční výhodou. Jazyk kontaktních schémat je možné využívat v prostředí jBlock – volba jazyka se provádí při spuštění programu. Vyjadřovací prostředky při využití jazyka kontaktních schémat jsou oproti blokovým schémátům omezené, ale využití jazyka je cíleno na výuku PLC, čili na lehce odlišnou skupinu úloh, které se i v praxi tímto jazykem řeší. Student, který se naučí vytvářet programy v jazyce kontaktních schémat, bude mít velmi snadný vstup do praxe, protože své dovednosti bude moci okamžitě využít při přípravě programů pro programovatelné

logické automaty – při vstupu do praxe není třeba jakéhokoliv přeškolení, neboť jazyk používaný komerčními PLC je shodný.

Nabízené stavebnice

Vzhledem k tomu, že celý výukový systém je velice variabilní a umožňuje řešit široké spektrum úloh, je také velmi komplexní a rozsáhlý. Proto je třeba vzdělávacím institucím dodat systém v ucelených sadách, které jsou odstupňovány tak, aby na sebe navazovaly a poskytovaly ucelený soubor pro postupné rozšiřování znalostí a dovedností studentů. Podle požadované výstupní úrovně studentů a požadované skladby výuky si mohou jednotlivé školy zvolit, které rozšiřující sety zvolí.

Základní stavebnicí je BLS (Basic Lab Set) [2]. Basic Lab Set obsahuje základní konstrukční systém pro výuku základů mechatroniky a konstrukci základních soustrojí. Dále obsahuje široké spektrum senzorů a akčních členů, které slouží k sestavení základních mechatronických konstrukcí. Výukové materiály jsou připraveny tak, že z prvků obsažených v BLS si studenti během výuky sestaví experimentální desku, kterou osadí všemi senzory a akčními členy, a na které mohou zpracovávat informace z těchto senzorů a na jejich základě ovládat akční členy. Součástí BLS je samozřejmě jednodeskový řídicí počítač jBotBrainII. Součástí výukových materiálů je popis konstrukce vyvrtávačky, při jejíž konstrukci si studenti upevní získané znalosti a dovednosti. V závěru kursu nejprve vyvrtávačku sestaví, poté ji osadí senzory a akčními členy a nakonec naprogramují pro autonomní činnost.

Extend Mechatronic Set – rozšiřující stavebnice, obsahuje akční členy a konstrukční díly pro stavbu robotického manipulátoru.

Extend Robotic Set – rozšiřující stavebnice, obsahuje senzory, akční členy a konstrukční díly (zejména složitější konstrukce, jako jsou převody a převodovky, pojezdy, podvozky a podobně) pro stavbu autonomních robotických systémů.

Uživatelé systému

VOŠ a SŠ Varnsdorf

SŠT Most

SOŠ a SOU Podbořany

UJEP Ústí nad Labem

Tabulka 1: Výhody a nevýhody systému Mechatronic Education

Výhody	Nevýhody
Ucelený, provázaný systém Velké množství modulů Velké množství snímačů a akčních členů Vývojové prostředí podporující rychlý proces osvojování Dodávané výukové materiály Systém je otevřený díky využití unifikovaných veličin	Nový, neznámý systém

Konkurenční výrobky

Výukový set Mechatronic Education samozřejmě není jediným výukovým prostředkem pro robotiku a mechatroniku, který je dostupný na trhu. I na českém trhu existuje několik výukových stavebnic, které se zaměřují na stejnou cílovou skupinu uživatelů. Některé stavebnice jsou cíleny primárně jako hračky, jiné jsou zaměřeny i pro použití na školách. Jednotlivé skupiny se prolínají a proto je těžké zcela exaktně definovat konkurenci. Vzhledem k tomu, že výukový set Mechatronic Education je určen primárně pro výuku na středních a vysokých školách, je možné za konkurenci považovat ty robotické a mechatronické stavebnice, které se pro výuku na školách

používají, nebo které cílí na stejné zákazníky. Skupinu domácích robotických stavebnic tedy při porovnání nechám stranou.

Na českých základních, středních a vysokých školách se převážně používají následující robotické a mechatronické stavebnice:

- Robotis Bioloid
- Lego Mindstorms
- Robotické a mechatronické stavebnice Merkurtoys

Dalšími existujícími stavebnicemi, jejichž zastoupení v českých školách je oproti třem uvedeným minoritní, jsou:

- Festo Didactic
- FischerTechnik
- Parallax

Festo je známým výrobcem automatizační a řídicí techniky. Divize Festo Didactic se specializuje na vývoj a výrobu didaktických pomůcek. Záběr společnosti je velmi široký, od pneumatických systémů, přes hydraulické, elektropneumatické, elektrohydraulické, až po řídicí a výrobní systémy. V nabídce je možné najít i sestavy využitelné pro výuku mechatroniky. V České republice jsou výukové sestavy Festo Didactic velmi oblíbené, avšak zejména v oblasti pneumatiky, hydrauliky, elektropneumatiky a elektrohydrauliky. V těchto oblastech patří mezi světovou špičku. Sestavy pro výuku mechatroniky, srovnatelné se sestavami Mechatronic Education, Lego Mindstorms, či Robotis Bioloid, se v ČR téměř nepoužívají – zejména díky jejich velmi vysoké ceně.

Systémy FischerTechnik jsou používány řádově v jednotkách škol, nemají však větší zastoupení (Univerzita Pardubice, ZŠ Valašské Meziříčí, ZŠ Lanškroun, Gymnázium Moravská Třebová).

Jako uživatel systémů od společnosti Parallax je uváděna pouze Univerzita Pardubice. Vzhledem k výrazně menšímu zastoupení, než u třech prvně zmíněných stavebnic, se jimi další text nebude více zabývat.

Robotis Bioloid

Bioloid je robotický kit od jihokorejského výrobce Robotis. Celá řada Bioloid sestává z mechanických dílů (převážně plastových) a modulárních servomotorů Dynamixel. Celá řada se sestává z cca 8 stavebnic (některé jsou již zastaralé a výrobce je nadále nenabízí), od nejjednodušší, která umožňuje sestavit 7 různých robotů (Bioloid STEM), až po složitější, ze které je možné sestavit 29 různých konfigurací (Bioloid Premium) [5].

Základní stavebnice se skládá z řídicí jednotky (označení CM-530), několika servomotorů, mechanických dílů pro sestavené předpřipravených typů robotů, senzoru čáry (v terminologii výrobce IR Array – IR pole) a infračerveného dálkoměru. Napájení je zajištěno sadou baterií AA a k dispozici jako volitelné příslušenství je souprava pro bezdrátové vzdálené ovládání robota. Součástí stavebnice je pracovní sešit s návrhy 16 sestav robotů a na WWW stránkách výrobce jsou přístupné ke stažení zdrojové kódy jednotlivých sestav. Příklad konstrukce viz ilustrace 5.

Řídicí jednotka CM-530 je vybavena jednodeskovým počítačem. Tento počítač je vestavěn v plastovém krytu, na jehož povrchu jsou vyvedeny ovládací prvky (řídicí tlačítka, programovatelná vstupní tlačítka) a potřebné konektory a rozhraní (USB pro připojení k počítači, napájecí konektory, komunikační vstup pro připojení dálkového ovládání, a několik portů pro připojení periférií. Jako většina podobných současných řešení je založen na 32b procesoru ARM Cortex.



Obrázek 5: Komponenty systému Bioloid

(Zdroj: http://www.robotis.com/img/img_en/sub/Bioloid_02.GIF)

Programování probíhá v jazyce RoboPlus, který je syntaxí velmi podobný jazyku C. Vývojové prostředí nabízí dvě různé varianty programování – RoboPlus Motion, což je „vizuální“ prostředí pro mapování hodnot vstupů a odezev akčních členů (servomotorů). Programování spočívá v definici odezev akčních členů na změny vstupních hodnot, případně v definici sekvence pohybů, které má robot postupně vykonat. Druhou variantou programování je využití módu RoboPlus Task. V tomto případě se k programování používá programovací jazyk, který vychází z jazyka C a jeho syntaxe je rozšířena o nízkoúrovňové příkazy k ovládní akčních členů. Vzhledem k použití jazyka C a nízkoúrovňových příkazů je programování velmi citlivé na správné dodržování syntaktických pravidel, navíc je třeba nejprve naučit žáky základy programovacího jazyka C.

Uživatelé systému – pouze vybraní

VŠB TU Ostrava (HGF, FMMI)

TU Košice

TU Liberec
VUT Brno (FEKT, FSI)
SŠE Ostrava, Na Jízdárně
COP Sezimovo Ústí
Střední škola technická, Přerov
SPSE Brno
ISŠ Sokolnice
SPŠSE a VOŠ Liberec
Střední škola aplikované kybernetiky Hradec Králové
ISŠ Na Bojišti, Liberec
SOŠ a SOU tech. oborů, Česká Třebová
SPŠ a VOŠ Kladno

Způsob distribuce

Stavebnice Robotis Bioloid distribuuje v České republice výhradní distributor, společnost INMENET13, s.r.o., Praha, prostřednictvím svého e-shopu *megarobot.net* [5]. Společnost kromě prodeje vlastních robotických stavebnic nabízí i školení pro pedagogy. Z hlediska financování nákupu prodejce nabízí pomoc při podávání žádostí o dotace z EU (v poslední době například projekt „Šablony“) [5].

Společnost INMENET13, s.r.o., pravidelně spolupracuje s Technickou univerzitou v Liberci při pořádání soutěže Kyber Robot (v roce 2015 již osmý ročník), je sponzorem hlavní ceny soutěže – robotická stavebnice Bioloid Standard.

Nabízené sestavy a ceny

Pro výuku mechatroniky jsou k dispozici čtyři základní sestavy.

Bioloid STEM Standard 8 400 Kč (10 164 Kč s DPH 21 %)

Základní stavebnice, obsahuje řídicí jednotku, 2 ks motorů, pole IR senzorů, 3 infračervené senzory překážek, akumulátor, konstrukční systém, vývojový software. Stavebnice umožňuje sestavit 7 vzorových konstrukcí.

Bioloid STEM Expansion 6 000 Kč (7 260 Kč vč. DPH 21 %)

Rozšiřující set pro Bioloid STEM Standard, není možné jej provozovat samostatně. Obsahuje 4 ks motorů, dálkové ovládání, infračervený přijímač a rozšíření konstrukčního systému o dalších 9 konstrukcí.

Bioloid Comprehensive 21 450 Kč (25 955 Kč vč. DPH 21 %)

Obsahuje řídicí jednotku, 18 ks motorů, multisenzorický modul (vzdálenost, teplota, zvukový detektor, jas), akumulátor, konstrukční systém, vývojový software. V dokumentaci je připraveno 26 různých konstrukcí.

Bioloid Premium 28 600 Kč (34 606 Kč vč. DPH 21 %)

Nejkomplexnější stavebnice, obsahuje řídicí jednotku, 18 ks motorů, infračervený dálkoměr, 2 infračervené detektory překážek, gyroskopický senzor, akumulátor, konstrukční systém (výrazně rozsáhlejší, než u typu Bioloid STEM Standard) a vývojový software. V dokumentaci je popsáno 29 příkladů konstrukcí.

Pro základní školy jsou určeny sady Ollo Inventor, Ollo Explorer, které ponechám bez bližšího popisu.

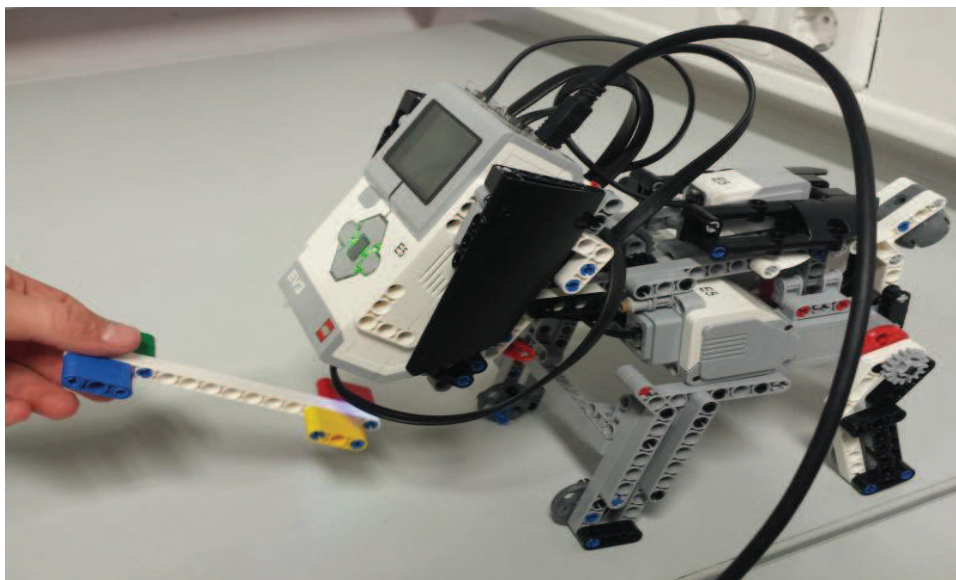
Ceny jsou platné k 1. 3. 2015, zdroj: e-shop <http://www.megarobot.net>

Tabulka 2: Výhody a nevýhody systému Robotis Bioloid

Výhody	Nevýhody
Známa značka Mnoho instalací v českých školách	Uzavřený systém

LEGO Mindstorms

LEGO Mindstorms je řada programovatelných robotických stavebnic vyráběných firmou Lego. Díky spolupráci společnosti Lego s MIT (Massachusetts Institute of Technology) se stavebnice používají jako vzdělávací nástroj. Pro tyto účely je využíváno vývojové prostředí ROBO-LAB GUI, které je založeno na engine National Instruments LabVIEW. Dále lze k programování využít i další programovací jazyky, například C, Java, Visual Basic a další. Momentálně (od září 2013) je aktuální třetí generace Lego Mindstorms EV3 [6].



Obrázek 6: Příklad robota Lego Mindstorms

(Zdroj: http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Tag_A3_Puppy.jpg&oldid=149078991)

Celá stavebnice se skládá z následujících dílů:

- EV3 programovatelná kostka – řídicí počítač s monochromatickým displejem, několika tlačítky, konektivitou pomocí USB a Bluetooth, a možností vložit SD kartu.
- 3 motory
- 2 dotykové snímače
- barevný snímač
- gyroskop
- ultrazvukový snímač

- akumulátor
- mechanické díly Lego Technic

Výhodou systému Lego Mindstorms je kompatibilita mechanických dílů s ostatními díly Lego Technic. Stavebnice přichází s plány pěti robotů a k dalším 12 existuje ideový návrh. Nicméně roboty lze sestavit jen z některých stavebnic, stavebnice určená pro školy neobsahuje potřebné množství mechanických dílů k sestavení každého robota.

Uživatelé systému

VOŠ a SŠ Boskovice

Střední škola informatiky a právních studií, o.p.s., České Budějovice

SPŠ Ostrov

ZŠ Hustopeče

Způsob distribuce

Oficiálním distributorem učebních pomůcek Lego je společnost Edux, s.r.o., Velké Pavlovice (<http://www.eduxe.cz>). Společnost veřejně nekomunikuje žádné pobídky či pomoc při získávání prostředků pro financování nákupu zařízení [6].



Obrázek 7: EV3 Programovatelná kostka

(zdroj: <http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Lego-mindstorms-ev3.jpg&oldid=111660687>)

Nabízené sestavy a ceny

Společnost Eduxe stále nabízí kromě aktuální řady EV3 i starší řadu NXT. Výrobky z obou řad však není možné kombinovat, nejsou kompatibilní ze softwarového ani z hardwarového hlediska. Proto se v dalším textu budu zabývat pouze aktuální řadou EV3.

45544 EV3 Základní souprava

10 803 Kč s DPH

Základní sestava pro práci při výuce. Obsahuje programovatelnou kostku (řídící počítač), tři servomotory, ultrazvukový senzor, světelný a barevný senzor, gyroskop, dva dotykové senzory, nabíjecí akumulátor, konstrukční systém a návod.

Tato souprava má být určena pro samostatnou práci ve třídě, je však zajímavé, že v této

základní sestavě chybí dvě poměrně důležité komponenty, které jsou pro seriózní výuku nezbytné a proto je třeba je dokoupit, čímž se cena základního setu výrazně navýší. V základní sestavě je sice vložen akumulátor, ale k použití tohoto akumulátoru je třeba zakoupit speciální napájecí adaptér. Dále není v sestavě obsažena licence na vývojové prostředí, které je třeba zakoupit samostatně. Nabízí se buď varianta zakoupení jedné licence, nebo v případě vybavení celé laboratoře více kusy základní sestavy varianta multilicence:

Síťový adaptér DC 10V	820 Kč s DPH
EV3 Software	2 992 Kč s DPH
EV3 místní licence softwaru	11 977 Kč s DPH

Tabulka 3: Výhody a nevýhody systému Lego Mindstorms

Výhody	Nevýhody
Známa a hodnotná značka Etablován na trhu Provázanost se systémem Lego Technic Podpora více programovacích jazyků	Uzavřený systém Omezené množství snímačů a akčních členů Základní systém je neúplný Nutnost dalších – skrytých - investic Dokumentace v angličtině

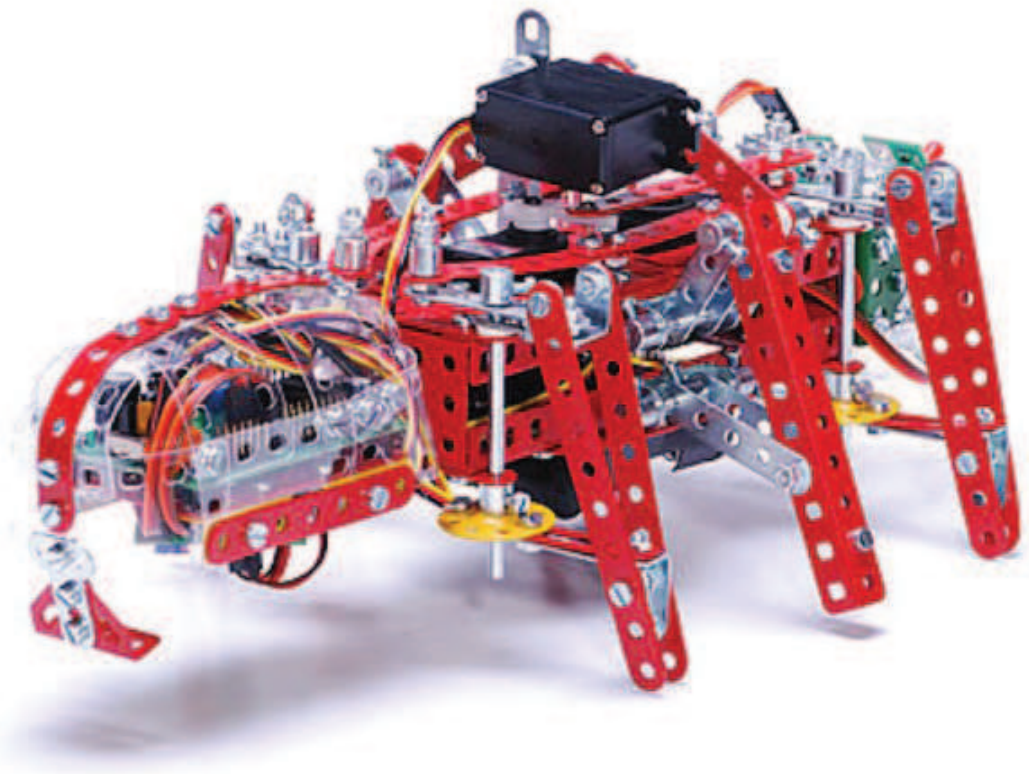
Merkur Toys

Merkur je česká stavebnice, která je vyráběna od padesátých let minulého století. V devadesátých letech došlo k ukončení výroby z ekonomických důvodů, posléze se ale našel zájemce o krachující společnost, tuto odkoupil a značku Merkur znovu vzkřísil. Dnes se společnost Merkur Toys, s. r. o., zabývá kromě výroby tradičních stavebnic a vláček i vývojem výukových stavebnic a robotických výukových setů [7]. V zásadě je

ale možné říct, že slovo vývoj je poměrně nadnesené. Výukové stavebnice jsou v podstatě běžné stavebnice Merkur, sestavené na míru konkrétním demonstrováním jevům a doplněná návodem k sestavení a provedení konkrétního pokusu.

Velmi podobná situace je i u mechatronických setů, které sestávají z jednoho konkrétního modelu, návodu k jeho sestavení a jsou doplněny řídicím systémem ve formě řídicí desky. V nabídce firmy však nefiguruje, na rozdíl od ostatních výrobců, jeden unifikovaný řídicí systém, ale u jednotlivých robotů jsou v nabídce různé procesory – PICAXE nebo ATMEL. K programování se poté využívá vývojový software dodaný výrobcem jednotlivých procesorů – pochopitelně v angličtině [7].

Na tomto konceptu je evidentní absence jakékoliv koncepce, provázanosti a jednotné platformy.



Obrázek 8: Robot ze stavebnice Merkur

(Zdroj: http://www.merkurtoys.cz/editor/image/produkty2/obrazek_981.jpg)

V nabídce je například robot sledovač čáry, pavouk, robot pro soutěž sumo robotů,

pásový podvozek a podobně – viz příklad konstrukce na ilustraci 8. Nabídka senzorů je také velmi chudá (optočlen, dálkové ovládání).

Vybavení kompletní mechatronické laboratoře pro výuku tedy znamená zakoupení několika samostatných setů, do výuky je třeba implementovat minimálně dvě rozdílné platformy (PICAXE a ATMEL), jejichž způsob programování není příliš vhodný pro začátečníky (ATMEL se programuje pomocí jazyka C [7]). Příklad programu je na obrázku 9.

V porovnání s produkty ostatních výrobců je tedy nabídka společnosti Merkur Toys, s.r.o., poměrně chudá a působí spíše dojmem snahy o formální zaplnění mezery v nabídce, než jako seriózní výukový systém.

Uživatelé systému

SPŠ Trutnov

ISŠTE Sokolov

ZŠ Okříšky


```

if(bit_is_set(PINB,PINB0)    &&    bit_is_set(PINB,PINB1)    &&    bit_is_set(PINB,PINB2)    &&
bit_is_set(PINB,PINB3)) //1111 Ověření jaký program má běžet
{
    cli();
    if(bit_is_clear(PINC,PINC0)    &&    bit_is_set(PINC,PINC1)    &&
bit_is_set(PINC,PINC2) && bit_is_set(PINC,PINC3)) // při zmacknutí na RC tlačítko F - dopředu
    {
        _delay_ms(1);
        if(bit_is_clear(PINC,PINC0)    &&    bit_is_set(PINC,PINC1)    &&
bit_is_set(PINC,PINC2) && bit_is_set(PINC,PINC3)) // při zmacknutí na RC tlačítko F - dopředu
        {
            servoSet(0,2400); /* nastavení směru serva 0 - zdvih */
            _delay_ms(500); /* čekání */

            servoSet(1,1000); /* nastavení směru serva 1 */
            _delay_ms(500); /* čekání - nedoporučuji snižovat */

            servoSet(0,600); /* nastavení směru serva 0 - zdvih */
            _delay_ms(500); /* čekání - nedoporučuji snižovat */

            servoSet(2,1900); /* nastavení směru serva 2 */
            _delay_ms(500); /* čekání - nedoporučuji snižovat */

            servoSet(0,1500); /* nastavení směru serva 0 - zdvih */
            _delay_ms(500); /* čekání - nedoporučuji snižovat */

            servoSet(1,1900); /* nastavení směru serva 1 */
            servoSet(2,1000); /* nastavení směru serva 2 */
            _delay_ms(500); /* čekání - nedoporučuji snižovat */

            cli(); /* zakázání přerušeni */
        }
    }
}

```

Obrázek 9: Příklad programu pro robota MerkurToys

(Zdroj: Merkur Toys, s. r. o.)

Tabulka 4: Výhody a nevýhody systému Merkur Toys

Výhody	Nevýhody
Známá tradiční značka Bohatý konstrukční systém	Roztříštěnost platformy Nevhodné pro začátečníky (programování) Nízkoúrovňové programování v C

3. Vícekriteriální analýza

Vzhledem k tomu, že každý z výukových systémů má jiné vlastnosti a systémy se liší v mnoha kritériích, není možné jejich jednoduché srovnání. Pro vzájemné srovnání systémů je třeba použít sofistikovanější metody, proto použijí vícekriteriální analýzu variant. Tato analýza je využívána v případě, že srovnávám varianty (zde výukové systémy), které se liší v mnoha parametrech a proto nejsou přímo porovnatelné. Vícekriteriální analýza variant umožňuje objektivně porovnat mezi sebou několik variant a vybrat variantu optimální [8].

V této analýze se vyskytují následující prvky:

1. Varianty – jednotlivé výukové sety (čtyři vybrané), u kterých definujeme jejich jednotlivé vlastnosti předem stanovenou metodikou.
2. Kritéria – parametry, pomocí kterých jsou varianty hodnoceny. Celkem bylo vybráno 14 kritérií, které jsou podstatné při rozhodovacím procesu o výběru optimální varianty.
3. Hodnotitel – stanovuje priority výběru tím, že jednotlivým kritériím přiřadí jejich vliv na výsledek rozhodovacího procesu.

V systému vícekriteriální analýzy tak existují dva typy vazeb:

1. Vazba mezi hodnotitelem a kritérii – ohodnocení důležitosti jednotlivých kritérií.
2. Vazba mezi variantami a kritérii (ohodnocení variant podle kritérií).

Pro srovnání podle jednotlivých kritérií je třeba vhodně zvolit způsob reprezentace ohodnocení jednotlivých variant podle každého kritéria. V zásadě se nabízejí tři možnosti [8]

1. Nominální škála – nominální proměnné vyjadřují pouze příslušnost k jednotlivým vzájemně odděleným kategoriím. Nelze stanovit, že jedna kategorie je lépe hodnocená

než jiná. Příkladem je například pohlaví.

2. Ordinální škála – ordinální škála vyjadřuje pořadí jednotlivých variant dle příslušného kritéria. Poskytuje informaci typu lepší – horší, ale neposkytuje informaci o vzdálenosti. Není možné stanovit, o kolik byla nejbližší varianta v hodnoceném kritériu horší.

3. Kardinální škála – v kardinální škále lze kromě vzájemného pořadí a informace horší – lepší (která vychází z pořadí) zjistit i míru rozdílu jednotlivých variant v rámci daného kritéria. Je tedy možné říci „o kolik horší – lepší“.

Každé kritérium může být buď maximalizační (čím vyšší hodnota, tím lepší hodnocení) – kritéria výnosová, nebo minimalizační (čím nižší hodnota, tím lepší hodnocení – kritéria nákladová). Typickým minimalizačním kritériem je cena (čím nižší, tím lepší), pro další zpracování se minimalizační kritéria převádějí na maximalizační.

Hodnotící kritéria

Pro hodnocení jednotlivých výukových systémů bylo zvoleno 14 kritérií, které v následujícím textu budou blíže popsány a vysvětleny důvody jejich volby. Některá kritéria se mohou zdát podobná, ale každé z nich je významově odlišné.

Rozšiřitelnost systému – toto kritérium popisuje, zda a v jakém rozsahu je možné výukový systém rozšířit například o další stavebnice, nástavby a podobně. Popisuje tedy možnost rozšíření základního systému o další nastavbové prvky, použitelné například v pokročilejší výuce, nebo následných kursech. Hodnocena je nejenom další nabídka výrobce, ale i unifikovanost jednotlivých dílů konstrukčního systému (zda jsou například rozšiřitelné pomocí výrobků třetí strany, nebo omezeny pouze na proprietární díly původního výrobce). Je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Variabilita – toto kritérium popisuje, jak variabilní je základní systém, tedy jaké množství variant umožňuje sestavit a vytvořit v rámci dodaného základního systému. Zdánlivě se toto kritérium prolíná s předchozím, ale variabilita poskytuje informaci o rozmanitosti základní sady, zatímco předchozí kritérium popisuje možnosti rozšíření

základní sady o další díly. V rámci tohoto kritéria je hodnocena rozmanitost konstrukčního systému. Je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Obsáhlost konstrukčního systému – popisuje množství prvků konstrukčního systému. Opět jde o kritérium příbuzné s předchozím kritériem (variabilitou), ale s významově odlišnou náplní. Obsáhlost hodnotí čistě množství dílů, nikoliv množství variant dílů konstrukčního systému. Je rozdíl mít k dispozici osmnáct motorů tří různých typů, nebo mít k dispozici osmnáct shodných motorů. Je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Množství akčních členů – popisuje množství akčních členů, které jsou ve výukovém systému k dispozici pro vytváření konstrukcí. Je použita kardinální škála, ohodnocením je skutečný počet akčních členů, které jsou v setu k dispozici. Množství akčních členů přímo ovlivňuje možnosti výsledného sestaveného modelu. Kritérium je maximalizační – čím více akčních členů je k dispozici, tím lépe.

Množství senzorů – pomocí senzorů získává sestavený model informace ze svého okolí, tyto informace posléze zpracovává a výsledkem je akční zásah – pokyn akčním členům k vykonání akce. Čím více senzorů je v rámci stavebnice k dispozici, tím větší rozsah úkolů může výsledný model vykonávat a tím větší prostor je dán kreativitě žáků. Je použita kardinální škála, hodnocením je skutečný počet senzorů, které jsou v rámci stavebnice k dispozici. Kritérium je maximalizační.

Počet měřených veličin – podobné kritérium jako předchozí, vyjadřuje však nikoliv počet senzorů, ale počet veličin, které je možné měřit. Opět maximalizační kritérium, hodnotou je skutečný počet měřených veličin.

Otevřenost rozhraní – vyjadřuje míru otevřenosti rozhraní. V automatizaci se často využívají standardní rozhraní a unifikované veličiny tak, aby bylo možné propojovat mezi sebou prvky různých výrobců. Pokud jsou jednotlivé členy stavebnice propojeny proprietárním rozhraním s nedokumentovaným komunikačním protokolem a systém je tak uzavřen případným rozšířením jiných výrobců, bude hodnocen hůře, než systém, který využívá unifikované veličiny a standardní konektory. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Vývojový software – kritérium hodnotí souhrnně provedení programového vybavení,

kteřé je k systému dodáváno. Vzhledem k cílení výukových stavebnic na začátečníky nejsou podrobně hodnoceny jednotlivé vlastnosti programu, ale je hodnocen program jako celek, přičemž kritériem hodnocení je funkčnost pro danou cílovou skupinu a úroveň. Toto hodnocení v sobě zahrnuje i hodnocení uživatelského rozhraní. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Počet programovacích jazyků – Některé stavebnice umožňují volbu programování ve více programovacích jazycích, což umožní různě pokročilým žákům výběr vhodného jazyka pro jejich potřeby. Navíc to umožní v případě, že stavebnice je využita pro přípravu na budoucí zaměstnání u konkrétního zaměstnavatele, volbu vhodného jazyka pro využití získaných znalostí a dovedností v praxi. Kritérium je maximalizační, obsahem je skutečný počet podporovaných programovacích jazyků či technologií.

Vhodnost pro začátečníky – vzhledem k tomu, že se primárně jedná o výukové systémy pro střední a vysoké školy, je třeba si uvědomit, že pro většinu uživatelů bude výukový systém prvním krokem do světa mechatroniky. Proto je třeba systém hodnotit z hlediska jeho vhodnosti pro začátečníky. Toto kritérium tedy popisuje, jak moc je systém přívětivý k začátečníkům a jak moc jim usnadňuje první kroky v oboru mechatroniky. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Dokumentace – popisuje úroveň dokumentace, kterou výrobce zveřejňuje o systému. Dokumentace systému popisuje například použité senzory, jejich vlastnosti, převodní charakteristiky, parametry vývojového systému a jeho vlastnosti a tak dále. Toto kritérium souvisí například s otevřeností systému – otevřený systém je dokumentovaný systém. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Výukové materiály – Vzhledem k tomu, že všechny stavebnice jsou cíleny zejména na uživatele ve školách, je velmi důležité, aby byly pro výuku způsobilé a připravené. To kromě uživatelské příjemnosti (kteřá je pro vývojové prostředí hodnocena v jiném kritériu) předpokládá určitou připravenost systému pro výuku. Výrobce může ke své stavebnici vytvořit sadu výukových materiálů, kteřé pomohou žákům i učitelům v poznávání systému a při výuce mechatroniky. Výukové materiály se v ideálním případě

budou skládat z metodické příručky pro učitele, sady pracovních listů pro žáky (případně i s řešením pro učitele), návodnými texty pro připravené úlohy, a to vše tak, aby vhodnou formou podpořily osvojovací proces. Kritérium pak hodnotí úroveň (respektive při nižším stupni ohodnocení alespoň existenci) výukových materiálů, dodávaných v sadě. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Cena – v prostředí českého školství se jedná o důležité kritérium. Na druhou stranu by se nemělo jednat o kritérium absolutní, cena by rozhodně neměla být jediným kritériem. Často se skloňuje špatná situace financování českého školství, domnívám se však, že v oblasti financí na vybavení se posledních letech jedná spíše o folklór, než o faktický stav. V posledních několika letech byla možnost využít mnoho dotačních titulů na podporu technického vzdělávání a v rámci těchto projektů si mohou školy pořídit i velmi nákladné pomůcky. Jako jediné kritérium v analýze se jedná o kritérium minimalizační (to znamená, že čím méně, tím lépe) a pro účely analýzy bude převáděno na kritérium maximalizační. Hodnotou kritéria je vlastní cena sestavy v Kč.

Podpora výrobce – opět kritérium, které souvisí s některými dalšími kritérii – zejména s dokumentací a výukovými materiály. Lze totiž předpokládat, že výrobce, který aktivně komunikuje směrem k uživatelům (ve formě dokumentace, otevřeného rozhraní a podobně), bude poskytovat i hodnotnou podporu svým uživatelům. Toto kritérium popisuje širokou škálu možných poprodejních aktivit výrobce, ať již se jedná například o školení učitelů, aktivní vývoj a aktualizace materiálů nebo software. Pro hodnocení je použita kardinální škála o rozsahu 1 – 10, přičemž kritérium je maximalizační.

Pokud byla u kritéria použita kardinální škála 1 – 10, proběhlo pro dané kritérium hodnocení na stupnici 1 – 10, přičemž 1 znamená nejhorší možný stav (nikoliv v poměru k ostatním variantám, ale absolutně), a 10 znamená ideální stav. Hodnocení proběhlo v kolektivu učitelů mechatroniky a výsledné hodnocení je takové, na kterém se skupina učitelů shodla.

Důležitost kritérií

V předchozím textu bylo definováno 14 kritérií. Při rozhodování o pořadí variant má každé kritérium jinou důležitost. Tato důležitost popisuje výsledný vliv kritéria na

výsledek rozhodovacího procesu. Stanovení důležitosti (také priority) kritérií má na celý průběh rozhodování zásadní vliv. Pro stanovení priority kritérií existuje mnoho metod. Pro tento konkrétní případ byla zvolena Fullerova metoda párového srovnávání kritérií. [8] Tato metoda je jednodušší variantou Saatyho metody a je založena na porovnávání dvou kritérií. Postupně jsou mezi sebou porovnávána dvě kritéria (v případě 14 kritérií tedy 91 porovnání) a v každém páru se stanovuje to důležitější – preferované – kritérium. Podle počtu preferencí jednotlivých kritérií se stanoví jejich důležitost. Saatyho metoda je principiálně podobná, místo prosté preference kritéria (důležitější – méně důležité) se navíc stanovuje kvantitativní stupnice 1 – 9 pro vzájemnou významnost páru kritérií. Fullerova metoda byla zvolena z toho důvodu, že je pro stanovení preference jednodušší, avšak dostatečně reprezentativní. Po dokončení párového porovnání jednotlivých kritérií je každému kritériu přiřazena jeho váha dle vzorce 1

$$v_i = \frac{f_i}{m \cdot (m-1)/2} \quad (1)$$

kde v_i je váha i -tého kritéria, f_i je počet preferencí tohoto kritéria při párovém porovnávání a m je celkový počet kritérií.

Dále je prezentována tabulka s vyhodnoceným pořadím a váhami jednotlivých kritérií. V průsečíku dvou kritérií (řádek, sloupec) je vždy uvedeno to preferované z obou kritérií – tabulka 5.

Tabulka 5: Párové srovnání kritérií

Párové srovnání kritérií (Fullerova metoda)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Počet preferencí	Pořadí	Váha
1	Rozšiřitelnost systému		2	3	4	5	6	1	8	1	10	1	12	13	14	3	11	0,033
2	Variabilita			2	4	5	6	2	8	2	10	2	12	13	14	5	9	0,055
3	Obsáhlost konstrukčního systému				4	5	6	3	8	3	10	3	12	13	14	4	10	0,044
4	Množství akčních členů					4	6	4	4	4	10	4	12	13	4	9	4	0,099
5	Počet měřených veličin						6	7	5	5	10	11	5	5	5	8	5	0,088
6	Množství senzorů							6	6	6	10	6	12	6	6	11	2	0,121
7	Otevřenost rozhraní								8	7	10	11	12	13	14	2	13	0,022
8	Vývojový software									8	10	8	12	8	8	8	5	0,088
9	Počet programovacích jazyků										10	11	12	13	9	1	14	0,011
10	Vhodnost pro začátečníky											10	10	10	10	13	1	0,143
11	Dokumentace												12	13	14	3	11	0,033
12	Výukové materiály													13	12	10	3	0,110
13	Cena														14	8	5	0,088
14	Podpora výrobce															6	8	0,066

Hodnocení variant

Pokud máme stanovená kritéria, je třeba jednotlivé varianty ohodnotit dle jednotlivých kritérií. Vytvoříme matici, ve které řádky budou kritéria a sloupce budou varianty. Matice se nazývá kriteriální matice. V tomto případě bude mít 14 řádků a 4 sloupce. Kriteriální matice je přiložena jako příloha 1.

Pro další popis je třeba stanovit dvě fiktivní varianty. *Bazální varianta* je fiktivní nejhorší varianta, je složena z nejhorších ohodnocení každého kritéria napříč variantami. Fiktivní proto, že typicky je pro každé kritérium nejhůře ohodnocena jiná varianta. Stejně tak *ideální varianta* je fiktivní konstrukcí, neboť je složena z nejlepších ohodnocení jednotlivých kritérií napříč variantami. Pokud existuje varianta, která svým

ohodnocením odpovídá definici ideální varianty, to znamená, že je ve všech kritériích hodnocena jako nejlepší, je tato varianta optimální za všech okolností (při jakékoliv kombinaci priorit kritérií). V praxi však tomu tak zpravidla není (jinak by nebyl důvod pro konkrétní případ zpracovávat vícekritériální analýzu) a proto se jedná o varianty fiktivní [8].

Před započítáním výpočtu je třeba všechna kritéria převést na maximalizační. Jediným minimalizačním kritériem je cena, kritérium tedy převedeme na maximalizační tak, že jej budeme reprezentovat jako vzdálenost od bazální varianty (tedy čím více je hodnota vzdálena od nejhorší = nejdražší varianty, tím lépe).

Pro vyhodnocení kritériální matice existuje mnoho analytických metod, jednou ze základních metod, která je snadno realizovatelná i v běžném tabulkovém procesoru, je metoda celkového užitku. Pro každou variantu je stanoven celkový užitek podle vzorce 2

$$u(v_j) = \sum_{i=1}^m v_i \cdot u_{ij} \quad (2)$$

kde $u(v_j)$ je užitek j -té varianty, v_i je váha i -tého kritéria, u_{ij} je užitek i -tého kritéria j -té varianty a m je počet kritérií. Teoreticky nejhorší varianta má užitek roven nule, teoreticky ideální varianta má užitek roven jedné. Pořadí variant je poté stanoveno rostoucí hodnotou užitku, nejlepší varianta je varianta s nejvyšší hodnotou užitku. Modifikací této metody je metoda váženého součtu (WSA – Weighted Sum Approach), která v rámci každého kritéria přiděluje nejhorší metodě užitek 0, zatímco nejlepší metodě užitek 1. Tím dochází k normalizaci jednotlivých hodnot užitků u kritérií kvantitativního charakteru.

Pro metodu WSA je třeba každé ohodnocení přepočítat v rámci kritéria tak, aby bazální varianta měla ohodnocení 0 a ideální varianta měla ohodnocení 1. Každé ohodnocení tedy přepočteme podle vzorce 3

$$u_{ij} = \frac{y_{ij} - d_i}{h_i - d_i} \quad (3)$$

kde u_{ij} je přepočtená hodnota dílčího užitku i -tého kritéria j -té varianty (nabývá hodnoty 0 až 1), d_i je bazální hodnota i -tého kritéria a h_i je ideální hodnota i -tého kritéria.

Normalizovaná matice je prezentována v příloze 2.

S takto připravenou kritériální maticí již můžeme přistoupit k výpočtu dle metody WSA, dle vzorce 2 uvedeného výše. Výsledek dle metody WSA je zobrazen níže, celá matice je přiložena v příloze 3.

Tabulka 6: Výsledek vícekritériální analýzy

Firma	Mechatronic Education	Robotis Bioloid	Lego Mindstorms	Merkur
<i>Varianta / Kritérium</i>	<i>Basic Lab Set</i>	<i>Bioloid Premium</i>	<i>Základní souprava</i>	<i>Sídlil Alfa + Robotická ruka Beta 6 st.</i>
Celkem	0,813	0,478	0,481	0,220
Pořadí	1	3	2	4

Ve výsledné matici vidíme v posledním řádku nejen pořadí variant, ale v předposledním řádku je vyčíslen celkový užitek, podle kterého můžeme srovnat i jednotlivé varianty mezi sebou. Vidíme zde, že Robotis Bioloid a Lego Mindstorm byly v celkovém součtu hodnoceny velmi podobně a také, že jejich odstup od nedominované varianty – výrobku společnosti Mechatronic Education – je značný.

4. Vyhodnocení pilotního provozu

Vyšší odborná škola a Střední škola Varnsdorf byla v letech 2012 až 2014 nositelem projektu *Implementace prvků mechatroniky do výuky elektro-technických oborů SŠ* [9]. Partnerskými školami v tomto projektu byly Gymnázium a Střední odborná škola

Podbořany a Střední škola technická Most. V rámci tohoto projektu byly ve všech partnerských školách vytvořeny a vybaveny odborné učebny pro mechatroniku, vyškoleni učitelé odborných předmětů, a i prostřednictvím paralelních aktivit byli a jsou vzdělávání žáci v mechatronice.

V rámci projektu byly nově vzniklé učebny mechatroniky vybaveny výukovými stavebnicemi Mechatronic Education (na každou školu bylo dodáno 10 stavebnic BLS, 4 stavebnice EMS a jedna stavebnice ERS01). Jak již bylo uvedeno, součástí dodávky hardware bylo i školení učitelů odborných předmětů (z každé partnerské školy byli vyškoleni 2 – 3 učitelé přímo pracovníky společnosti Mechatronic Education, s.r.o, rozsah školení byl 80 hodin).

Výuka mechatroniky byla implementována do ŠVP a zařazena do výuky, buď jako samostatný předmět *Mechatronika*, nebo jako součást předmětů *Automatizace*, *Automatizační technika* nebo *Řídící technika* [9].

VOŠ a SŠ Varnsdorf, p. o.

System využíván pro výuku v oborech:

- Strojírenství (maturitní obor) – 2. ročník
- Elektrotechnika (maturitní obor) – 3. + 4. ročník
- Elektrikář (učební obor) – 3. ročník

Ve školním roce 2013/2014 bylo prostřednictvím systému vzděláváno cca 40 žáků, ve školním roce 2014/2015 cca 30 žáků.

GSOŠ Podbořany, p. o.

System využíván pro výuku v oboru Strojírenství – Mechatronika

Ve školním roce 2014/2015 38 žáků.

- 2. ročník – 16 žáků
- 3. ročník – 16 žáků
- 4. ročník – 6 žáků

SŠT Most, p. o.

System využíván pro výuku v oboru Mechanik seřizovač – Mechatronik, ve školním roce 2014/2015

- 3. ročník – 15 žáků
- 4. ročník – 15 žáků

Během trvání projektu byl výukový systém využit pro vzdělávání žáků učebních i maturitních oborů. Pro účely vyhodnocení pilotního provozu byl vytvořen dotazník, a žáci, kteří systém využívali pro výuku, byli požádáni o jeho vyplnění. Dotazník se sestával z 16 otázek, přičemž 4 byly demografické, uzavřené, a měly popsat respondenta, 9 bylo uzavřených a pro jejich odpovědi byly využity Likertovy škály (respondent hodnotí míru souhlasu s tvrzením na pětibodové škále od *rozhodně souhlasím*, přes *spíše souhlasím*, *nevím*, *spíše nesouhlasím*, až k *rozhodně nesouhlasím* [10]), jedna otázka byla na preferenci programovacích jazyků, a dvě otevřené nepovinné otázky dávaly možnost vyjádřit se ke konkrétním vlastnostem výukového systému.

Průzkumu se zúčastnilo 66 žáků z VOŠ a SŠ Varnsdorf a GSOŠ Podbořany, učitelé SŠT Most na žádost o vyplnění dotazníku ani po urgenci nereagovali. V dalším textu jsou popsány jednotlivé otázky a shrnuty výsledky průzkumu.

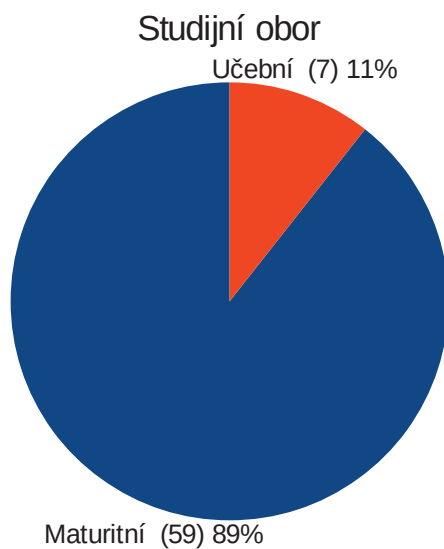
Demografické otázky

Otázky neměly být příliš osobní, měly pouze určit kontext každého respondenta – zda studuje učební či maturitní obor, v jakém je ročníku, z jaké školy a jakého je pohlaví. U poslední otázky se projevila typická situace v technických oborech, šetření se zúčastnila jediná dívka.

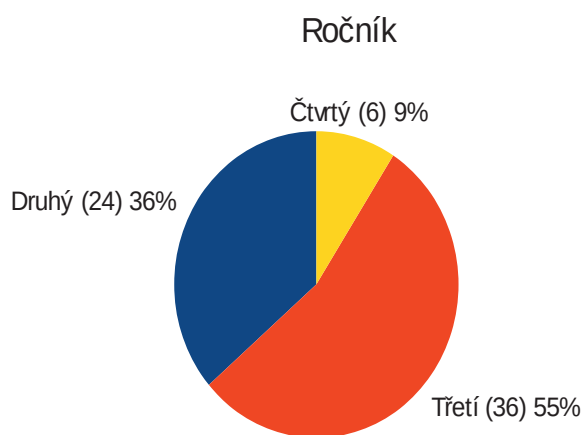
Žáci učebních oborů jsou vzdělávání prostřednictvím výukového systému pouze na VOŠ a SŠ Varnsdorf, jedná se o žáky tříletého učebního oboru Elektrikář a při jejich výuce je s úspěchem využita možnost programování prostřednictvím liniových schémat. Liniová schémata se používají při programování PLC, se kterými se žáci ve své praxi často setkají. Dále jsou formou grafů prezentovány výsledky šetření.

Celkem se dotazníkového šetření 66 žáků – 65 chlapců a jedna dívka. Z toho 28 bylo z

VOŠ a SŠ Varnsdorf, 38 z GSOŠ Podbořany. Ročník a učební obor jsou znázorněny v následujících grafech (graf 1, graf 2).



Obrázek 10: Vyhodnocení dotazníku - studijní obor



Obrázek 11: Vyhodnocení dotazníku - ročník

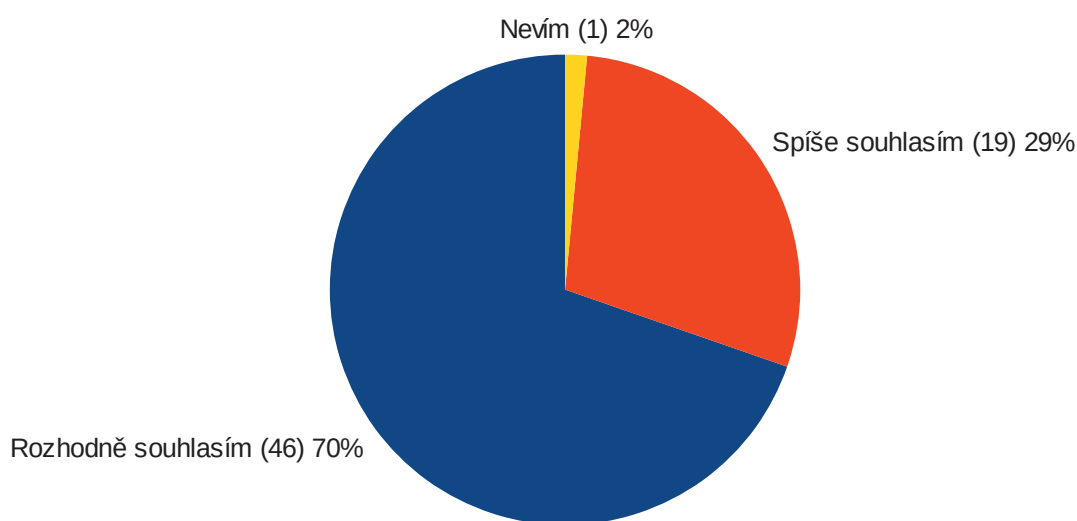
Otázky na zkušenosti žáků s výukovým systémem

Vzhledem k tomu, že cílovými uživateli výukového systému jsou žáci, bylo šetření prováděno mezi žáky, kteří výukový systém při výuce používali. Samozřejmě jsou důležité i zkušenosti učitelů, ale jejich názory a hodnocení výukového systému byly vyhodnoceny v rámci vícekritériální analýzy, ve které hodnocení učitelů vycházelo z jejich zkušeností a spokojenosti se systémem.

Celkově měl být dotazník jednoduchý tak, aby žáci „neodbyli“ jeho vyplnění. Proto byly využity Likertovy škály, které poskytují pro respondenta jednoduchý vyjadřovací prostředek. Počet otázek byl stanoven tak, aby vyplnění dotazníku nezabralo více než pět minut, protože poté zájem a motivace žáka k dokončení dotazníku prudce klesá [10].

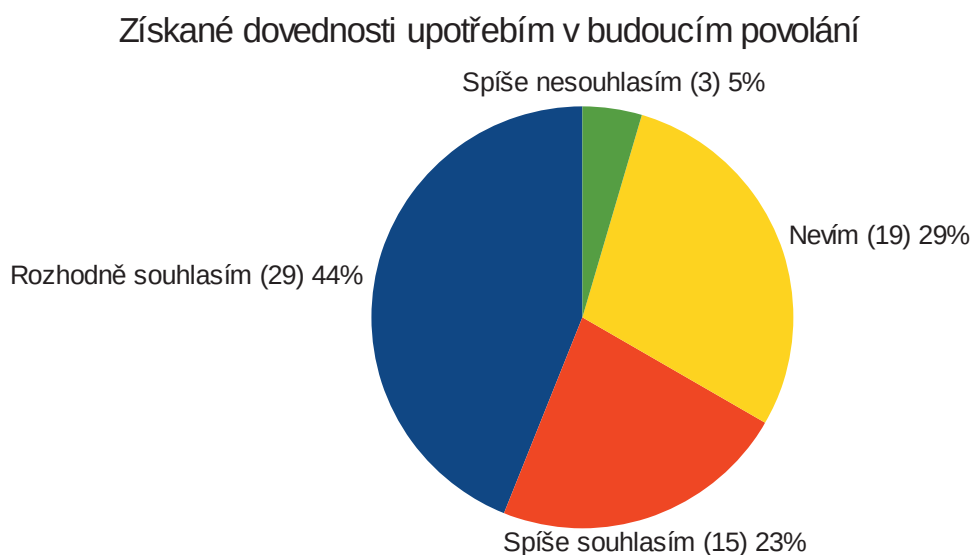
První otázka zjišťovala celkový postoj respondentů, zda považují výuku pomocí tohoto systému za přínosnou. Ukázalo se, že souhlasný postoj zaujalo nečekaně vysoké množství studentů (98,5 %), což je velmi pozitivní zjištění. Znamená to, že studenti pořízení systému hodnotí velmi pozitivně.

Považuji výuku s použitím výukového systému za přínosnou



Obrázek 12: Vyhodnocení dotazníku - výuka je přínosná

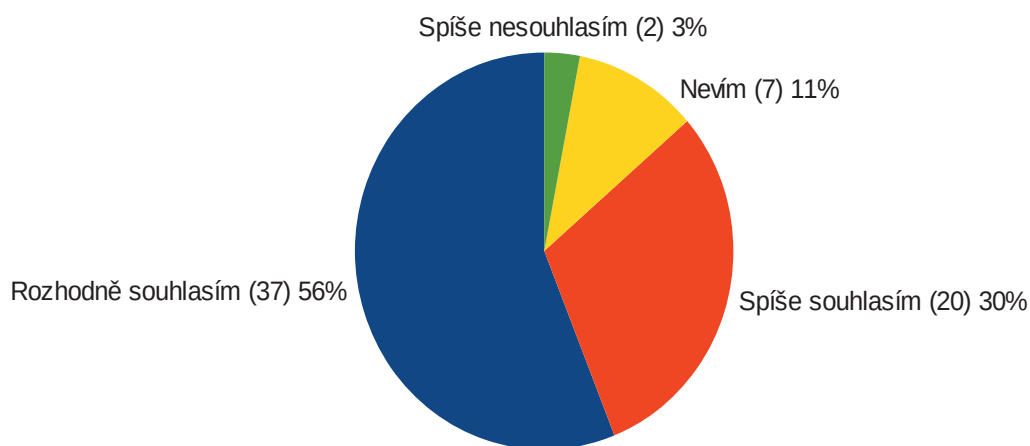
V druhé otázce bylo zjišťováno, zda mají žáci představu o svém budoucím uplatnění. V rámci této otázky respondenti odhadovali, zda získané vědomosti uplatní v budoucím povolání. Odpovědi mohou vypovídat o zájmu o obor (pokud respondent odpovídá, že rozhodně souhlasí, znamená to, že plánuje získat práci v oboru). Někteří žáci, zejména vyšších ročníků, již mohou mít budoucí zaměstnání předjednané a mají tedy přesnou představu o uplatnění získaných znalostí a dovedností.



Obrázek 13: Vyhodnocení dotazníku - budoucí uplatnění dovedností

Další otázka zjišťovala, jak žáci vnímají vlastní výuku. Výsledky jsou opět velmi pozitivní, více než 86 % respondentů výuka s výukovým systémem baví. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi odbornou problematiku (tím pádem u žáků často neoblíbenou), překvapí velmi malé množství záporných odpovědí.

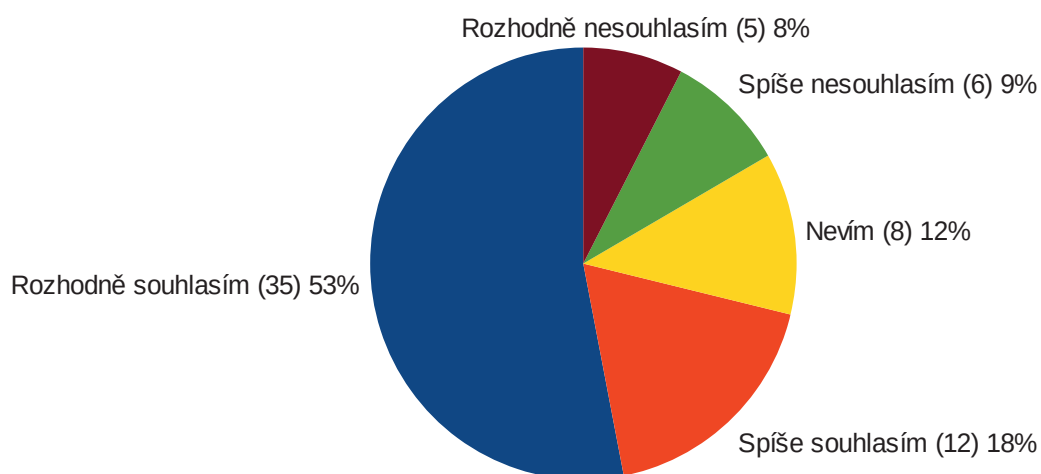
Výuka prostřednictvím systému mne baví



Obrázek 14: Výhodnocení dotazníku - výuka mne baví

Osmá otázka zjišťovala, zda se žáci již někde jinde setkali s problematikou mechatroniky a návrhu autonomních systémů. Žáci často navštěvují v rámci výuky různé exkurze a většinou také absolvují v některém ročníku řízenou praxi. Touto otázkou tedy zjišťujeme, zda respondenti vidí napojení výuky na skutečnou praxi.

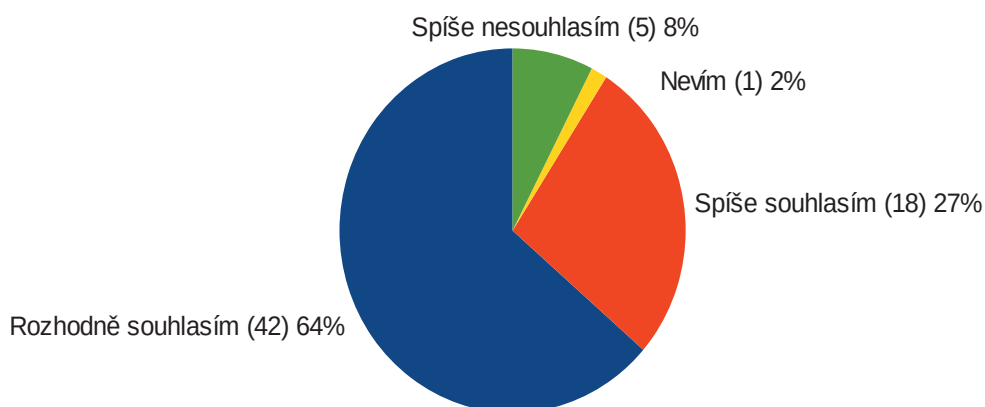
S touto problematikou jsem se již setkal v praxi



Obrázek 15: Vyhodnocení dotazníku - znám problematiku z praxe

S výukovým systémem se většina žáků setká v situaci, kdy jsou v oboru mechatroniky naprostými začátečníky. Výuka programování je pro začátečníky často velmi náročná – zejména pokud vyučujeme programování v tradičním programovacím jazyce (Pascal, C, apod.) - a proto zájem a motivace žáků rychle klesá. Systém Mechatronic Education je připraven právě pro začátečníky, zejména díky implementaci blokových schémat ve vývojovém prostředí, a proto tato i některé další otázky (konkrétně 12 a 13) zjišťují právě to, jak začátečníci hodnotí, zda systém je pro začátečníky vhodný. Výsledky jasně ukazují, že právě vhodnost pro začátečníky je vysoce pozitivně hodnocena (91 % souhlasí, tento výsledek koreluje i s hodnocení učitelů ve vícekritériální analýze).

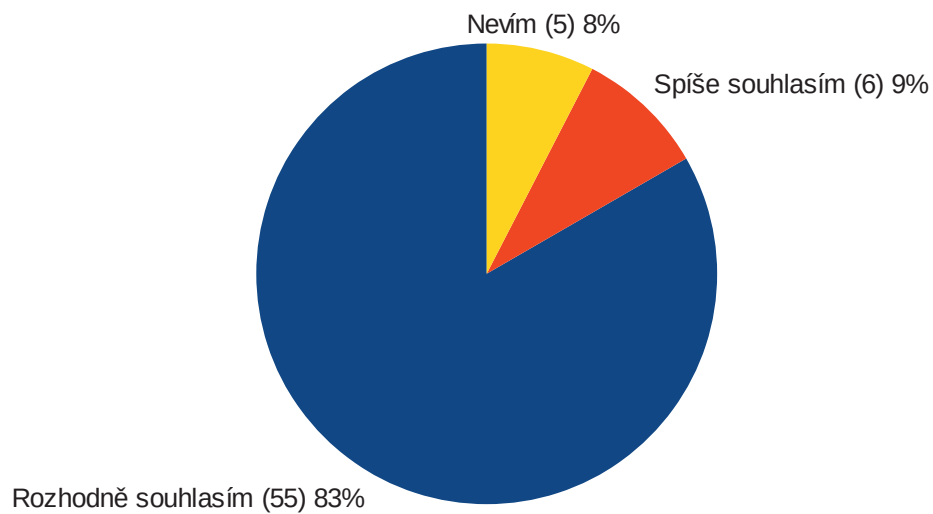
System je dobre prizpusoben zacatecnikum



Obrázek 16: Vyhodnocení dotazníku - systém je dobře přizpůsoben začátečníkům

System je zalozen na propojeni prakticke a teoreticke vuky, kdy zaci si mohou nabyte znalosti ihned vyzkouset v praxi primo na zarizeni. Tato forma vuky je samozrejme velmi atraktivni – ve spojeni s vhodnosti pro zacatecniky, která umoznuje dosahovat rychlych pokroku a tim zaky motivovat k ucní.

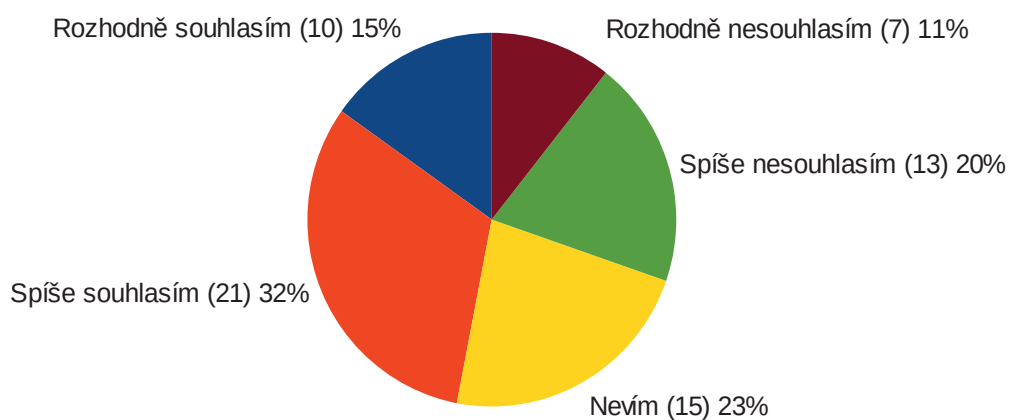
Upřednostňuji praktickou formu výuky před teoretickou



Obrázek 17: Výhodnocení dotazníku – upřednostňuji praktickou formu výuky

Další otázka zjišťovala, zda se respondenti věnují problematice pokryté výukovým systémem i v rámci svých volnočasových aktivit. Kladně odpovědělo 47 % respondentů, což je překvapivě vysoké číslo a ukazuje, že velká část žáků je motivována k získávání znalostí a dovedností i nad rámec osnov. Zároveň se ukazuje, že výuka pomocí systému baví i žáky, kteří se touto problematikou zabývají i ve škole (výsledky první a třetí otázky). To znamená, že systém oslovil i žáky, kteří systém využívají pouze v rámci výuky.

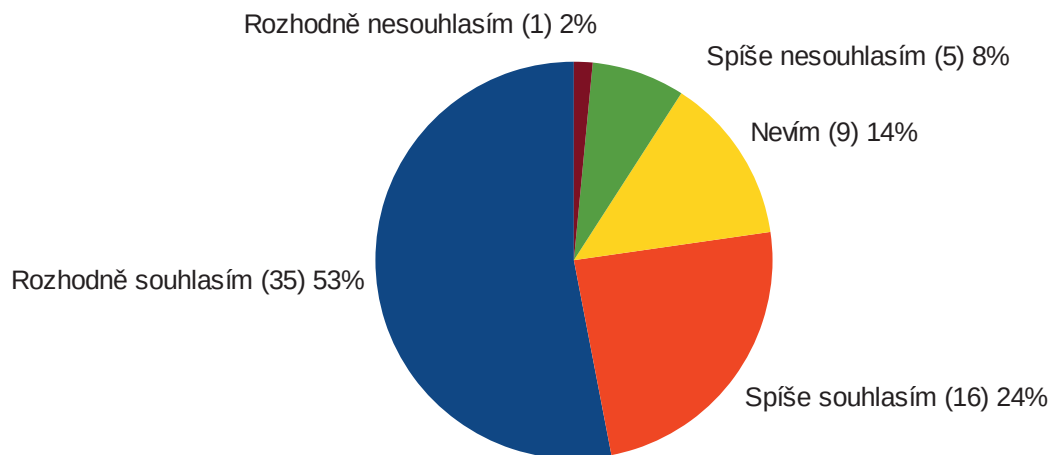
Zabývám se touto problematikou i ve svém volném čase



Obrázek 18: Vyhodnocení dotazníku - volnočasová aktivita

S otázkou č. 3 (výuka mne baví) souvisí i následující otázka, která zjišťuje, zda práce se systémem podporuje žáky v rozvoji. Pokud je systém navržen tak, že žák dosahuje rychlých a hmatatelných pokroků, bude v žákovi podporovat jeho přirozenou zvědavost a žák bude motivován k hlubšímu pronikání do problematiky. Výsledky průzkumu jsou opět více než pozitivní – systém motivuje k rozvoji 77 % respondentů, přičemž pouze 9 % odpovědělo záporně.

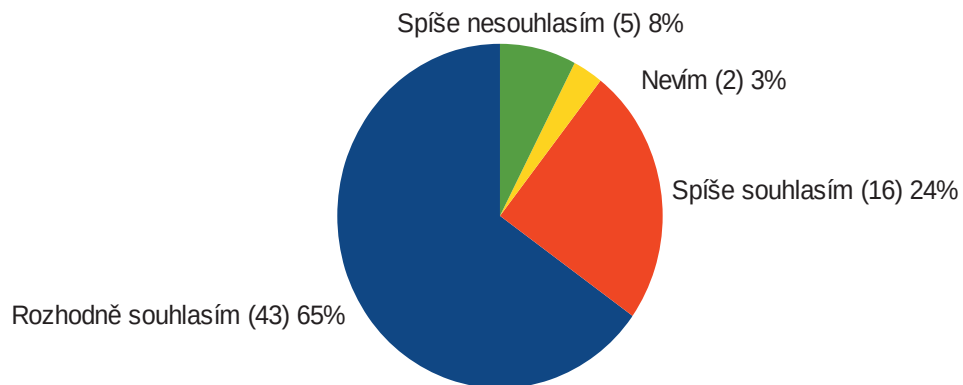
System mne motivuje v rozvoji



Obrázek 19: Vyhodnocení dotazníku - motivace v rozvoji

V pedagogické praxi se ukazuje, že při výuce programování je největším problémem pochopení základních paradigmat programování. Tento prvotní vstup do světa programování je nejsložitější, pokud žák pochopí základy, je potom možné na těchto základech již relativně snadno stavět a rozšiřovat o další znalosti. Proto je nutné, aby tento vstup do programování byl jednoduchý a zajímavý, jinak žáka již zpočátku odradí. Další otázka tedy hodnotila subjektivní názor žáků, zda díky systému snadno pochopili základy programování. I zde se ukazuje, že zacílení systému na začátečníky (opět podotýkám, že díky implementaci jazyka Java je systém vhodný pro žáky jakékoliv úrovně – i pokročilé a velmi pokročilé) bylo dobrým tahem, neboť 89 % respondentů odpovědělo kladně.

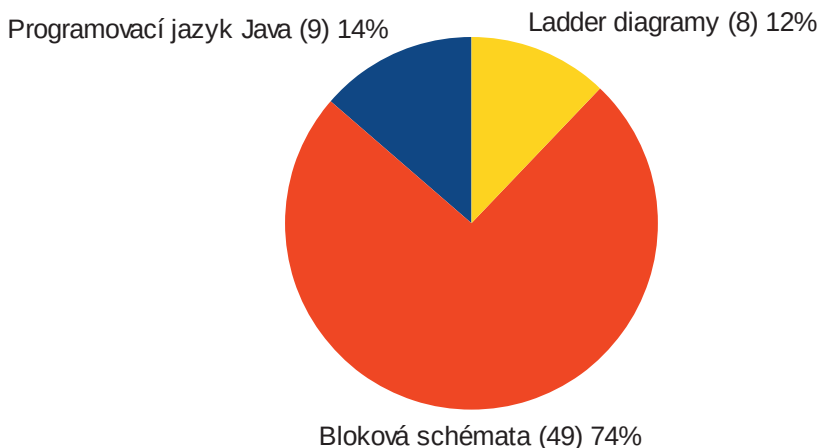
Snadno jsem pochopil základy programování



Obrázek 20: Vyhodnocení dotazníku - pochopení základů programování

Poslední uzavřená otázka byla informativní, respondenti měli možnost vyjádřit své preference ohledně volby programovacího jazyka. Výsledky byly spíše orientační, neboť pouze část žáků se setkala se všemi třemi programovacími jazyky a měli proto objektivní možnost srovnání, navíc cílové aplikace se u jednotlivých jazyků liší (Ladder diagramy pro PLC, Java pro pokročilé), ale i přesto jsou výsledky poměrně zajímavé. Uživatelé Ladder diagramů se převážně rekrutují z řad žáků učebního oboru Elektrikář, kteří je v rámci výuky využívají.

Pro programování preferuji



Obrázek 21: Vyhodnocení dotazníku - preference programovacích jazyků

Poslední dvě otázky byly otevřené a nepovinné, respondenti v nich měli možnost vyjádřit hlavní pozitiva a hlavní výtky k systému. Výběr z těchto názorů je zobrazen níže:

Pozitiva:

Komplexnost - stavebnice + návody + ukázkové modely

Variabilnost dílů, rozsah senzorů a akčních členů

Ucelenost, zpracované didaktické materiály

Ukázkové modely, široký rozsah senzorů

Negativa:

Doplnit více ukázkových úloh. Jak to vypadá, tak kromě naší školy, školy v Mostě a Varnsdorfu, to už nikdo nepoužívá, Velká škoda, chtělo by to komunitu.

Chybí mi komunita jako je např. u Arduina, očekával bych příjemnější cenovou hladinu a dostupnost dílů, jako je právě tomu u Arduina.

Bohužel neexistuje e-shop, ze kterého by bylo možné nakupovat díly i jednotlivě, podobně jako je tomu např. u stavebnice Lego.

Jako největší negativum je vytýkána neexistence komunity okolo výukového systému, aby byla možná výměna znalostí, zkušeností a nápadů. Vzhledem k tomu, že systém teprve vstupuje na trh, je to vcelku pochopitelné, na druhou stranu to ukazuje zájem žáků o aktivní využívání systému a výměnu zkušeností.

Zhodnocení průzkumu a pilotního provozu

Žáci hodnotili práci se systémem velmi kladně, ve všech sledovaných kritériích byl systém hodnocen nadprůměrně pozitivně. Zejména byla oceňována jeho orientace na začátečníky, bohaté možnosti a variabilita. Většina zúčastněných žáků považuje výuku se systémem za přínosnou a hodnotí ji kladně.

V rámci pilotního provozu se nevyskytly žádné problémy se spolehlivostí či chyby. Jakékoliv problémy (plynoucí zejména z nezkušenosti učitelů se systémem) byly výrobcem promptně řešeny.

5. SWOT analýza

Pro vyhodnocení marketingové situace byla provedena SWOT analýza, byly vyhodnoceny silné a slabé stránky a odhaleny příležitosti a hrozby. SWOT analýza je využívána pro zmapování silných a slabých stránek podniku, jeho příležitostí a hrozeb. Silné a slabé stránky jsou interní faktory, týkají se přímo dané společnosti, a ta je může svým jednáním ovlivnit. Příležitosti a hrozby jsou externími faktory, společnost je ovlivnit nemůže, může je pouze akceptovat a využít [11]. SWOT analýza hodnotila situaci společnosti Mechatronic Education, s. r. o., ve vztahu k novému produktu – výukovému systému. Veškerá hodnocení tedy popisují stav společnosti v kontextu zavádění produktu na trh.

Silné stránky

- *Kvalitní produkt*
- *Český původ*
- *Otevřenost systému*
- *Od začátku vyvíjeno jako výukový systém*
- *Česká lokalizace*
- *Soustavný vývoj*

Jak se ukázalo při zpracování dotazníkového šetření, silnou stránkou je nepochybně *kvalitní produkt*, který společnost Mechatronic Education vyvinula. Výukový systém byl i ve vícekriterální analýze vyhodnocen jako zdaleka nejlepší, a i při přímém srovnání s jednotlivými konkurenty jsou jeho výhody jasně zřetelné.

Další silnou stránkou společnosti je její *český původ*. Ten umožňuje přímý styk zákazníka s výrobcem a tím i možnost ovlivňovat budoucí vývoj výukového systému. Situace je pro českého zákazníka mnohem lepší, než když musí jednat s distributorem, který je pouze zástupcem zahraničního výrobce.

V analýze nechci zabředat do hodnocení technických podrobností, nicméně velkou výhodou a silnou stránku spatřuji v *otevřenéosti systému*. To umožňuje systém napojit na již existující prostředky a využít i stávající vybavení laboratoře.

Jako silnou stránku je zcela jistě vhodné uvést i *zaměření na školství*. Celý systém je od počátku navrhován jako školní výukový systém, proto je vybaven zakázkovým výukovým prostředím, výukovými materiály, sadami pracovních listů a podobně.

Jako další výhodou v českém prostředí je třeba uvést *lokalizaci* do českého jazyka. Díky tomu, že se jedná o český produkt, je vyvíjen primárně v českém jazyce (nicméně k dispozici je i angličtina a plánuje se německá lokalizace). To usnadňuje začátečníkům a mladším žákům práci se systémem.

Výhodou je zcela jistě i novost systému a s tím související *vývoj*. Vzhledem k tomu, že systém se nachází v počáteční fázi životnosti výrobku, je společnost Mechatronic Education velmi aktivní ve vývoji a systém neustále doplňuje o novou funkčnost (namátkou možnosti dálkového ovládání, možnost vzdálené telemetrie - „dashboard“, rozšiřování výrazových prostředků Ladder diagramů apod.).

Slabé stránky

- *Neznámý produkt*
- *Nejsou dostatečná data o spolehlivosti*
- *Nejsou reference*
- *Malý tým vývojářů*
- *Připravenost na velkosériovou výrobu*

Nejzásadnější slabou stránku je to, že *systém je nový* a na trhu se dosud neprosadil. Při setkáních učitelů v rámci výuky mechatroniky a robotiky se často setkávám s tím, že učitelé jsou ohromeni vlastnostmi a schopnostmi systému, ale o výrobci nikdy neslyšeli. Na tuto slabou stránku je třeba se zaměřit v první řadě a dostat produkt do povědomí. Ostatně tato věc byla vytýkána žáky při dotazníkovém šetření, nejčastější výtkou byla neexistence komunity pro výměnu zkušeností.

S novostí systému souvisí i další slabá stránka. Systém (zejména jeho hardwarové komponenty) dosud nebyl v dostatečné míře prověřen v produkčním nasazení, aby bylo možné vyvozovat závěry o *spolehlivosti* či *odolnosti*. Požadavky kladené na kvalitu a dlouhodobou spolehlivost jsou v prostředí školních laboratoří velmi vysoké. Při práci se střídá mnoho skupin žáků, dodržování doporučených postupů nelze efektivně prosazovat ani kontrolovat, žáci obecně nejsou při práci příliš opatrní. Proto je třeba mít jistotu, že zařízení tento způsob zacházení budou dlouhodobě snášet. Společnost Mechatronic Education sice ujišťuje, že návrh zařízení by měl být odolný proti poškození například statickou elektřinou, či nesprávným zapojením, ale neexistují žádné dlouhodobé statistiky spolehlivosti ve školském prostředí. Určité poznatky sice přinesl pilotní provoz ve třech zúčastněných školách [9], ale vzhledem k malému vzorku nejsou

získaná data dostatečně statisticky spolehlivá.

Další slabá stránka velmi souvisí s první slabou stránkou. Při rozhodování o nákupu jsou pro školu důležité *reference* – informace o tom, které další školy tento produkt již pro výuku používají. Zároveň si školy při vzájemných setkáních učitelů navzájem vyměňují své poznatky a zkušenosti s výukovými systémy. K rozhodnutí o nákupu často dochází právě na základě neformálně získaných informací o možnostech, výhodách a nevýhodách systému, tyto informace pochopitelně nejsou součástí oficiálních marketingových materiálů. Jak se bude výukový systém rozšiřovat, bude přibývat referencí.

Další identifikovaná slabá stránka se týká *personálního zajištění*. Společnost Mechatronic Education má malý tým vývojářů, v tomto týmu každý vývojář odpovídá za jednu oblast vývoje produktu – software, hardware, ovladače, vývojový systém. Vzhledem k omezenému množství členů týmu neexistuje zastupitelnost a v případě výpadku jednoho vývojáře je ohrožen celý vývoj oblasti, za kterou onen vývojář odpovídá. Případný nástup náhrady přinejmenším vývoj na určitou dobu, potřebnou na zapracování, zdrží.

Poslední identifikovaná slabá stránka se může projevit v okamžiku, kdy společnost začne ve větší míře dodávat své výrobky do škol. V současné době je výroba a distribuční řetězec připraven na nárazové *prodeje menších množství*, je tedy otázkou, jak rychle bude firma Mechatronic Education schopna připravit výrobu, kompletaci a distribuci na větší sérii.

Příležitosti

- *Rok technického vzdělávání*
- *Možnost dotací EU*
- *Potřeba výukových systémů ve školství*

Příležitosti vyznívají pro společnost Mechatronic Education velmi pozitivně. Rok 2015 byl vyhlášen *Rokem technického vzdělávání* a Ministerstvo školství přislíbilo výraznou

podporu právě technickým oborům [13]. Součástí příslibu je i příslib vybavování škol právě podobnými výukovými systémy pro výuku technických oborů. Z tohoto pohledu se tedy společnosti Mechatronic Education na trhu otevírá zajímavý prostor.

Výukové systému pro mechatroniku jsou poměrně nákladná záležitost. To není výtka výrobcům, to je konstatování faktu. Je třeba si uvědomit, z čeho se taková stavebnice skládá – z řídicího počítače, senzorů, akčních členů, konstrukčního systému a vývojového prostředí. Cena tudíž odpovídá tomu, co ve výukovém systému zákazník – škola – získá. Nespornou výhodou je možnost zajištění financování nákupu z prostředků EU vyhrazených na školství – tím spíše, že technické obory jsou podporovány v rámci celé EU, nikoliv pouze v ČR. Škola tedy nenese náklady na pořízení výukové laboratoře v celé výši, ale pouze jejich část (zpravidla velmi malou část). To usnadňuje školám rozhodování o zakoupení.

Vzhledem k rostoucímu využití mechatroniky v dnešních výrobních podnicích roste potřeba přípravy odborníků v tomto oboru. Školy tedy musí na tuto poptávku reagovat a nutně potřebují žáky vyučovat na podobných systémech. To samozřejmě otvírá možnosti výrobcům. Navíc, vzhledem k náročnosti vývoje nového systému, není příliš pravděpodobný okamžitý vstup dalšího nového výrobce na trh a proto zvyšující se poptávka umožní zvýšit prodeje současným výrobcům.

Hrozby

- *Etablovaná konkurence*
- *Možný pokles žáků v technických oborech*
- *Snížení rozpočtu na školství*

Nejzásadnější hrozbou jsou stávající konkurenti. Ti byli podrobně popsáni v jiné části této práce. Proti společnosti Mechatronic Education, s. r. o., mají výhodu vydobyté pozice na trhu, referencí a známosti. Všechny tyto výhody samozřejmě mohou marketingově využít a tím dále posilovat svou pozici. Konkurenti mají zároveň vybudovanu síť „referenčních“ škol, se kterými do jisté míry spolupracují a jejichž prostřednictvím propagují produkt neformálními cestami.

Další hrozbou je pokles žáků v technických oborech. Tato hrozba je naštěstí ve střednědobém horizontu vzhledem k demografickému vývoji a situaci v průmyslu velmi nepravděpodobná. Minimálně v tomto regionu je obrovská poptávka zaměstnavatelů po absolventech technických oborů a technické obory mají při nábořech konstantně velký úspěch.

Poslední hrozbou je snížení rozpočtu na školství. Tato hrozba (vzhledem ke své závislosti na politickém a ekonomickém vývoji) je o něco pravděpodobnější, než hrozba předchozí, ale minimálně v horizontu dvou až tří let nelze zásadní pokles očekávat.

Tabulka 7: SWOT analýza

FAKTORY	POMOCNÉ	ŠKODLIVÉ
INTERNÍ	<p>Silné stránky</p> <p>Kvalitní produkt</p> <p>Český původ</p> <p>Otevřenost systému</p> <p>Od začátku vyvíjeno jako výukový systém</p> <p>Česká lokalizace</p> <p>Soustavný vývoj</p>	<p>Slabé stránky</p> <p>Neznámý produkt</p> <p>Nejsou dostatečná data o spolehlivosti</p> <p>Nejsou reference</p> <p>Malý tým vývojářů</p> <p>Připravenost na velkosériovou výrobu</p>
EXTERNÍ	<p>Příležitosti</p> <p>Rok technického vzdělávání</p> <p>Možnost dotací EU</p> <p>Potřeba výukových systémů ve školství</p>	<p>Hrozby</p> <p>Etablovaná konkurence</p> <p>Možný pokles žáků v technických oborech</p> <p>Snížení rozpočtu na školství</p>

Konfrontační matice

Konfrontační matice vychází z analýzy SWOT a upřesňuje ji. Analýza SWOT

identifikuje všechny faktory, ale nespecifikuje, které faktory jsou zásadní a které jsou méně významné. Pro identifikaci hlavních faktorů se používá konfrontační matice, která se zpracovává na základě analýzy SWOT [11]. Konfrontační matice hodnotí vzájemný vliv příležitostí / hrozeb na silné / slabé stránky. Škála hodnocení osciluje od ++ (velmi příznivý vliv), přes 0 (neutrální), až k – (velmi nepříznivý vliv). Příznivý vliv znamená, že v kontextu tohoto externího faktoru je silná stránka velmi významná, případně slabá stránka je nevýznamná. Nepříznivý vliv má opačný význam, slabá stránka má velmi negativní důsledky, případně silná stránka je nevýznamná. Vyhodnocením jednotlivých ocenění lze identifikovat nejvýznamnější silné a slabé stránky, a zároveň nejdůležitější příležitosti a hrozby.

Vyhodnocením konfrontační matice se ukázalo, že nejvýznamnějšími silnými stránkami jsou *kvalita produktu* a jeho *česká lokalizace*. Tyto silné stránky by měly být v marketingové komunikaci zdůrazněny a měly by být využity. Nejvýznamnějšími slabými stránkami jsou *nepřipravenost firmy na velkosériovou výrobu*, což má za následek problémy při uspokojení zvýšené poptávky v případě úspěšného vstupu na trh, a *nedostatek referencí*. Ten je v případě vstupu nové firmy na trh předpokládaný a je úkolem marketingové komunikace tuto slabou stránku eliminovat.

Nejvýznamnější hrozbou je hrozba *snížení rozpočtu na školství*, což by způsobilo pokles poptávky a tím ohrožení vstupu na trh a získání tržního podílu. Naopak nejvýznamnější příležitostí je *potřeba výukových systémů ve školství*, což potvrzuje správnost rozhodnutí společnosti o vývoji vlastního výukového systému.

Vždy je třeba mít na paměti, že konfrontační matice je subjektivní hodnocení jedním či několika hodnotiteli, a navíc při hodnocení vychází z predikce budoucího vývoje hrozeb a příležitostí, a proto se v budoucnu může ukázat jako ne zcela přesná.

Tabulka 8: Konfrontační matice

		Příležitosti			Hrozby			Součet
		Rok technického vzdělávání	Možnost dotací EU	Potřeba výukových systémů ve školství	Etablovaná konkurence	Možný pokles žáků v technických oborech	Snížení rozpočtu na školství	
Silné stránky	Kvalitní produkt	++	+	++	+	0	0	6
	Český původ	0	0	0	+	0	0	1
	Otevřenost systému	0	0	+	0	0	0	1
	Od začátku vyvíjeno jako výukový systém	0	+	++	+	0	0	4
	Česká lokalizace	0	+	++	++	0	0	5
	Soustavný vývoj	0	0	+	+	0	0	2
Slabé stránky	Neznámý produkt	0	0	-	--	0	-	-4
	Nejsou dostatečná data o spolehlivosti	0	0	-	-	0	0	-2
	Nejsou reference	0	0	-	--	0	-	-4
	Malý tým vývojářů	0	-	0	0	0	0	-1
	Připravenost na velkosériovou výrobu	-	-	--	-	0	0	-5
Součet		1	1	3	0	0	-2	3

6. Návrh marketingové strategie

Pomocí analýzy SWOT byly identifikovány nejzásadnější slabé stránky. Těmi jsou nedostatek referencí a obecně slabá marketingová komunikace. V této oblasti je třeba zvýšit úsilí. Společnost Mechatronic Education, s r. o., v současné době nabízí svůj produkt formou cílených intervencí na jednotlivých školách, které by mohly mít o pořízení výukové stavebnice zájem. Ruku v ruce s touto cílenou činností je třeba, aby společnost vstoupila do všeobecného povědomí po bok stávající konkurence. Toho lze dosáhnout plošným cílením propagace.

Níže uvádím některé vhodné formy plošné propagace zaměřené na školy s technickými obory. Tyto školy budou předem vybrány na základě jejich oborové nabídky, velikosti a důležitosti v rámci regionu.

Veřejná WWW prezentace

V současné době jsou webové stránky společnosti vpravdě minimalistické, uvádějí pouze kontakt na jednatele společnosti. V okamžiku vstupu na trh musí být webové stránky zdrojem podstatných informací o celém systému. Webová prezentace neslouží jako jediný komunikační kanál, nebo hlavní komunikační kanál, plní doplňkovou roli jako poskytovatel důležitých informací o celém výukovém systému.

Představení produktu formou konference

Uspořádat konferenci, na kterou budou pozváni zástupci jednotlivých škol. Na této konferenci budou formou prezentace představeny jednotlivé části výukového systému a demonstrovány jeho vlastnosti pro výuku mechatroniky. Konference může být uspořádána buď jako celostátní (čímž ovšem riskujeme menší účast z vzdálených částí republiky), nebo formou regionální „roadshow“. Ze zkušeností je možné konstatovat, že účast zvaných zástupců na podobných tematických setkáních bývá vysoká a často bývá využita právě i k neformálním diskusím k tématu.

Spolupráce s oborovými svazy

V oblasti průmyslu působí několik oborových svazů, namátkou Svaz strojírenské technologie a Svaz průmyslu a dopravy. Tyto svazy sdružují zaměstnavatele v oboru a velmi často spolupracují se středními a vysokými technickými školami, například formou spolupráce na projektech, podpory projektů atd. Svazy mají velké zkušenosti při čerpání dotací a pokud je systém zaujme, mají poměrně silné postavení pro podporu propagace a rozšíření produktu.

Soutěž v mechatronice

V rámci českého středního i vysokého školství se pravidelně pořádají soutěže v robotice (namátkou Kyberrobot, pořádaný Fakultou mechatroniky TU v Liberci). Ve spolupráci s pořadatelem vytvořit samostatnou kategorii pro školy, které využívají pro výuku výukový systém Mechatronic Education.

Příprava dotačního projektu

Vzhledem k tomu, že české školy často využívají k nákupu pomůcek projektů EU (OPVK, apod.), nabízí se možnost využít projektového financování na nákup výukových pomůcek Mechatronic Education. Bohužel je administrativa spojená s realizací projektu poměrně náročná, což školy může od využití projektu odradit. Proto by bylo vhodné při přípravě projektu oslovit některou z projektových agentur, které připraví projekt „na klíč“ tak, aby byla jak škola, tak výrobce oproštěn od administrativy. Samozřejmě toto řešení nese určité náklady na služby projektové agentury.

7. Závěr

Mechatronika není novým vědním oborem, její počátky sahají až do šedesátých let minulého století, ale v posledních letech se jedná o dynamicky se rozvíjející obor. Tradiční inženýrská konstrukční řešení jsou stále častěji nahrazována řešeními mechatronickými, která jsou výhodná svou variabilitou, operativností i z hlediska ekonomického. Na tento vývoj musí přirozeně reagovat i technické školy, které musí připravovat odborníky vzdělané v oblasti mechatroniky. K tomu však potřebují adekvátní výukové prostředky. V současné době vstupuje na trh nový výrobce Mechatronic Education, s. r. o., se svým nově vyvinutým komplexním výukovým systémem. Diplomová práce reaguje na požadavek společnosti navrhnout vhodné kroky pro vstup na trh.

V diplomové práci byl analyzován trh výukových pomůcek pro mechatroniku, byli identifikováni výrobci, jejichž výrobky jsou českými školami používány nejčastěji a tyto výrobky byly objektivně porovnány podle kritérií podstatných pro výukový systém. Vyhodnocení ukázalo, že společnost Mechatronic Education, s. r. o., vyvinula kvalitní výukový systém, který svými vlastnostmi výrazně převyšuje konkurenční systémy.

V další části diplomové práce byly vyhodnoceny zkušenosti s pilotním provozem výukového systému ve třech českých středních školách, tyto zkušenosti potvrdily výsledky porovnání systémů, neboť žáci – primární uživatelé výukového systému – hodnotili systém velmi pozitivně a jeho vlastnosti vysoce oceňovali.

V další části byla analyzována situace společnosti Mechatronic Education, s. r. o., ve vztahu k výukovému systému. Analýzou SWOT a konfrontační maticí byly identifikovány interní a externí faktory a zhodnocena situace firmy. Bylo poukázáno na její slabé stránky a popsány negativní důsledky. Na základě této analýzy, zejména z hlediska slabých stránek, byly doporučeny vhodné marketingové aktivity pro vstup společnosti na trh. Provedení těchto aktivit by mělo zajistit úspěšný vstup na trh a minimalizaci negativních dopadů slabých stránek společnosti.

Přínosem diplomové práce je provedení analýzy konkurence a objektivní porovnání vlastností jednotlivých konkurenčních výrobků. Tato nezávislá analýza byla cennou zpětnou vazbou pro výrobce – společnost Mechatronic Education, s. r. o. Dalším přínosem bylo vyhodnocení pilotního provozu – získané informace byly opět komunikovány s výrobcem, který na jejich základě může přizpůsobit svůj produkt. V neposlední řadě byly na základě analýzy SWOT doporučeny výrobcovi vhodné kroky pro úspěšný vstup na trh, a pro rychlou eliminaci slabých stránek společnosti. Z tohoto pohledu byly cíle diplomové práce, tak jak byly stanoveny zadáním, i tak jak byly formulovány jednatelem společnosti, splněny.

Seznam literatury

- [1] BISHOP, R. H.: Mechatronics: An Introduction, 1st ed., Fort Lauderdale: CRC Press 2005. ISBN 978-0849363580.
- [2] Materiály společnosti Mechatronic Education, s. r. o.
- [3] What is Java? [online]. Dostupné z http://www.java.com/en/download/whatis_java.jsp [citováno 1. 3. 2015]
- [4] Eclipse Foundation [online]. Dostupné z <http://eclipse.org> [citováno 1. 3. 2015]
- [5] MEGAROBOT.net. [online]. Dostupné z <http://www.megarobot.net> [citováno 1. 3. 2015]
- [6] Distributor Eduxe.cz [online]. Dostupné z <http://www.eduxe.cz> [citováno 1. 3. 2015]
- [7] Merkur Toys [online]. Dostupné z <http://www.merkurtoys.cz/vyrobky/robotika-a-mechatronika> [citováno 1. 3. 2015]
- [8] FIALA, P, JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M.: Vícekriteriální rozhodování. VŠE, Praha, 1997
- [9] Projekt“ Implementace prvků mechatroniky do výuky elektro-technických oborů SŠ“ [online]. Dostupné z <http://www.sstvf.cz/index.php?id=1246> [citováno 1. 3. 2015]
- [10] PECÁKOVÁ, I.: Statistika v terénních průzkumech. Professional Publishing. Praha 2008
- [11] FORET, Miroslav; STÁVKOVÁ, Jana. Marketingový výzkum: jak poznávat své zákazníky. Grada Publishing as, 2003.
- [12] ŠTEFÁNEK, R.: Projektové řízení pro začátečníky. Computer Press, 2011.
- [13] Marcel Chládek: 2015 bude rokem technického vzdělávání [online]. Dostupné z <http://www.msmt.cz/ministerstvo/novinar/marcel-chladek-2015-bude-rokem-technickeho-vzdelavani> [citováno 1. 3. 2015]

[14] KARLÍČEK M., KRÁL P.: Marketingová komunikace, 1. vydání, Praha: Grada 2011. ISBN 978-8024735412.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Robotická ruka ze setu EMS.....	11
Obrázek 2: Řídící počítač jBotBrainII.....	19
Obrázek 3: Příklad programu ve vizuálních blocích.....	20
Obrázek 4: Program v jazyce kontaktních schémat.....	22
Obrázek 5: Komponenty systému Bioloid.....	27
Obrázek 6: Příklad robota Lego Mindstorms.....	30
Obrázek 7: EV3 Programovatelná kostka.....	32
Obrázek 8: Robot ze stavebnice Merkur.....	34
Obrázek 9: Příklad programu pro robota MerkurToys.....	36
Obrázek 10: Vyhodnocení dotazníku - studijní obor.....	48
Obrázek 11: Vyhodnocení dotazníku - ročník.....	48
Obrázek 12: Vyhodnocení dotazníku - výuka je přínosná.....	49
Obrázek 13: Vyhodnocení dotazníku - budoucí uplatnění dovedností.....	50
Obrázek 14: Vyhodnocení dotazníku - výuka mne baví.....	51
Obrázek 15: Vyhodnocení dotazníku - znám problematiku z praxe.....	52
Obrázek 16: Vyhodnocení dotazníku - systém je dobře přizpůsoben začátečníkům.....	53
Obrázek 17: Vyhodnocení dotazníku – upřednostňuji praktickou formu výuky.....	54
Obrázek 18: Vyhodnocení dotazníku - volnočasová aktivita.....	55
Obrázek 19: Vyhodnocení dotazníku - motivace v rozvoji.....	56
Obrázek 20: Vyhodnocení dotazníku - pochopení základů programování.....	57
Obrázek 21: Vyhodnocení dotazníku - preference programovacích jazyků.....	58

Seznam vzorců

Vzorec 1: Váha kritéria.....	45
Vzorec 2: Celkový užitek.....	47
Vzorec 3: Úprava ohodnocení.....	47

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výhody a nevýhody systému Mechatronic Education.....	24
Tabulka 2: Výhody a nevýhody systému Robotis Bioloid.....	29
Tabulka 3: Výhody a nevýhody systému Lego Mindstorms.....	33
Tabulka 4: Výhody a nevýhody systému Merkur Toys.....	36
Tabulka 5: Párové srovnání kritérií.....	43
Tabulka 6: Výsledek vícekritériální analýzy.....	45
Tabulka 7: SWOT analýza.....	64
Tabulka 8: Konfrontační matice.....	66

Přílohy

Příloha 1 – Kriteriační matice

Kriteriační matice

	Firma	Mechatronic Education	Robotis Bioloid	Legu Mindstorms	Merkur	Škála	Typ	Váha kritéria
	<i>Varianta / Kriteřium</i>	<i>Basic Lab Set</i>	<i>Bioloid Premium</i>	<i>Základní souprava</i>	<i>Slídil Alfa + Robotická ruka Beta 6 st.</i>			
1	<i>Rozšířitelnost systému</i>	8	4	9	10	1 – 10	max	0,032967
2	<i>Variabilita</i>	10	9	8	1	1 – 10	max	0,0549451
3	<i>Obsáhlost konstrukčního systému</i>	10	4	6	10	1 – 10	max	0,043956
4	<i>Množství akčních členů</i>	6	18	3	8	počet	max	0,0989011
5	<i>Počet měřených veličin</i>	9	3	5	1	počet	max	0,0879121
6	<i>Množství senzorů</i>	11	4	5	1	počet	max	0,1208791
7	<i>Otevřenost rozhraní</i>	10	1	1	10	1 – 10	max	0,021978
8	<i>Vývojový software</i>	10	8	8	2	1 – 10	max	0,0879121
9	<i>Počet programovacích jazyků</i>	3	2	15	1	počet	max	0,010989
10	<i>Vhodnost pro začátečníky</i>	10	8	7	1	1 – 10	max	0,1428571
11	<i>Dokumentace</i>	10	5	5	2	1 – 10	max	0,032967
12	<i>Výukové materiály</i>	10	4	3	1	1 – 10	max	0,1098901
13	<i>Cena</i>	35000	34606	14615	10527	cena	min	0,0879121
14	<i>Podpora výrobce</i>	10	8	6	4	1 – 10	max	0,0659341

Příloha 2 – Normalizovaná matice

Normalizovaná matice

	Firma	Mechatronic Education	Robotis Bioloid	Lego Mindstorms	Merkur
	<i>Varianta / Kритérium</i>	<i>Basic Lab Set</i>	<i>Bioloid Premium</i>	<i>Základní souprava</i>	<i>Slídil Alfa + Robotická ruka Beta 6 st.</i>
1	<i>Rozšiřitelnost systému</i>	0,667	0,000	0,833	1,000
2	<i>Variabilita</i>	1,000	0,889	0,778	0,000
3	<i>Obsáhlost konstrukčního systému</i>	1,000	0,000	0,333	1,000
4	<i>Množství akčních členů</i>	0,200	1,000	0,000	0,333
5	<i>Počet měřených veličin</i>	1,000	0,250	0,500	0,000
6	<i>Množství senzorů</i>	1,000	0,300	0,400	0,000
7	<i>Otevřenost rozhraní</i>	1,000	0,000	0,000	1,000
8	<i>Vývojový software</i>	1,000	0,750	0,750	0,000
9	<i>Počet programovacích jazyků</i>	0,143	0,071	1,000	0,000
10	<i>Vhodnost pro začátečníky</i>	1,000	0,778	0,667	0,000
11	<i>Dokumentace</i>	1,000	0,375	0,375	0,000
12	<i>Výukové materiály</i>	1,000	0,333	0,222	0,000
13	<i>Cena</i>	0,000	0,016	0,833	1,000
14	<i>Podpora výrobce</i>	1,000	0,667	0,333	0,000

Příloha 3 – Výsledná matice dle metody WSA

	Firma	Mechatronic Education	Robotis Bioloid	Lego Mindstorms	Merkur
	<i>Varianta / Kritérium</i>	<i>Basic Lab Set</i>	<i>Bioloid Premium</i>	<i>Základní souprava</i>	<i>Slídl Alfa + Robotická ruk a Beta 6 st.</i>
1	<i>Rozšiřitelnost systému</i>	0,022	0,000	0,027	0,033
2	<i>Variabilita</i>	0,055	0,049	0,043	0,000
3	<i>Obsáhlost konstrukčního systému</i>	0,044	0,000	0,015	0,044
4	<i>Množství akčních členů</i>	0,020	0,099	0,000	0,033
5	<i>Počet měřených veličin</i>	0,088	0,022	0,044	0,000
6	<i>Množství senzorů</i>	0,121	0,036	0,048	0,000
7	<i>Otevřenost rozhraní</i>	0,022	0,000	0,000	0,022
8	<i>Vývojový software</i>	0,088	0,066	0,066	0,000
9	<i>Počet programovacích jazyků</i>	0,002	0,001	0,011	0,000
10	<i>Vhodnost pro začátečníky</i>	0,143	0,111	0,095	0,000
11	<i>Dokumentace</i>	0,033	0,012	0,012	0,000
12	<i>Výukové materiály</i>	0,110	0,037	0,024	0,000
13	<i>Cena</i>	0,000	0,001	0,073	0,088
14	<i>Podpora výrobce</i>	0,066	0,044	0,022	0,000
	Celkem	0,813	0,478	0,481	0,220
	Pořadí	1	3	2	4