

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA
V NITRE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Mgr. Miloslav Skačan

Autoreferát dizertačnej práce

ALTERNATÍVNE SPÔSOBY VÝUČBY CAD/CAE SYSTÉMOV

na získanie akademického titulu Philosophiae Doctor, v skratke „PhD.“

v študijnom odbore: učiteľstvo a pedagogické vedy

študijný program: didaktika technických predmetov

Nitra 2020

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Pedagogickej fakulte Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre.

Doktorand: Mgr. Miloslav Skačan
Školiace pracovisko: Katedra techniky a informačných technológií
Pedagogická fakulta, UKF v Nitre
Dražovská cesta 4
949 74 Nitra

Školiteľ: prof. PaedDr. Alena Hašková, CSc.

Oponenti: prof. Ing. Veronika Stoffová, CSc.
PF TU v Trnave
prof. Ing. Milan Turčáni, CSc.
FPV UKF v Nitre
Ing. Martin Zatkalík, PhD.
SOŠD v Bratislave

Autoreferát bol rozoslaný dňa: 23.06.2020

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa 26.08.2020 o 14,30 hod.
pred komisiou pre obhajobu dizertačných prác v študijnom odbore didaktika technických
predmetov na Pedagogickej fakulte UKF v Nitre.

Predseda odborovej komisie:
prof. PaedDr. Alena Hašková, CSc.

Katedra techniky a informačných technológií
Pedagogická fakulta, UKF v Nitre

Obsah

ÚVOD	4
1 ŠTRUKTÚRA DIZERTAČNEJ PRÁCE	5
2 ZÁMER DIZERTAČNEJ PRÁCE V KONTEXTE POŽIADAVIEK PRIEMYSELNEJ PRAXE	6
3 CIELE A ÚLOHY DIZERTAČNEJ PRÁCE	8
4 METODOLÓGIA VERIFIKÁCIE NAVRHOVANEJ KONCEPCIE	10
4.1 Kontrolná a experimentálna skupina	10
4.2 Validizácia rovnocennosti kontrolnej a experimentálnej skupiny	11
4.3 Postup výučby experimentálnej skupiny	12
5 VÝSLEDKY VERIFIKÁCIE NAVRHOVANEJ KONCEPCIE	13
5.1 Výsledky diagnostikácie učebných výsledkov žiakov	13
5.2 Verifikácia hypotéz	16
6 SUMARIZÁCIA HLAVNÝCH VÝSLEDKOV	20
ZÁVER.....	22
SUMMARY.....	23
VÝBER POUŽITEJ LITERATÚRY	24
PREHĽAD PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI DOKTORANDA.....	26

ÚVOD

CAD/CAE systémy sú využívané po celom svete v rôznych odvetviach. Podľa viacerých autorov a odborníkov zaoberajúcich sa touto problematikou sa CAD/CAE systémy využívajú najmä v strojárskom a automobilovom priemysle. Signifikantný nárast ich využívania je možné sledovať predovšetkým v Severnej Amerike a Európe. Dôvodom je veľký rozvoj automobilového priemyslu a výstavba nových automobilových závodov. V Európskom regióne narastá dopyt po softvéroch na dizajn elektrických automobilov, a to najmä v Nemecku, Taliansku, Francúzsku a Španielsku. Automobilky sa v súčasnosti zameriavajú na vývoj nových a efektívnych elektrických, palivových motorov, hybridných automobilov a smart zariadení do áut. Súhlasíme s názorom Špačka (2019), že tieto nové požiadavky a zmeny v automobilovom priemysle budú znamenať nárast dopytu po odborníkoch ovládajúcich prácu s CAD a CAE systémami. Každá automobilová alebo strojárenská spoločnosť využíva určitý druh CAD/CAE systému. V súčasnosti existuje veľké množstvo CAD/CAE softvérov, no nie všetky sú využívané. Známe automobilové závody ako Volkswagen AG (Škoda, Audi, Volkswagen, Porsche) alebo BMW využívajú softvér CATIA, ktorý však majú prispôbený podľa vlastných požiadaviek. V priemysle sú najčastejšie využívané systémy od Autodesk Inc, CAXA Technology, Bentley Systems, Gstarsoft a Trimble.

Vzhľadom na veľkú využiteľnosť a budúcnosť CAD/CAE systémov je potrebné zakomponovať tieto systémy aj do prípravy budúcich pracovníkov uvedených sektorov. Vzdelávanie v týchto systémoch prebieha najmä na stredných odborných školách. Je nesmierne dôležité, aby vyučovanie CAD/CAE systémov bolo neustále skvalitňované a rozširovali sa odborné kompetencie žiakov, ale aj učiteľov, pri práci s týmito grafickými systémami. Stredné odborné školy by mali dokázať reagovať na súčasné trendy trhu práce a pripravovať kvalifikovaných, tvorivých a flexibilných absolventov, ktorí ovládajú aspoň základy moderných výrobných technológií používaných v strojárstve a automobilovom priemysle.

V ostatných rokoch sa Slovenská republika stala jedným z hlavných výrobcov automobilov a ich auto dielov. Hlavným problémom fungovania tohto sektora sa však stáva zabezpečenie dostupnosti kvalifikovaných pracovníkov potrebných pre tento sektor. Potreby a záujmy priemyselnej praxe by mali vytvárať platformu rozvoja technického vzdelávania poskytovaného strednými aj vysokými školami. Vedomosti a zručnosti práce s CA technológiami sa stali jedným z kľúčových prvkov úspešného uplatnenia sa absolventov technických škôl v praxi.

V kontexte vyššie uvedeného sa v našej dizertačnej práci zaoberáme návrhom alternatívnych postupov výučby CAD/CAE systémov na stredných odborných školách a následným overením nami navrhovanej koncepcie výučby CAD/CAE systémov. Hlavný problém, ktorý rieši naša koncepcia, je, že parametrickému modelovaniu sa na stredných školách venuje veľmi málo času. Preto navrhujeme nový, netradičný postup výučby CAD/CAE systémov, ktorý reflektuje požiadavky praxe (navýšenie časovej dotácie pre modelovanie a simuláciu) bez toho, aby bolo potrebné navýšiť celkovú sumárnu dotáciu určenú na výučbu CAD/CAE systémov.

1 ŠTRUKTÚRA DIZERTAČNEJ PRÁCE

OBSAH

1 Teoretické východiská riešenej problematiky.....	8
1.1 CAD/CAE systémy.....	8
1.2 Klasické a parametrické modelovanie	10
1.2.1 Parametrizácia a parametrické modelovanie	12
1.2.2 Konštrukčná geometria a hraničná reprezentácia	13
1.3 Výučba CAD/CAE systémov na stredných odborných školách.....	14
1.3.1 CAD systémy v klasickom modelovaní.....	17
1.3.2 CAD/CAE systémy v parametrickom modelovaní.....	20
1.4 Zámer dizertačnej práce v kontexte požiadaviek priemyselnej praxe	25
2 Konceptia alternatívneho spôsobu výučby CAD/CAE systémov.....	27
3. Verifikácia navrhovanej koncepcie.....	33
3.1 Metodológia verifikácie.....	33
3.2 Návrh školského vzdelávacieho plánu výučby parametrického modelovania k navrhovanej koncepcii	35
3.3 Kontrolná a experimentálna skupina	41
3.4 Validizácia rovnocennosti kontrolnej a experimentálnej skupiny	45
3.5 Postup výučby experimentálnej skupiny	48
4 Výsledky verifikácie navrhovanej koncepcie	77
4.1 Analýza diagnostikovaných učebných výsledkov žiakov	78
4.2 Verifikácia hypotéz.....	93
5 Sumarizácia hlavných výsledkov.....	99
ZÁVER	103
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV	105

2 ZÁMER DIZERTAČNEJ PRÁCE V KONTEXTE POŽIADAVIEK PRIEMYSELNEJ PRAXE

Slovensko sa v ostatnom období zaradilo medzi významných výrobcov (resp. dodávateľov) automobilov. Súčasne sa ale vynára markantný problém dostupnosti a kvality pracovných síl s náležitou kvalifikáciou pre automobilový priemysel. V prieskume realizovanom v roku 2014 tento problém potvrdilo až 71 % respondentov (prieskum dodávateľov automobilového priemyslu, 2014). Realizovaný prieskum potvrdzuje, ako nesmierne dôležité je, aby systém školského vzdelávania reflektoval potreby a záujmy priemyselnej praxe. Požiadavky priemyselnej praxe žiadajú od absolventov škôl čoraz odbornejšie skúsenosti a vedomosti, čo prináša nové výzvy pre školy, aby vedeli pomôcť naplniť potrebné kapacity trhu práce. Úlohou škôl je zachytiť tieto informácie a inovovať odbory a výučbu tak, aby sa ich absolventi stali vhodnými uchádzačmi o uplatnenie sa na trhu práce v oblasti priemyselnej praxe. V priemyselnej praxi sú pritom požiadavky na absolventa presne dané. Firmy hľadajú absolventov, ktorí vedú vytvoriť súčiastku, vytvoriť jej simulácie a celé to podložiť technickým výkresom. Tento problém sa stal hlavnou témou našej dizertačnej práce. Z množstva potrebných inovácií sa do popredia dostáva parametrické modelovanie, ktoré patrí do učebných osnov na stredných odborných školách. Z nášho pohľadu výučbu CAD/CAE technológií, ako z obsahového tak aj metodologického hľadiska, považujeme za jeden z kľúčových problémov zosúladenia prípravy absolventov technických škôl s požiadavkami praxe (trhu práce). Problémom však je, že parametrickému modelovaniu sa na stredných školách venuje veľmi málo času.

V našej dizertačnej práci navrhujeme nový netradičný postup výučby CAD/CAE systémov, ktorý reflektuje požiadavky praxe (navýšenie časovej dotácie pre modelovanie a simuláciu) bez toho, aby bolo potrebné navýšiť celkovú sumárnu dotáciu určenú na výučbu CAD/CAE systémov (t. j. celková časová dotácia výučby CAD/CAE systémov ostáva nezmenená). Hlavným zámerom práce v tomto kontexte bolo zistiť, či je pre žiakov vhodné začať hneď s parametrickým modelovaním. To znamená, že klasickú metódu modelovania v 2D navrhujeme vynechať s tým, že žiaci hneď začínajú s parametrickým modelovaním, čo poskytuje žiakovi väčší priestor na realizáciu sa v tejto oblasti. Žiaci získavajú od začiatku prehľad o softvéri a postupne vďaka parametrizácii vytvárajú 3D modely. Po vytvorení 3D modelov nasledujú simulácie. Na konci školského roku sa žiaci vrátia k technickým výkresom a vlastnostiam, ktoré majú obsahovať. V súčasnom vzdelávacom systéme je tvorba technickej dokumentácie hlavným obsahom vzdelávania v tejto oblasti. Štandardný postup výučby venuje dve tretiny časovej dotácie teórii technického kreslenia – kresleniu na papieri alebo kresleniu v CAD systéme prostredníctvom počítača. Len jedna tretina celkovej časovej dotácie je venovaná systémom CAE a zaoberá sa témou počítačom podporovaného dizajnu, t. j. procesom a nástrojmi, ktoré podporujú invenciu a tvorivosť konštruktéra alebo dizajnéra (výsledky nami realizovanej analýzy Štátneho vzdelávacieho programu pre stredné odborné školy). Túto problematiku podrobne zhrnuli autori Kuna, Hašková a kol. v článku „How to teach CAD/CAE systems“, ktorý je dostupný na internete (<https://www.researchgate.net/>)

Súčasné CAD/CAE systémy dokážu automaticky generovať kompletnú technickú dokumentáciu technických zariadení a častí strojov. V nadväznosti na návrh sa pomocou týchto systémov vytvárajú simulácie technických zariadení, pomocou ktorých vedú dizajnéri testovať vytvorené zariadenia a prípadne opraviť ich chyby. A ako ukazujú výsledky prieskumu požiadaviek trhu práce, v praxi sa čoraz väčší dôraz kladie práve na požiadavky a schopnosti absolventov v oblasti modelovania a simulácie. Možnosťou, ako by tieto požiadavky technickej praxe mohli byť reflektované na školách (vo vzdelávaní), je zvýšiť časovú dotáciu pre výučbu CAD/CAE systémov. Takýto postup by však znamenal nevyhnutnú úpravu školských dokumentov a zdĺhavý proces rozhodovania o tom, v ktorej oblasti technického vzdelávania by mala byť znížená časová dotácia, aby sme získali priestor na navýšenie časovej dotácie pre výučbu CAD/CAE systémov.

3 CIELE A ÚLOHY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Cieľom dizertačnej práce je navrhnuť alternatívny postup výučby CAD/CAE systémov na stredných odborných školách a následne overiť navrhovanú koncepciu výučby CAD/CAE systémov. V rámci overovania nami vytvorenej koncepcie sme si stanovili výskumné hypotézy, ktoré sme následne verifikovali. Hypotézy sme verifikovali prostredníctvom pedagogického experimentu.

Hlavnou myšlienkou navrhovanej metodiky je významné zníženie (o polovicu) času, ktorý je vyčlenený na výučbu tvorby technickej dokumentácie. Je možné, že takýto zásah negatívne ovplyvní učebné výsledky žiakov. S cieľom posúdiť, do akej miery bude tento zásah ovplyvňovať študijné výsledky žiakov, je potrebné definovať výkonnostnú normu z predmetnej oblasti a stanoviť metodiku na overenie dosiahnutých výsledkov.

V roku 2008 začala na Slovensku reforma školstva na základe Zákona č.245/2008 Z. z. o výchove a vzdelávaní (školský zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Definovala sa sústava škôl na Slovensku a systém vzdelávania bol prispôsobený medzinárodným štandardom ISCED (International Standard Classification of Education). Zaviedol sa dvojúrovňový model vzdelávania, ktorý prináša školám väčšie možnosti profilovať sa na základe potrieb regiónu a svojich možností.

Požadované vedomosti a zručnosti žiakov v oblasti tvorby technickej dokumentácie boli rozdelené takto.

Teoretické vedomosti:

- Znalosť noriem v oblasti technickej dokumentácie
- Znalosť funkcií a nástrojov vybraného CAD systému na vytvorenie 2D technickej dokumentácie
- Teoretické vedomosti o výkresových postupoch (manuálne / PC) výkresovej dokumentácie

Praktické zručnosti:

- Čítanie technických výkresov s porozumením
- Vytváranie technickej dokumentácie v súlade so štandardom – manuálne
- Vytváranie technickej dokumentácie v súlade s normou - pomocou CAD systému

Pri príprave nových učebných osnov chceme dosiahnuť úsporu času na úkor zvládnutia praktických zručností, najmä pri tvorbe technickej dokumentácie. Ako bolo uvedené, súčasné systémy CAD/CAE môžu automaticky generovať technické výkresy z virtuálnych 3D modelov. Preto sa v tejto časti vyučovania zameriavame predovšetkým na čítanie porozumenia technickej dokumentácie a teoretické znalosti postupov pre tvorbu technickej dokumentácie. Ďalej definujeme tieto vedomosti a zručnosti ako kľúčové. Predpokladáme, že žiaci budú schopní eliminovať svoje hendikepy z absencie praktických zručností pri tvorbe technických výkresov prostredníctvom svojej aplikačnej praxe. Súčasný vývoj a trendy v používaní systémov CAD/CAE podporujú konštruktérov v tejto činnosti.

Zvýšením časovej dotácie pre CAE systémy (zdvojnásobením) očakávame, samozrejme, že zručnosti žiakov v oblasti navrhovania a simulácie sa zlepšia.

V súčasnosti je nápad či myšlienka konštruktéra najprv „zhmotnená“ v podobe virtuálneho 3D modelu, ktorého správanie dokáže konštruktér odsimulovať a následne vo virtuálnom svete CAD/CAE systémov modifikovať. Až vo finálnej fáze konštruktér vytvára/generuje technickú dokumentáciu pre výrobu. Túto simuláciu najlepšie dokumentujú katalógy stavebných firiem. Na základe ponuky prezentovanej v katalógu si zákazník vyberá dom, ktorý ho najviac „oslovuje“ resp. sa najviac približuje k jeho predstavám a požiadavkám. Virtuálny 3D model domu umožňuje zákazníkovi „prechádzať sa“ jednotlivými priestormi domu a zvažovať zhodu s jeho predstavami a požiadavkami alebo potrebu prípadných úprav. Na základe virtuálneho 3D modelu zákazník dokáže projektantovi presne špecifikovať parametre prípadných požadovaných modifikácií vybraného ponúkaného domu. Tento postup sa môže niekoľko krát opakovať a až na záver celého tohto procesu (procesu navrhovania) prichádza k finálnej činnosti a to k tvorbe stavebnej (technickej) dokumentácie.

V nami navrhovanom postupe žiaci začínajú hneď navrhovaním a modelovaním súčiastok, v ďalšej fáze vytvárajú ich simulácie a až na záver vytvárajú technickú dokumentáciu k navrhnutému 3D modelu konštruovaných súčiastok. Pri návrhu tohto nekonvenčného spôsobu výučby CAD/CAE systémov sme vychádzali zo skutočnosti, že tento postup výučby (následne jednotlivých osvojovaných krokov) kopíruje postupy zaužívané v technickej praxi (následnosť jednotlivých krokov samotného procesu konštruovania). Skupina označovaná ako kontrolná, bola vyučovaná klasickým, tzv. „tradičným“ spôsobom. Skupina označovaná ako experimentálna bola vyučovaná na základe nami navrhovanej koncepcie a k nej modifikovaných tematických plánov.

4 METODOLÓGIA VERIFIKÁCIE NAVRHOVANEJ KONCEPCIE

Cieľom dizertačnej práce bolo navrhnúť alternatívny postup výučby CAD/CAE systémov na stredných odborných školách a následne overiť navrhovanú koncepciu výučby CAD/CAE systémov v praxi.

Verifikácia navrhovanej koncepcie bola založená na pedagogickom experimente, v rámci ktorého sme verifikovali 3 hypotézy:

H1: *Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu lepšie výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti modelovania*

H2: *Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu rovnaké výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti tvorby technickej dokumentácie*

H3: *Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu rovnaké výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti vnímania a čítania technickej dokumentácie*

Hypotéza H1 vychádza z logického predpokladu, že zvýšená časová dotácia venovaná výučbe modelovania v CAD/CAE systémoch ovplyvní pozitívne výsledky žiakov. Hypotéza H2 predpokladá, že žiaci v experimentálnej skupine aj napriek zníženému počtu hodín venovaných tvorbe technickej dokumentácie dosiahnu podobné výsledky v čítaní technickej dokumentácie ako žiaci v kontrolnej skupine. Hypotéza H3 predpokladá, že žiaci v experimentálnej skupine aj napriek zníženému počtu hodín venovaných tvorbe technickej dokumentácie dosiahnu podobné výsledky v oblasti vnímania a čítania technickej dokumentácie. Na rozdiel od hypotéz H1 a H2, hypotéza H3 predpokladá, že znížený počet hodín vyučovania technického výkresu a tvorby technickej dokumentácie nebude mať významný negatívny vplyv na vedomosti a zručnosti žiakov. V podstate teda vychádzame z predpokladu, že nie sú nevyhnutné na rozvoj zručností žiakov pracovať s CAD/CAE systémami. Potvrdenie uvedených hypotéz možno považovať za preukázanie uplatniteľnosti nami navrhovanej nekonvenčnej metodiky vyučovania CAD/CAE systémov na stredných odborných školách, ktorá pripravuje žiakov lepšie na splnenie požiadaviek trhu práce na znalosti a zručnosti absolventov stredných škôl súvisiace s modelovaním a simuláciou v CAD/CAE systémoch.

4.1 Kontrolná a experimentálna skupina

Účastníkmi pedagogického experimentu boli, na základe dostupnosti, žiaci druhého ročníka Strednej odbornej školy polytechnickej v Zlatých Moravciach a žiaci druhého ročníka Strednej priemyselnej školy strojníckej a elektrotechnickej v Nitre. Žiaci sa na začiatku štúdia na strednej odbornej škole rozdeľujú do skupín na praktické vyučovanie. Je to spôsobené štátnym vzdelávacím programom, v ktorom je dané, koľko žiakov môže byť v skupine podľa materiálneho technického zabezpečenia študijných odborov. V prvom ročníku boli teda žiaci rozdelení do skupín podľa abecedného poradia. Náš pedagogický experiment prebiehal v druhom ročníku, teda žiaci mali už určené, v ktorej skupine sa nachádzajú.

Skupina označovaná ako kontrolná, bola vyučovaná klasickým, tzv. „tradičným“ spôsobom. Skupina teda používala zaužívané školské tematické plány. Skupinu tvorilo 36 žiakov. Skupina pozostávala z dvoch podskupín – 17 žiakov Strednej odbornej školy polytechnickej v Zlatých Moravciach a 19 žiakov Strednej priemyselnej školy strojníckej a elektrotechnickej v Nitre. Obidve podskupiny viedli ich domáci učitelia, na základe rovnakých inštrukcií jednotného fungovania oboch podskupín podľa zjednoteného tematického plánu, spôsobu výučby jednotlivých tém ako aj spôsobu hodnotenia žiakov.

Skupina označovaná ako experimentálna bola vyučovaná na základe nami navrhovanej koncepcie a k nej modifikovaných tematických plánov. Tvorilo ju 35 žiakov, z toho 18 žiakov na Strednej odbornej škole polytechnickej v Zlatých Moravciach, vedených riešiteľom dizertačnej práce a 17 žiakov Strednej priemyselnej školy strojníckej a elektrotechnickej v Nitre, vedených ich domácim učiteľom. Analogicky ako v prípade podskupín kontrolnej skupiny, aj vyučujúci oboch podskupín experimentálnej skupiny sa pred začatím experimentu dohodli na jednotnom systéme fungovania skupín, zjednotili tematický plán a dohodli sa na spôsobe hodnotenia.

4.2 Validizácia rovnocennosti kontrolnej a experimentálnej skupiny

Základným predpokladom toho, aby sme mohli na základe nami realizovaného pedagogického experimentu potvrdiť alebo zamietnuť výskumné hypotézy H1 – H3, zamerané na verifikáciu nami navrhovanej koncepcie výučby CAD/CAE systémov, bolo vytvorenie vedomostne rovnocenných skupín. V našom prípade sme nevytvárali a priori rovnocenné skupiny, ale prostredníctvom vstupného didaktického testu (pre-testu) zadaného žiakom ešte pred začiatkom experimentu, sme diagnostikovali vedomostnú úroveň žiakov v oboch skupinách (kontrolnej a experimentálnej) a následne sme odstraňovali v jednej aj druhej skupine diagnostikované nedostatky (dopĺňanie nedostatočných poznatkov z učiva preberaného v prvom ročníku v rámci výučby predmetu Technická grafika).

Vstupný didaktický test (pre-test) obsahoval otázky zamerané na informácie, ktoré žiaci potrebujú v druhom ročníku na predmete Technická grafika. Sú to základné znalosti z oblasti kótovania súčiastok, predstavivosti (nárys, bokorys, pôdorys) a realizácie náčrtov a technického písma.

Výsledky vstupného testu:

Známka	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
1	19	22
2	14	11
3	2	3
4	0	0
5	0	0

Tab. 1: Výsledky vstupného testu (pre-testu)

Výsledky vstupného testu pre nás neboli prekvapujúce, približne v danom rozsahu sme ich očakávali na základe výsledkov žiakov dosiahnutých v prvom ročníku. Na základe výsledkov

vstupného testu sme vedeli odstrániť vedomostné nedostatky jednotlivých žiakov a nastaviť tak úroveň experimentálnej a kontrolnej skupiny na rovnakú mieru.

4.3 Postup výučby experimentálnej skupiny

Po absolvovaní vstupného didaktického testu a odstránení vedomostných nedostatkov u jednotlivých žiakov v oboch skupinách, sme začali realizovať náš pedagogický experiment. Kontrolná skupina postupovala podľa zaužívaných postupov a používala klasický tematický plán. Experimentálna skupina postupovala podľa nami vytvoreného alternatívneho spôsobu výučby CAD/CAE systémov a používala nami navrhnutý tematický plán.

Na začiatku školského roka, keď sa začal realizovať pedagogický experiment, sa žiaci stretli s programom Inventor prvý krát, nemali žiadne predchádzajúce skúsenosti s týmto softvérovým produktom. Tomuto faktoru bola prispôbená aj náročnosť jednotlivých učebných úloh, na ktorých bola založená nami navrhovaná koncepcia alternatívnej výučby CAD/CAE technológií.

Nami navrhnutý alternatívny spôsob výučby obsahoval pätnásť úloh, zhrnuté v „zbierke úloh“, ktoré de facto predstavujú učivo preberané v rámci jednotlivých hodín (praktických cvičení). Postup úloh bol v dizertačnej práci popísaný krok po kroku z pohľadu učiteľa. Úlohy boli modelované podľa tematického plánu, ktorý sme navrhli. Do úvahy sme brali náročnosť úloh a postupné získavanie zručností žiakov pri používaní rôznych nástrojov, ktoré program ponúka. Po absolvovaní týchto troch úloh bol žiakom zadaný výstupný pedagogický test, v ktorom boli úlohy zamerané na teoretické vedomosti žiakov získané počas pedagogického experimentu. Didaktický post-test bol zameraný na diagnostikovanie úrovne osvojených teoretických poznatkov žiakov, súvisiacich s učivom, ktoré bolo preberané počas školského roka. Test obsahoval osem otázok, ku ktorým boli na výber štyri možnosti odpovede, z ktorých žiaci mali vybrať tú správnu. Okrem didaktického testu dostali žiaci za úlohu vypracovať tri úlohy.

Prvá úloha bola založená na zistení praktických zručností žiakov v oboch skupinách. Obe skupiny dostali vytvorený technický výkres. Ich úlohou bolo vytvoriť súčiastku v 3D priestore a následne exportovať jej technický výkres. Hodnotila sa rýchlosť, spôsob vyhotovenia a miera pomoci od učiteľa. V tejto úlohe sme zistili úroveň nadobudnutých poznatkov žiakov z programu na vytváranie 3D súčiastok, teda programu Inventor. Druhá úloha bola zameraná na vytvorenie technického výkresu, teda na zistenie nadobudnutej úrovne vo vytváraní 2D súčiastky a technického výkresu. Žiaci mali k dispozícii súčiastku, jej veľkosti a kóty. Ich úlohou bolo vytvoriť jej technický výkres v AutoCAD-e. Výsledkom tejto úlohy bola súčiastka v 2D priestore a jej technický výkres. Hodnotili sme rýchlosť vytvorenia technickej súčiastky, spôsob vyhotovenia a mieru pomoci od učiteľa. Tretia úloha nadväzovala na druhú a tretiu úlohu. Žiaci dostali za úlohu z priloženého technického výkresu vymodelovať súčiastku z modelovacej plastelíny. V tejto úlohe sme sa zamerali na úroveň čítania technického výkresu a predstavivosti žiakov. Výsledkom bola súčiastka vymodelovaná z modelovacej plastelíny. Hodnotili sme najväčšiu mieru napodobnenia technickej súčiastky a jej vizuálnu stránku.

5 VÝSLEDKY VERIFIKÁCIE NAVRHOVANEJ KONCEPCIE

Po ukončení pedagogického experimentu, na základe jeho výsledkov, nasledovalo vyhodnotenie verifikácie nami navrhovanej koncepcie (alternatívneho spôsobu) výučby CAD/CAE systémov. Ako výsledky v tomto kontexte označujeme výsledky diagnostikovania učebných výsledkov dosiahnutých žiakmi jednak v experimentálnej a jednak v kontrolnej skupine.

5.1 Výsledky diagnostikácie učebných výsledkov žiakov

Na začiatku školského roka a zároveň na začiatku nášho pedagogického experimentu sme potrebovali zistiť úroveň teoretických poznatkov žiakov v našich skupinách. Zistili sme to pomocou štandardizovaného vstupného testu. Obe skupiny vypracovali test, ktorý obsahoval základné poznatky, ktoré sú dôležité aj pre priemyselnú prax. Test obsahoval osem otázok, ku ktorým boli na výber štyri možnosti odpovede. Žiaci vyberali tú správnu.

Ďalším krokom bolo zistiť praktické zručnosti žiakov v oboch skupinách. Zistili sme to pomocou praktickej úlohy, ktorú sme nazvali prvá úloha. Obe skupiny dostali vytvorený technický výkres. Ich úlohou bolo vytvoriť súčiastku v 3D priestore a následne exportovať jej technický výkres. Hodnotila sa rýchlosť, spôsob vyhotovenia a miera pomoci od učiteľa. V tejto úlohe sme zistili úroveň nadobudnutých poznatkov žiakov z programu na vytváranie 3D súčiastok, teda programu Inventor.

Po absolvovaní prvej úlohy nasledovala druhá úloha, ktorá bola zameraná na vytvorenie technického výkresu, teda na zistenie nadobudnutej úrovne vo vytváraní 2D súčiastky a technického výkresu. Žiaci mali k dispozícii súčiastku, jej veľkosti a kóty. Ich úlohou bolo vytvoriť 2D priestore a jej technický výkres. Hodnotili sme rýchlosť vytvorenia technickej súčiastky, spôsob vyhotovenia a mieru pomoci od učiteľa.

Posledná, tretia úloha nadväzovala na druhú a tretiu úlohu. Žiaci dostali za úlohu z priloženého technického výkresu vymodelovať súčiastku z modelovacej plastelíny. V tejto úlohe sme sledovali úroveň čítania technického výkresu a predstavivosti žiakov. Výsledkom bola súčiastka vymodelovaná z modelovacej plastelíny. Hodnotili sme najväčšiu mieru napodobnenia technickej súčiastky a jej vizuálnu stránku.

Metodológia hodnotenia úloh

V hodnotení zadaných úloh sme si stanovili kritéria hodnotenia, podľa ktorých sme hodnotili všetky tri úlohy. V zadaných troch úlohách mohli žiaci získať maximálne desať bodov z každého kritéria hodnotenia. Dokopy mohli získať za každú úlohu 30 bodov, čo bolo maximum. Hodnotila sa rýchlosť, spôsob (precíznosť) vyhotovenia, splnenie čiastkových úloh (výber materiálu) a miera pomoci od učiteľa:

1. *Rýchlosť odovzdania zadania* – na odovzdanie zadania druhej úlohy bol stanovený limit dvadsať minút.
2. *Spôsob vyhotovenia a splnenia čiastkových cieľov* – odovzdané zadanie muselo splniť všetky požiadavky zadané žiakom:
 - správny výber normy modelovania,

- výber pracovnej roviny,
 - nástroj vytiahnutie (extrude), zaoblenie (file),
 - kótovanie,
 - výber materiálu súčiastky,
 - vytvorenie technického výkresu.
3. *Miera pomoci od učiteľa* – úlohu mali žiaci, na základe nadobudnutých vedomostí a zručností, zvládnuť bez pomoci.

Na základe hodnotenia zadaných kritérií sme vytvorili pre naše tri úlohy nasledovnú stupnicu:

Stupnica hodnotenia zadaných úloh:	
30 – 26	1
25 – 21	2
20 – 15	3
14 – 8	4
7 – 0	5

Tab. 2: Stupnica hodnotenia úloh

Analýza výsledkov prvej úlohy

Prvá úloha bola zameraná na diagnostikovanie praktických zručností žiakov v kontrolnej aj experimentálnej skupine. Obidve skupiny dostali vytvorený technický výkres. Úlohou žiakov v oboch skupinách bolo vytvoriť súčiastku v 3D priestore a následne vyexportovať jej 3D model a takisto technický výkres.

Výsledky prvej úlohy:		
Známka	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
1	14	2
2	12	13
3	9	12
4	0	9
5	0	0

Tab. 3: Výsledky skupín z prvej úlohy

- V prvej úlohe dopadla lepšie experimentálna skupina, v ktorej dosiahlo známku „výborný“ 14 žiakov, v kontrolnej skupine známku „výborný“ dosiahli 2 žiaci.
- Známku „chválitebný“ dosiahlo v experimentálnej skupine 12 žiakov, v kontrolnej skupine túto známku dosiahlo 13 žiakov.
- Známku „dobrý“ dosiahlo v experimentálnej skupine 9 žiakov, v kontrolnej túto známku dostalo 12 žiakov.
- V kontrolnej skupine sme evidovali známku „dostatočný“ u 9 žiakov.

Analýza výsledkov druhej úlohy

Druhá úloha bola zameraná na vytvorenie technického výkresu a zisťovali sme ňou nadobudnutú úroveň vo vytváraní 2D súčiastky a technického výkresu. Žiaci mali k dispozícii súčiastku, jej veľkosti a kóty. Ich úlohou bolo vytvoriť technický výkres danej súčiastky v Auto CAD-e. Výsledkom tejto úlohy bola súčiastka v 2D priestore a technický výkres.

Výsledky druhej úlohy:		
Známka	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
1	9	10
2	16	15
3	7	9
4	3	2
5	0	0

Tab. 4: Výsledky skupín druhej úlohy

- V druhej úlohe dosiahol známku „výborný“ 9 žiakov v experimentálnej skupine a 10 žiakov v kontrolnej skupine.
- Známku „chválitebný“ dosiahol 16 žiakov v experimentálnej skupine a 15 v kontrolnej skupine.
- 7 žiakov v experimentálnej skupine dosiahol známku „dobrý“ a v kontrolnej skupine 9 žiakov.
- Známku „dostatočný“ dosiahli v experimentálnej skupine 3 žiaci a v kontrolnej skupine 2 žiaci.

Analýza výsledkov tretej úlohy

Tretia úloha prakticky nadväzovala na prvú a druhú úlohu. Žiaci mali za úlohu z priloženého technického výkresu vymodelovať súčiastku z modelovacej plastelíny. Úloha bola zameraná na diagnostikovanie úrovne čítania technického výkresu a technickej predstavivosti žiakov. Výsledkom bola súčiastka vymodelovaná z modelovacej plastelíny.

Výsledky tretej úlohy:		
Známka	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
1	20	19
2	13	16
3	2	1
4	0	0
5	0	0

Tab. 5: Výsledky skupín z tretej úlohy

- V tretej úlohe dosiahol známku „výborný“ 20 žiakov v experimentálnej skupine, v kontrolnej skupine túto známku dosiahol 19 žiakov.

- Znamku „chválitebný“ dosiahlo 13 žiakov v experimentálnej skupine, v kontrolnej skupine to bolo 16 žiakov.
- 2 žiaci v experimentálnej skupine dosiahli známku „dobrý“, v kontrolnej skupine to bol 1 žiak.

Analýza výsledkov výstupného didaktického testu (post-testu)

Didaktický post-test bol zameraný na diagnostikovanie úrovne osvojených teoretických poznatkov žiakov, súvisiacich s učivom, ktoré bolo preberané počas školského roka. Test obsahoval osem otázok, ku ktorým boli na výber štyri možnosti odpovede, z ktorých žiaci mali vybrať tú správnu. Výsledky výstupného testu sú zhrnuté v tabuľke 6.

Známka	Experimentálna skupina	Kontrolná skupina
1	20	19
2	12	13
3	3	4
4	0	0
5	0	0

Tab. 6: Výsledky výstupného testu (post-testu)

Výsledky výstupného didaktického testu nám ukázali, že žiaci počas celého školského roka a trvania pedagogického experimentu získali teoretické poznatky z oblasti modelovania a tvorby technického výkresu, ktoré budú potrebovať na vysokej škole alebo v priemyselnej praxi

5.2 Verifikácia hypotéz

Pre potvrdenie alebo vyvrátenie hypotéz sme postupovali podľa Matulaya (2010), ktorý pre štatistické metódy stanovuje, že ak je hypotéza potvrdená, musí mať percentuálny rozdiel väčší alebo rovný 20%. V našom pedagogickom experimente bola zapojená pomerne malá výskumná vzorka, takže výsledky nemôžeme zovšeobecňovať. Na druhú stranu ale výsledky poukazujú na tendenciu, že pri uplatnení navrhovanej koncepcie výučby CAD/CAE systémov učebné výsledky žiakov sa nezhoršujú, skôr naopak, pričom žiaci by mali byť lepšie pripravení pre priemyselnú prax, ale aj na ďalšie štúdium na vysokej škole.

Verifikáciu hypotézy H1

Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu lepšie výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti modelovania.

Hypotéza H1 bola verifikovaná prostredníctvom úlohy číslo 1. V tabuľke 7 sú sumarizované dosiahnuté body oboch skupín, ktoré sme rozdelili na základe dosiahnutých známok žiakmi z prvej úlohy. Body za každú známku sme spočítali a premenili na percentuálny výsledok. Žiaci, ktorí dostali známku „výborný“ získali spolu 420 bodov, to znamená, že všetkých štrnásť žiakov získalo maximálny počet bodov 30. O stupeň horšiu známku „chválitebný“ dostalo dvanásť žiakov. Získali od 21 – 25 bodov. Spolu dostali 278 bodov. Deväť žiakov získalo 15 –

20, spolu získali 168 bodov. Z toho vyplýva, že žiaci v experimentálnej skupine dosiahli 866 bodov z maximálneho možného počtu 1050 bodov. Po prepočítaní na percentá to je 82,5%. V kontrolnej skupine dosiahli maximálny počet bodov dvaja žiaci, dokopy získali 52 bodov, dostali známku „výborný“. O stupeň horšiu známku „chválitebný“ dostalo trinásť žiakov. Spolu získali 294 bodov. Znamku „dobrý“ dostalo dvanásť žiakov, spolu získali 208 bodov. V kontrolnej skupine dostalo deväť žiakov známku „dostatočný“, spolu získali 120 bodov. Po spočítaní bodov nám vyšlo, že kontrolná skupina získala spolu 674 bodov a po prepočítaní na percentá je to 62,3%.

Hypotéza H1:

Známka	Experimentálna skupina (počet žiakov / počet bodov)	%	Kontrolná skupina (počet žiakov / počet bodov)	%
1	14 / 420		2 / 52	
2	12 / 278		13 / 294	
3	9 / 168		12 / 208	
4	0 / 0		9 / 120	
5	0 / 0		0 / 0	
Spolu (možné maximum bodov/dosiahnutý počet bodov)	1050 / 866	82,5	1080 / 674	62,3

Tab. 7: Výsledky verifikácie hypotézy H1

Na základe výsledkov prezentovaných v Tab. 12 môžeme konštatovať, že experimentálna skupina dosiahla lepšie výsledky ako kontrolná. Nakoľko výsledný percentuálny rozdiel medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou je 20,3%, a teda dosahuje stanovenú hranicu požadovaného minima percentuálneho rozdielu 20%, konštatujeme, že hypotéza bola potvrdená.

Verifikácia hypotézy H2:

Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu rovnaké výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti tvorby technickej dokumentácie.

Hypotéza H2 bola verifikovaná prostredníctvom úlohy číslo 2. V tabuľke 8 sú sumarizované dosiahnuté body oboch skupín, ktoré sme rozdelili na základe dosiahnutých známok žiakmi z druhej úlohy. Body za každú známku sme spočítali a premenili na percentuálny výsledok. Znamku „výborný“ dostali v experimentálnej skupine žiaci, ktorí získali spolu 246 bodov, to znamená, že plný počet bodov získalo len pár žiakov. Ostatní žiaci stratili body v zadaných kritériách. O stupeň horšiu známku „chválitebný“ dostalo šesťnásť žiakov. Získali od 21 – 25 bodov. Spolu dostali 360 bodov. Žiaci stratili body v každom zo zadaných kritérií. Deväť žiakov získalo 15 – 20, spolu získali 168 bodov. Traja žiaci dostali známku „dostatočný“, spolu

získali 42 bodov. Z toho vyplýva, že žiaci v experimentálnej skupine dosiahli 780 bodov z maximálneho možného počtu 1050 bodov. Po prepočítaní na percentá to je 74,29%.

V kontrolnej skupine dostalo známku „výborný“ desať žiakov. Spolu získali 298 bodov, z maximálneho počtu stratili len dva body. Znamku „chválitebný“ dostalo pätnásť žiakov. Spolu získali 350 bodov, z maximálneho možného počtu bodov stratili v kritériách dokopy dvadsaťpäť bodov. O stupeň horšiu známku „dobrý“ dostalo deväť žiakov, spolu získali 170 bodov. V kontrolnej skupine dostali dvaja žiaci známku „dostatočný“, spolu získali 28 bodov. Po spočítaní bodov nám vyšlo, že kontrolná skupina získala spolu 846 bodov a po prepočítaní na percentá je to 78,333%. Po zadaní výsledkov je vidieť minimálny rozdiel medzi výsledkami skupín. Lepší výsledok dosiahla kontrolná skupina. Je to dané tým, že podľa kontrolnej metódy vyučovania je väčší počet hodín venovaný práve tvorbe technického výkresu a technickej dokumentácie.

Hypotéza H2:

Známka	Experimentálna skupina (počet žiakov / počet bodov)	%	Kontrolná skupina (počet žiakov / počet bodov)	%
1	9 / 246		10 / 298	
2	16 / 360		15 / 350	
3	7 / 132		9 / 170	
4	3 / 42		2 / 28	
5	0 / 0		0 / 0	
Spolu (možné maximum bodov/dosiahnutý počet bodov)	1050 / 780	74,29	1080 / 846	78,33

Tab. 8: Výsledky verifikácie hypotézy H2

Výsledný percentuálny rozdiel medzi kontrolnou a experimentálnou skupinou je 4,04%. Vykazovaný rozdiel teda nemožno označiť za štatisticky významný, čo znamená, že hypotéza bola potvrdená (nakolko v prípade tejto hypotézy sa testovala zhoda výsledkov, nie rozdiel, ako je to u predchádzajúcej hypotézy H1).

Verifikácia hypotézy H3

Žiaci experimentálnej skupiny dosiahnu rovnaké výsledky ako žiaci kontrolnej skupiny v oblasti vnímania a čítania technickej dokumentácie.

Hypotéza H3 bola verifikovaná prostredníctvom úlohy číslo 3. V tabuľke 9 sú sumarizované dosiahnuté body oboch skupín, ktoré sme rozdelili na základe dosiahnutých známok žiakmi z tretej úlohy. Body za každú známku sme spočítali a premenili na percentuálny výsledok. V experimentálnej skupine dostalo známku „výborný“ dvadsať žiakov. Na základe vyhotovenia súčiastky z plastelíny získali maximálny počet 600 bodov. O stupeň horšiu známku dostalo

trinásť žiakov, získali 21 – 25 bodov. Žiakom boli strhnuté body za nesplnenie časti kritérií. Dokopy získali 325 bodov. Dvaja žiaci získali známku „dobrý“, to znamená, že získali 15-20. Ich bodový zisk bol 40 bodov. Experimentálna skupina po prepočítaní na percentá dosiahla 91,90% úspešnosť.

V kontrolnej skupine devätnásť žiakom dostal známku „výborný“. spolu získali 570 bodov, o 30 menej, ako takto hodnotení žiaci v experimentálnej skupine. O stupeň horšiu známku získalo šesťnásť žiakov, o troch žiakov viac ako v experimentálnej skupine. Dokopy získali 400 bodov. Jeden žiak v kontrolnej skupine dostal známku „dobrý“, získal dvadsať bodov, body mu boli stiahnuté za nesplnenie zadaných kritérií. Kontrolná skupina po prepočítaní na percentá získala 91,67% úspešnosť.

Hypotéza H3

Známka	Experimentálna skupina (počet žiakov / počet bodov)	%	Kontrolná skupina (počet žiakov / počet bodov)	%
1	20 / 600		19 / 570	
2	13 / 325		16 / 400	
3	2 / 40		1 / 20	
4	0 / 0		0 / 0	
5	0 / 0		0 / 0	
Spolu (možné maximum bodov/dosiahnutý počet bodov)	1050 / 965	91,90%	1080 / 990	91,67%

Tab. 9: Výsledky verifikácie hypotézy H3

Výsledný percentuálny rozdiel medzi kontrolnou a experimentálnou skupinou je 0,23%, čo znamená, že rozdiel je menší ako 20%. Tento rozdiel na základe danej štatistickej metódy nie je štatisticky významný a preto sme hypotézu potvrdili (nakoľko aj v tejto hypotéze sa testuje zhoda výsledkov).

Sumarizácia výsledkov

Pre lepšiu prehľadnosť výsledkov verifikácie hypotéz H1 – H3, sme výsledky sumarizovali do tabuľky 10.

Hypotéza	Prvá úloha	Druhá úloha	Tretia úloha
H1	Potvrdená		
H2		Potvrdená	
H3			Potvrdená

Tab. 10: Prehľad výsledku verifikácie hypotéz

6 SUMARIZÁCIA HLAVNÝCH VÝSLEDKOV

Cieľom našej dizertačnej práce bolo vytvoriť nový alternatívny spôsob výučby CAD/CAE systémov a následne ho overiť vo vyučovaní predmetu Technická grafika na strednej odbornej škole. V rámci výskumu sme vytvorili dve skupiny, prvá bola nazvaná „kontrolná skupina“, ktorá jeden celý školský rok postupovala vo vyučovaní podľa zaužívaného postupu. Druhá skupina bola nazvaná „experimentálna skupina“, ktorá celý školský rok využívala nami navrhnutý inovatívny systém výučby. Potrebné teda bolo navrhnuť nové školské vzdelávacie plány pre inovatívnu skupinu. Hlavnou zmenou voči klasickým školským vzdelávacím plánom bolo navýšenie počtu hodín pre 3D modelovací program Autodesk Inventor. Klasické cvičenia využívané v klasickej (kontrolnej) metóde vyučovania predmetu Technická grafika sme nahradili nami vytvorenými cvičeniami. Do nášho výskumu sa zapojili dve stredné odborné školy. Prvým krokom, ešte pred začatím výskumu, bol vstupný didaktický test. V didaktickom teste (pre-teste) boli otázky orientované na vedomosti z prvého ročníka z predmetu Technické kreslenie. Dosiahnuté výsledky nám na začiatku výskumu ukázali nadobudnuté vedomosti žiakov, aby sme ešte pred začiatkom pedagogického experimentu mohli vyrovnáť vedomostnú úroveň kontrolnej a experimentálnej skupiny.

Ako ukazujú výsledky overovania nami navrhovanej koncepcie výučby CAD/CAE systémov, žiaci v experimentálnej skupine v 3D modelovaní dosiahli lepšie výsledky a v tvorbe technickej dokumentácie boli ich výsledky rovnaké ako u žiakov kontrolnej skupiny. Výsledky nášho pedagogického experimentu nám ukázali dôležité zistenia. Na základe nich by sme v experimentálnej skupine zmenili poradie vyučovacích celkov ale bez zmeny časovej dotácie hodín. Teda na začiatku školského roka, by žiaci začali s klasickým modelovaním v programe AutoCAD, tvorbu technických výkresov a potom by prešli na 3D modelovanie a simulácie. Toto rozhodnutie sme vymedzili na základe toho, že po dokončení práce v 3D modelovacom programe Inventor a následnom prechode na 2D program AutoCAD, stratili žiaci motiváciu a program sa im javil nezaujímavý. Sme toho názoru, že 3D priestor programu poskytuje žiakom väčšiu kreativitu a možnosti modelovania súčiastok.

Na základe dosiahnutých výsledkov si dovoľujeme tvrdiť, že nami vytvorený inovatívny spôsob výučby CAD/CAE systémov sa osvedčil ako vhodný spôsob pre alternatívne poňatie modelovania, či už v priemyselnej praxi alebo ako príprava na vysokú školu. Učebné úlohy, ktoré boli súčasťou nášho pedagogického experimentu sme zhrnuli do „Zbierky úloh“ k nami navrhovanej koncepcii.

Prostredníctvom pedagogického experimentu sme potvrdili naše hypotézy a na základe získaných výsledkov za hlavné prínosy našej práce pre rozvoj odborovej didaktiky a pedagogickej praxe považujeme nasledovné:

- Vedeckým prínosom našej práce je zodpovedanie výskumnej otázky, že zníženie počtu hodín venovanej výučbe technického kreslenia nemá negatívny dopad na znalosti vytvárania technickej dokumentácie súčiastok.
- Vytvorená zbierka úloh rozširuje spektrum didaktických pomôcok určených pre stredné odborné školy.

- Vytvorenie exaktných postupov alternatívneho spôsobu výučby CAD/CAE systémov v predmete Technická grafika napomáha rozvoju pedagogickej praxe na stredných odborných školách a zvyšovaniu záujmu žiakov o štúdium techniky, pričom prispieva aj k uľahčeniu prípravy učiteľov na výučbu technickej grafiky.
- Zameranie vytvoreného alternatívneho spôsobu výučby CAD/CAE systémov na žiaka podporuje učebnú motiváciu žiakov na hodinách technickej grafiky.
- Výberom vhodného softvérového prostriedku CAD/CAE systémov využívaného v priemyselnej praxi vytvárame jednak prostredie pre skvalitnenie výučby na stredných školách a jednak prepájame odbornú prípravu na stredných školách s požiadavkami trhu práce.

ZÁVER

Hlavným zámerom dizertačnej práce bolo skvalitniť výučbu predmetu Technická grafika na stredných odborných školách tak, aby v nej boli reflektované požiadavky trhu práce a priemyselnej praxe. V súlade s týmto zámerom ako cieľ sme si stanovili navrhnuť alternatívny spôsob výučby CAD/CAE systémov na stredných odborných školách, ktorý by reflektoval aktuálne požiadavky na dizajnéra a na druhej strane by motivoval žiakov k uplatneniu sa v tomto obore. Poskytnutím alternatívneho spôsobu výučby CAD/CAE systémov sa snažíme jednak pomôcť učiteľom v ich pedagogickej práci a okrem toho motivovať žiakov pri práci s moderným softvérom na modelovanie. Súčasne sa tým snažíme pomôcť skvalitniť prípravu budúcich návrhárov a dizajnérov v strojárskom a automobilovom priemysle.

Súčasná „tradičná“ výučba CAD/CAE systémov je založená na rozdelení časovej dotácie medzi výučbu technického kreslenia a výučbu modelovania a simulovania v pomere 2:1, pričom uvedené okruhy sa vyučujú v uvedenom poradí. V našej navrhovanej koncepcii výučby CAD/CAE systémov je ponechaný celkový počet hodín vymedzený výučbe CAD/CAE technológií, ale s obrátením daného pomeru. Teda, technické kreslenie bude vyučované s minoritnou časovou dotáciou jednej tretiny a modelovanie a simulovanie s majoritnou časovou dotáciou dvoch tretín hodín. V dôsledku obrátenia daného pomeru (1:2 namiesto 2:1) dochádza k dôležitému zníženiu (o polovicu) vyučovacích hodín venovaných tvorbe technickej dokumentácie. Obsahová realizácia navrhovanej koncepcie je detailne popísaná v kap. 3.5 v našej dizertačnej práci.

Overenie nami realizovanej koncepcie bolo založené na pedagogickom experimente s dvoma skupinami. Experimentálna skupina bola vyučovaná podľa nami navrhovanej koncepcie a kontrolná skupina bola vyučovaná klasickým spôsobom. Výsledky pedagogického experimentu potvrdili všetky tri stanovené hypotézy.

Vzhľadom na rozsah verifikácie výsledky nemožno generalizovať, ale výsledky v práci popísaného nami realizovaného pedagogického experimentu poukazujú na skutočnosť, že aj pri znížení časovej dotácie na výučbu technického kreslenia učebné výsledky žiakov v tejto oblasti nie sú horšie. Navýšenie počtu hodín parametrickému modelovaniu pomohlo žiakom v experimentálnej skupine na lepšie pochopenie programu a celkovo na lepšie zvládnutie danej problematiky. Zníženie počtu hodín klasického modelovania negatívne neovplyvnilo žiakov v experimentálnej skupine.

Záverom teda môžeme konštatovať, že zníženie počtu hodín venovaných výučbe technického kreslenia nemá negatívny dopad na znalosti vytvárania technickej dokumentácie súčiastok a navrhovaný alternatívny spôsob výučby prispieva k lepšiemu rozvoju vedomostí žiakov v oblasti modelovania.

SUMMARY

The main purpose of the dissertation was to improve the teaching of the subject Technical Graphics at secondary vocational schools so that it reflects the requirements of the labor market and industrial practice. In accordance with this intention, we set ourselves the goal of proposing an alternative way of teaching CAD / CAE systems at secondary vocational schools, which would reflect the current requirements for a designer and, on the other hand, motivate students to apply in this field. By providing an alternative way of teaching CAD / CAE systems, we try to help teachers in their pedagogical work and also to motivate students to work with modern modeling software. At the same time, we are trying to help improve the training of future designers in the engineering and automotive industries.

The current "traditional" teaching of CAD / CAE systems is based on the division of the time allowance between the teaching of technical drawing and the teaching of modeling and simulation in a ratio of 2: 1, while the mentioned topics are taught in the order given. In our proposed concept of teaching CAD / CAE systems, the total number of hours is left limited to the teaching of CAD / CAE technologies, but with a reversal of the given ratio. Thus, technical drawing will be taught with a minority allowance of one third and modeling and simulation with a majority allowance of two thirds. As a result of reversing the given ratio (1: 2 instead of 2: 1) there is an important reduction (by half) of teaching hours devoted to the creation of technical documentation. The content implementation of the proposed concept is described in detail in chap. 3.5 in our dissertation.

The verification of the concept implemented by us was based on pedagogy experiment with two groups. The experimental group was taught according to our proposed concept and the control group was taught in the classic way. The results of the pedagogical experiment confirmed all three established hypotheses.

Given the scope of verification, the results cannot be generalized, but the results of the pedagogical experiment described in the work point to the fact that even with the reduction of the time allowance for teaching technical drawing, students' learning results in this area are not worse. Increasing the number of hours of parametric modeling helped the students in the experimental group to better understand the program and overall to better manage the issue. Reducing the number of hours of classical modeling did not negatively affect students in the experimental group.

In conclusion, we can say that reducing the number of hours devoted to teaching technical drawing does not have a negative impact on the knowledge of creating technical documentation of components and the proposed alternative method of teaching contributes to better development of students' knowledge in modeling.

VÝBER POUŽITEJ LITERATÚRY

ASPERL, A., How to teach CAD. Computer-Aided Design and Applications, Volume 2, Issue 1, 2005, pp. 459-468, doi: 10.1080/16864360.2005.10738395

BÁNESZ, G. – LUKÁČOVÁ, D. – SITÁŠ, J. 2010. *Technické vzdelávanie v digitálnom prostredí*. Nitra: UKF v Nitre, 2010. ISBN 978-80-8094-713-2.

BILALIS, N., ComputerAided Design CAD. INNOREGIO: dissemination of innovation and knowledge management techniques. TechnicalUniversity of Crete, 2000

FOŘT, P. AND KLETEČKA, J., AutodeskInventor. Brno, Computer Press, 2004

GADUŠOVÁ, Z., HOCKICKOVÁ, B., LOMNICKÝ, I., PREDANOCYOVÁ, Ľ. and ŽILOVÁ, R. (2017). 'Designing and planning teaching process - teacher`s competence and its evaluation'. 11th International Conference on Technology, Education and Development INTED 2017. Valencia: IATED Academy. p. 1474-1482.

GAVORA, P. a kol. 2010. *Elektronická učebnica pedagogického výskumu*. [online]. Bratislava : Univerzita Komenského, 2010. <http://www.e-metodologia.fedu.uniba.sk/> ISBN 978–80–223–2951–4. (20.3.2020)

HAŠKOVÁ, A. – KUNA, P. – MALÁ, E. – VAN MERODE, D.: How to Improve Professional Competences of Technical Subject Teachers. In: Application of Information and Communication Technologies - AICT2015. 9th IEEE International Conference proceedings. s. 536 – 540. Baku (Azerbajdžan) : Designing and Publishing Department of Qafqaz University. 2015. ISBN 978-1-4673-6855-1. IEEE Catalog Number CFP1556H-ART

HAŠKOVÁ, A. – ZATKALÍK, M.: ICT Supported Vocational Training in the Motor-Car Repair Area. In: Application of Information and Communication Technologies – AICT 2014. 8th IEEE International Conference Proceedings. S. 419 – 423. Baku (Azerbajdžan): Qafqaz University, 2014. ISBN 978-1-4799-4120-92

HAŠKOVÁ, A. – ZATKALÍK, M.: Development trends in the field of automotive industry and their impact on vocational training. In: Application of information and communication technologies – AICT2018, s. 256 – 260. New York : Curran Associates Inc., Red Hook, USA. ISBN 978-1-5386-6467-4

CHANG, K.H., Product Design Modellingusing CAD/CAE. Academic Press USA, 2014

KAMINAGA, K., FUKUDA, Y. AND SATO, T., Successful examples in CAD/CAE teaching. Sun, Q., Tang, Z. and Zhang, Y. (Eds.), Computer Applications in Production Engineering. IFIP Advances in Information and Communication Technology, pp. 214-221. Boston, Springer, 1995, doi: 10.1007/978-0-387-34879-7_23

KUNA, P. HAŠKOVÁ, A. PALAJ, M. SKAČAN, M. ZÁHOREC, J.: How to teach CAD/CAE systems. In: iJEP International Journal: Engineering Pedagogy, 2018, Vol. 8, No. 1, 2018, s. 148 - 162, ISSN 2192-4880
https://www.researchgate.net/publication/323461508_How_to_teach_CADCAE_systems

LANTADA, A. D., MORGADO, P. L., MUNOZ-GULJOSA, J. M., OTERO, J. E. AND MUÑOZSANZ, J. L., Comparative study of CAD-CAE programs taking account of the opinions of students and teachers. *Computer Applications in Engineering Education*, Volume 21, Issue 4, 2010, pp. 641-656, doi: 10.1002/cae.20509

MATULAY, S. 2010. *Kompendium metodológie sociologických výskumov*. Prešov: Vydavateľstvo a tlačiareň Kušnir, 2010. 68 s. ISBN 978-80-89404-20-9.

MÄSIAR, P. - KVAPIL, R. 2010. *Ako písať záverečné práce*. Bratislava: MPC, 2010. 32s

PETLÁK, E. 2004. *Všeobecná didaktika*. Bratislava : Iris, 2004. ISBN 80-89018-64-5.

RU-XIONG, L. AND SONG-HUA, J., Teaching Technique Innovation on CAD/CAM/CAE of Mold Course. *IERI Procedia* 2, 2012, pp. 137–141, doi: 10.1016/j.ieri.2012.06.064k

Štátny vzdelávací program. Dostupný na internete: <http://www.statpedu.sk/sk/Statny-vzdelavaci-program.alej> (20.3.2020)

TUREK, I. 2008. *Didaktika*. Bratislava : Iura edition, 2008. ISBN 978-80-8078-198-9.

Ye, X., Peng, W., Chen, Z. and Cai, Y., Today's students, tomorrow's engineers: an industrial perspective on CAD education. *Computer-Aided Design*, Volume 36, 2004, pp. 1451-1460

PREHLAD PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI DOKTORANDA

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

ADF 001 PALAJ, Miloš a Miloslav SKAČAN. Vyučovanie v oblasti mikrokontrolérov s akcentom na formy sprostredkovania informácií. *Technika a vzdelávanie*. Roč. 7, č. 2 (2018), s. 7-9. ISSN 1339-9888. E.

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

ADM 001 KUNA, Peter KTT, Alena HAŠKOVÁ, Miloš PALAJ, Miloslav SKAČAN a Ján ZÁHOREC. How to teach CAD/CAE systems. DOI <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i1.8185> International Journal of Engineering Pedagogy. Roč. 8, č. 1 (2018), online, s. 148-162. ISSN 2192-4880. I.

AAFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

AFC 001 KUNA, Peter KTT, Alena HAŠKOVÁ, Miloš PALAJ, Miloslav SKAČAN a Ján ZÁHOREC. Innovation of CAD/CAE System Teaching at Upper Secondary Education. In: *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education : Advances in Intelligent Systems and Computing: 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning - ICL 2017. Teaching and Learning in a Digital World. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Budapest, 27-29 September 2017. ed. M. Auer, D. Guralnick, I. Simonics. Cham: Springer, 2018, P. 507-515. ISBN 978-3-319-73209-1. I.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách (čaká sa na indexáciu)

AFC 002 KUNA, Peter KTT, Miloš PALAJ a Alena HAŠKOVÁ. Alternative Ways of Teaching Programming of Lowcost Control Units (ARDUINO). In: *EDULEARN19: 11th annual International Conference on Education and New Learning Technologies*, Palma de Mallorca (Spain). 1st - 3rd of July, 2019. L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres. Valencia: IATED Academy, 2019, P. 1627-1632. ISBN 978-84-09-12031-4. I.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD 001 SKAČAN, Miloslav. Parametrické modelovanie. In: *Vzájomná informovanosť - cesta k efektívnemu rozvoju vedecko-pedagogickej činnosti: zborník z medzinárodnej konferencie, Nitra 13. júna 2018*. Nitra: UKF, 2018, S. 53-57. ISBN 978-80-558-1369-1. E.

AFD 002 SKAČAN, Miloslav. Štandardný postup vo vyučovaní predmetu technickej grafiky na stredných odborných školách. In: *Vzájomná informovanosť - cesta k efektívnemu rozvoju vedecko-pedagogickej činnosti: zborník z medzinárodnej konferencie, konanej v Nitre dňa 21. júna 2017*. Nitra: UKF, 2017, S. 65-68. ISBN 978-80-558-1241-0. E.

AFD 003 PALAJ, Miloš, Miloslav SKAČAN a Dušan TURČAN. Ukážka medzinárodnej spolupráce zameranej na prepájanie teórie a praxe vo vyučovaní technických predmetov. In: Inovatívne trendy v odborových didaktikách: prepojenie teórie a praxe výučbových stratégií kritického a tvorivého myslenia. Zborník štúdií z medzinárodnej vedeckej konferencie, Nitra 21. november 2018. Nitra: UKF, 2019, S. 321-325. ISBN 978-80-558-1408-7. E.

BDF Odborné práce v ostatných domácich časopisoch

BDF 001 PALAJ, Miloš a Miloslav SKAČAN. Aktivizujúce prvky vo vyučovaní IKT. Technika a vzdelávanie. Roč. 2, č. 6 (2017), s. 32-33. ISSN 1339-9888. E.

V tlači: AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách (termín publikovania zborníka júl 2020, zborník následne bude predložený na indexáciu do WoS)

KUNA, Peter, Alena HAŠKOVÁ, Miloš PALAJ a Miloslav SKAČAN. How to enhance students` interest in technology study branches. In: EDULEARN20: 12th annual International Conference on Education and New Learning Technologies, Spain. 6th – 7th of July, 2020. Valencia: IATED Academy, 2020