TECHNICKÉ MYSLENIE A GEOMETRICKÁ PREDSTAVIVOSŤ

BEISETZER Peter, SK

Resumé

Geometrická predstavivosť je jedinečná schopnosť, ktorá je zároveň významnou podmienkou pre mnohé výkony v technickej praxi. V tejto súvislosti má byť do systému rozvoja technického myslenia zaradený aj zámerný rozvoj geometrickej predstavivosti. Ide o koncepčnú a systémovú aplikáciu výučbového modelu, ktorý je reflexiou na poznatky o reálnom stave úrovne geometrickej predstavivosti žiakov. Na základe uvedeného vznikla iniciatíva ponúknuť pedagogickej praxi odporúčania vedúce k inovácii zámerného rozvoja geometrickej predstavivosti v rámci výučby predmetu technika. Oporou navrhovaného riešenia je pedagogickým experimentom overená metakognitívna stratégia uplatnená na samostatnú riadenú prácu žiakov.

Kľúčové slová: rozvoj geometrickej predstavivosti, pracovné listy, metakognitívna stratégia, výskum geometrickej predstavivosti

TECHNICAL THINKING AND GEOMETRIC IMAGINATION

Abstract

Geometric imagination is a unique ability and a significant prerequisite to performing numerous tasks in engineering professional practice. Therefore, intentional development of geometric imagination shall be incorporated into the system of technical thinking development. The primary focus is on the conceptual and systematic application of the educational model reflecting the findings about the actual level of geometric imagination of learners. Thus, the above-mentioned gave rise to the initiative to provide pedagogical professional practice with recommendations leading to the innovation of intentional development of geometric imagination within the teaching process of a subject Engineering. The proposed solution is supported by the metacognitive strategy employed to learners' self-directed work and verified by the pedagogical experiment.

Key words: development of geometric imagination, worksheets, metacognitive strategy, research on geometric imagination

Úvod

Skúmať problém zámerného rozvoja geometrickej predstavivosti je reakciou na rozvoj schopnosti a zručnosti žiakov navrhovať a konštruovať. V rámci nášho prístupu považujeme geometrickú predstavivosť vo všeobecnosti za širší pojem, ktorý zahŕňa aj priestorovú predstavivosť. Teoretické poznámky k tejto problematike zhrnul Židek, O. (2013) a v rámci nich sa čitateľ dozvie v akých súvislostiach je používané spojenie geometrickej predstavivosti autormi ako napr. J. Molnár, F. Kuřina, resp. ako vymedzili spojenie priestorová predstavivosť J. Molnár, O. Šedivý a D. Jirotková. Nami diskutovaný výskumný problém špecifikuje prístupy rozvoja technickej gramotnosti v rámci výučby predmetu technika, pričom zohľadňuje princípy rozvoja geometrickej predstavivosti. Vzdelávací program ISCED 2, v rámci cieľov, zahŕňa činnosti, ktoré geometrickú predstavivosť predpokladajú napr. vytvorenie náčrtu jednoduchého výrobku, zobrazenie telies na tri priemetne, naprojektovanie tvaru, rozmery a i.. V tejto súvislosti sa vynárajú otázky ako: „sú žiaci pre uvedené činnosti vybavení požadovanou úrovňou geometrickej predstavivosti, má výučba predmetu technika obsahovať zámerný rozvoj geometrickej predstavivosti?“. Faktom je, že žiaci

disponujú určitou úrovňou geometrickej predstavivosti, ktorú získali nezámerne rozvojom. Tá je však často nedostatočná na to, aby prispela k definovaniu a vyriešeniu technického problému, resp. žiaci nedosiahnu požadované porozumenie určitého technického riešenia. Táto skutočnosť môže následne brzdiť rozvoj technického myslenia. Na základe uvedeného rozvoj geometrickej predstavivosti a technického myslenia chápeme v súvislostiach vzájomnej podpory, nakoľko samotné riešenie technických problémov rozvíja geometrickú predstavivosť. Technické myslenie vedúce k navrhovateľskej a konštruktárskej činnosti využíva myšlienkové operácie ako napr. rotácia obrazu, premiestňovanie, tvorba zrkadlového obrazu a pod.. Ide o dosiahnutie stavu v rámci ktorého si žiak vo svojom vedomí vytvára názorné obrazy vonkajších predmetov, resp. javov a to aj vtedy, ak práve nepôsobia na jeho receptory, resp. ich predtým nevnímal. Sme toho názoru, že rozvoj geometrickej predstavivosti má byť didakticky nastavený tak, aby u žiaka vyvolal záujem na základe vnútornej motivácie. Výsledkom bude intenzívnejšia spoluúčasť žiaka na sebarozvoji. K tejto výučbovej stratégii prispievajú učebné pomôcky ako napr. stavebnice, hlavolamy, logické hry a pod.. Osobitnú skupinu tvoria interaktívne programy využívajúce možnosti počítača (Beisetzer, P., 2012). V rámci našich výskumných aktivít sme získali skúsenosti z aplikácie pracovných listov, ktorých konštrukcia využíva metakognitívne stratégie.

1 Realita zámerného rozvoja geometrickej predstavivosti

Aktivity vedúce k poznaniu reálneho stavu úrovne geometrickej predstavivosti žiakov základnej školy majú racionálny základ v poznaní súvislostí s výkonmi, ktoré geometrickú predstavivosť predpokladajú. Koncepčná a systémová aplikácia zámerného rozvoja geometrickej predstavivosti do výučbového systému má byť významnou zložkou rozvoja technickej gramotnosti. Rešpektovaná je skutočnosť, že geometrickú predstavivosť je potrebné cvičiť postupne v pomerne dlhom časovom období. Z uvedeného vyplýva, že realizácia výskumu v oblasti rozvoja geometrickej predstavivosti má opodstatnenie v tvrdení, že procesy v danej oblasti budú prebiehať efektívne, ak ich aktéri budú mať informácie o funkčnosti systému. Na základe výsledkov je potom možné robiť korekcie v prijatej stratégii zámerného pôsobenia. Ide nielen o zistenie efektívnosti výučbového systému, ale aj o odhalenie súvislostí a stavu vyznačujúceho sa pochopením podstaty a potreby disponovať určitou úrovňou geometrickej predstavivosti. V rokoch 2014 až 2016 sme zisťovali úroveň geometrickej predstavivosti u žiakov základných škôl Prešovského kraja (Beisetzer, P. & Majherová, M., 2016). Zároveň sme špecifikovali intervenciu u ktorej predpokladáme systémovo pôsobiaci vplyv na predmetný rozvoj. Detailizovanie predmetu výskumu a stanovenie výskumných problémov viedlo k určeniu okruhu záujmov ako napr.:

- úroveň geometrickej predstavivosti ktorou disponujú žiaci základnej školy,
- rozdielnosť v úrovni geometrickej predstavivosti u chlapcov a u dievčat,
- podiel výučby predmetu technika na rozvoji geometrickej predstavivosti,
- účinnosť učebnej pomôcky pri rozvoji geometrickej predstavivosti.

Skúmanie uvedených otázok viedlo ku kategorizácii premenných, t. j.:

- kateoriálna (dichotómna) premenná, t. j. premenná majúca dva stavy: muž a žena,
- nezávisle premenná, t. j. premenná vyvolávajúca zmenu inej premennej:
 - systém výučby predmetu technika na základnej škole,
 - výučbový model využívajúci didaktickú funkciu pracovných listov obsahujúcich metakognitívne stratégie,
- závisle premenná, t. j. premenná, ktorá je závislá na nezávislom pôsobení inej premennej, t. j. na systéme výučby predmetu technika na základnej škole, resp. výučbovom modeli využívajúcom didaktickú funkciu pracovných listov. V našom prípade ide o merateľnú premennú - výkon v teste geometrickej predstavivosti.

K základnej orientácii výskumu sme využili výskumné problémy a k ich smerovaniu hypotézy. Pri formulovaní hypotézy sme vychádzali z jej významu pre výskum, t. j.:

- predstavuje vedecký predpoklad, ktorý je potrebné stanoviť z teórie danej problematiky (v prípade málo známych skutočností prichádzajú do úvahy vlastné skúsenosti),
- rozširuje poznatky, t. j. umožňuje empirický overiť určitý teoretický poznatok s tým, že na základe nových zistení sa tieto následne upravia.

Pre pravdepodobné, empiricky overiteľné riešenie problému – zvýšenie úrovne geometrickej predstavivosti sme sformulovali hypotézy:

- H1: Menej ako polovica z celkového počtu žiakov dosiahne viac ako 60 percentnú (60,1 % a viac) úspešnosť v testoch geometrickej predstavivosti.
- H2: Medzi výkonom chlapcov a dievčat v testoch geometrickej predstavivosti bude štatisticky významný rozdiel.
- H3: Žiaci vyučovaní systémom novovytvoreného výučbového modelu dosiahnu v teste geometrickej predstavivosti vyšší výkon ako žiaci kontrolnej skupiny.

Na verifikáciu stanovených hypotéz bol použitý tzv. sekvenčný model s dominantným statusom kvantitatívneho výskumu. Na vzorku žiakov 1683 z toho: 874 chlapcov a 809 dievčat bol aplikovaný neštandardizovaný, t. j. nami skonštruovaný test geometrickej predstavivosti. Uznali sme, že jednotlivé úlohy majú rôznu náročnosť, ktorú ovplyvnili tvarové podrobnosti predmetu (geometrická náročnosť - počet tvarových podrobností), rôzny počet a rôzny charakter myšlienkových operácií. Z uvedeného vyplýva, že jednotlivé úlohy testu sú nositeľmi určitých špecifik, ktoré je možné analyzovať v zmysle definovania problémov súvisiacich s úrovňou geometrickej predstavivosti. Líšia sa od seba náročnosťou vizuálne identifikovať na základe schopností ako:

- pamäť pre priestorové umiestnenie,
- vnímanie tvaru a jeho zmeny,
- mentálna manipulácia (rotácia, posúvanie, zloženie a rozloženie častí celku at.),
- identifikovať rozdiely na základe rozsahu (odhad rozmerov),
- zrkové predstavy,
- orientácia v priestore,
- rozpoznávanie (zmena polohy po pootočení, posunutí), striedanie vnemov, vizuálne identifikovanie.

Testované neboli schopností:

- odolnosť voči optickým klamom,
- manuálna manipulácia.

Predpokladanú rozdielnu obťažnosť jednotlivých úloh zohľadňuje škálovanie náročnosti, t. j. je vyjadrené bodovou dotáciou jednotlivých úloh s cieľom objektivizovať celkový výkon (tab. č. 1).

Tieto úlohy boli posudzované z hľadiska ako napr.:

- komparácie priestorového zobrazenia s plošným zobrazením (transformovať priestorové videnie na plošné a naopak),
- myšlienkovú rotáciu a myšlienkového posúvanie predmetov s cieľom vidieť usporiadanie (polohu) jednotlivých tvarových podrobností (resp. jednotlivých predmetov celku), analyzovať ich geometriu a pod.,
- určiť zhodu na základe stotožnenia polohy jednotlivých častí predlohy s ponukou pomocou myšlienkových operácií (napr. pohyb rôznymi smermi),
- myšlienkového posúvania vedúceho k posúdeniu možnosti spojiť dva objekty do jedného celku,
- určiť vzájomnú polohu celku u sčasti prekrytých prvkov celku,
- identifikovať príčinu zmeny obrazu, t. j. určiť smer pootočenia v kontexte sledovania zmeny polohy jednotlivých prvkov celku,

- sledovať zmenu polohy viacerých častí celku súčasne a to v kontexte identifikovaného smeru rotácie,
- určiť súvislosti vzájomnej polohy viacnásobného počtu sledovaných prvkov celku po jeho viacnásobnom pootočení.

Tabuľka 1 - Bodová dotácia úloh

	Úloha číslo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Počet bodov	1,1	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,3	1,2

Pre uvedené skórovanie úloh sme prijali nasledujúce hodnotenie výkonu - zvolili sme nasledujúci prístup a to klasifikácia podľa priemernej úspešnosti v teste. Pri tomto prístupe sme výsledky testu zaradili do skupín označujúcich jednotlivé úrovne geometrickej predstavivosti preukázané výsledkami testu. Tabuľka č. 2 vyjadruje nami stanovené rozloženie úrovne geometrickej predstavivosti, ktoré považujeme za prijateľné a odporúčajúce pre pedagogickú prax (ďalšou možnosťou je stanovenie kritérií s označením „prísne a veľmi prísne“).

Tabuľka 2 - Rozloženie úrovne geometrickej predstavivosti

Percentuálne určenie jednotlivých úrovní geometrickej predstavivosti				
0 % ÷ 60 %	60,1 ÷ 70 %	70,1 ÷ 80 %	80,1 ÷ 90 %	90,1 ÷ 100 %
Neuspokojivý VGP	Postačujúci VGP	Dobrý VGP	Pozoruhodný VGP	Významný VGP

VGP - výkon geometrickej predstavivosti

Tabuľka č. 3 uvádza počet chlapcov a dievčat, ktorí sa na základe dosiahnutého výkonu zaradili do danej úrovňovej skupiny.

Tabuľka 3 - Počet chlapcov a dievčat v jednotlivých úrovňových skupinách

Chlapci					Dievčatá			
Percentá	Počet	Percentil	Percentil bodu	Body	Počet	Percentil	Percentil bodu	Body
0 ÷ 10	20	10.	1,31	1,1 ÷ 1,2	39	10.	1,31	1,1 ÷ 1,3
10,1 ÷ 20	68	20.	2,62	2,2 ÷ 2,4	69	20.	2,62	2,2 ÷ 2,5
20,1 ÷ 30	114	30.	3,93	3,3 ÷ 3,6	143	30.	3,93	3,3 ÷ 3,7
30,1 ÷ 40	118	40.	5,24	4,4 ÷ 5	156	40.	5,24	4,4 ÷ 5
40,1 ÷ 50	194	50.	6,55	5,6 ÷ 6,3	151	50.	6,55	5,6 ÷ 6,3
50,1 ÷ 60	126	60.	7,86	6,8 ÷ 7,4	127	60.	7,86	6,9 ÷ 7,5
60,1 ÷ 70	119	70.	9,17	8 ÷ 8,6	93	70.	9,17	8 ÷ 8,7
70,1 ÷ 80	87	80.	10,48	9,2 ÷ 9,8	29	80.	10,48	9,2 ÷ 9,7
80,1 ÷ 90	28	90.	11,79	10,6 ÷ 10,9	2	90.	11,79	10,7 ÷ 10,8
90,1 ÷ 100	0	100.	13,1	11,8 ÷ 13,1	0	100.	13,1	11,8 ÷ 13,1

Obrázok 3 - Rozloženie početnosti v jednotlivých bodových kategóriách chlapci a dievčatá

Obrázok 4 - Rozloženie početnosti chlapcov a dievčat v jednotlivých percentuálnych kategóriách

Obrázok 5 - Rozloženie početnosti žiakov spolu v jednotlivých percentuálnych kategóriách

Obrázok 6 - Rozloženie početnosti žiakov spolu v jednotlivých bodových kategóriách

Z uvedených výsledkov, ktoré sú v kontexte H1 dostávame nasledujúce zaradenie:

1. 234 chlapcov, t. j. 26,77 % prekročilo svojím výkonom stanovenú hranicu minima, pričom:
 - a) 119, t. j. 13,62 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „postačujúca“
 - b) 87, t. j. 9,95 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „dobrá“
 - c) 28, t. j. 3,2 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „pozoruhodná“
2. 124 dievčat, t. j. 15,33 % prekročilo svojím výkonom stanovenú hranicu minima, pričom:
 - a) 93, t. j. 11,5 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „postačujúca“
 - b) 29, t. j. 3,58 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „dobrá“
 - c) 2, t. j. 0,25 % sa zaradilo do úrovňovej skupiny „pozoruhodná“
3. Tabuľka č. 3 a obr. č. 2 porovnávajú početnosť v rámci rodového rozdelenia, pričom:
 - a) na rozhraní úrovňovej skupiny „neuspokojivá“ je početnosť pri rodovom rozlíšení vyrovnaná,
 - b) na rozhraní úrovňových skupín „postačujúca“, „dobrá“ a „pozoruhodná“ je početnosť pri rodovom rozlíšení rozdielna, v prospech chlapcov.

Výskumné aktivity sú možnosťou riešiť pedagogickú prax v oblasti inovatívnych aktivít. V našom prípade ide o výučbový model podporujúci rozvoj geometrickej predstavivosti v rámci výučby predmetu technika. Jeho účinnosť sme overili prirodzeným pedagogickým experimentom. V rámci experimentálnej skupiny aktívne manipulujeme s výučbovým procesom, kde intervenciou sú pracovné listy (Beisetzer, P. 2016). Od ich aplikácie očakávame, že budú tou príčinou, ktorá vyvolá zmenu v úrovni geometrickej predstavivosti žiakov. Pozornosť venujeme objasneniu manipulácie s nezávisle premennou s cieľom zistiť výsledok, ktorý intervencia vyvolala. Kauzálny problém skúmame experimentálne na základe metodologického konceptu. Aktivity vyplývajúce z obsahu pracovných listov majú za cieľ vyvolať v rámci samostatnej riadenej práce synergický efekt (žiak nielen úlohu rieši, ale ich aj sám navrhuje) pri rozvoji schopností a zručností žiakov s podporou metakognitívnych stratégií. Pre splnenie podmienky o vyváženosti v úrovni geometrickej predstavivosti vyhovovalo zloženie: 212 žiakov v experimentálnej skupine, z toho 115 chlapcov a 97 dievčat. V tom istom pomere počtov žiakov v skupine bola vytvorená aj kontrolná skupina. Z dosiahnutých výsledkov uvádzame (skrátená verzia - porovnania na výstupe) výstupný výkon dvoch skupín chlapcov - kontrolnej (KoCh), experimentálnej (ExCh) a dvoch skupín dievčat -

kontrolnej (KoDie), experimentálnej (ExDie) - štatisticky významným rozdielom v zisku bodov (obr. č. 6, 7 a 8). Z porovnávania výsledkov ExDie a KoDie je vidieť rozloženie, ktoré je mierne v neprospech KoDie. Pri porovnaní skupín je vidieť štatisticky významný rozdiel v prospech ExCh a ExDie, čo môžeme pripísať práci s pracovnými listami.

Obrázok 7 - Porovnanie zisku bodov ExCh, ExDie a KoCh, KoDie na výstupe

Obrázok 8 - Rozloženie počtosti bodov ExDie a KoDie

Obrázok 9 - Rozloženie počtosti bodov ExCh a KoCh

Na základe výsledkov výskumu je možné konštatovať, že experimentálne skupiny sa zhomogenizovali, došlo k zmenšeniu variability, t.j. došlo k vyššej úrovni geometrickej predstavivosti. Na základe uvedeného je možné konštatovať, že analyzované aktivity spojené s pracovnými listami majú predpoklad riešiť problémy vytvárania pozitívneho vplyvu na zámerný rozvoj geometrickej predstavivosti.

Záver

Realizovať zámerný rozvoj geometrickej predstavivosti v zmysle optimalizácie výučbového systému, znamená poznať problémy súčasných prístupov v danej oblasti. Jednou z potrieb pedagogickej praxe je poznať reálnu úroveň geometrickej predstavivosti a porovnávať ju s požadovanou. V rámci tohto prístupu vzniká rad otázok súvisiacich najmä s/so:

- možnosťou poskytnúť pedagogickej praxi obsahové a výkonové štandardy pre jednotlivé úrovne geometrickej predstavivosti. Išlo by napríklad o štandardy odrážajúce požiadavky na úroveň geometrickej predstavivosti, ktorú vyžaduje pravouhlé, resp. axonometrické zobrazovanie v technike. Inú úroveň geometrickej predstavivosti budú reprezentovať štandardy určené pre rozvoj konštruktérskych a navrhovateľských schopností a zručností, pre porozumenie princípov a systémov v technike ai..
- vznikom učebných pomôcok. V kontexte vyššie uvedeného pedagogického experimentu je možné k učebnej pomôcke – pracovné listy uviesť nasledujúce odporúčania pre prax:
 - pre konštrukciu pracovných listov daného typu aplikovať preukázateľne spoľahlivé úlohy, aktivity a činnosti,
 - pracovné listy po stránke náročnosti voliť tak, aby nedošlo k preťaženosti žiakov,
 - práci s pracovnými listami venovať náležitú pozornosť z hľadiska využitia didaktických princípov, organizačných a riadiacich schém samostatnej riadenej práce žiakov,
 - pre prácu s pracovnými listami pripraviť učiteľov a to v zmysle ich angažovanosti sa získať profesijne zručnosti pôsobiť odborne v danej oblasti.

Sme toho názoru, že zámerný rozvoj geometrickej predstavivosti bude prebiehať optimálne ak sa vytvoria podmienky k tomu, že učiaci sa bude z vonkajšieho prostredia prijímať objektívnu realitu s tým, že sa ocitá v pozícii, keď je sám sebe objektom aj subjektom výchovy a vzdelávania, t. j. sám seba vychováva a vzdeláva. Je vedený k tomu, aby s informáciami vedel pracovať, orientovať sa v nich a následne ich premieňať na vedomosti. Takto dostáva rozvoj geometrickej predstavivosti kvalitatívnejšie vyššiu úroveň, pričom je však potrebné si uvedomiť, že systémy podporujúce porozumenie nebudú do reálneho výučbového prostredia transformované jednoznačne. Je na učiteľovi, aby volil tie, ktoré zohľadnia špecifické osobnostné zvláštnosti i osobnostné predpoklady učiacich sa, ako aj napr. rodová predispozícia a talent. To všetko poskytuje priestor pre pedagogickú tvorivosť.

Literatúra

- Beisetzter, P. (2016). *Priestorová predstavivosť – rozvoj s podporou pracovných listov*. Prešov: PU v Prešove, 2016. ISBN 978-80-555-1627-1.
- Beisetzter, P. (2012). *Edukačný model rozvoja zručností technického zobrazovania*. Prešov: FHPV PU v Prešove 2012. ISBN 978-80-555-0627-2.
- Beisetzter, P. & Majherová, M. (2016). *Výskum priestorovej predstavivosti*. Prešov: FHPV PU v Prešove, 2016. ISBN 978-80-555-1628-8.

Beisetzer, P. & Drtina, R. (2019). *Výzkum prostorové představivosti v kontextu matakognitivní strategie*. Praha: Extrasystem. ISBN 978-80-87570-43-2.

Židek, O. (2013). *Geometrické modelovanie a priestorová predstavivosť*. Trnava : Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2013. 70 s. ISBN 978-80-8082-605-5.

Kontaktná adresa:

Peter Beisetzer, Doc., PaedDr., PhD.

Katedra fyziky, matematiky a techniky, FHPV Prešovská univerzita v Prešove, Slovensko, tel.č.: 051/7570770, e-mail: peter.beisetzer@unipo.sk