

SCRATCH A VÝUKA ALGORITMIZACE: ŽELVÍ GEOMETRIE PRO 21. STOLETÍ

JIŘÍ VANÍČEK

ABSTRAKT. Logovská programovací prostředí i v nejnovějších implementacích obsahují želví geometrii a umožňují rozvíjet geometrickou představivost kreslením geometrických obrazců pomocí zápisu příkazů. V současnosti je ve světě velmi používaným prostředím Scratch s webovou podporou podobnou GeoGebre. Želví geometrie zažívá opětovný růst zájmu např. v kurikulu předmětu Computing od primárního vzdělávání v Anglii. Článek chce několika příklady dokumentovat možnosti prostředí Scratch ve výuce želví geometrie.

ÚVOD

Dnešní doba klade na člověka stále více nároků nejen na ovládnání digitálních technologií, ale i porozumění principům, jakými se počítače řídí. Mezi důležité dovednosti 21. století patří algoritmizace jako schopnost vyřešit problém stanovením sledu automaticky vykonatelných příkazů a jejich formálním zápisem. Tyto dovednosti jsou dnes vnímány jako součást informatického myšlení, nicméně je evidentní, že rozvíjí matematické znalosti jedince a mohou přispívat k jeho rozvoji.

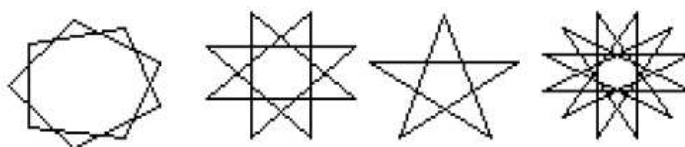
Logovská programovací prostředí byla kdysi primárně určena pro podporu výuky matematiky. Dnes jsou stále vedoucí skupinou dětských programovacích prostředí a stále obsahují želví geometrii. Umožňují tak realizovat desetiletími ověřené metodiky výuky geometrické představivosti pomocí vytváření geometrických objektů různé složitosti zápisem sledu příkazů. V současnosti je takovým vedoucím prostředím Scratch, vyvinutým na MIT, jehož příběh připomíná GeoGebra se svými téměř 3 miliony uživatelů, online prostředím s používáním zdarma bez instalace, s přidanými službami sociální sítě typu GeoGebra Wiki Forum a webovým úložištěm typu GeoGebraTube.

Možností Scratch si všimli např. inovátoři kurikula informatiky v Anglii, kteří zařazují programování želví geometrie od 1. stupně základních škol právě v tomto prostředí [1]. Jedním z hlavních argumentů pro jeho použití bylo očekávané zlepšení znalostí z matematiky. Otevírá se tu zajímavá oblast pro výzkum na pomezí matematiky a informatiky, jak didakticky uchopovat toto informatické téma, aby přispívalo k rozvoji matematických schopností žáka.

1. STARÝ PŘÍBĚH ŽELVÍ GEOMETRIE

Programovací jazyk Logo, vytvořený v 60. letech minulého století, byl patrně vůbec prvním projektem, který uvažoval použití počítače při výuce dětí. Jeho autoři, mezi nimi Seymour Papert, na principu želví geometrie vystavěli mikrosvět, který učil programovat

a také geometrii tím, že žák kreslicímu objektu (želvě) zadává příkazy pro pohyb a ten jako stopu svého pohybu v nákresně vytváří geometrické obrazce [2].



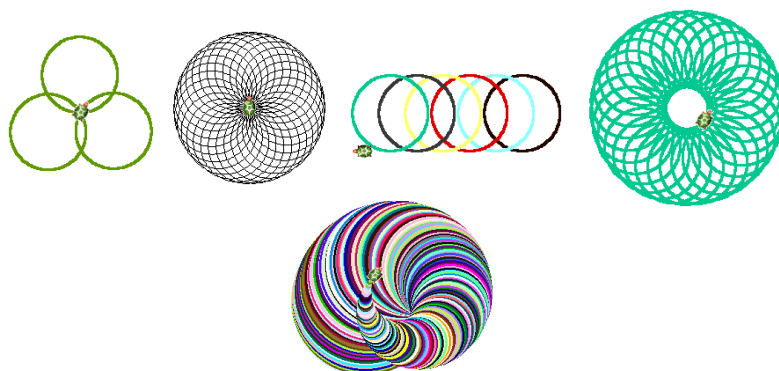
obr. 32.

MNOHO 40 80, MNOHO 60 135,
MNOHO 60 144, MNOHO 60 150

OBRÁZEK 1. Želví grafika v původní podobě. Parametrizace příkazu k nakreslení mnohoúhelníku podle Tržilové [5]

Želví geometrie však kromě planimetrických znalostí rozvíjí obecněji schopnost algoritmizace, formalizace a obecně učení.

1. Želví geometrie používá jeden centrální pohybující se objekt, se kterým se žák může ztotožnit při vykonávání příkazů (jako se želvou na obrazovce nebo robotem, který žákovy příkazy vykonává).
2. Logo používá unikátní souřadnou soustavu (jde o polární soustavu se středem v místě, kde se kreslicí objekt nachází, a s hlavním směrem ve směru, do kterého je kreslicí objekt natočen), která uživatele staví do centra a umožní mu simulovat pohyb kreslicího objektu představou svého vlastního pohybu a je tudíž pro mladší děti výhodnější než kartézská soustava.
3. Děti tvoří geometrické objekty sadami příkazů pro pohyb a nastavení parametrů kreslení stopy pohybu, jejich řetězením do sekvencí, uzavíráním do programových struktur, které zápis zpřehledňují (cykly, větvení).
4. Prostředí umožňuje abstrahovat od nepodstatných vlastností obrazce, který má být nakreslen, a soustředit se na v dané situaci podstatné vlastnosti.
5. Prostředí učí tzv. dekompozici problému (rozdělení problému na jednodušší, o jejichž řešení lze uvažovat zvlášť). Možnost vytvořit podprogramy, procedury, bloky příkazů tuto prefabrikaci řešení usnadňuje.
6. Prostředí umožňuje generalizovat řešení (rozšířit řešení jedné úlohy na celou třídu podobných úloh (např. při konstrukci mnohoúhelníků – viz obr. 1). To umožňují procedury s parametry a číselné vstupy z klávesnice, které mohou významně ovlivňovat tvar vzniklého obrazce a pomáhají odlišit podstatné (společné) od nepodstatné vlastností, tedy nacházet invarianty a tím definovat daný typ obrazce.
7. Použití želví geometrie vede k objevování některých geometrických zákonitostí spjatých s pohybem objektu po ploše (žáci se lépe orientují v pojmech úhel, vnější úhel, součet úhlů, velikost, pravidelnost atd.).



OBRÁZEK 2. Implementace želví geometrie v prostředí Imagine Logo, kolem r. 2000

Přínos želví geometrie a její implementace pro rozvoj byla prokázána mnoha výzkumy v 80. a 90. letech, vznikala řada výukových materiálů [3]. Papert a jeho následovníci na želví geometrii a programu Logo postavili pedagogickou teorii konstrukcionismu. Teorie konstrukcionismu vychází z přesvědčení, že učení je spíše (re)konstrukcí než předáváním poznatků, a vymezuje se vůči tzv. instrukcionismu. Podle této teorie je učení efektivnější, jestliže při něm dochází k aktivnímu konstruování smysluplných artefaktů. „Hlavní metodou konstrukcionismu je kombinace médií při konstruování modelu a překlad z jednoho média do druhého, např. matematické funkce do slov či diagramů“ [4].

Papert klade důraz na řeč žáka, pomocí níž formuluje počítači své myšlenky, a nástroje, které žák vytváří a manipuluje s nimi během vlastního konstruování poznání. Používá termín mikrosvět pro takovou podmnožinu reality (nebo vytvořené reality), jehož struktura odpovídá daným kognitivním mechanismům učícího se a které poskytuje prostředí, jež může efektivně fungovat a dovoluje učícímu se procvičovat určité silné myšlenky nebo duševní schopnosti [1, s. 204]. Typickým Papertovým mikrosvětům je Logo.

Na pracovišti katedry matematiky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity se výuce geometrie na počítači v různých implementacích programu Logo věnovala pozornost od konce 80. let, tedy dříve, než výuce v dynamické geometrii nebo algebraických systémech. Výukové materiály a sady úloh, které vznikaly na počátku 90. let [5], jsou dobře použitelné i v současných prostředích.

V pozdější době (přelom století) byly velmi rozšířenými prostředními Comenius Logo [6] a Imagine Logo [7, 8], které usnadňovaly editaci programu a nabízely uživateli vyšší komfort při zachování všech předchozích možností vytváření grafiky včetně např. rekurentnosti u tvorby fraktálů. Vznikaly materiály i pro výuku na 1. stupni ZŠ [9].



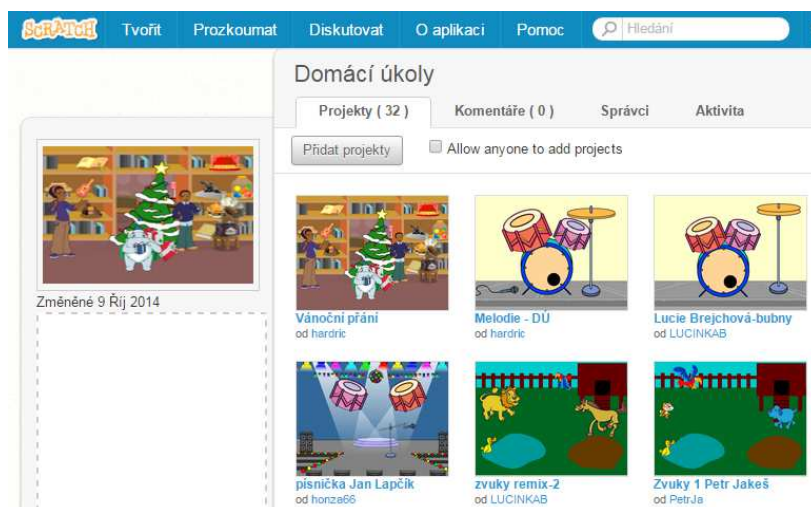
OBRÁZEK 3. Blokový způsob sestavování programů v Scratch

Starý příběh přístupu k výuce geometrie metodou popisu algoritmu vytváření obrazců zadáváním příkazů počítači by nestál za připomenutí, kdyby se neukázal jako použitelný a používaný i v současné době. V posledních letech dochází v Anglii k reformě školství, která je zaměřena na posílení angličtiny a matematiky. Byl zaveden nový předmět Computing, v jehož rámci se žáci již v primárním vzdělávání učí programovat [10]. Tématem, které se do kurikula programování vrací, je právě želví geometrie v prostředí Scratch.

2. SCRATCH – LOGO DOBY WEBOVÉ

Scratch, vytvořené jako prostředí pro informální vzdělávání odborníky z Lifelong Kindergarten z Massachusetts Institute of Technology [11], umožňuje realizovat problémy z oblasti želví geometrie, nabízí však daleko více:

- plné programovací prostředí (nejen pro želví geometrii) s objektovým a událostním programováním, umožňující např. vyprávět příběhy [12];
- komunitu programátorů, kteří přejímají projekty jiných, upravují je, komentují;
- online dostupnost (pouze registrace na <http://scratch.mit.edu>, bez nutnosti instalace, postačí webový prohlížeč s podporou apletů Flash) umožňuje žákům pracovat ve škole i doma ve stejném prostředí;

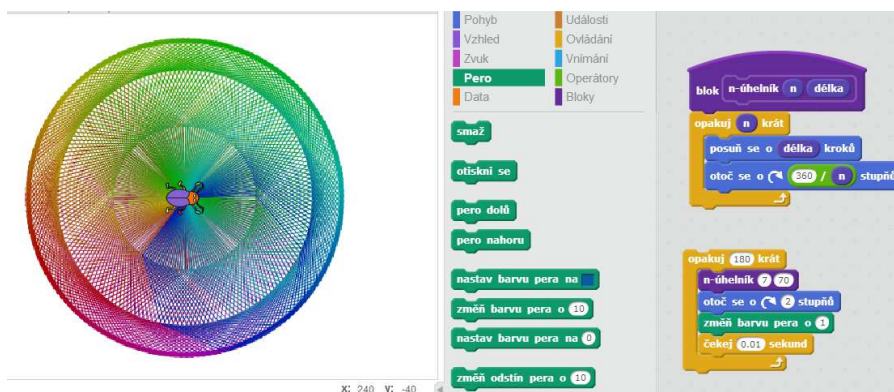


OBRÁZEK 4. Studio ve Scratch. Webové prostředí a úložiště Scratch umožňuje vytvářet online komunitu tvůrců (podobně jako YouTube nebo Instagram) i vytvoření virtuální třídy

- blokové vytváření programu, které znemožňuje jakoukoliv syntaktickou chybu, která trápí začátečníky (obr. 3);
- cloudové úložiště (na stejném principu jako YouTube nebo GeogebraTube), umožňující snadno sdílet projekty;
- možnost vytvářet tzv. Studia pro sdružování projektů do větších celků, např. za účelem výuky jednoho tématu, jedné třídy (obr. 4) nebo neformální sdružení s nějakým zaměřením.

3. PŘÍKLADY POUŽITÍ SCRATCH VE VÝUCE MATEMATIKY

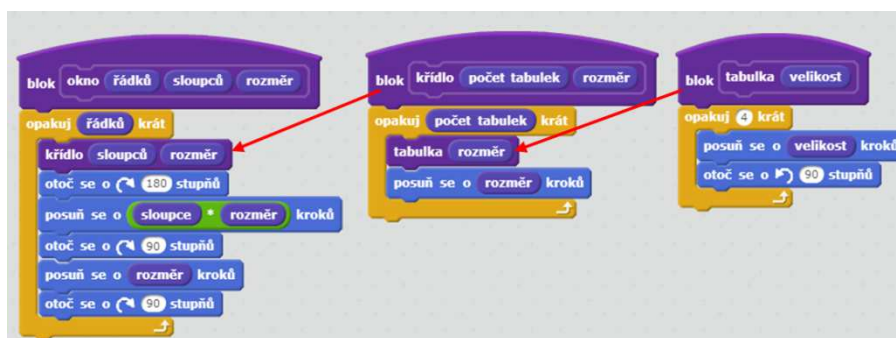
3.1. Úlohy z tradiční želví geometrie



OBRÁZEK 5. Programovací projekt „Ornamenty“ z mnohoúhelníků – ukázka používání bloků (procedur s parametry)

Scratch umožňuje tradiční tvorbu ornamentů s použitím pravidelných mnohoúhelníků s bohatšími možnostmi grafiky, barev, průhlednosti apod. (na obr. 5 je kolem kreslicího objektu rovnoměrně rozmístěno 180 pravidelných sedmiúhelníků; v kódu vpravo je zřetelně oddělena deklarace bloku programu pro vykreslení mnohoúhelníka a jeho použití v programu pro vykreslení ornamentu).

3.2. Implementace výpočtů do želví geometrie

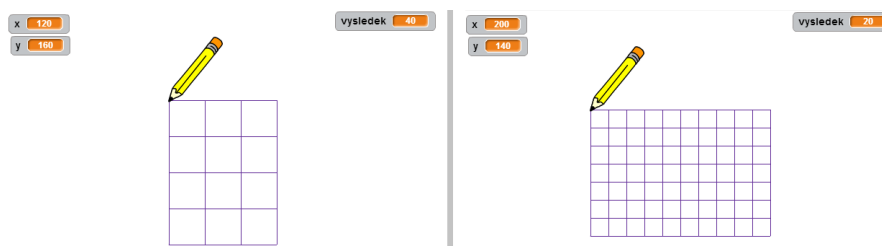


OBRÁZEK 6. Příklad dekompozice problému při úloze nakreslit okno jako na obr. 7. Číselné parametry (modré ovály) přenášejí velikosti a rozměry.

Tradiční úlohou v želví geometrii je vykreslit okno, složené z mnoha čtvercových okenních tabulek (obr. 7), kdy je dán počet řádků, sloupců a rozměr skleněných tabulek. Taková úloha učí dekompozici problému: celé okno znamená nakreslit několik křídel takového okna (levý blok kódu na obr. 6), a jedno křídlo znamená více tabulek nad sebou (prostřední blok); tabulka se nakreslí jako čtverec (pravý blok na obr. 6).

Úloha dostane jiný rozměr a obtížnost, jestliže změníme zadání: *je dána výška a šířka okna, vyskládej takové okno co největšími stejnými čtvercovými skleněnými tabulkami* (obr. 7 vlevo a vpravo). Nyní je potřeba do programu zařadit nějaký výpočet. Žáci musí

nejprve odhalit, že velikost hledané okenní tabulky je rovna největšímu společnému děliteli, poté musí napsat program, který takový výpočet NSD provede (protože Scratch takovou funkci nemá).



OBRÁZEK 7. Projekt Okno v želví geometrii s použitím výpočtu NSD

Na obr. 7 jsou v textových polích vlevo vstupní parametry x , y , znamenající uživatelem zadanou požadovanou výšku a šířku okna, v poli výsledek (vpravo) je spočtená velikost čtvercové tabulky skla jako NSD. Tedy $vysledek = NSD(x, y)$. Dvě různá číselná zadání v levém a pravém obrázku dokumentují schopnost programu vyřešit obecný problém zadaný různými vstupy.

Nejen algoritmus vykreslení celého okna, ale i výpočet největšího společného dělitele nabízí použití divergentního myšlení: je jedno, jakým způsobem je NSD spočítán, podstatné je, že dává vždy správný výsledek. Je tedy možno použít postup naučený (např. Eukleidův algoritmus) nebo vlastní, objevený. Takovým postupem může být např. postup podle analyzovaného názvu operace:

- dělitel (musí dělit dané číslo, tedy zbytek po dělení je nula),
- společný (podmínka platí pro obě čísla),
- největší (postup od větších čísel postupným snižováním testovaného čísla vede k tomu, že první takový nalezený společný dělitel je největší).

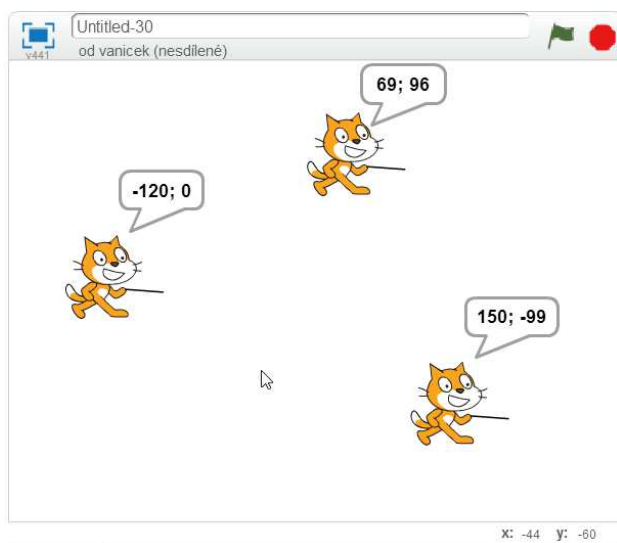
Takový program najde čtenář obr. 8; použita čeština, barevné odlišení příkazů, programových struktur, parametrů, proměnných a výrazů a také blokové schéma činí zápis programu přehledným a čitelným.



OBRÁZEK 8. Vykreslení okna s výpočtem NSD v blokovém schématu Scratch

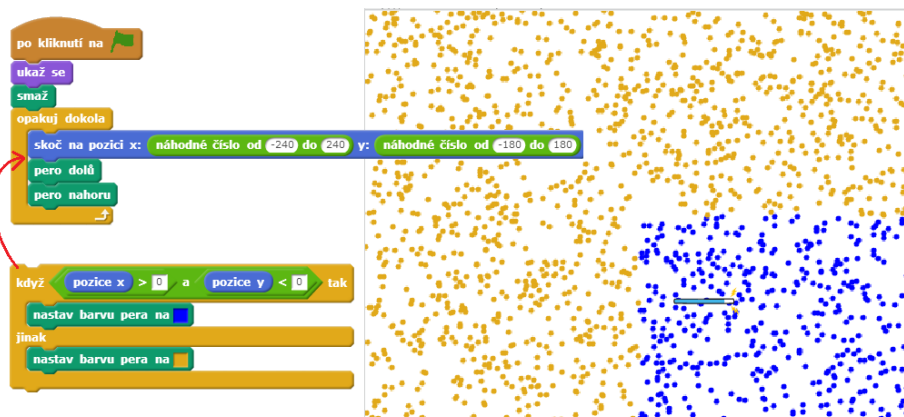
3.3. Aplikace logiky při tvorbě podmínek pro rozhodování

Scratch může sloužit k pochopení pojmu souřadnice a kartézské soustavy. Pracovní plocha je rozdělena na 4 kvadranty se stejně orientovanými osami x , y jako na geometrické nákresně. Polohu všech objektů lze udávat pomocí souřadnic a také aktuální souřadnice zjišťovat.



OBRÁZEK 9. Použití Scratch při výuce práce v kartézské soustavě

Vhodnou aktivitou pro rozvíjení logického uvažování stanovováním podmínek pro označení části roviny nebo geometrického obrazce je následující projekt: **Kouzelná hůlka** náhodně skáče po pracovní ploše a na daném místě udělá puntík (program vlevo nahoře na obr. 10). Přidaná podmínka (kód dole) nastavuje barvu vytvořeného bodu na daném místě (šipka na obr. 10 ukazuje, kam se přidané rozhodování s podmínkou do programu vloží).

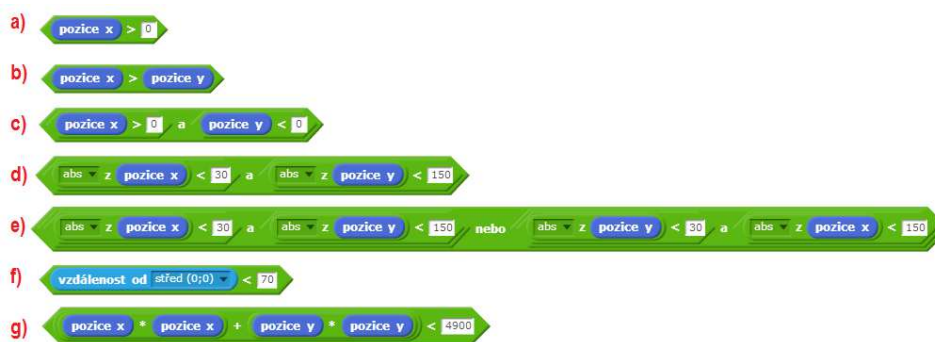


OBRÁZEK 10. Tvorba podmínek pro výběr části roviny. Vlevo nahoře program, který náhodně rozmísťuje body po ploše vpravo. Vlevo dole část programu, která obarvuje body podle podmínky (zde $x > 0 \wedge y < 0$)

Tento projekt nabízí dva typy úloh na vytváření a ověřování hypotéz: **tipování**, jakou část roviny daná podmínka vybarví; **vymýšlení a sestavování** podmínky, která vybarví danou část roviny (např. pás, kruh). Podmínky mohou být různého druhu od nejjednodušších jako příklad a) na obr. 11 od matematicky náročnějších jako g) nebo logicky složitějších jako d), e).

Na obr. 11 uvádíme některé příklady seřazené od jednodušších ke složitějším podmínkám:

- a) polovina vpravo od osy y
- b) polovina nad hlavní diagonálou
- c) 4. kvadrant (obr. 10)
- d) „stojící“ obdélník souměrný podle počátku
- e) rovnoramenný kříž (znaménko „+“)
- f) kruh podle definice kružnice
- g) tentýž kruh podle rovnice kružnice



OBRÁZEK 11. Různé podmínky vedoucí k různým tvarům v aktivitě Kouzelná hůlka.

ZÁVĚR

Většina současných otevřených softwarových prostředí pro počítačem podporovanou výuku matematiky má za cíl usnadnit žákovi učení, např. uvolněním části aktuální paměťové kapacity spotřebovávané na nutnost představit si danou vyučovanou situaci ve prospěch dalších mentálních operací (komparace, abstrakce, hledání vzorků, matematizace situace apod.). Dané prostředí (dosadme si např. GeoGebrou) např. poskytuje názorný model dané situace, ověřuje žákovské hypotézy a tím usnadňuje učení.

Je otázkou, jestli při použití takového software učitelé dnes využívají jeho možností moderně vyučovat a jestli dávají žákům úlohy, které jsou možností tohoto software uzpůsobeny (zda vyžadují více přemýšlení, porovnávání, tvorbu hypotéz, vymýšlení postupů, jak hypotézu ověřit či řešení zkontrolovat). Pokud učitel používá stejné úlohy jako dříve bez počítače, právě díky počítači jsou úlohy pro žáky snadnější (jako příklad uveďme úlohu s dosazením do vzorce a následným výpočtem, pokud kalkulátor výpočet provede za žáka). V důsledku pak použití počítače vede k menším nárokům na žáka, což není vždy žádoucí.

Z tohoto pohledu poskytuje Scratch a želví geometrie mnoho úloh, rozvíjejících logické a algoritmické myšlení. Scratch uvolňuje žákovo myšlení od „rutinní“ kontroly syntaxe a umožňuje tak žákovi více se věnovat uvažování a řešení problémů; želví geometrie nabízí mnoha lety prověřené a vyzkoušené metodiky a sady úloh. Dostupnost

tohoto prostředí zdarma na Internetu s nízkými nároky na hardware slibuje jeho budoucí využití při výuce matematiky a informatiky.

REFERENCE

- [1] BAGGE, P. How to Teach Primar Programming Using Scratch. The University of Buckingham Press, 2015, 210 s. ISBN 1-908684-57-8
- [2] PAPERT, S. Mindstorms: children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books, 1980.
- [3] CLAYSON, J. L. Visual Modeling with Logo: A Structured Approach to Seeing (Exploring With Logo). MIT Press, 1988. ISBN 0262530694.
- [4] CLAYSON, J. L. Constructionist approaches to creative learning, thinking and education: lessons for the 21st century. Paris: AUP, 2010. Dostupné z <http://alumnionline.aup.edu/page.aspx?pid=666>.
- [5] TRŽILOVÁ, D. Logo a matematika. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta. 1993. ISBN 80-7040-077-3.
- [6] TOMCSÁNYI, P. & TOMCSÁNYIOVÁ, M. *Programujeme v Comenius Logu*. Bratislava: Metodické centrum. 1997. 80-8052-009-7.
- [7] KALAŠ, I., BLAHO, A., TOMCSÁNYI, P. & SALANCI, L. *Imagine reference guide*. London: Logotron, 2001.
- [8] VANÍČEK, J. Imagine, the modern programming environment for creative informatics learning in czech language. Mechlová, E. (ed.): *Information and communication technology in education '05*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2005, 103-106. ISBN 80-7368-081-5.
- [9] KALAŠ, I. & BLAHO, A. *Imagine Logo Primary Workbook*. London: Logotron. 2004
- [10] CAS. *Computer Science as a school subject. Seizing the opportunity* [online]. Computing at School Working Group, 2012. [cit. 20-02-2015]. Dostupné z <http://www.computingatschool.org.uk/data/uploads/Case%20for%20Computing.pdf>.
- [11] RESNICK, M. Scratch: Programming for All. *Communications of the ACM*, **52** (11), 2009, 60-67.
- [12] ČERNOCHOVÁ, M. & KOMRSKA, T. Scratch v hodinách výtvarné výchovy a ICT na 1. stupni ZŠ aneb žáci 1. stupně ZŠ vyprávějí příběhy ve Scratch. In L. Trajtel' (Ed.), *DidInfo 2013*, 21–26. Banská Bystrica: UMB, 2013.

KATEDRA INFORMATIKY, PEDAGOGICKÁ FAKULTA, JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH, ČESKÁ REPUBLIKA
E-mail adress :vanicek@pf.jcu.cz