

TECHNOLOGIE PRO ZPŘÍSTUPNĚNÍ VÝUKY MATEMATIKY ZRAKOVĚ POSTIŽENÝM NA MASARYKOVĚ UNIVERZITĚ

Lukáš MÁŠILKO, Ondřej NEČAS

Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky Masarykovy univerzity, Šumavská 15, 602 00 Brno,
teiresias@muni.cz

***Anotace:** Středisko Teiresiás Masarykovy univerzity se zabývá zpřístupňováním studijní literatury zrakově postiženým studentům již dvanáct let. Jedním z obtížných úkolů je adaptace odborných textů, obsahujících matematickou notaci a jinou speciální symboliku. Článek shrnuje metody a technologie používané ve středisku, umožňující jednak tvorbu takových dokumentů a také práci s nimi zrakově postiženým uživatelům.*

Úvodní informace o Středisku Teiresiás

„Středisko Teiresiás pro pomoc studentům se specifickými nároky je celouniverzitním pracovištěm Masarykovy univerzity (dále jen MU). Jeho úkolem je zajišťovat, aby studijní obory akreditované na univerzitě byly přístupné studentům se smyslovým nebo jiným handicapem.“ [1] MU v současné době eviduje 84 aktivních studentů řádného studia se zrakovým postižením, z toho 35 nevidomých (údaje platné k 31. 12. 2011). Přibližně 10 nevidomých a slabozrakých studentů studuje obor, ve kterém se setkávají s předměty zaměřenými na matematiku, informatiku, statistiku, fyziku apod. Úkolem pracovníků Střediska Teiresiás je tedy zpřístupnit zmíněným studentům studijní materiály, ve kterých se vyskytuje odborná symbolika či vizuálně podané informace (obrázky, grafy, schémata atd.). Studenti s takovými materiály mohou pracovat v tištěné podobě (nejčastěji ve formě zvětšeného či hmatového výtisku), častěji však používají digitální verzi textu, kterou prostřednictvím počítače mohou číst i editovat.

Technologie pro práci s počítačem

Je patrné, že s příchodem osobních počítačů se zásadním způsobem změnila možnosti přístupu k informacím, což platí i pro osoby se zrakovým postižením. Základním vybavením, které umožňuje práci na počítači nevidomým i těžce slabozrakým lidem, je tzv. odečítač obrazovky¹, někdy též screen reader. Uživatel se zrakovým postižením pomocí něj může počítač ovládat, tj. přečíst si libovolný text či jej vytvářet s pomocí klávesnice, pracovat s e-mailovou schránkou, přehrávat zvukové nahrávky či video, spravovat soubory a složky atd.

Výstup odečítače je uživateli předán pomocí hlasové syntézy, tedy programu reprodukcujícího digitální text pomocí umělé lidské řeči, nebo je možné sledovat výstup odečítače také pomocí hmatu, k tomu slouží hmatový displej neboli braillovský řádek. Jde o hardwarové zařízení, obvykle připojené k počítači pomocí portu USB, které umožňuje zobrazit text v Braillově slepeckém písmu, přičemž výstup se dynamicky mění podle pozice kurzoru; obsahuje také některé ovládací prvky, díky nimž je možné rychlé listování textem, operativní návrat ke konkrétní části textu a jeho okamžitá editace.

Oba tyto způsoby zpřístupnění mají své výhody: zatímco hlasová syntéza nevyžaduje zapojení speciálního hardwaru a osvojení práce s ním (které v případě braillovského řádku není úplně triviální), hmatový výstup je výhodný (a někdy dokonce nezbytný) u textů v cizích jazycích, kde musí uživatel sledovat kromě fonetické podoby také korektní zápis, u dokumentů se speciální symbolikou a dalších typů textu, které je obtížné jednoznačně převést do hlasové podoby.

Způsob práce slabozrakého člověka na počítači není jednoznačně daný a do velké míry závisí na typu a míře zrakového postižení. Je však podstatné, že při práci s informacemi na rozdíl od nevidomého primárně používá svůj zrak, jsou pro něj tedy určeny jiné nástroje. Někdy mu postačí pouze nižší rozlišení obrazovky či nastavení velikosti písma, může též využít standardních zvětšovacích nástrojů operačního systému (např. program Magnify v MS Windows), případně si pomoci optickými pomůckami (lupy, dalekohledové

¹ Odečítač obrazovky je softwarová aplikace, která identifikuje a interpretuje informace na pozici, kde se aktuálně nachází kurzor.

a monokulární systémy, digitální kamerové lupy²). Řadě těžce slabozrakých lidí však tyto prostředky nepostačují a používají při práci s počítačem softwarovou lupu³.

Společným a poměrně zásadním problémem nevidomých a těžce slabozrakých lidí při zpracování informací je nemožnost okamžitě rozpoznat, jaká informace je pro ně důležitá. Jsou totiž schopni v jednom okamžiku vnímat jen velmi malou část informací. Způsob čtení textu je lineární, lidé s těžkým zrakovým postižením musí přečíst řadu slov či vět, než se dostanou k tomu, co hledají či co je skutečně zajímavá.

Překážky ve výuce matematiky pro nevidomé

Jak jsme již uvedli, možnost využití počítače a očečítače obrazovky znamenala pro lidi se zrakovým postižením velký přínos. Podobnou revolucí v kontextu českého prostředí se zdá být i schválení normy českých národních znakových sad Braillova slepeckého písma v r. 1995. Díky tomuto kroku může nevidomý student zapisovat text s matematickou, fyzikální či chemickou symbolikou normativně, pomocí šestibodového braillovskeho zápisu. Až do poměrně nedávné doby tak činil s pomocí tzv. Pichtova psacího stroje⁴. Textu v této podobě však často rozuměl jen on sám, nikoli jeho okolí, tj. učitel, spolužáci či rodina. Zejména v integrujících školách tak docházelo k situacím, kdy „pedagog nebyl schopen přečíst text, který nevidomý žák produkoval, a neměl tudíž ani možnost bezprostředně kontrolovat jeho práci. Řešením byla buď pomoc samotného žáka, který svůj vlastní text učiteli přečetl, anebo třetí osoba – speciální pedagogický asistent.“ [3] Pro přímou a okamžitou interakci je takové řešení nevhodné, navíc učitel není schopen bez pochybností ověřit, zda je jeho nevidomý student při zápisu matematických výrazů přesný a korektní.

Další překážku ve výuce matematiky pro nevidomé popisují autoři projektu Math Access⁵, kteří se zaměřují na otázky rehabilitace a vzdělání osob zrakovým postižením. „Matematika je velmi vizuální ve své přirozené podobě. Vizuální odkazování je základem jazyka matematiky, ať už se jedná o popis takových věcí, jako je směr, kvantita či tvar.“ [4] Učitel je zvyklý svým žákům vysvětlovat postup výpočtu na tabuli, odkazovat se na jednotlivé části výrazu a poté popisovat jejich vztahy. Tím však působí značné problémy zrakově postiženým aktérům výuky, kteří takto podané informace sledují pouze v omezené míře či vůbec.

Uvedme jednoduchý příklad:

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)} + \frac{x^2}{x-1}}$$

Obr. 1: Matematický výraz o jedné proměnné x

Úkolem studenta je zadaný výraz zjednodušit. Bez pomoci učitele je schopen okamžitě rozpoznat strukturu výrazu a jeho vnitřní členění – jedná se o odmocninu ze součtu dvou zlomků. Buď samostatně nebo díky náповědě pedagoga si uvědomí, že v čitateli i jmenovateli prvního zlomku je tentýž výraz $x + 1$, lze jím tedy krátit. A tak pokračuje dále.

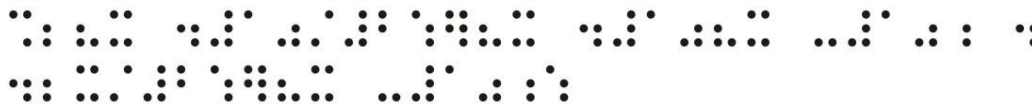
Propracovaný systém symbolického zápisu zachycující ve více úrovních vztahy jednotlivých částí výrazu tak „dostává do zorného pole čtenáře větší množství informací. Umožňuje, aby zrak v textu sledoval jen klíčové informace a mezi sebou je srovnával.“ [5] Nevidomý žák je na tom nesrovnatelně hůře. Stejný výraz převedený do šestibodového braillovskeho písma zahrnuje přibližně 50 znaků, které se ani nevejdou na jeden řádek, viz Obrázek 2:

² Digitální kamerová lupa může být připojena k počítači, nebo může mít vlastní obrazovku. Je to zařízení, které snímá text vytištěný na papíru a zobrazuje jej ve zvětšené a upravené podobě (může zvýšit kontrast, změnit barvy, apod.).

³ Softwarová lupa je počítačový program, který zvětšuje část obrazovky počítače, na které se aktuálně nachází kurzor. Umožňuje rovněž upravit barevné kombinace popředí a pozadí, velikost, tvar a další vlastnosti kurzoru či aktivovat hlasovou podporu.

⁴ Pichtův psací stroj je mechanické zařízení pro zápis textu v braillovskeho šestibodovém písmu

⁵ Projekt Math Access je řešen na půdě Výzkumného a vývojového institutu sídlícího v americkém městě Sycamore (stát Illinois)



Obr. 2: výraz na Obrázku 1 v Braillově písmu

Nevidomý jej čte lineárně, znak po znaku a nejlépe několikrát za sebou, aby si uvědomil, jaká je struktura výrazu, a navrhl možný postup řešení. Zcela tak přichází o možnost okamžitého pohledu na výraz a abstrahování od konkrétních a nepodstatných hodnot. V další fázi výpočtu si však musí pamatovat právě ty části výrazu, které mezi sebou mají nějaký vztah, aby s nimi případně mohl provést nějakou operaci. Je třeba, aby si udržel v paměti obě části zlomku, aby je případně mohl zkrátit, nebo jmenovatele obou zlomků, aby je mohl sečíst, atd.

Pokud bychom si výraz na Obrázku 1 převedli do ASCII kódu:

$(x + a) / (x - a) + x / (x - a)$

zjistíme navíc, že je zápis matematických výrazů silně kontextový. Nevidomý čtenář sám musí rozpoznat, že se nejedná o běžný text, nýbrž o matematický výraz zapsaný podle braillové šestibodové normy. Zájemce o hlubší pochopení vyjádření matematických výrazů pomocí braillové šestibodové normy odkazujeme na Příručku pro přepis textů do bodového písma. [6]

Aplikace pro práci nevidomého s matematickými texty

Počítač společně s odečítačem obrazovky a braillovým řádkem umožnil nevidomým studentům používat běžné textové editory, a to i k zápisu matematických výrazů. „V případě jednoduchých příkladů a běžné základní symboliky dostupné z klávesnice počítače se jednalo o krok vpřed, protože učitel a další byli schopni přečíst text nevidomého bez znalosti braillova písma.“ [7] Možnosti standardních textových editorů jsou však omezené, zobrazení a práci se speciálními symboly⁶ buď nepodporují vůbec, nebo formou, která je pro nevidomého nepřístupná, tedy např. v podobě obrázků, které dané výrazy znázorňují. Studenti si tedy často vytvářejí vlastní transkripční kódy, pomocí nichž speciální symboly dovedou vyjádřit. Tyto kódy obvykle nedodržují šestibodovou normu a jsou založené spíše na slovním popisu symbolů, případně vycházejí z jiných ustálených kódů pro zápis matematiky, například z jazyka TeX. Svému zápisu pak rozumějí pouze oni sami a učitel, chtějí-li se o svém výpočtu či myšlence pobavit s někým jiným, musí nejdříve vysvětlit, co kterým symbolem ve svém textu myslí.

Pracovníci Střediska Teiresiás na tuto situaci reagovali a v letech 2000–2002 vyvinuli sazební systém BUF (Braille Universal Format) pro soutisk vícejazyčných odborných publikací v černotisku i brailu. Není to samostatná aplikace, jedná se o sadu maker pro textový editor MS Word, což umožňuje využívat pro sazbu všech možností tohoto prostředí, na které jsou uživatelé zvyklí (dělení slov, kontrola pravopisu atd.), a zároveň upravovat formát dokumentu pro potřeby hmatového tisku. Jiné komerční produkty pro braillovou sazbu (např. Duxbury Braille Translator, WinBraille) měly v té době podstatně omezenější možnosti a i v současné době má BUF proti nim své výhody. Nabízí mimo jiné překlad textu do Braillova písma dle národních norem nejznámějších jazyků a umožňuje sazbu i následný převod matematických výrazů do hmatové verze dle české národní šestibodové normy z roku 1995. BUF je bohužel nevhodný pro samostatnou editační práci nevidomého člověka a navíc nepřenositelný do jiných národních prostředí, a to vzhledem k vysoké míře závislosti na zmíněné šestibodové normě v případě sazby matematického textu.

Navazujícím počinem pracovníků Střediska Teiresiás bylo dokončení vývoje editoru BlindMoose v r. 2004. Tento nástroj (opět sada maker doplňující editor MS Word) slouží nevidomým k práci s matematickými výrazy dle zmíněné české národní šestibodové normy a podporuje výstup na braillový řádek. „Text včetně matematických symbolů je zobrazen ve vizuálně čitelné formě, takže učitel a další osoby z okolí nevidomého studenta porozumí textu i bez znalosti Braillova písma.“ [7] Nevidomý uživatel vkládá speciální symboly prostřednictvím přehledně členěného menu, případně využívá klávesových zkratk. Je navíc zajištěna plná kompatibilita se sazebním systémem BUF, takže osoba připravující text pro braillový a černotiskový soutisk může spuštěním jednoho makra vytvořit i digitální verzi materiálu pro použití v aplikaci BlindMoose. Musíme

⁶ Myslíme tím symboliku používanou např. v teorii množin, výrokové či predikátové logice, diferenciálním a integrálním počtu atd.

však zmínit i nevýhody editoru. Jedná se o národní a platformově závislý nástroj, hlavním nedostatkem je však absence výstupu pomocí hlasové syntézy a především jakýchkoliv kompenzačních funkcí, které by nevidomému usnadnily práci se složitějšími matematickými výrazy a pomohly mu pochopit jejich strukturu.

„V r. 2005 zahájili pracovníci Střediska Teiresiás spolupráci s mezinárodním konsorciem Lambda, které od r. 2002 vyvíjelo stejnojmenný editor pro práci nevidomých s odbornou symbolikou.“ [7] Provedli kompletní českou lokalizaci editoru a navrhli novou českou osmibodovou braillovou normu, která byla podmínkou k zajištění kompatibility s ostatními národními prostředími Lambdy. Editor je tak opět o krok dál, jeho autoři se vypořádali s překážkami uvedenými v předchozí kapitole a vyhnuli se i nedostatkům aplikace BlindMoose. Lambda podporuje hlasový i hmatový osmibodový výstup, nabízí kompenzační funkce umožňující rozpoznat logické členění matematického výrazu. Symbolický zápis matematického textu je srozumitelný i osobám, které neznají osmibodovou normu. Mohou si jej navíc zobrazit pomocí programu Math Player i v grafické podobě odpovídající běžnému tištěnému zobrazení matematických symbolů v učebnicích. Lambda též umožňuje efektivnější práci s maticemi a disponuje zabudovaným kalkulátorem.

Jak již bylo zmíněno, „klíčovou vlastností editoru Lambda je možnost zobrazení struktury jakéhokoliv korektně zapsaného matematického výrazu, od nejobecnější až po tu nejkonkrétnější úroveň.“ [7] Stiskem jediné klávesy si může nevidomý student zobrazit základní členění výrazu, přičemž jsou mu skryty podvýrazy a konkrétní hodnoty či operátory. V dalším si postupně odkrývá podčáržené logické bloky výrazu až do poslední úrovně, tj. celého výrazu včetně konkrétních hodnot, viz Obrázek 3.

The diagram illustrates the step-by-step revelation of logical blocks in a mathematical expression using Braille. The expression is $(x+1)^2 \cdot (x+1) \cdot (x-1) \cdot (x^2 - 1)$. The diagram shows four stages of revelation:

- The full expression with a red line under the entire expression.
- The expression with a red line under the first part $(x+1)^2$.
- The expression with a red line under the second part $(x+1)$.
- The expression with a red line under the third part $(x-1)$.

Obr. 3: postupné odkrývání logických bloků výrazu až ke konkrétním hodnotám v Lambdě

Podstatnou nevýhodou Lambdy je obtížně zajistitelná rozšiřitelnost o další matematické symboly či struktury, což nepotěší především studenty vyšších ročníků univerzit. Editor též postrádá podporu strukturování dokumentu, nabízí pouze možnost vkládání nadpisů různých úrovní. Autoři sami uvádějí, že Lambda je především nástrojem pro práci s matematickými výrazy a jejich úpravu, nikoli pro zpracování obsáhlého dokumentu. Chybí tak možnost vkládat tabulky, číslované či odrážkové seznamy, poznámky pod čarou, obsah či rejstříky, nelze zvýraznit určitý text. Je třeba též zmínit, že Lambda nenabízí podporu slabozrakým uživatelům, ti si nemohou změnit řez písma, jeho velikost ani barevnou kombinaci textu a pozadí. Editor nabízí možnost importu či exportu do formátu kombinujícího XHTML s MathML, tato funkce je bohužel v této chvíli velmi omezená a pro složitější dokumenty nedává dobré výsledky.

Existuje mnoho dalších nástrojů pro práci nevidomých s matematickými texty. Některé jsou založené na práci s běžně používanými formáty a jejich konverzi do hmatové nebo zvukové podoby. Příkladem může být formát MathType, běžně používaný v MS Wordu, který umožňuje hlasový výstup pro některé jazyky a podporují jej též některé braillové sázecí systémy (např. Tiger Software Suite s rozšířením EasyMath [13]); anebo nástroj odt2braille [14], který převádí vzorce OpenOffice Math. Jiné nástroje pracují s vlastním interním formátem, obvykle založeným na nějaké podobě XML a MathML, např. InftyEditor [15] nebo MathDaisy [16].

Přestože autoři těchto systémů tvrdí opak, žádný z nich neřeší problematiku matematiky pro nevidomé stoprocentně. Každý má své limity, ať už je to podpora importních a exportních formátů, omezená sada matematických symbolů, možnosti editace nebo vazba na konkrétní hardware. Žádný z nich se nedá považovat za standard a žádný není masově rozšířený. Z hlediska českého uživatele je významným omezením špatná nebo žádná podpora české braillové normy ve většině z nich.

Grafika a její zpracování pro zrakově postižené

V posledních letech, s rozvojem a dostupností technologií pro náročnější sazbu, se stále častěji setkáváme s dokumenty obsahujícími velké množství grafických prvků. Nejde přitom jen o knižní publikace, ale také o elektronické dokumenty a studijní materiály typu skript, dokumentů pro práci na hodině, zadání domácích úkolů apod., které dříve bývaly mnohem častěji čistě textové. Pro běžného uživatele může být bohatší struktura a vizuální pestrost dokumentů výhodou (ačkoliv ani to neplatí vždy), klade to však značné překážky při zpřístupňování zrakově postiženým.

V některých případech jsou grafické prvky nezbytnou součástí dokumentu (např. znázornění grafů funkcí v matematických textech), jindy však plní roli spíše doplňkovou či čistě estetickou. Prvním krokem při adaptaci je proto vždy rozhodnutí, které prvky zcela vypustit a které zachovat – a u těch potom zvolit nejvhodnější technologii adaptace.

Adaptace pro slabozraké obvykle spočívá ve zvětšení obrázku a zvýraznění detailů, např. je často nutné zvětšit tloušťku čar, zvýšit kontrast, výrazněji zvětšit některé drobné prvky. Záleží na složitosti grafiky, v některých případech postačí prosté zvětšení, jindy je třeba obrázek zcela překreslit.

Při adaptaci pro nevidomé se zcela opouští vizuální podoba a obrázky jsou nahrazeny textovým popisem, hmatovou grafikou, nebo jejich kombinací. Textový popis je obecně pro nevidomého přístupnější (práce s ním nevyžaduje nácvik, může být obsažen i v elektronickém dokumentu), proto k němu saháme vždy, když to informace prezentovaná obrázkem umožňuje. V ostatních případech volíme hmatovou grafiku.

Existuje poměrně velké množství technologií pro přípravu hmatových obrázků, liší se v úrovni detailů, které jsou schopny zobrazit, v náročnosti přípravy a také ceně. Uvádíme několik nejběžnějších:

- **bodová grafika** – obrázek je složený z bodů vytlačovaných do papíru pomocí braillovské tiskárny. Jedná se o operativní a levný způsob, ale rozlišení je nízké, velikost bodu bývá zřídka menší než 1–2 mm (v závislosti na tiskárně). Ve středisku Teiresiás používáme tiskárny Index Everest a především Emprint SpotDot, což je tiskárna z rodiny Tiger, která umožňuje kombinovat několik různých velikostí bodu a umožňuje současně s bodovým tiskem vizuální tisk barevným inkoustem.
- **tisk pomocí reliéfní barvy** – technologie náročná na přípravu a vyžadující poměrně drahé strojové vybavení, vhodná spíše pro tisky větších nákladů. Ve středisku Teiresiás tuto technologii nepoužíváme, výjimečně v případech potřeby využíváme služeb komerčních tiskáren.
- **tisk na mikrokapslový (nadouvací) papír** – dostupná a operativní technologie, tiskne se na běžných tiskárnách (je možné použít i ručně kreslené obrázky), papír se následně ozáří infračerveným světlem a vytvoří reliéf. Tiskový materiál je však poměrně drahý. V současné době existují tři hlavní producenti, kteří tuto technologii nabízejí: britská Zychem Ltd. a její ZyFuse, který používáme ve středisku Teiresiás, australská firma Harpo se strojem Piaf a americká Repro-Tronics nabízející stroj TIE (Tactile Image Enhancer). Výrobky jsou vzájemně kompatibilní, je možné používat papír jednoho výrobce ve stroji jiné značky. [11]
- **vakuově tvarované fólie** – technika vhodná pro víceúrovňový reliéf. Dostupné jsou stroje s různým výkonem (ovlivňuje maximální sílu fólie), tiskový materiál je poměrně levný. Náročná je však tvorba matrice (formy), která se pro otisk používá. Ve středisku Teiresiás používáme stroj Maxi-Form od firmy American Thermoform Corporation.

Jen výjimečně je možné zpracovat pomocí některé z těchto technologií obrázky určené pro tisk, ve většině případů je nutné obrázek upravit nebo zcela překreslit tak, aby splňoval kritéria čitelnosti hmatové grafiky – jedná se o minimální velikosti detailů a tloušťky čar, minimální vzdálenosti grafických prvků, pravidla pro nahrazování barev výplněmi, umístění popisů apod.; tato problematika je poměrně obsáhlá, podrobněji např. v [12].

Literatura

- [1] PEŇÁZ, P.: *Teiresiás – Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <<http://teiresias.muni.cz/>>
- [2] BUBENÍČKOVÁ, H.: *O zrakovém postižení a zrakově postižených* [PDF dokumenty online]. Česká oční optika, 1–4/2006, 1/2007. Dostupné z: <<http://centrumpronevidome.cz/bubenickova>>

- [3] HEGR, J., MÁŠILKO, L. ŠIMEK, R.: Pedagogický asistent a prostředky pro práci nevidomých s texty obsahujícími odbornou symboliku In *IX. Mezinárodní konference k problematice osob se specifickými potřebami a IV. Dramaterapeutická konference*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-2010-3.
- [4] *Project Math Access* [online]. Research and Development Institute, Inc., c1997–2006 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <<http://s22318.tsbvi.edu/mathproject/>>
- [5] ONDRA, S., PEŇÁZ, P.: E-Simplicity vs. e-Complexity. In *Digitalization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2012*. The DEIMIS Organizing Committee. Tokio : 2012. s. 1–18
- [6] GONZÚROVÁ, W.: *Průručka pro přepis textů do bodového písma*. 1. vyd. Praha : Knihovna a tiskárna pro nevidomé K. E. Macana, 1996.
- [7] MÁŠILKO, L.: Nevidomí studenti a vnímání matematických výrazů. In *Setkání učitelů matematiky všech typů a stupňů škol*. 1. vydání. Plzeň : Vydavatelský servis, Republikánská 28, Plzeň, 2010. ISBN 978-80-86843-29-2, s. 173–178. 4. 11. 2010, Srní.
- [8] NEČAS, O.: *Braille Universal Format* [online]. Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky. Dostupné z: <<http://www.teiresias.muni.cz/buf>>
- [9] NEČAS, O.: *BlindMoose 2* [online]. Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky. Dostupné z: <<http://www.teiresias.muni.cz/bm2>>
- [10] ŠIMEK, R.: *Informační portál – Návrh české osmibodové normy, Matematický editor Lambda* [online]. Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky, c2008 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z <<http://www.teiresias.muni.cz/czbraille8>>
- [11] BAILLIE, Ch., BURMEISTER, O., HAMLIN-HARRIS, J.: Web-based teaching: communicating technical diagrams with the vision impaired. In *Proceedings of OZeWAI 2003*. Australia : Australian Web Accessibility Initiative, 2003. Dostupné též z: <<http://opax.swin.edu.au/~jhamlynharris/Papers/OZeWAI20031.html>>
- [12] JESENSKÝ, J.: *Hmatové vnímání informací s pomocí tyflografiky*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství 1988.
- [13] *Fast and Easy Braille Math Translation* [online]. USA : ViewPlus Technologies Inc., 2012. [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <<http://www.viewplus.com/solutions/math-access/tiger-braille-math/>>
- [14] *odt2braille: Export and emboss Braille documents using OpenOffice.org* [online]. DocArch, c2010. [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <<http://odt2braille.sourceforge.net/>>
- [15] SUZUKI, M.: *Infty Project: Research Project on Mathematical Information Processing* [online]. Fukuoka, Japan : Kyushu University. [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <<http://www.inftyproject.org/en/index.html>>
- [16] *MathDaisy* [online]. Design Science, c1996–2001. [cit. 2012-02-29]. Dostupné z: <<http://www.dessci.com/en/products/mathdaisy/>>