



Wprowadzenie w problemy, badania i rozwój informatycznych technologii wspomagających komunikację osób niewidomych i widzących w obszarze matematyki

dr inż. JOLANTA BRZOSTEK-PAWŁOWSKA¹⁾, dr DARIUSZ MIKUŁOWSKI²⁾

Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa¹⁾, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny Siedlce²⁾

Próby umożliwienia osobom niewidomym samodzielnego czytania tekstów matematycznych, jak również ich pisania, podejmowane są już od wielu lat. Tego rodzaju badania są prowadzone zarówno za granicą, jak i w Polsce. Mimo to, do dzisiaj nie istnieje kompleksowe, w pełni zadowalające użytkowników, rozwiązanie tego problemu. Główną trudnością przy wspólnej pracy niewidomych i widzących nad tekstem zawierającym formuły matematyczne jest to, że w notacji ludzi widzących są one eksponowane w formie dwuwymiarowych zestawów symboli graficznych. W alfabecie Brajla, którym posługują się niewidomi, ta ekspozycja ma formę zapisu liniowego. Dodatkowym problemem jest to, że w tym liniowym zapisie interpretacja znaczeniowa poszczególnych symboli zależy często od kontekstu (sąsiedztwo z innymi symbolami, odstęp przed lub po symbolu itp.). Automatyčna translacja pomiędzy tymi dwoma sposobami wyrażenia języka matematyki jest problemem dość złożonym.

Obecnie na rynku dostępne są rozwiązania zapewniające tylko ograniczoną możliwość zapisu przez niewidomych formuł matematycznych tak, aby były one dostępne dla widzących oraz odczytu przez niewidomych tekstów matematycznych przygotowanych przez osoby widzące. Niektóre z tych sposobów, takie jak pisanie formuł przy pomocy edytora równań w programie MS Word, czy czytanie publikacji matematycznych w formie elektronicznej (PDF, PS) i drukowanej są całkowicie niedostępne dla niewidomych. Inne, takie jak pisanie równań z użyciem różnych środowisk edycyjnych bazujących na języku LaTeX przez użytkownika niewidomego, lub pakietu MS Office, wiążą się z dużymi trudnościami o różnym charakterze. Osoby niewidome są w stanie pisać teksty matematyczne przy pomocy notatników brajlowskich. Jednakże ten zapis jest całkowicie nieczytelny dla widzących nie posiadających znajomości alfabetu brajla oraz zestawu reguł i symboli brajlowskiej notacji matematycznej. Pozostałe, powstające w ostatnich latach rozwiązania tego problemu, takie jak np. system Translator+Homer, czy wtyczka Mathplayer dla przeglądarki Internetowej Internet Explorer, nie są dostatecznie dobrze dopracowane lub nie spełniają w całości wymagań polskich użytkowników.

W niniejszym artykule zostały poruszone problemy oraz zaprezentowane badania podjęte niedawno w Instytucie Maszyn Matematycznych. Koncentrują się one na usprawnieniach komunikacji w matematyce, w zespołach osób niewidzących i widzących, z wykorzystaniem brajlowskiej techniki zapisu, zarówno formuł matematycznych jak i towarzyszącego im tekstu i rysunków. Usprawnienia te oparte są na zintegrowanym podejściu do rozwiązania problemu, w którym przyjęto kilka technologii interfejsu – dotykową (brajl), audio (mowa), nawigacji kursorem po strukturach formuł matematycznych oraz teleinformatyczną z wykorzystaniem usług sieciowych. Przyspieszają zespołowe przetwarzanie tekstów matematycznych, rozumiane jako wprowadzanie, poprawianie, odczytywanie i drukowanie. W planowanych kolejnych publikacjach poświęconych tej problematyce zostaną zaprezentowane zagraniczne i krajowe badania, ich rezultaty oraz ofertę realnie dostępnych na rynku narzędzi wspomagających

pracę z formułami matematycznymi niewidomych użytkowników pochodzących z różnych obszarów językowych i obowiązujących standardów brajla, zwłaszcza notacji matematycznej brajla.

Istniejący stan technologii wspomagających komunikację w obszarze matematyki z osobami niewidomymi

Obecnie na rynku dostępne są rozwiązania zapewniające tylko ograniczoną możliwość zapisu przez niewidomych formuł matematycznych dostępnych dla widzących oraz odczytu przez niewidomych tekstów matematycznych przygotowanych przez osoby widzące. Niektóre z tych sposobów wymagają opanowania specjalistycznych technik i umiejętności, na co nie może sobie pozwolić początkujący użytkownik, jakim jest np. niewidomy uczeń szkoły podstawowej.

Najbardziej tradycyjnym sposobem zapisywania wyrażań matematycznych przez osoby niewidome jest użycie maszyny lub tabliczki brajlowskiej oraz Brajlowskiej Notacji Matematycznej (BNM). Ten sposób wymaga od nauczyciela znajomości zarówno alfabetu brajla, jak też zestawu symboli, które stanowią brajlowską notację matematyczną.

Jednym z najstarszych sposobów wykorzystania komputera w celu umożliwienia osobom niewidomym samodzielnego zapisywania wyrażań matematycznych (z jednoczesną możliwością ich odczytu przez osoby widzące, nieznające brajla) jest system i język LaTeX. LaTeX jest systemem do profesjonalnego składu tekstów m.in. matematycznych przeznaczonym dla widzących. Może być on z powodzeniem używany przez niewidomych, ponieważ sposób zapisywania formuł matematycznych jest w nim całkowicie liniowy, tak jak w BNM. Największa trudność w powszechnym stosowaniu języka LaTeX polega na tym, że – pomimo możliwości przetworzenia napisanego tekstu na postać graficzną – niewidomy użytkownik nie ma pełnej kontroli nad finalnym wyglądem dokumentu. Kolejnym problemem jest to, że w celu tworzenia dokumentów w LaTeX, użytkownik musi opanować kilkadziesiąt poleceń tego języka oraz metody kompilacji tekstu źródłowego na postać graficzną. Ponadto, polecenia LaTeX są dość długie, w związku z czym szybkie wprowadzanie wyrażań matematycznych (np. przez studenta podczas wykładu) jest właściwie niemożliwe. Wynika z tego, że ten sposób nie może być używany przez początkujących użytkowników – takich jak uczniowie szkoły podstawowej, jak też nauczycieli szkolnictwa powszechnego, którzy zazwyczaj nie znają języka LaTeX.

Popularnym sposobem zapisywania równań matematycznych przez widzących jest użycie edytora równań w programie Word. Niestety ten sposób jest całkowicie bezużyteczny dla niewidomych, ponieważ tworzenie wzoru odbywa się w nim głównie przy pomocy myszki, której możliwości użytkownika przez osoby niewidome są bardzo ograniczone. Pewnym ułatwieniem tego rozwiązania jest wprowadzenie przez firmę Microsoft liniowej notacji matematycznej w Word 2007 (nieoficjalnie) i Word 2010 (oficjalnie), dalej w artykule nazywanej UnicodeMath, zgodnie z nomenklaturą przyjętą



przez Murray Sargent w pracy [4]. Umożliwia ona wprowadzanie formuł matematycznych przy pomocy odpowiednich poleceń tekstowych oraz skrótów klawiaturowych. To rozwiązanie posiada jednak niedogodność polegającą na tym, że nie jest możliwe wprowadzanie poprawek do pisanej formuły przez osobę niewidomą. Jest to spowodowane tym, że edytor równań nie jest udźwiękowiony przez programy odczytu ekranu używane przez niewidomych do pracy z komputerem, takie jak Jaws lub Window Eyes. Ponadto, podobnie jak w przypadku języka LaTeX, użytkownik w celu stosowania notacji Unicode Math musi się nauczyć jej poleceń, które (tak jak polecenia języka LaTeX) są wyrażone w języku angielskim, co jest utrudnieniem dla osób nieznających języka angielskiego lub młodzieży rozpoczynającej naukę tego języka.

Jednym z rozwiązań, jakie pojawiło się ostatnio, jest wspomniana wcześniej specjalna wtyczka instalowana do przeglądarki internetowej Internet Explorer o nazwie Mathplayer. Umożliwia ona odczytywanie za pomocą mowy syntetycznej wzorów matematycznych, zamieszczonych na stronach internetowych w formie znaczników języka MathML. Producent wtyczki Mathplayer – firma Design Science – oferuje również narzędzie pozwalające na tworzenie formuł matematycznych, a także eksport równań z MS Word oraz ich zapis w formie stron internetowych dostępnych dla MathPlayer. Zarówno narzędzie MathType, jak i wtyczka Mathplayer są dostępne w języku angielskim, co może stanowić pewne utrudnienie, zwłaszcza dla początkujących użytkowników. Ograniczeniem MathPlayer jest także to, że nie odczytuje on formuły w notacji UnicodeMath.

W ciągu kilkunastu ostatnich lat powstało kilka programów, pozwalających na drukowanie tekstów dla niewidomych na standardowych i profesjonalnych drukarkach brajlowskich. Jednym z takich programów jest Winbraille, który jest dołączany do drukarek firmy Everest. Pozwala on na redagowanie zarówno prostych, jak też obszerniejszych tekstów brajlowskich, których źródło stanowią dokumenty programu MS Word. Program Winbraille nie posiada specjalnych funkcji pozwalających na redagowanie tekstów matematycznych. Formuły trzeba w nim wprowadzać bezpośrednio w zredagowanym dokumencie brajlowskim. Wymusza to znajomość nie tylko alfabetu brajla wraz z BNM, ale także tabeli odpowiedniości symboli brajlowskich i znaków wprowadzanych z klawiatury qwerty, powodujących wydruk tych symboli w brajlu. Program Winbraille posiada także funkcję emulowania klawiatury brajlowskiej polegającą na tym, że litery f d s j k l naciskane jednocześnie pozwalają na wpisywanie odpowiednich znaków brajlowskich. Interfejs użytkownika programu Winbraille jest w języku angielskim, chociaż odpowiednie tablice kodowe pozwalają na redagowanie przy jego pomocy polskich dokumentów. Program posiada także możliwość umieszczania w dokumencie brajlowskim prostych rysunków, które mogą być importowane z grafiki bmp lub dokumentów MS Word. Poważnym utrudnieniem przy stosowaniu tego rozwiązania jest przede wszystkim to, że nie wspiera wszystkich drukarek brajlowskich. Ponadto z ostatnich informacji, jakie można odnaleźć na stronach internetowych tej firmy, okazuje się, że produkt ten nie jest już rozwijany.

Innym popularnym programem do redagowania tekstów brajlowskich jest Duxbury. Jego działanie jest bardzo podobne do wspomnianego już programu Winbraille. Podobnie jak w Winbraille, formuły matematyczne można wprowadzać w Duxbury bezpośrednio do już zredagowanego tekstu brajlowskiego wpisując odpowiednie symbole BNM z klawiatury. Program posiada także funkcję importu równań matematycznych zapisanych w języku LaTeX. Ponieważ Duxbury jest programem amerykańskim, generowana przez niego notacja matematyczna nie jest zgodna ze stosowaną w Europie, tym samym też w Polsce, notacją opartą na pracach prof. Ephesera. Funkcja programu Duxbury pozwala-

jąca na import równań LaTeX nie nadaje się więc do wykorzystania przez polskich użytkowników, a pozostaje im jedynie wprowadzanie symboli BNM „ręcznie” do redagowanego dokumentu.

Wraz z rozpowszechnieniem się technik komputerowych pojawiły się na rynku różnego rodzaju notatniki elektroniczne wyposażone w klawiaturę brajlowską lub qwerty, mowę syntetyczną oraz często także w linijkę brajlowską. Stanowią one bardzo dobrą alternatywę dla tradycyjnych brajlowskich maszyn do pisania, gdyż umożliwiają szybkie redagowanie tekstów przez osobę niewidomą. Notatniki brajlowskie posiadają funkcje pozwalające na łatwe poprawianie tekstu czy też jego eksport do komputera. Za ich pomocą niewidomy użytkownik, znający notację matematyczną BNM, może zredagować tekst zawierający równania i wydrukować go na drukarce brajlowskiej. Jednakże formuły matematyczne zapisane w taki sposób nie są czytelne dla widzącego użytkownika nieznającego BNM. Po ich wyświetleniu w popularnym edytorze tekstowym są dla niego jedynie ciągami nic nieznaczących symboli.

Próby rozwiązania problemu komunikacji (pomiędzy niewidomym uczniem a widzącym nauczycielem) w dziedzinie zapisu i odczytu formuł matematycznych były podejmowane również w Polsce. Najstarszym programem używanym do redagowania tekstów brajlowskich jest Brajl. Program ten działa pod kontrolą systemu operacyjnego DOS, a jako dokumenty wejściowe może importować pliki edytora QRTekst oraz pliki tekstowe. Przy pomocy programu Brajl zredagowano bardzo wiele podręczników (również matematycznych). Formuły matematyczne w programie Brajl mogą być wpisywane w tekście źródłowym, podobnie jak we wspomnianym wcześniej Winbraille pod warunkiem, że osoba redagująca zna notację BNM oraz wie, jakie znaki wprowadzane z klawiatury odpowiadają symbolom matematycznym w tej notacji.

Najbardziej kompleksową próbą rozwiązania problemu redagowania brajlowskich tekstów matematycznych był projekt zrealizowany w Instytucie Podstaw Informatyki PAN w 2002 r. W jego wyniku powstał program o nazwie Translator. Umożliwia on przetwarzanie formuł matematycznych napisanych w języku LaTeX na postać matematycznej (zmodyfikowanej) notacji brajlowskiej. Następnie opracowano także aplikacje o nazwie Homer działającą w odwrotnym kierunku, która pozwala na konwersję formuły zapisanych w brajlu na format LaTeX. Cały pakiet złożony z tych dwóch translatorów oraz interfejsu z użytkownikiem pracującym pod systemem Windows nosi nazwę Euler. Dla potrzeb projektu, jego twórcy opracowali zmodyfikowaną, matematyczną notację brajlowską, która w stosunku do wcześniej używanej notacji prof. Ephesera została wzbogacona o bardzo wiele symboli i funkcjonalności, takich jak np. zerowa kolumna zapisu czy definicje bogatej gamy różnych krojów pisma.

Niedoskonałość w działaniu programu Euler, a także zastosowanie w nim nieznannej, bardziej złożonej notacji brajlowskiej, stały się powodem jego małej popularności wśród nauczycieli matematyki z całej Polski (głównie ze szkół specjalnych dla niewidomych). Z ich inicjatywy została opracowana uproszczona brajlowska notacja matematyczna BNM przedstawiona w publikacji [11], rekomendowana przez Ministerstwo Edukacji Narodowej do stosowania w przygotowywaniu podręczników brajlowskich oraz innych materiałów dydaktycznych.

Ostatnie próby opracowania jasnych zasad i sposobów redagowania materiałów brajlowskich zawierających formuły matematyczne były podjęte w ramach projektu „Edukacja, niepełnosprawność, informacja, technologia – likwidowanie barier w dostępie osób niepełnosprawnych do edukacji” realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim. W ramach jego prac powstała publikacja określająca zasady redagowania dokumentów elektronicznych, brajlowskich oraz publikowanych w powiększonym druku. Publikacja ta opisuje również sposoby i podaje wskazania co do metod redagowania



tekstów brajlowskich zawierających formuły matematyczne. W ramach tego projektu opracowano zestaw makropoleczeń działających w aplikacji MS Word, które przekształcają formuły matematyczne zapisane jako fragmenty tekstu zawierające polecenia języka LaTeX na postać oficjalnie obowiązującej notacji BNM. Formuły LaTeX są uzyskiwane z dokumentu Worda przy pomocy dostępnego na rynku programu Word2TeX, który konwertuje teksty Word i zawarte w nich formuły w notacji Equation Editor lub MathType, natomiast nie konwertuje na LaTeX nowego, liniowego formatu UnicodeMath.

Zakres potrzeb wymagających nowych rozwiązań

Głównymi barierami w dostępie osób niewidomych do oferowanych na rynku narzędzi asystujących osobom niewidzącym w nauce matematyki i w pracy związanej z przetwarzaniem tekstów matematycznych i komunikacją w tym zakresie z osobami widzącymi są:

- inny język, niż język natywny użytkownika, mowy generowanej przez narzędzie,
- inny standard notacji brajlowskiej niż obowiązujący w kraju użytkownika,
- inny standard brajlowskiej notacji matematycznej, niż obowiązujący w kraju użytkownika.

Nieliczne prowadzone w Polsce prace badawcze, przedstawione w początkowej części artykułu, na rzecz ułatwień w posługiwaniu się matematyką przez polskich niewidomych w niewielkim stopniu poprawiły realną ofertę narzędzi. Problem jest istotny zwłaszcza w edukacji matematycznej dzieci i młodzieży niewidomej, mogący powodować analfabetyzm matematyczny absolwentów kończących szkoły w szkolnictwie masowym, a nie specjalistycznym, co jest obecnie edukacyjnym trendem. Realna może stać się sytuacja, gdy wykształcony w szkolnictwie masowym niewidomy nie będzie umiał metodą pisemną przeliczyć szklanki mąki na dekagramy. A to z powodu braku narzędzi komunikacji widzącego nauczyciela matematyki w szkole masowej mającego wśród uczniów – uczniów niewidomych.

Z tych przyczyn konieczne jest podjęcie badań nad technologiami usprawniającymi komunikację osób niewidomych z osobami widzącymi w obszarze matematyki. Takie badania podejmuje obecnie Instytut Maszyn Matematycznych w Warszawie. Badania będą koncentrowały się na opracowaniu spójnej technologii wygodnego, dla niewidomych i widzących użytkowników, przetwarzania tekstów matematycznych i pomocniczych rysunków (wprowadzanie, korygowanie, formatowanie i drukowanie w brajlu). Opracowana technologia będzie także pomocna w komunikacji, prawie na bieżąco i w trybie offline, osób niewidomych z widzącymi w obszarze zagadnień matematycznych (wspólna praca nad przygotowywaniem wydawnictw brajlowskich, czy interaktywne rozwiązywanie zadań przez niewidomego ucznia we współpracy z widzącym nauczycielem).

Termin „prawie na bieżąco” dotyczy możliwości przekazywania formuły matematycznej, między osobą niewidomą i widzącą, natychmiast po zakończeniu wprowadzania formuły z uwzględnieniem czasu potrzebnego na jej przetworzenie na brajla lub mowę oraz czasu na jej przesłanie.

Badania nad nowymi rozwiązaniami w poruszanej w artykule problematyce muszą wychodzić naprzeciw potrzebom ułatwień i usprawnień:

- w przetwarzaniu (wprowadzaniu, korygowaniu, formatowaniu i drukowaniu w brajlu) przez osoby niewidome i widzące tekstów matematycznych z formułami matematycznymi i pomocniczymi rysunkami, przeznaczonych dla osób niewidomych;
- w komunikacji, prawie na bieżąco i w trybie offline, osób niewidomych z widzącymi w procesach wydawniczych tekstów matematycznych przy wspólnej pracy nad podręcznikami i pomocami z matematyki, w procesach nauczania matematyki i rozwiązywania przez niewidomego ucznia testów i za-

dań egzaminacyjnych oraz ich sprawdzania przez widzącego nauczyciela lub korepetytora nieznającego brajla ani specyfiki działania urządzeń brajlowskich;

Usprawnień wymagają takie sytuacje jak:

- praca osoby niewidomej nad przygotowaniem do druku w brajlu tekstu matematycznego w środowisku LaTeX i MS Office (publikacje, wydawnictwa);
- praca osoby widzącej w środowisku LaTeX i MS Office nad edycją tekstu matematycznego (publikacje, wydawnictwa) w celu otrzymania druku w brajlu;
- nauczanie matematyki niewidomego ucznia przez widzącego nauczyciela lub korepetytora, wspieranych istniejącymi drukowanymi (druk czarno-biały, druk brajlowski) lub elektronicznymi tekstami matematycznymi (rtf, txt, pdf) oraz wymieniających między sobą teksty matematyczne (np. rozwiązania zadań), również przez Internet.

Ułatwieniem i usprawnieniem byłoby:

- umożliwienie szybszego wprowadzania formuł matematycznych w celu ich konwersji na brajla;
- wprowadzanie rysunków matematycznych związanych z formułami matematycznymi w celu ich konwersji na brajla;
- automatyczne formatowanie tekstów matematycznych zapisanych początkowo w LaTeX i w MS Word jako poprawnie zbudowanych dokumentów brajlowskich;
- bezpośrednie konwertowanie formuł matematycznych zawartych w dokumentach MS Word na brajla;
- konwertowanie tekstów matematycznych z MS Word na LaTeX;
- automatyzacja przekształcania układu (layoutu) tekstu matematycznego dokumentu MS Word na układ tego tekstu w zapisie brajlowskim, by np. ułatwić pracę widzącego nauczyciela posługującego się ułożoną treścią podręcznika drukowanego zgodnie z rozmieszczeniem dotykowej formy tej treści w podręczniku brajlowskim, którym posługuje się niewidomy uczeń;
- semantyczne (inteligentne) udźwiękowanie formuł matematycznych w dokumentach MS Word, być może poprzez usługi sieciowe;
- automatyczne przekształcanie na format MS Word dokumentów z formułami matematycznymi tworzonych przy pomocy notatników brajlowskich.

Zakres badań

Badania obejmą zagadnienia związane z dążeniem do jak największej automatyzacji wymiany danych i dokumentów między trzema środowiskami pracy i nauki, MS Word 2010, LaTeX, środowisko brajlowskie, w celu umożliwienia użytkownikowi uzyskiwania z każdego środowiska tego, co dla niego jest w danym momencie priorytetowe, na przykład szybkość działania, jakość rezultatów pracy, możliwość współpracy z drugim człowiekiem lokalnie lub zdalnie.

Rozwiązywane problemy badawcze będą dotyczyły:

- interoperacyjności notacji LaTeX, UnicodeMath, BNM, i związanych z tym problemów rozpoznawalności i konwersji formuł, wiarygodności i koniecznych heurystyk,
- semantycznych technik (zdalnych i lokalnych) inteligentnego odczytu online text-to-speech formuł matematycznych,
- wstawiania w konkretne miejsca w tekście brajlowskim rysunków matematycznych o znanej lokalizacji w tekście czarno-białym,
- przenoszalności i wiarygodności tej przenoszalności stylów/formatowania, widoków, paginacji, spisów treści (i innych elementów):
- dokumentów MS Word na dokumenty brajlowskie;
- dokumentów MS Word na dokumenty LaTeX;
- dokumentów MS Word na dokumenty LaTeX, następnie na dokumenty brajlowskie;
- dokumentów brajlowskich na dokumenty MS Word.



Zakres zainicjowanych badań nie wyczerpuje wszystkich potrzeb ani technologicznych możliwości. Warto wspomnieć o problemie dostępności dla osób niewidomych rysunków matematycznych, który jest podjęty w badaniach Instytutu w niewielkim stopniu. Wraz z nowymi technologiami informatycznymi i teleinformatycznymi (np. urządzenia mobilne, usługi internetowe, rozpoznawanie obrazu i pisma ręcznego) otwierają się nowe możliwości ułatwień, nie tylko w percepcji i tworzeniu grafiki matematycznej, ale również w całym procesie edukacji matematycznej, jak i pracy zawodowej związanej z zagadnieniami matematycznymi.

Dla opracowania efektywniejszej, niż istniejące, technologii pracy i nauki związanej z dokumentami matematycznymi osób niewidomych przyjęty został następujący sposób rozwiązania problemu badawczego:

- włączenie do opracowywanej technologii nowego zapisu liniowego, formuł (unicodemath), który jest dostępny w MS Office 2010 (i nieoficjalnie w MS Office 2007);
- włączenie wprowadzania formuł odręcznie, przez nauczyciela widzącego lub pracownika w procesie wydawniczym, za pomocą myszki, klawiatury lub pióra cyfrowego;
- umożliwienie osobom niewidomym korekty formuł w formacie UnicodeMath poprzez ich semantyczne udźwiękowanie (np. $a \times b$ na „a razy be”); semantyczne udźwiękowanie może być, zależnie od wyników badań, oparte na usługach sieciowych lub synteźatorze lokalnym, z którego korzystają programy odczytu ekranu;
- umożliwienie przenoszenia tekstów matematycznych, wraz z formatowaniem, ze środowiska MS Word 2010 do środowiska LaTeX i bezpośrednio na brajla lub pośrednio poprzez LaTeX; badane będą techniki i możliwości przenoszenia przez schowek, przez dokumenty rtf, z uwzględnieniem standardów UnicodeMath, OMML, MathML.
- umożliwienie przenoszenia tekstu z formułami matematycznymi tworzonego przez niewidomego na notatnikach brajlowskich w formacie BNM do środowiska MS Word 2010.

Nowe technologie opracowane w wyniku badań stworzą możliwość:

1. szybkiej komunikacji w obszarze matematyki:
 - widzącego nauczyciela, nie znającego alfabetu brajla, piszącego formuły matematyczne w MS Word 2010, z niewidomym uczniem odbierającym tekst matematyczny w BNM na linijce brajlowskiej lub drukarce brajlowskiej;
 - niewidomego ucznia, piszącego formuły w uproszczonej (ze skrótami) matematycznej notacji brajlowskiej przy pomocy notatnika lub komputera z linijką brajlowską, z widzącym nauczycielem nie znającym brajla, który otrzyma napisany matematyczny tekst w dokumencie MS Word;
2. łatwego, szybszego niż dotychczas, pisanie, za pomocą klawiatury qwerty lub klawiatury brajlowskiej, formuł matematycznych przez osoby niewidome, jak również widzące;
3. drukowania na drukarkach brajlowskich, profesjonalnych i standardowych oraz prezentowania na linijkach brajlowskich lub za pomocą mowy, dokumentów zawierających formuły matematyczne, w tym również dokumentów MS Word.

Przewaga podjętych rozwiązań nad obecnie stosowanymi

Główną przewagą opracowanych rozwiązań będzie kompleksowość wsparcia w tworzeniu, wymianie, prezentowaniu i drukowaniu dokumentów z formułami matematycznymi w notacji BNM, wspomaganej metodami sztucznej inteligencji mowy syntetycznej oraz z uwzględnieniem właściwego formatowania dokumentu. Kompleksowość oznacza tutaj, że rozwiązania będą efektywnie wspierać osobę niewidomą i współpracującą z nią osobę widzącą w całym procesie:

1. publikacyjnym/wydawniczym, od wprowadzenia tekstu bezpośrednio z klawiatury (lub uzyskanego za pomocą konwersji

z PDF lub konwersji OCR skanu druku), aż do otrzymania drukowanej, matematycznej publikacji brajlowskiej;

2. edukacji matematycznej przy rozwiązywaniu zadań ze wsparciem ucznia podręcznikową teorią i przy rozwiązywaniu zadań egzaminacyjnych.

Przewaga proponowanych, powstałych w wyniku badań rozwiązań, zasadza się m.in. w zastosowaniu istniejących najnowszych technologii takich jak np. skrócony format zapisu formuł matematycznych UnicodeMath i elektronizacja odręcznie pisanych formuł, jak również opracowanych innowacji w postaci semantycznych usług sieciowych inteligentnej konwersji tekstu formuł matematycznych na mowę. Nowe rozwiązania zwiększą efektywność pracy i nauczania osób niewidomych w zakresie matematyki, jak również współpracę z osobami widzącymi, ponieważ:

1. przyspieszą wprowadzanie i redagowanie tekstów matematycznych;
2. umożliwią wprowadzanie rysunków do tekstów matematycznych w brajlu;
3. ułatwią korektę formuł i pomoc w rozwiązywaniu zadań matematycznych;
4. umożliwią drukowanie i prezentowanie na linijkach brajlowskich formuł w notacji BNM;
5. stworzą nową technologię produkcyjną wydawnictw brajlowskich opartą na drukowaniu w brajlu matematycznych dokumentów MS Word z możliwością uzupełniania zapisu brajlowskiego o proste rysunki matematyczne;
6. umożliwią tworzenie dokumentów MS Word w układzie dokumentów brajlowskich dla potrzeb osób widzących współpracujących z niewidomymi.

Prace badawcze i rozwojowe, których intensywność i zakres uwarunkowane są pozyskaniem dofinansowaniem m.in. z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, są zaplanowane do końca 2013 r., a zidentyfikowanymi odbiorcami ich wyników będą przedsiębiorstwa specjalizujące się w matematycznych wydawnictwach brajlowskich, takich jak podręczniki i pomoce dydaktyczne oraz specjalistyczne ośrodki dla dzieci i młodzieży niewidomych, jak również szkoły masowe, do których uczęszczają niewidomi uczniowie.

Literatura

- [1] Kopka H. and P. W. Daly: A Guide to LATEX. 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.
- [2] Wysocki W., M. Kalbarczyk, and I. Busłowicz: Matematyczne pismo punktowe dla niewidomych (Mathematical Raised-Dot Writing System for the Blind). Fundacja Szansa (published in Braille), 2002.
- [3] Design Science MathPlayer: Download and Installation. Dostępne na stronie WWW: <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/download.htm?src=mplogo>.
- [4] Murray Sargent III, "Two Linear Formats Interoperable with MathML Microsoft 2007". Dostępne na stronie WWW: <http://www.activemath.org/workshops/MathUI/07/proceedings/Sargent-TwoSyntaxes-MathUI07.pdf>
- [5] Freedom Scientific Products for low vision, blindness, and learning disabilities from Freedom Scientific. Dostępne na stronie WWW: <http://www.freedomscientific.com/>
- [6] GW Micro Window-Eyes 7.5.4.1 Dostępne na stronie WWW: <http://www.gwmicro.com/>.
- [7] Duxbury Systems Braille Translation Software from Duxbury Systems. Dostępne na stronie WWW: <http://www.duxburysystems.com/>
- [8] Helmut Epheser, "Internationale Mathematiksschrift für Blinde", Marburg (Lahn), 1992.
- [9] Collective work edited by K. Kauba, "Brajlowska notacja matematyczna fizyczna chemiczna wydanie II. Publikacja rekomendowana przez Ministerstwo Edukacji Narodowej do stosowania przy przygotowaniu brajlowskich wersji podręczników, arkuszy egzaminacyjnych i materiałów pomocniczych", Łódź, Bydgoszcz, Dąbrowa, Górnica, Kraków, Wrocław, Łaski, Lublin, Chorzów, Owińska, Warszawa, 2011.
- [10] Uniwersytet Warszawski, "Uniwersytet dla wszystkich BON – Edukacja, niepełnosprawność, informacja, technologia – likwidowanie barier w dostępie osób niepełnosprawnych do edukacji", Biuro Osób. Niepełnosprawnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010. Dostępne na stronie WWW: <http://www.bon.uw.edu.pl/likwidowaniebarier.html>
- [11] Brajlowska notacja matematyczna fizyczna chemiczna wyd. II, Kraków, Łaski, Łódź 2011.