



## Przydatność specjalizowanych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku w świetle badania ankietowego nauczycieli

Małgorzata Rubin

Artykuł przedstawia wyniki badania opinii nauczycieli na temat wpływu zastosowania specjalizowanych narzędzi informatycznych zaimplementowanych w ramach innowacyjnej platformy edukacyjnej PlatMat na efektywność uczenia się matematyki przez uczniów z dysfunkcją wzroku i nauczania tych uczniów. Ocena obejmowała korzyści wynikające z zastosowania poszczególnych elementów innowacji technologicznych w procesie edukacji matematycznej dla nauczyciela i dla ucznia niepełnosprawnego wzrokowo, jak również kompletność funkcjonalną i użytkową proponowanych rozwiązań.

Edukacja włączająca, której celem jest zapewnienie wysokiej jakości kształcenia wszystkim uczniom, w tym uczniom o specjalnych potrzebach edukacyjnych, jest procesem podlegającym ciągłym zmianom, wynikającym zarówno z rozwoju rozwiązań systemowych, jak też doskonalenia stosowanych metod nauczania. Elastyczny system oświaty w Polsce umożliwia uczniom niepełnosprawnym – także tym z uszkodzonym wzrokiem, a więc dzieciom całkowicie niewidomym, z resztkami wzroku oraz słabowidzącym – dostęp do różnorodnych form kształcenia we wszystkich typach szkół i placówek. O ile uczniowie niewidomi posługują się technikami bezwzrokowymi, o tyle uczniowie słabowidzący korzystają z ograniczonego zmysłu wzroku, który – zależnie od rodzaju i stopnia niepełnosprawności – wymaga indywidualnie dobranej pomocy zapisu i odczytu. Funkcjonowanie wzrokowe uczniów rzutuje na ich potrzeby edukacyjne, definiując tym samym ich możliwości i ograniczenia. Wpływa również na tempo ich pracy, które na lekcji prowadzonej w środowisku heterogenicznym jest znacznie wolniejsze niż uczniów widzących. Uczeń z dysfunkcją wzroku zdobywa wiedzę, nie tylko uczestnicząc w zorganizowanych formach nauczania w szkole, pod kierunkiem nauczyciela, ale także poprzez samodzielną pracę we własnym środowisku domowym, wspomagany przez rodzinę, rówieśników, nauczyciela lub korepetytora. Indywi-

dualna pomoc i oferowane wsparcie, poza specjalistyczną interwencją i współpracą z rodzinami, mogą zostać wzmocnione zastosowaniem odpowiednich narzędzi informatycznych, wspomagających proces dydaktyczny zarówno od strony komunikacyjnej – nauczyciela z uczniem, ucznia z nauczycielem oraz ucznia z rodzicami, jak i metodycznej (w pracy nauczyciela z uczniem na lekcji oraz ucznia z rodzicami bądź pracy samodzielnej ucznia). Jest to uzasadnione powszechną dostępnością nowoczesnych rozwiązań technologicznych, których wykorzystanie w pracy dydaktycznej na lekcjach wciąż nie jest zjawiskiem trwale odnotowywanym, zwłaszcza na przedmiotach ścisłych, takich jak matematyka, fizyka oraz chemia, gdzie treści (wzory, grafika) mają charakter nieliniowy, przestrzenny, dlatego ich skuteczne przekazywanie, oprócz użycia słów, wymaga dodatkowych pomocy i zaplecza dydaktycznego.

Institut Maszyn Matematycznych (IMM) w ramach projektu badawczego współfinansowanego ze środków PFRON, realizowanego w latach 2014–2015 pn. *Platforma PlatMat zwiększająca efektywność edukacji włączającej z obszaru matematyki i fizyki*, podjął badania i prace rozwojowe nad przyjaznymi rozwiązaniami komunikacyjno-informatycznymi przeznaczonymi do wspomagania edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku, zgodnie z ich potrzebami oraz oczekiwaniami nauczycieli, zdiagnozowanymi w badaniach<sup>1</sup> poprzedzających prace projektowe, przeprowadzonych na grupie 142 respondentów z całej Polski: nauczycieli, uczniów i rodziców, w pierwszej połowie 2014 roku. Platforma edukacyjna PlatMat, będąca rezultatem wspomnianego projektu, składa się z pięciu innowacyjnych aplikacji Windows (Nauczyciel, Uczeń Słabowidzący, Uczeń Niewidomy, Kubarytmy, Kalkulator), serwera komunikacyjnego i portalu internetowego, dedykowanych nauczycielom i uczniom z dysfunkcją wzroku, a także rodzicom pomagającym dzieciom w nauce. W aplikacjach PlatMat zaimplementowano liczne ułatwienia dotyczące

<sup>1</sup> M. Rubin, M. Faderewski, D. Mikułowski, *Badania stanu i potrzeb informatyzacji edukacji matematycznej uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce*, „e-mentor” 2015, nr 1(58), s. 34–40, <http://dx.doi.org/10.15219/em58.1154>.

tworzenia, edycji, wymiany i udostępniania treści matematycznych dostosowane do zróżnicowanych potrzeb wynikających z wad wzroku, narzędzia eksploracji dotykowo-dźwiękowej grafiki matematycznej, specjalizowane edytory matematyczne wspomagające edycję formuł za pomocą różnych urządzeń WE/WY (klawiatury QWERTY, klawiatury brajlowskiej fizycznej i emulowanej na QWERTY, linijki brajlowskiej), interfejsów użytkownika (graficznego, akustycznego, głosowego, dotykowego, gestów dotykowych) i formatów zapisu treści matematycznych (brajl, ASCII Math, MathML, EPUB3) dostępnych dla słabowidzących i niewidomych.

Opracowane innowacje poddano weryfikacji i opiniowaniu edukatorów pod kątem oceny wpływu ich stosowania na wzmocnienie skuteczności procesu nauczania i uczenia się matematyki. Badania zostały przeprowadzone przez IMM pod koniec 2015 roku.

### **Cele i metodyka badań wpływu platformy PlatMat na efektywność edukacji matematycznej**

Celem badań było pozyskanie wstępnych opinii nauczycieli na temat wpływu zastosowania specjalizowanych narzędzi informatycznych na efektywność nauczania i uczenia się matematyki przez uczniów z dysfunkcją wzroku. W badaniu wzięło udział 24 nauczycieli matematyki z 8 placówek edukacyjnych w Polsce, kształcących uczniów z niepełnosprawnością wzrokową (tabela 1).

Badania prowadzono sekwencyjnie, metodą mieszaną, w której zastosowano zarówno kryteria ilościowe, jak i jakościowe. Przygotowano ankiety zawierające pytania dotyczące oceny korzyści wynikających z zastosowania poszczególnych elementów innowacji technologicznych w procesie edukacji matematycznej dla nauczyciela i dla ucznia niepełnosprawnego wzrokowo. W ankietach umieszczono również pytania jakościowe dotyczące kompletności funkcjonalnej i użytkowej proponowanych rozwiązań. Poproszono nauczycieli o wskazanie brakujących elementów oraz tych wymagających korekty lub dalszych ulepszeń, które umożliwiłyby skuteczniejsze wspieranie potrzeb dydaktycznych zdiagnozowanych w danym środowisku szkolnym.

Badania zostały poprzedzone stacjonarnymi warsztatami szkoleniowymi dla nauczycieli i uczniów

z ośmiu szkół, indywidualnymi konsultacjami dla nauczycieli oraz samodzielną pracą nauczycieli z uczniami w dodatkowych godzinach pozalekcyjnych. Celem warsztatów było zaznajomienie nauczycieli i uczniów z funkcjonalnością opracowanych narzędzi informatycznych oraz z ich poprawną obsługą. Dobre poznanie narzędzi to warunek *sine qua non* ich rzetelnej i obiektywnej oceny, dlatego szczególnie, krok po kroku, prezentowano poszczególne innowacje technologiczne oraz precyzyjnie wyjaśniano prawidłowy kontekst ich użycia. Następnie uczestnicy samodzielnie testowali i weryfikowali funkcjonalność narzędzi w zakresie adekwatnym do realizowanej podstawy programowej z matematyki (formuły, grafika, obliczenia, przekształcenia, typy zadań).

Nauczyciele i uczniowie przeprowadzali zarówno symulacje procesu edukacyjnego w klasie z zastosowaniem komunikacji za pośrednictwem sieci bezprzewodowej, jak i samodzielnej pracy ucznia w domu z opcją komunikowania się (na żądanie) z nauczycielem przez internet. W ocenie uwzględniane były indywidualne potrzeby i preferencje uczniów oraz stosowane interfejsy użytkownika i urządzenia WE/WY do wprowadzania bądź odczytu formuł (np. notacja brajlowska i wirtualna albo fizyczna klawiatura brajlowska, linijka brajlowska, notacja formuł matematycznych ASCII Math i klawiatura QWERTY, semantyczny odczyt formuł), jak i pozostałych treści. Nauczyciele i uczniowie ze szkół objętych badaniami uzyskali bezpłatny dostęp do wersji instalacyjnych opracowanych narzędzi oraz podręczników zawierających opis ich funkcjonalności. Po zakończeniu szkoleń samodzielnie kontynuowali testowanie w celu pogłębionej oceny użyteczności i ustalenia obszarów zastosowań w odniesieniu do konkretnych zagadnień omawianych na lekcjach matematyki, zawartych w programie nauczania tego przedmiotu.

### **Wnioski z badań**

Wyniki ankiet potwierdziły wysoki stopień akceptacji proponowanych innowacyjnych rozwiązań przez nauczycieli. W badaniach ilościowych uzyskano wskazania, które innowacyjne elementy są najbardziej użyteczne i potrzebne z punktu widzenia praktyki dydaktycznej prowadzonej w odniesieniu do konkretnej grupy uczniów z określoną specyfiką uszkodzeń wzroku.

Większość nauczycieli potwierdziła ułatwienie i przyspieszenie zarówno nauczania, jak i wykony-

**Tabela 1. Liczba szkół i nauczycieli biorących udział w badaniu**

Typ szkoły	Liczba szkół	Liczba nauczycieli
Specjalny ośrodek szkolno-wychowawczy dla dzieci niewidomych i słabowidzących	5	15
Szkoła ogólnodostępna z oddziałami integracyjnymi	2	6
Szkoła ogólnodostępna bez oddziałów integracyjnych	1	3

Źródło: opracowanie własne.

wania przez uczniów niewidomych i słabowidzących obliczeń arytmetycznych metodą pisemną, prowadzonych z wykorzystaniem narzędzia kubarytmy<sup>2,3</sup>. Byli oni w pełni zgodni co do tego, że elementem wpływającym na efektywność nauki są ułatwienia prawidłowego rozmieszczania przez ucznia liczb (składowych działania) na siatce kubarytmowej, dzięki czemu nauczyciel może skoncentrować się na omówieniu samej metody rachunkowej, nie tracąc czasu na weryfikowanie poprawności zapisu (jak to ma miejsce w przypadku posługiwania się tradycyjnymi zeszytami). Możliwość prowadzenia obliczeń za pomocą różnych interfejsów: klawiatury QWERTY, klawiatury brajlowskiej fizycznej lub emulowanej na QWERTY, wspomaganych gestami dotykowymi i odczytem za pośrednictwem syntezatorów mowy, daje uczniowi swobodę doboru i konfiguracji optymalnego zestawu urządzeń i zapewnia komfort stanowiska pracy.

W metodzie pisemnej uczniowie słabowidzący mają duży problem z dokładnym zapisem działania, w którym cyfry są ułożone równo jedna pod drugą we właściwych kolumnach. Bardzo często są one przesunięte i trafiają do niewłaściwych kolumn (dziesiątek, jednostek itp.) lub są pisane niestarannie – uczniowie mają kłopoty z utrzymaniem kolumnowego zapisu i w następstwie problemy z odczytem tego, co sami wcześniej zanotowali. W rezultacie dokonują błędnych obliczeń. Narzędzie kubarytmy eliminuje ten problem, ponieważ nie ma w nim możliwości wprowadzenia cyfr o niejednoznacznym położeniu, co więcej – automatyzacja zapisu działania arytmetycznego za pomocą dedykowanego formularza zapewnia takie rozłożenie liczb, aby wystarczyło miejsca na kompletne obliczenia i wynik. Wygodna nawigacja skrótami klawiaturowymi oraz zaimplementowany mechanizm kontroli poprawności wykonania działania

wraz z opcjonalnym wskazaniem miejsca popełnienia błędu stwarzają warunki do w pełni samodzielnej pracy ucznia w zakresie ustalonym przez nauczyciela. Pozwala to również realizować różne scenariusze dydaktyczne: samodoskonalenie ucznia i naukę obliczeń (włączona kontrola wystąpienia błędu z opcjonalnym wskazaniem jego lokalizacji) lub test sprawdzający (nieaktywna kontrola wystąpienia błędu).

Zdecydowana większość nauczycieli uznała za znaczne ułatwienie i przyspieszenie swojej pracy oraz przygotowania do zajęć możliwość tworzenia multimedialnego dokumentu matematycznego, np. kart pracy w formacie EPUB3 z treściami dostępnymi dla obu grup uczniów – słabowidzących i niewidomych, bez konieczności rozróżniania potrzeb i tworzenia osobnych wersji materiałów (np. powiększonego wydruku czarnobiałego i wydruku brajlowskiego)<sup>4</sup>. Uniwersalny charakter treści w formacie EPUB3 wraz z możliwością elastycznego konfigurowania dostępu do nich (odpowiadającego potrzebom ucznia, niezależnie od posiadanej przez niego wady wzroku) jest elementem wspierającym nauczyciela zwłaszcza w procesach edukacji włączającej. Dodatkową zaletą jest prezentacja formuł matematycznych wizualizowanych graficznie, w sposób przyjazny dla widzącego nauczyciela (nieznającego brajla) również wtedy, kiedy uczeń wprowadził je za pomocą klawiatury brajlowskiej i brajlowskiej notacji matematycznej. Nauczyciele potwierdzają, że nawet doświadczona osoba, znająca brajla, potrzebuje więcej czasu na zapoznanie się z pracą ucznia w zapisie wypukłym niż w czarnodruku.

Przygotowanie nauczycieli do zajęć usprawnia i przyspiesza możliwość tworzenia przez nich różnorodnych pomocy edukacyjnych – wydruków brajlowskich, tyflograficznych, 3D oraz na papierze

**Tabela 2. Ocena wpływu wybranych innowacji technologicznych na wzrost efektywności pracy nauczyciela.**

Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia przyspieszają i ułatwiają nauczycielowi przygotowanie zajęć i pracę z uczniami niepełnosprawnymi wzrokowo w procesie edukacji matematycznej?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Drukowane pomoce matematyczne (czarnodruk, brajl, 3D)	19	0	5
Uniwersalne dokumenty matematyczne EPUB3	20	2	2
Kubarytmy do nauki arytmetycznych obliczeń pisemnych	17	0	7

Źródło: opracowanie własne.

<sup>2</sup> Zasady posługiwania się kubarytmami zostały obszernie omówione w artykule: D. Mikułowski, G. Terlikowski, J. Brzostek-Pawłowska, *Virtual cubarithms – innovative assistive technology for teaching the blind and visually impaired students traditional columnar layout operations*, „Studia Informatica: Systems and Information Technology” 2016, Vol. 1–2(20) (w druku).

<sup>3</sup> J. Brzostek-Pawłowska, M. Rubin, D. Mikułowski, G. Terlikowski, *Wirtualizacja pisemnej techniki obliczeń arytmetycznych dostępnej dla uczniów z dysfunkcją wzroku*, „Elektronika – Konstrukcje, Technologie, Zastosowania” 2016, nr 1, s. 33–39.

<sup>4</sup> Zastosowania otwartego standardu elektronicznych publikacji EPUB3 do zapisu dostępnych treści matematycznych szerzej przedstawiono w artykule J. Brzostek-Pawłowska, D. Mikułowski, M. Piłski, *Technologie zwiększające dostępność elektronicznych edukacyjnych materiałów matematycznych dla osób z dysfunkcją wzroku*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych” 2016, nr 1, s. 115–123.

puchnącym, w tym wykresów funkcji i figur geometrycznych, za pomocą innowacyjnego narzędzia tworzenia grafiki dostępnej dla uczniów z dysfunkcją wzroku.

Za duże udogodnienie w pracy ucznia niewidomego uznano możliwość operowania uniwersalnym dokumentem matematycznym, w którym dostępna jest zarówno jego struktura, ułatwiająca nawigację wzorowaną na stylu przeglądania stron WWW (nagłówki H1-H6, listy itp.), jak i treść (formuły, grafika, zadania interaktywne, multimedialne komentarze). Dodatkowo, wywołanie funkcji i narzędzi, takich jak np. nawigacja po formule, nawigacja po grafice, edycja formuły czy uruchomienie kalkulatora, sygnalizowane jest charakterystycznymi dźwiękami technicznymi, sprawiającymi, że uczeń niewidomy jest bardziej świadomy wykonywanych przez siebie działań. Ponadto zdaniem badanych ważne jest dostosowanie proponowanych narzędzi do używanych i preferowanych przez ucznia urządzeń WE/WY. Dzięki temu może on redagować treść dokumentu matematycznego, w szczególności zapisywać formuły przy użyciu klawiatury QWERTY i/lub klawiatury brajlowskiej (fizycznej lub wirtualnej na QWERTY), a odczytywać ją głosem lub na linijce brajlowskiej. Oprócz tego ma możliwość wyboru formatu wprowadzania formuł: ASCII Math lub brajlowskiej notacji matematycznej (BNM). Format ASCII Math stanowi alternatywę dla trudnej do szybkiego opanowania notacji BNM, zwłaszcza przez uczniów korzystających wcześniej z czarnodruku, a dodatkowo pozwala uwolnić się od korzystania z urządzeń brajlowskich (np. braillerów), co jest szczególnie istotne przy nieustannym przemieszczaniu się w budynku szkolnym oraz konieczności cichej pracy na lekcji.

Nauczyciele ocenili również semantyczny odczyt formuł w języku polskim i nawigację po formułach (wraz z odczytem) za pomocą gestów dotykowych i skrótów klawiaturowych, połączonej z możliwością edycji wskazanych fragmentów formuł jako czynniki istotnie przyspieszające pracę ucznia niewidomego. Podkreślili również przewagę stosowania zapisu elektronicznego treści matematycznej nad drukowaniem zapisu w brajlu przy użyciu braillera, którego, w przypadku wystąpienia błędu, niewidomy uczeń nie może poprawić, przez co zmuszony jest powtarzać

zapis od początku. Zdaniem nauczycieli istotnym wsparciem uczniów w samodzielnym rozwiązywaniu zadań w szkole i w domu są komentarze do formuł, będące multimedialnymi elementami składowymi treści matematycznych w formacie EPUB3. Zawarte w nich dodatkowe wytyczne, objaśnienia, wskazówki bądź odwołania do twierdzeń matematycznych, zapisane tekstem lub nagrane dźwiękowo przez nauczyciela, uczeń może, stosownie do swoich potrzeb, wielokrotnie odczytywać za pośrednictwem syntezy mowy lub odtwarzać. Może także samodzielnie umieszczać w treści dokumentu matematycznego komentarze przeznaczone na użytek własny lub dla potrzeb komunikacji z nauczycielem, by wyjaśnić mu np. założenia przyjęte przy rozwiązywaniu danego problemu matematycznego.

Edukacja osób z dysfunkcjami wzroku jest tym skuteczniejsza, im więcej zmysłów angażuje w proces poznawczy, dlatego nauczyciele uznali za istotnie wspomagający nauczanie matematyki dotykowo-dźwiękowy odczyt rysunków na ekranie komputera, jaki oferuje innowacyjne narzędzie eksploracji grafiki matematycznej. Możliwość akustycznego nawigowania po grafice na ekranie dotykowym, wspomaganego specjalnymi gestami, doskonali orientację ucznia w małej przestrzeni, co jest ważnym aspektem rewitalizacji osób z dysfunkcją wzroku.

Nauczyciele wyrazili pozytywną opinię na temat ułatwienia współpracy z uczniem w klasie i przez internet za pomocą zdalnego pulpitu w połączeniu z czatem tekstowo-głosowym. Wizualny podgląd na komputerze nauczyciela aktywności i rezultatów pracy ucznia wyświetlanych na jego ekranie pozwala na bieżąco śledzić tworzone treści i przekazywać uwagi pomocne przy rozwiązywaniu zadań. Mechanizm ten przyspiesza interakcję pomiędzy nauczycielem (korepetytorem) a uczniem przebywającym w klasie lub w domu. Dodatkowym czynnikiem ułatwiającym pracę zarówno nauczyciela, jak i ucznia jest, zdaniem badanych, precyzyjne wyznaczenie obszarów aktywności ucznia za pomocą dedykowanych elementów multimedialnego dokumentu matematycznego EPUB3. Ograniczenie możliwości edytowania/wstawiania treści wyłącznie do specjalnych, wydzielonych pól, przeznaczonych do wpisania rozwiązania, wyniku lub odpowiedzi, obliczeń na kubarytmach lub zadań typu

**Tabela 3. Ocena wpływu wybranych innowacji technologicznych na wzrost efektywności pracy ucznia**

Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia zwiększają samodzielność i tempo pracy uczniów niepełnosprawnych wzrokowo w nabywaniu kompetencji matematycznych?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Akustyczny odczyt grafiki	15	0	9
Multimedialne komentarze	16	0	8
Nawigacja po formułach wspomagana dźwiękowym odczytem	15	0	9
Semantyczny odczyt formuł	15	0	9
Dostępny dokument matematyczny EPUB3	16	0	8

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 4. Ocena wpływu wybranych innowacji technologicznych na wzrost efektywności współpracy ucznia z nauczycielem**

Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia mają pozytywny wpływ na efektywność współpracy nauczyciela i ucznia niepełnosprawnego wzrokowo w procesie nauczania matematyki?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Dostępne, multimedialne, internetowe zasoby matematyczne EPUB3	20	0	4
Dedykowane aktywnościom ucznia obszary dokumentu	17	0	7
Zdalny pulpit	18	0	6

Źródło: opracowanie własne.

„połącz w pary”, skutecznie zapobiega naruszeniu integralności dokumentu z powodu przypadkowego usunięcia jakiegoś fragmentu, np. karty pracy otrzymanej od nauczyciela.

Wysoko ocenionym przez nauczycieli wsparciem w edukacji matematycznej jest również publiczna internetowa baza dostępnych zasobów matematycznych wielokrotnego użytku w formie dokumentów EPUB3. Uczniowie mogą z niej korzystać, pobierając skategoryzowane według działów matematyki i poziomów nauczania materiały edukacyjne na potrzeby indywidualnej pracy w domu, a nauczyciele – rozszerzać własne zasoby o nowe, ciekawe pomoce dydaktyczne, wzbogacające ich warsztat pracy.

W ramach prowadzonych badań jakościowych zbierano opinie o kompletności opracowanej technologii asystującej i uzupełnieniach potrzebnych dla zwiększenia jej użyteczności w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku. Sugerowane uzupełnienia funkcjonalne narzędzi PlatMat zostały uwzględnione w dalszym rozwijaniu platformy, w kolejnym, aktualnie prowadzonym projekcie badawczym.

Testowanie narzędzia kubarytmy przez nauczycieli i uczniów z różnymi dysfunkcjami wzroku w różnych placówkach szkolnych wykazało istotne różnice w zakresie potrzeb poszczególnych grup odbiorców odnośnie zapisu i rozmieszczenia działania arytmetycznego na siatce kubarytmowej oraz sposobu oddzielania cząstkowych wyników obliczeń. Nauczyciele postulowali rozszerzenie konfiguracji narzędzia o dodatkowe elementy, sprzyjające bardziej elastycznemu dostosowaniu do indywidualnych potrzeb dydaktycznych i wymagań wzrokowych ucznia. W przypadku uczniów słabowidzących zapis działania na kubarytmach powinien być maksymalnie zbliżony do zapisu, jakiego używają widzący, tzn. obliczenia cząstkowe powinny być oddzielane wyraźną kreską a nie pustym wierszem, jak to ma miejsce w nauczaniu niewidomych. Ponadto współrzędne kubarytmów niezbędne do odczytu położenia komórki dla niewidomych nie są potrzebne słabowidzącym, a zajmują cenne miejsce na ekranie, stąd sugestia nauczycieli, by wyświetlać je na żądanie. Jako alternatywę nauczyciele wskazywali opracowanie odrębnych wersji narzędzia dla uczniów niewidomych i słabowidzących. Sugerowano również, by na siatce kubarytmów o konfigurowalnym rozmiarze można było poprowadzić więcej niż jedno działanie arytmetyczne, bez usuwania poprzedniego.

## Podsumowanie

Zaprezentowane wyniki wstępnych badań potwierdziły wysoki stopień akceptacji przez nauczycieli proponowanych innowacji technologicznych wspomagających proces kształcenia umiejętności matematycznych uczniów z dysfunkcjami wzroku. Potencjał testowanych narzędzi może, zdaniem badanych, nie tylko wzbogacić sam proces dydaktyczny, ale też być skuteczną odpowiedzią na wyzwania edukacji włączającej, poprzez przyspieszenie i ułatwienie nauczania matematyki w heterogenicznej grupie uczniów. Aby narzędzia mogły spełnić to zadanie, niezbędna jest ich wysoka elastyczność w zakresie obsługi alternatywnych interfejsów służących do zapisu i odczytu treści oraz prezentacja kontentu matematycznego, dopasowana do zróżnicowanych potrzeb uczniów, zapewniona m.in. poprzez konfigurację indywidualnych parametrów pracy. Wymagana jest również elastyczność funkcjonalna narzędzi, pozwalająca w pewnym zakresie dostosować je do obowiązujących w danej placówce technik nauczania. Autorzy narzędzi PlatMat są świadomi, że nie każdy uczeń z dysfunkcją wzroku będzie mógł skorzystać ze wsparcia informatycznego w czasie nauki matematyki, potrzebne są do tego bowiem odpowiednie kompetencje informatyczne, których z uwagi np. na niepełnosprawność sprzężoną nie może on zdobyć. Niezależnie od tego nauczyciele są jednak zdania, że stosowanie nowoczesnych technologii informatyczno-komunikacyjnych na lekcjach matematyki stwarza szansę wzmocnienia kompetencji ucznia, zwłaszcza ucznia utalentowanego w przedmiotach ścisłych.

Niektórzy nauczyciele artykułowali potrzebę użyskania pomocy informatycznej w trakcie prowadzonej lekcji wspieranej narzędziami PlatMat, zwłaszcza w trudnych warunkach środowiskowych, z uczniami o różnych potrzebach, wymagającymi indywidualnego podejścia. Pomoc taka ułatwiłaby nauczycielom koncentrację na nauczaniu przedmiotu, a nie na problemach informatycznych. W celu rozwiązania tego problemu zwrócono uwagę na konieczność rozszerzenia roli nauczycieli wspomagających i ich kształcenia. Czy po dłuższym stosowaniu narzędzi PlatMat, zwiększającym doświadczenie, potrzeba ta będzie nadal aktualna? Odpowiedzią na to pytanie będą wyniki kolejnych badań, planowanych w pierwszej połowie 2017 r., na zakończenie pilotażowych zajęć z matematyki prowadzonych ze wspomaganiami narzędziami PlatMat w trzech placówkach edukacyjnych.

## Bibliografia

Brzostek-Pawłowska J., Mikułowski D., Pilski M., *Technologie zwiększające dostępność elektronicznych edukacyjnych materiałów matematycznych dla osób z dysfunkcją wzroku*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych” 2016, nr 1, s. 115–123.

Brzostek-Pawłowska J., Rubin M., Mikułowski D., Terlikowski G., *Wirtualizacja pisemnej techniki obliczeń arytmetycznych dostępnej dla uczniów z dysfunkcją wzroku*, „Elektronika – Konstrukcje, Technologie, Zastosowania” 2016, nr 1, s. 33–39.

Mikułowski D., Terlikowski G., Brzostek-Pawłowska J., *Virtual cubarithms – innovative assistive technology for teaching the blind and visually impaired students traditional columnar layout operations*, „Studia Informatica: Systems and Information Technology” 2016, Vol. 1–2(20) (w druku).

Rubin M., Faderewski M., Mikułowski D., *Badania stanu i potrzeb informatyzacji edukacji matematycznej uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce*, „e-mentor” 2015, nr 1(58), s. 34–40, <http://dx.doi.org/10.15219/em58.1154>.

## Usefulness of specialized information and communication tools in mathematics education of visually impaired students – the results of teachers' opinion survey

*The article presents the results of research on the usefulness of specialized information and communication technologies (ICT) in mathematics education of visually impaired students. The aim of the research was to evaluate the benefits of using innovative technologies for both a teacher and his/her visually impaired student. Functionality and usability of proposed solutions were preliminarily evaluated.*

*Possibility to create mathematical content available for both visually impaired and blind students in EPUB3 format was positively evaluated by all 20 surveyed teachers. At the same time, 19 teachers asked for the opinion about diverse educational tools supporting preparation of the class materials appreciated their value as significantly facilitating and time saving solutions. Vast majority of them (17) expressed the opinion that cubarithms improve the process of teaching and practicing arithmetic. Fifteen teachers stated that semantic interpretation of the formulas in Polish and the possibility to navigate easily through their structures are the factors that significantly accelerate the performance of visually impaired students. Remote desktop tool has been assessed as facilitating teacher-student cooperation both in-class and on-line. The teachers also claimed that proposed solutions may positively influence the effectiveness of mathematics education in heterogenic student group by accelerating and facilitating the didactic process. That in turn may be considered as a positive response to the challenge of inclusive education.*

Autorka jest absolwentką Wydziału Informatyki Politechniki Warszawskiej. Pracuje w Instytucie Maszyn Matematycznych w Zakładzie Technologii Multimedialnych i Edukacyjnych na stanowisku starszego specjalisty do spraw informatyzacji edukacji, jest też członkiem zespołu wykonawców projektów badawczych realizowanych przez Instytut. W swoich publikacjach upowszechnia wyniki prowadzonych badań oraz obszary zastosowań specjalizowanych rozwiązań ICT w procesach edukacyjnych. Posiada wieloletnie doświadczenie w dziedzinie zdalnego kształcenia (e-learningu). Jej aktualne zainteresowania badawcze koncentrują się wokół technik tworzenia dostępnych treści edukacyjnych oraz specjalizowanych rozwiązań technologicznych i funkcjonalnych wspomagających procesy nauczania i uczenia się przedmiotów ścisłych (matematyki, fizyki, chemii) przez osoby niepełnosprawne wzrokowo (słabowidzące i niewidome).

## POLECAMY

Konferencja EDU IT TRENDS – nowoczesne technologie dla uczelni wyższych  
2 marca 2017 r., Warszawa

Polecamy udział w konferencji EDU IT TRENDS – nowoczesne technologie dla uczelni wyższych. Celem wydarzenia jest przybliżenie zagadnień informatyzacji szkolnictwa wyższego, a także zapoznanie władz uczelni z nowoczesnymi trendami i technologiami oferowanymi przez kluczowych graczy w tym segmencie. Wśród poruszonych tematów znajdują się m.in. systemy do zarządzania uczelniami, elektroniczny obieg dokumentów w placówce oświatowej wyższego szczebla, cyfrowy dziekanat, elektroniczna legitymacja studencka i wiele innych. Więcej informacji można znaleźć na stronie: <http://eduitrends.pl>