



Wirtualizacja pisemnej techniki obliczeń arytmetycznych dostępnej dla uczniów z dysfunkcją wzroku

dr inż. JOLANTA BRZOSTEK-PAWŁOWSKA¹⁾, mgr inż. MAŁGORZATA RUBIN¹⁾,
dr DARIUSZ MIKUŁOWSKI²⁾, dr GRZEGORZ TERLIKOWSKI²⁾

¹⁾ Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa,

²⁾ Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny Siedlce

Edukacja matematyczna uczniów z dysfunkcją wzroku napotyka na bariery, związane z trudnościami w przekazywaniu i percepcji treści matematycznych uczniom z dysfunkcją wzroku w trybie nadążnym za percepcją uczniów widzących.

Zasadniczą barierą w przyswajaniu treści matematycznych przez uczniów dysfunkcyjnych wzrokowo są zawarte w nich przestrzenne obiekty takie jak formuły matematyczne i grafika. Uczniowi niewidomemu trzeba translować te obiekty do dźwiękowego lub brajlowskiego interfejsu, jakim się posługuje. Również uczeń słabowidzący napotyka bariery w poznaniu treści matematycznych, tym większe, im stopień jego niepełnosprawności wzrokowej jest większy, często skojarzony z niepełnosprawnością fizyczną np. drżeniem rąk, wykluczającą używanie myszy komputerowej. W przypadku zaawansowanej dysfunkcji wzrokowej ucznia słabowidzącego trzeba, dla pokonania bariery niedostępności formuł i grafiki matematycznej, stosować interfejsy użytkownika używane przez osoby niewidome – dźwiękowy odczyt tekstów i formuł oraz akustyczną nawigację po grafice matematycznej z dodatkowymi głosowymi wyjaśnieniami odczytanymi przez syntezator mowy.

W specjalnych ośrodkach szkolno-wychowawczych, w których uczą się wyłącznie uczniowie z dysfunkcją wzroku problem z nadążnością za widzącymi w środowisku lokalnym nie występuje. Jednak wolniejsze tempo pracy związane np. z sekwencyjnością i redundancją matematycznej notacji brajlowskiej w stosunku do zapisu w ASCII i brak możliwości pracy nad bardziej złożonymi zadaniami matematycznymi, często zapisywanymi graficznie (np. połącz w pary), powoduje ograniczenia zakresu przyswajanej wiedzy przez uczniów niepełnosprawnych wzrokowo.

Jeszcze większe bariery w nauczaniu matematyki występują w szkołach rejonowych – podstawowych i gimnazjach, mających oddziały integracyjne z uczniami słabowidzącymi, gdzie podstawowym problemem jest ograniczona komunikacja między słabowidzącym uczniem a widzącym nauczycielem, ze względu na występującą często konieczność posługiwania się innymi interfejsami użytkownika np. w przypadku bardzo silnego niedowidzenia. Uczeń słabowidzący wymaga dla sprawnego uczenia się wspomaganego oprzyrządowania, zaś nauczyciel powinien móc komunikować się z uczniem słabowidzącym i monitorować jego pracę w taki sam sposób jak uczniów widzących. Zwłaszcza w oddziałach integracyjnych nauczyciel jest bezradny wobec konieczności

nauczenia ucznia z dysfunkcją wzroku w tym samym tempie co uczniów widzących, w tym samym czasie tego samego materiału matematycznego, zgodnie z obowiązującą podstawą programową.

Zarówno w ośrodkach specjalnych jak i w szkołach z oddziałami integracyjnymi nabrzmiewa problem zdawalności maturalnego egzaminu matematyki przez uczniów z dysfunkcją wzroku, odkąd wprowadzono obowiązkową maturę z tego przedmiotu.

Brakuje na globalnym rynku efektywnych i kompleksowych technologii wspomagających na bieżąco nauczyciela i ucznia z dysfunkcją wzroku w procesie nauczania i uczenia się matematyki w klasie, w domu i zdalnie przez Internet.

Badania przeprowadzone przez Instytut Maszyn Matematycznych w 2014 r. wśród nauczycieli matematyki uczniów niepełnosprawnych wzrokowo, wśród uczniów głównie z ośrodków specjalnych i ich rodziców, opisane w artykule [1] i skrótowo przedstawione na stronie http://platmat.imm.org.pl/?page_id=26, wykazały ogromną potrzebę zastosowania technologii informatyczno-komunikacyjnych (TIK) w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku.

Pierwszą innowacyjną w skali globalnej informatyczno-komunikacyjną technologią wspomagającą edukację matematyczną uczniów z dysfunkcją wzroku jest technologia PlatMat, dwukrotnie nagrodzona za innowacyjność międzynarodowymi nagrodami, której idea i założenia zostały przedstawione w artykule [2]. Technologia PlatMat została opracowana przez Instytut Maszyn Matematycznych (IMM) w latach 2014–2015 w ramach badawczego projektu dofinansowanego przez Państwowy Fundusz Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych.

Pośród wielu innowacyjnych rozwiązań oferowanych przez PlatMat, jedno rozwiązuje problem uczenia młodszych uczniów z dysfunkcją wzroku obliczeń arytmetycznych sposobem pisemnym. Wizualizowana na papierze konstrukcja tej metody jest też obiektem przestrzennym, niedostępnym w tej formie, podobnie jak formuły i grafika matematyczna, uczniom z dysfunkcją wzroku. W dalszej części artykułu przedstawiamy dotychczas stosowaną technikę dotykową w nauce obliczeń arytmetycznych uczniów niewidomych oraz jej wirtualny odpowiednik, zaimplementowany w jednej z aplikacji PlatMat pn. KUBARYTMY, który jest narzędziem wspomagającym naukę zarówno dla uczniów niewidomych jak i słabowidzących. Idea wirtualnych kubarytmów została również przedstawiona w artykule [3].



Kubarytmy – technika haptyczna obliczeń arytmetycznych sposobem pisemnym

Ponieważ osoby niewidome używają do pisania na papierze głównie maszyny brajlowskiej, nie mogą wykonywać na kartce bardziej skomplikowanych pisemnych operacji takich jak np. wstawianie napisów pomiędzy już istniejące fragmenty tekstu, wymazywanie i zmienianie wcześniej napisanego tekstu, skreślanie i poprawianie błędnie wprowadzonych liter bądź liczb. Z tego powodu nie są w stanie przy pomocy maszyny brajlowskiej wykonywać matematycznych działań pisemnych. Aby mogli to robić opracowano bardzo intuicyjne narzędzie jakim są kubarytmy. Kubarytmy składają się ze specjalnej tablicy z kwadratowymi otworami o wymiarach 16 na 16 otworów. W tych otworach można umieszczać niewielkie sześciennie kostki. W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że na każdej ścianie takiej kostki jest widoczna inna cyfra, będąca układem wypukłych punktów alfabetu Brajla. W ten sposób, odwracając kostkę odpowiednią cyfrą do góry i wkładając ją w tej pozycji w otwór można układać na tablicy dowolne liczby. Poniżej wyjaśnimy dokładniej zasadę konstrukcji alfabetu Brajla oraz działania kubarytmów.

Jak powszechnie wiadomo osoby niewidome posługują się alfabetem Brajla, którego litery są odpowiednim układem punktów ułożonych w tzw. sześciopunkt (o wysokości 3 i szerokości 2 punktów). Jak łatwo obliczyć w takim sześciopunkcie istnieje 63 możliwych kombinacji punktów a 64 kombinacja to puste miejsce czyli odstęp. Jest to więc wystarczająca liczba do tego, aby utworzyć cały alfabet wraz ze znakami, takimi jak nawiasy, znaki przestankowe itd. Z drugiej strony, jest ich jednak zbyt mało dla uwzględnienia różnych symboli, takich jak duże i małe litery, litery charakterystyczne dla różnych języków i alfabetów, cyfry, znaki matematyczne, znaki notacji muzycznej itd. Dlatego obowiązuje zasada zapisywania niektórych znaków przy pomocy symboli umieszczanych w 2 kratkach. Przykładem takich symboli są duże litery, które zapisuje się tak jak małe, poprzedzając je dodatkowym znakiem wielkiej litery, czy cyfry, które zapisuje się stawiając przed literą dodatkowy znak cyfry.

Cały alfabet Brajla ma bardzo logiczną matematyczną strukturę, która jest również wykorzystana w kubarytmach. Otóż opiera się ona na tzw. Tablicy Monniera. Jest to tablica złożona z 7 serii znaków. Pierwsza seria zawiera znaki od a do j, które buduje się wyłącznie z pierwszych 4 górnych punktów sześciopunktu o numerach 1 2 4 i 5. Kolejna seria powstaje przez dodanie do poszczególnych liter z pierwszej serii punktu 3 (w lewym dolnym rogu sześciopunktu) i w ten sposób z liter od a do j powstają litery: k, m, n, o, p, q, r, s, t. Kolejna, trzecia seria zawiera litery z pierwszej serii z dodanymi punktami 3 i 6, czwarta seria, to litery pierwszej serii z dodanym punktem 6, piąta zawiera znaki przestankowe, które powstają przez użycie punktów 2 3 5 6 w takich samych kombinacjach jak w pierwszej serii są używane punkty 1 2 4 i 5. Szósta seria zawiera znaki budowane z użyciem wyłącznie punktów na dole i po prawej stronie sześciopunktu 3 4 5 i 6 a ostatnia zawiera tylko 3 znaki zbudowane z punktów 3 i 6 znajdujących się na samym dole sześciopunktu. W ten sposób wyczerpane są wszystkie możliwe kombinacje punktów. Dwie pierwsze serie tablicy Monniera zostały przedstawione na *rysunku 1*.

Jak już wspomniano, cyfry buduje się poprzez napisanie odpowiednich liter od a do j gdzie j oznacza 0 i poprzedzenie ich znakiem cyfry (punkty 3 4 5 6). Przykładowo, aby zapisać cyfrę 1 napiszemy dwa znaki (znak cyfry, a), żeby zapisać cyfrę 2 napiszemy znak cyfry, b itd. Aby napisać liczbę 12 napiszemy znak cyfry a b, poprzedzając w tym wypadku całą liczbę jednym znakiem cyfry. Litery z pierwszej serii tablicy Monniera oraz odpowiadające im cyfry zostały przedstawione na *rysunku 2*.

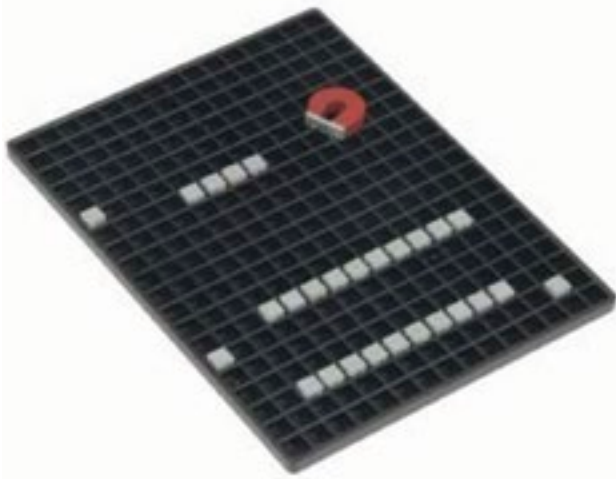
W kubarytmach jest stosowana zasada, że cyfry są prezentowane bez znaku cyfry, czyli tak naprawdę są to litery od a do j. Ponieważ kostka ma 6 ścianek a musimy za jej pomocą zapisać 10 cyfr została wykorzystana prosta właściwość polegająca na tym, że obrócenie kostki w płaszczyźnie poziomej bez zmiany położenia znaku, który jest aktualnie na górnej ścianie powoduje powstanie innego znaku. Przykładowo, mając u góry literę e (czyli cyfrę 5) i obracając kostkę w płaszczyźnie poziomej o 90 stopni w dowolną stronę uży-

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠁	⠃	⠉	⠋	⠏	⠒	⠒	⠒	⠒	⠒
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
⠅	⠇	⠓	⠗	⠕	⠖	⠖	⠖	⠖	⠖

Rys. 1. Dwie pierwsze serie znaków Tablicy Monniera
Fig. 1. The first two series of characters in the Monnier's Table

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠁	⠃	⠉	⠋	⠏	⠒	⠒	⠒	⠒	⠒
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

Rys. 2. Litery z pierwszej serii znaków Tablicy Monniera
Fig. 2. The letters of the first series of characters in the Monnier's Table



Rys. 3. Tradycyjne kubarytmy do obliczeń arytmetycznych sposobem pisemnym
Fig. 3. Traditional cubarythms for learning arithmetic calculation method "in columns"

skamy literę i czyli cyfrę 9. Podobnie mając na górnej ściance literę d (cyfrę 4) i obracając ją o 90 stopni w lewo uzyskamy literę f (cyfrę 6), ponowny obrót w lewo pozwoli uzyskać literę h, czyli cyfrę 8 a kolejny obrót – literę j czyli cyfrę 0. W ten sposób na pierwszej ściance możemy zapisać cyfry 4 6 8 0 na drugiej 5 i 9 na trzeciej 2 i 3 na czwartej 1 i na piątej 7. Dzięki temu ostatnia ścianka pozostaje pusta. Za pomocą tej pustej ścianki zapisujemy umownie przecinek w ułamkach dziesiętnych. Tradycyjne kubarytmy używane do wykonywania działań pisemnych zostały przedstawione na rysunku 3.

Sposób umieszczania liczb na kubarytmach jest podobny do układów liczb, jaki osoby widzące stosują podczas wykonywania działań pisemnych na kartce. Występują tu jednak niewielkie różnice.

Pierwsza różnica związana jest z tym, że na kubarytmach nie mamy możliwości narysowania linii, czyli nie jest możliwe wykonanie tzw. „działań pod kreską”. Zamiast takich oddzielających linii stosuje się odstęp poprzez pozostawianie pustego rzędu bez włożonych kostek. Przykładowo, w pierwszym rzędzie tablicy kubarytmów (tzw. rzędzie przeniesienia) są wpisywane zawsze nadmiarowe cyfry, które będą przeniesione do następnego działania wykonywanego po lewej stronie, drugi rząd pozostawiamy pusty a w trzecim umieszczamy pierwszy składnik działania. Podobnie wynik działania oddzielamy od jego składników jednym pustym rzędem.

Drugi problem polega na tym, że na kostkach kubarytmów nie można zapisać znaków (operatorów) wykonywanego aktualnie działania. Dlatego takiej informacji nie umieszcza się na tablicy kubarytmowej a nauczyciel musi powiedzieć uczniom, jakie działanie aktualnie mają wykonywać.

Podobnie jak w przypadku wykonywania działań pisemnych na kartce, również i w kubarytmach stosuje się zasadę, że cyfry jedności powinny być umieszczone pod sobą w jednej kolumnie, cyfry dziesiątek pod cyframi w kolumnie dziesiątek itd. Ponieważ przecinek w ułamkach dziesiętnych jest przedstawiany za pomocą pustej kostki, to jeśli występuje on w działaniu, musimy zarezerwować na niego jeden pionowy rząd (kolumnę) otworów w tablicy. Ponadto, z powodu niewiel-

kich rozmiarów tablicy (16 na 16 krutek), stosowana jest zasada wyrównywania do lewej strony składników działań o ile jest to możliwe. Oznacza to, że składniki działań np. dodawania zapisujemy zaczynając od pierwszej kratki po lewej stronie w 3 rzędzie, chyba że spodziewamy się, że np. finalna suma może być o rząd wielkości większa niż składniki, w takim wypadku możemy zacząć zapis pierwszego składnika od 2 kratki w 3 rzędzie. Podczas wykonywania mnożenia wyniki częściowe oddzielamy od składników działania jednym pustym rzędem a wynik końcowy oddzielamy od wyników częściowych również jednym pustym rzędem. Podobnie dzielną i wynik dzielenia, które zapisuje się w tym samym rzędzie oddzielamy jedną pustą kratką.

Pozostałe zasady wykonywania działań pisemnych odnoszące się do sposobów sumowania, przenoszenia nadmiarowych cyfr, obliczania wyników częściowych są identyczne jak w przypadku działań pisemnych wykonywanych na kartce przez widzących uczniów. Takie też zasady zastosowane zostały przy implementacji aplikacji wirtualnych kubarytmów opisywanej w tym artykule.

Wirtualizacja kubarytmów

Wirtualne kubarytmy są aplikacją desktopową, działającą pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 7 i wyższych. Została ona zaimplementowana na platformie MS .NET z wykorzystaniem silnika graficznego WPF (*Windows Presentation Foundation*). Dodatkowo, przy implementacji zostały wykorzystane szablony *Modern UI templates*, dzięki czemu aplikacja wpasowuje się także w najnowsze trendy tworzenia graficznych interfejsów użytkownika pod Windows.

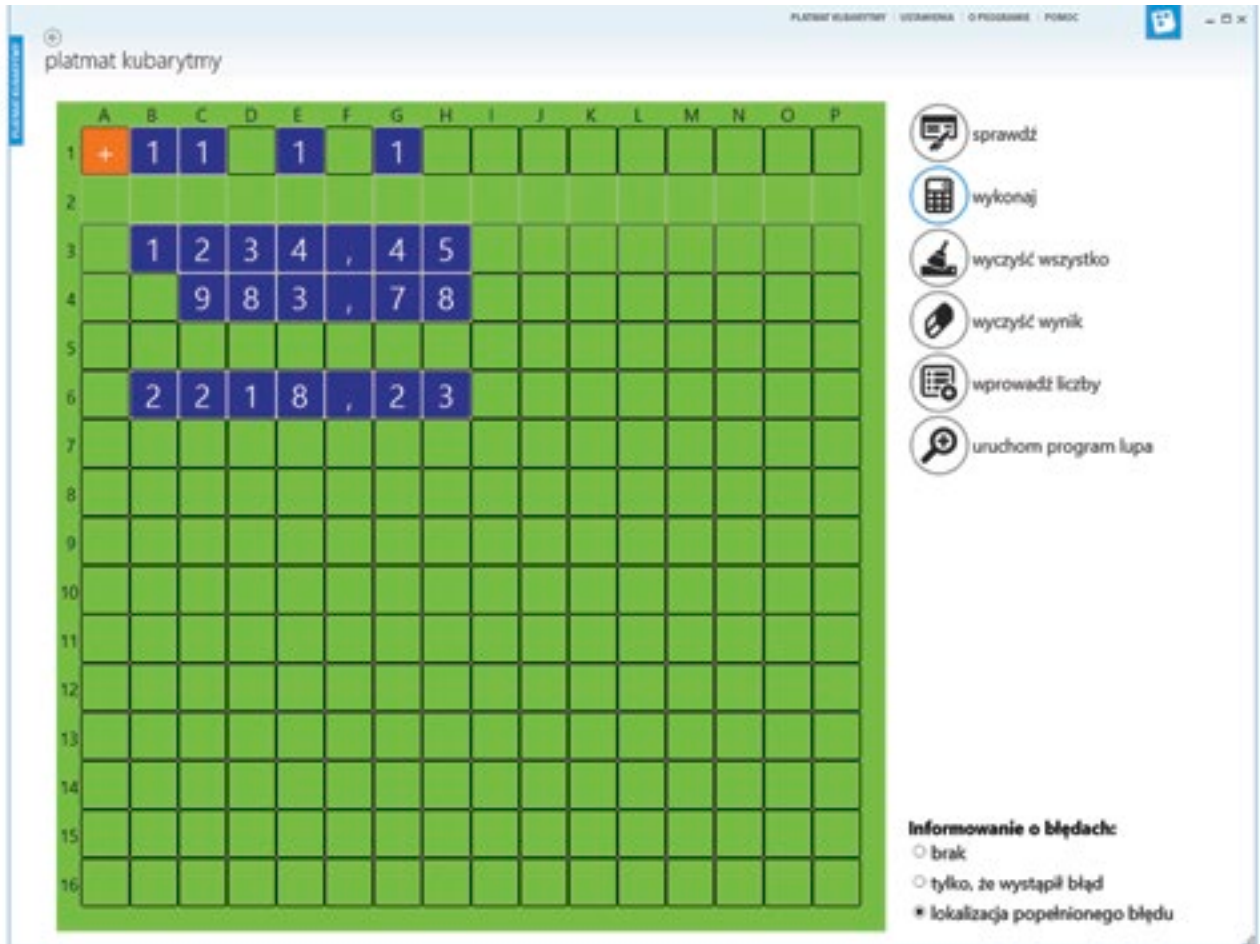
Głównym założeniem, które towarzyszyło pracom nad aplikacją było zapewnienie intuicyjności w jej obsłudze oraz automatyzacja niektórych operacji (np. sprawdzanie poprawności wyniku i rozmieszczanie składników na kratownicy kubarytmów). Starano się w jak największym stopniu odwzorować zasady pracy z ich klasycznym odpowiednikiem. Dzięki temu osoby, które pracowały już wcześniej z tradycyjnymi kubarytmami, nie powinny mieć problemu w obsłudze aplikacji.

Główny obszar aplikacji (patrz rys. 4) zajmuje kratownica złożona z 16×16 komórek, będąca odpowiednikiem tablicy tradycyjnych kubarytmów. Prawy środkowy obszar ekranu aplikacji zawiera przyciski, umożliwiające uruchomienie przydatnych funkcji, np. wyczyszczenia całej kratownicy kubarytmów lub tylko wyniku obliczeń. Prawy dolny obszar zawiera opcje umożliwiające określenie trybu informowania użytkownika o błędach. Wybrany tryb jest wykorzystywany przez funkcję uruchamianą po wyborze przycisku *Sprawdź*.

Każda komórka ma swoje współrzędne w obszarze kratownicy. Kolumny są identyfikowane przez litery (od A do P), natomiast wiersze przez cyfry (od 1 do 16).

Nawigacja po poszczególnych komórkach kratownicy może odbywać się za pomocą:

- wskaźnika myszy – interesującą komórkę wybiera się poprzez kliknięcie na niej lewym przyciskiem.
- palca lub rysika – jeśli komputer jest wyposażony w ekran dotykowy, komórkę można wybrać poprzez jej dotknięcie.
- klawiatury – komórkę kratownicy wybiera się przy użyciu klawiszy strzałek.



Rys. 4. Okno główne aplikacji KUBARYTMY. Fig. 4. Main window of the CUBARYTHMS application

Każda komórka wirtualnych kubarytmów dostarcza swój opis, który jest wykorzystywany przez syntezytor mowy. Opis komórki jest dynamicznie modyfikowany na podstawie jej aktualnej zawartości. Dzięki temu użytkownik jest na bieżąco informowany o współrzędnych i zawartości wybranej komórki. Przykładowo komunikat: „C3, Puste”, oznacza, że komórka o współrzędnych kolumna C, wiersz 3, nie zawiera żadnej wartości.

Należy zauważyć, że komórka wirtualnych kubarytmów, do której została wprowadzona wartość, jest odpowiednikiem kostki klasycznych kubarytmów.

Zawartością komórki można operować za pomocą klawiatury (QWERTY i brajlowskiej). Dopuszczalne są wartości numeryczne od 0 do 9 oraz znak przecinka. W tradycyjnych kubarytmach odpowiednikiem przecinka jest klocek z pustą ścianką. W aplikacji zdecydowano się na wprowadzenie jawnego zapisu przecinka z dwóch powodów. Po pierwsze, aby poprawić czytelność zapisu dla osób widzących, Po drugie, aby odróżnić pustą komórkę kubarytmów od komórki zawierającej kostkę z pustą ścianką (czyli właśnie odpowiednik przecinka). Modyfikacja zawartości komórki jest możliwa także za pomocą myszy lub dotyku. Wystarczy podwójnie kliknąć myszą lub uderzyć palcem (lub rysikiem) w daną komórkę. Wartość komórki będzie automatycznie inkrementowana.

Przykładowo, gdy pole jest puste, to po podwójnym kliknięciu uzyskamy cyfrę 0, po kolejnym podwójnym kliknięciu otrzymamy cyfrę 1, itd. aż do cyfry 9. Po cyfrze 9 uzyskamy przecinek, a następnie pole puste. Potem cykl się powtarza.

Zawartość komórki można kasować przy użyciu przycisku Delete lub Backspace.

Wirtualne kubarytmy, podobnie jak ich klasyczny wzór, traktują wiersz pusty jako linię oddzielającą składniki działania od wyniku oraz od wiersza przeniesienia/pożyczek (dla operacji dodawania, odejmowania i mnożenia). W przypadku operacji dzielenia pierwszy wiersz służy do zapisu wyniku. Ze względu na to, że żadna operacja matematyczna nie korzysta z drugiego wiersza, został on na stałe wyłączony z edycji, tj. nie można tam wpisać wartości. Innymi słowy stanowi on zawsze odpowiednik kreski.

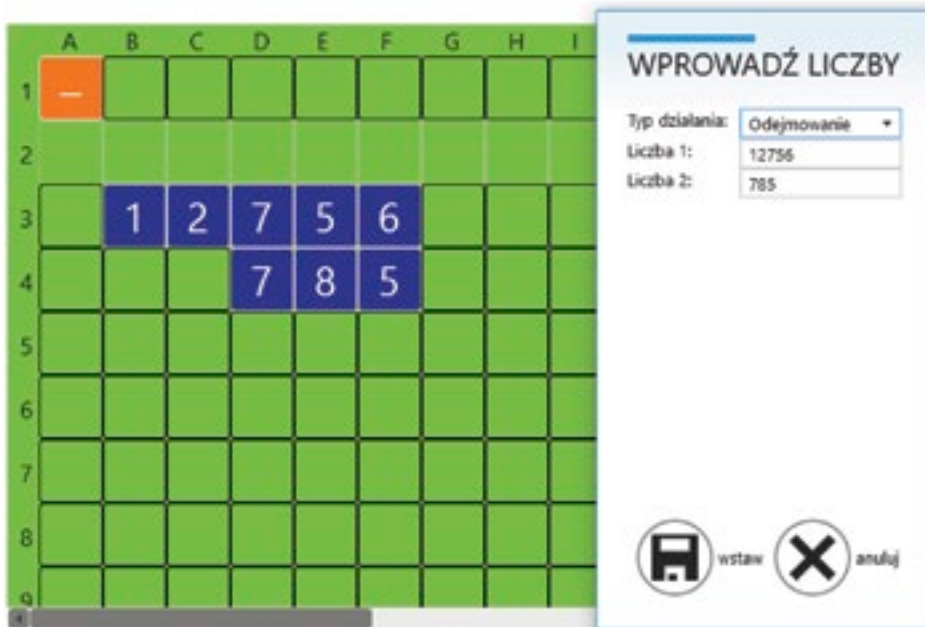
W przypadku, gdy użytkownik pomylił się przy wprowadzaniu liczb, np. przecinki nie są w tej samej kolumnie, pomocna może okazać się funkcja przesuwania wartości (patrz rys. 5). Dostępna jest ona z poziomu menu kontekstowego oraz skrótów klawiszowych (Alt + klawisze strzałek). W ten sposób można przesunąć wartości komórek danego wiersza zarówno o jedną pozycję w prawo lub w lewo, jak również przenieść je wszystkie do kolejnego lub poprzedniego wiersza (musi być on pusty).



Rys. 5. Przesuwanie wartości komórek. Fig. 5. Cell contents moving

Jak wspomniano wcześniej, wirtualne kubarytmy posiadają funkcję sprawdzania poprawności wykonanych przez ucznia obliczeń. Aby funkcja zadziałała poprawnie, aplikacja musi „wiedzieć”, jaką operację matematyczną wykonał uczeń. Do tego celu służy komórka o współrzędnych A1. To w niej należy umieścić symbol operacji matematycznej (dodawania, odejmowania, dzielenia i mnożenia), która jest wykonywana. Domyślnie jest to operacja dodawania. Zawartością komórki A1 można manipulować przy użyciu myszy, gestu lub klawiatury.

Ciekawą i wygodną w użyciu funkcją aplikacji jest możliwość wprowadzenia liczb do kratownicy kubarytmów za pomocą formularza (rys. 6). Oprócz liczb użytkownik może wskazać tutaj typ działania. Po zatwierdzeniu formularza



Rys. 6. Formularz do zapisu składowych działania arytmetycznego
Fig. 6. Form dedicated for the arithmetic operation components writing

z takimi danymi program automatycznie czyści bieżącą zawartość kratownicy kubarytmów, a następnie rozmieszcza na niej liczby oraz symbol operacji. Przyspiesza to w znaczny sposób proces umieszczania liczb w kratownicy kubarytmów a co za tym idzie również naukę właściwych działań.

Wymagania dotyczące interfejsu użytkownika wirtualnych kubarytmów

Klasyczne kubarytmy stosowane w edukacji matematycznej uczniów niewidomych, bazujących na percepcji dotykowo-słuchowej, mogą być stosowane również w nauczaniu dzieci słabowidzących i w pełni widzących. W przypadku uczniów niewidomych, posługujących się technikami bezwzrokowymi, przekaz opiera się na upraszcza-

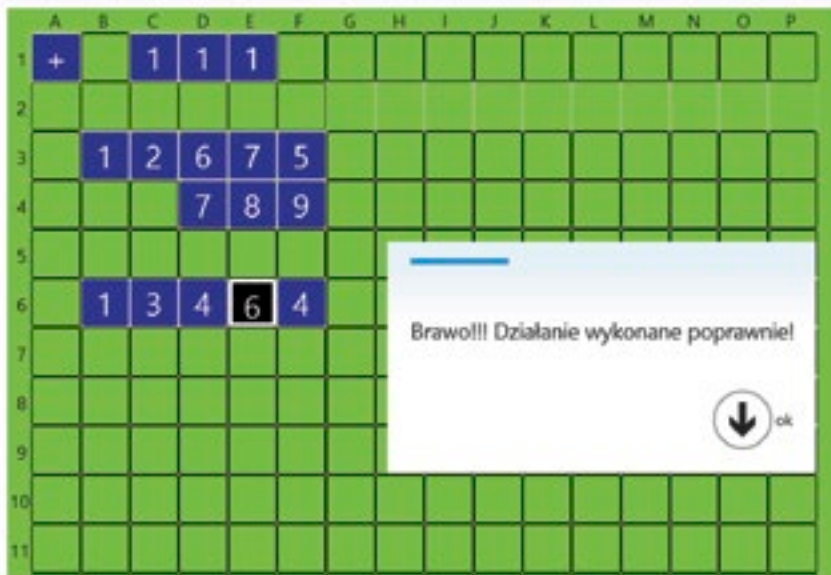
niu otaczającej rzeczywistości, by nadmiarem szczegółów nie utrudniać rozpoznawania przez nich istoty problemu. Metody pracy dydaktyczno-wychowawczej z uczniem słabowidzącym są natomiast takie same jak z uczniem widzącym. Uczniowie słabowidzący posługują się zmysłem wzroku, który choć nie w pełni sprawny, uczestniczy w procesie poznawczym. W tym przypadku, zależnie od rodzaju i stopnia niepełnosprawności wzrokowej (wady refrakcji, zmiany na dnie oka, siatkówce, zmętnienia rogówki i in.) występują zróżnicowane, indywidualne potrzeby w zakresie wspomaganie odczytu. Wachlarz tych potrzeb jest bardzo szeroki, bo o ile wzrok jest wykorzystywany, to jednocześnie trzeba go oszczędzać i chronić. Z tych względów opracowanie uniwersalnego interfejsu użytkownika aplikacji przeznaczonej dla uczniów z dysfunkcją

wzroku wymaga indywidualnego podejścia do ucznia i opiera się na rozbudowanej konfiguracji dostępnych elementów, uwzględniającej maksymalnie szeroki zakres ich parametryzacji. Pozwala to uzyskać dostosowanie działania aplikacji do specyficznych potrzeb odbiorcy i jednocześnie zapewnić przyjazność jej użytkowania. W przypadku aplikacji o złożonej funkcjonalności niekiedy może wystąpić konieczność opracowania dwóch niezależnych, dedykowanych wersji oprogramowania – oddzielnie dla uczniów niewidomych i słabowidzących.

W nauczaniu działań pisemnych (dodawanie, odejmowanie, mnożenie) uczniów słabowidzących dużym problemem jest prawidłowy zapis liczb tak, aby odpowiednie cyfry jednostek, dziesiątek itd. znajdowały się pod sobą we właściwej kolumnie. Jeśli nawet początkowy zapis działania



PLATMAT KUBARYTMY



Rys. 7. Aktywna komórka zaznaczona pogrubioną linią. Fig. 7. Border around the active cell

arytmetycznego jest prawidłowy, to na skutek niestaranego pisania na kartce w zeszycie następuje przesunięcie cyfr i przy obliczaniu wyniku częściowego nie wiadomo, które liczby należy do siebie dodać. Kratownica kubarytmów eliminuje ten problem. Wpisywana z klawiatury cyfra trafia do właściwej kratki i nie ma możliwości by została umieszczona pomiędzy dwiema sąsiednimi kratkami.

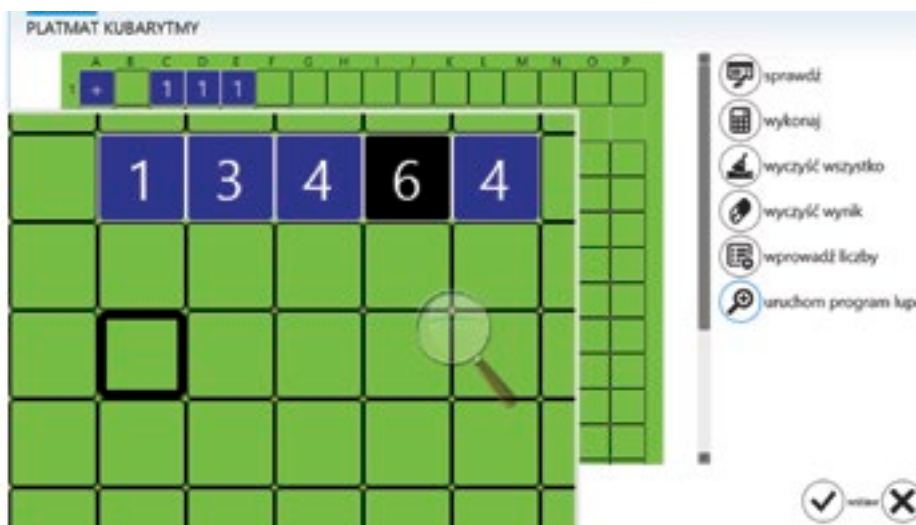
Niezbędnym elementem interfejsu aplikacji z punktu widzenia potrzeb ucznia słabowidzącego jest zastosowanie maksymalnie powiększonej czcionki wraz z możliwością powiększania całej zawartości ekranu. W aplikacji KUBARYTMY

zastosowano zarówno powiększone cyfry jak i powiększoną czcionkę komunikatów tekstowych oraz opcji menu podręcznego. Dla lepszej widoczności aktywna w danej chwili komórka kubarytmu jest obwiedziona pogrubioną linią (rys. 7).

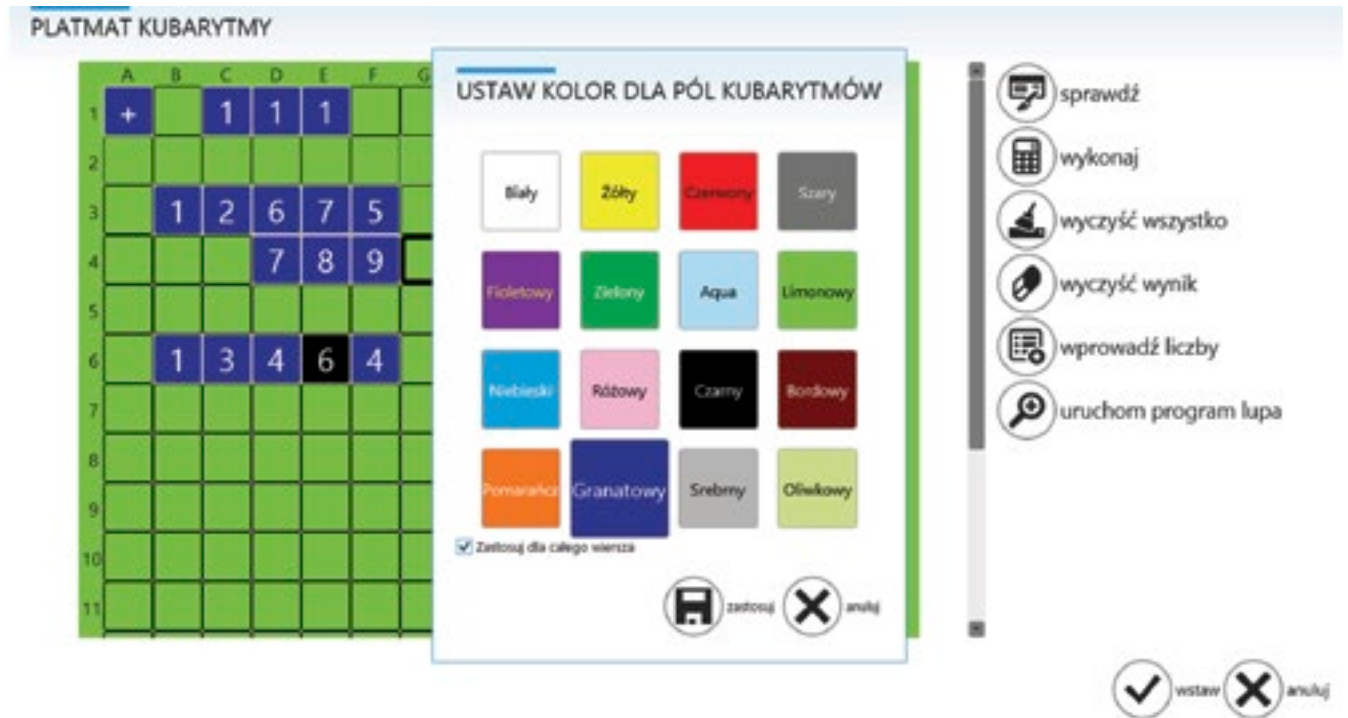
Uczeń słabowidzący ma do dyspozycji narzędzie lupa, które może użyć dla uzyskania dodatkowego powiększenia zawartości ekranu (rys. 8). Ustawienia lupy pozwalają dopasować wielkość powiększenia oraz rozmiar obiektu.

Techniki nauczania obliczeń pisemnych uczniów niewidomych i słabowidzących w wielu miejscach różnią się od siebie. Na przykład linia oddzielająca wynik od działania

w tradycyjnych kubarytmach jest reprezentowana poprzez pusty rząd, podczas gdy w zapisie wyrażenia dla uczniów słabowidzących powinna występować kreska nad lub pod wpisanymi liczbami biorącymi udział w działaniu. Podobnie jest z operatorem – nie jest on umieszczany w tradycyjnych kubarytmach dla niewidomych, natomiast w przypadku uczniów słabowidzących powinien znajdować się we właściwym miejscu zapisu działania. W przypadku kreski kompromisowym rozwiązaniem może być zmiana koloru komórek pustego rzędu i zablokowanie ich do edycji tak, aby uczeń nie mógł w nich wpisywać żadnych cyfr. Można



Rys. 8. Powiększenie zawartości ekranu narzędziem lupa
Fig. 8. Screen magnification using magnifier tool



Rys. 9. Zmiana koloru pól kubarytmów. Fig. 9. Setting background colour of the cells

to zrobić, korzystając z funkcji zmiany koloru tła i komórek w oparciu o zdefiniowane szablony kolorystyczne (rys. 9).

Obecnie matryca kubarytmów ma „wysokość” 16 linii, co pozwala realizować dzielenie na poziomie klasy 4 szkoły podstawowej. W przypadku większych liczb może brakować miejsca na kompletny wynik. Przy dzieleniu z przecinkiem wprowadzanym w klasach starszych niezbędne jest powiększenie matrycy kubarytmów bądź automatyczne dodawanie nowych wierszy w trakcie rozwiązywania działania. Rozbudowana matryca kubarytmów pozwoliłaby również na wykonanie większej liczby działań na jednym ekranie.

Wnioski końcowe

Przeprowadzone przez IMM badania w 2015 r. wśród 22 nauczycieli matematyki uczniów z dysfunkcjami wzroku dotyczące użyteczności narzędzi PlatMat (aplikacji Windows) i potencjalnego ich wpływu na efektywność nauczania i uczenia się matematyki wykazały, że KUBARYTMY zostały uznane za najbardziej użyteczne narzędzie PlatMat. Świadczy to nie o tym, że inne narzędzia PlatMat są mniej użyteczne, ale o tym jak bardzo proces nauki korzystania z fizycznych kubarytmów i posługiwania się nimi przez ucznia do rozwiązywania zadań obliczeń arytmetycznych jest żmudny i długotrwały.

Wpływ na efektywność nauki obliczeń arytmetycznych respondentów upatrywali w

- ułatwieniu prawidłowego zapisu liczb w słupku (odpowiednie cyfry każdej z liczb pod sobą),
- przyspieszeniu lokalizacji błędu w obliczeniach poprzez zastosowanie funkcji Sprawdź,

• ułatwieniu wprowadzania liczb do siatki kubarytmowej i umożliwieniu prowadzenia obliczeń za pomocą różnych interfejsów: klawiatury QWERTY, klawiatury brajlowskiej, gestów dotykowych,

• przystosowaniu interfejsu aplikacji do potrzeb uczniów z dysfunkcją wzroku (ustawienia kolorów tła i komórek, dostępność funkcji za pomocą skrótów klawiaturowych),

• atrakcyjnej formie graficznej (dla słabowidzących) i zastąpieniu tradycyjnej tabliczki z kostkami wersją elektroniczną.

Potwierdzenie użyteczności wirtualnych KUBARYTMÓW przez nauczycieli nie zwalnia autorów od dalszego rozwoju tego narzędzia. Istnieje potrzeba, akcentowana przez badanych, rozdzielnych wersji KUBARYTMÓW – osobnej dla uczniów niewidomych i drugiej dla uczniów słabowidzących. Istniejąca w KUBARYTMACH możliwość konfiguracji graficznego interfejsu KUBARYTMÓW dla potrzeb uczniów słabowidzących nie wyczerpuje wszystkich potrzeb.

Literatura

- [1] Rubin, M., Faderewski, M., Mikułowski, D. „Badania stanu i potrzeb informatyzacji edukacji matematycznej uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce”, E-mentor 1(58)/2015 str. 34–40, 2015.
- [2] Brzostek-Pawłowska J., Mikułowski D., A Concept of Mobile Technology for Remotely Supporting Mathematical Education of the blind, Proceedings of the 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, (REV 2014) p. 54–60.
- [3] Mikułowski D., Brzostek-Pawłowska J., Problems Encountered in Technical Education of the Blind, and related Aids: Virtual Cubarythms and 3D Drawings, Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference, (EDUCON 2014).