



Techniki multimodalne zwiększające dostępność grafiki na stronach WWW i w elektronicznych dokumentach

dr inż. JOLANTA BRZOSTEK-PAWŁOWSKA¹, dr DARIUSZ MIKUŁOWSKI²

¹ Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, ² Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny Siedlce

Problem dostępności grafiki na stronach WWW i w dokumentach elektronicznych, w tym w e-bookach, nabrał większego znaczenia wraz z upowszechnieniem się urządzeń mobilnych i ich miniaturyzacją. Obejmuje on nie tylko użytkowników niewidzących i niedowidzących, (nie mogących posługiwać się myszą), ale również duże rzesze użytkowników smartfonów, na których grafika jest nieczytelna. Dodatkową barierą w dostępie do grafiki z urządzeń mobilnych są wymagania dotyczące wysokiej przepustowości łącza, które nie zawsze mogą być spełnione.

Badania i rozwój technik zwiększających dostępność grafiki idą w dwóch kierunkach – z jednej strony chodzi o interaktywny udział osób niewidomych w percepcji i tworzeniu grafiki, zwłaszcza matematycznej, dla potrzeb edukacyjnych, z drugiej strony kołem napędowym są potrzeby użytkowników smartfonów, widzących i niewidzących, związane z efektywnym dostępem do grafik i ich szczegółów.

Pierwszy kierunek łączy się z rozwojem technik haptycznych i z presją ekonomiczną na opracowanie taniego i dostępnego haptycznego urządzenia przenośnego, przy pomocy którego jest prezentowana i poznawana grafika. Podejmowane są obecnie m.in. próby uzyskania takiego urządzenia z coraz powszechniej używanego tabletu (opisane dalej w artykule). Bez względu na zmniejszanie kosztów nowych urządzeń haptycznych, techniki haptyczne wymagają jednak specjalnego przygotowania grafiki, specjalnego zaprojektowania, co stanowi barierę i ekonomiczną, i organizacyjną w powszechnym dostępie do grafiki.

Drugi kierunek charakteryzuje się rozwojem technik nie wymagających wspomaganie dodatkowym, specjalizowanym sprzętem, z tego powodu pod względem ekonomicznym – bardzo atrakcyjnych. Techniki te, i związane z nimi badania, opierają się na pozyskiwaniu i ewentualnym dalszym przetwarzaniu, tekstów zawartych w plikach grafiki i/lub towarzyszących grafice np. w strukturach tagów HTML5. Techniki te nie wymagają specjalnych projektów grafiki, operują na powszechnie stosowanych na stronach WWW i w e-dokumentach standardach zapisów grafiki. Wśród nich można wyróżnić techniki udostępniające teksty opisujące grafikę

- bezpośrednio, w formie takiej, jak zostały zapisane w strukturach związanych z grafiką, nie gwarantujące w związku z tym opisu sięgającego do istoty informacyjnej grafiki ani opisu wg zasad składni języka naturalnego,
- przetworzone pod kątem poprawności językowej i, przede wszystkim, skonstruowane tak, aby najwiarygodniej odzwierciedlały wywnioskowany główny komunikat informacyjny niesiony przez grafikę.

Artykuł przedstawia przede wszystkim problematykę zwiększania dostępności grafiki i możliwości interaktywnego poznawania jej szczegółów przez niewidomego użytkownika lub użytkownika zmminiaturyzowanego sprzętu mobilnego. Oddzielną problematyką są techniki, i ich rozwój, tworzenia/edytowania grafiki przez osobę niewidomą oraz współpraca wymagająca działań na grafice osoby niewidzącej z widzącą w trybie online. Ta problematyka zostanie poruszona w następnym artykule.

Techniki haptyczne interaktywnego prezentowania grafiki

Od kilku lat w wielu ośrodkach trwają prace nad wyposażaniem ekranów dotykowych w sprzężenia zwrotne naciskające skórę. W skrócie można powiedzieć, że w wyniku dotknięcia przez użytkownika określonych miejsc ekranu, ekran w sposób właściwy dla miejsca dotknięcia drga, dodatkowo może generować odpowiednią sygnalizację dźwiękową.

Dla zwiększenia oddziaływania na zmysł dotyku i słuch użytkownika oraz jego doświadczeń w interaktywności wzbogaca się interfejs dotykowy o sprzężenie zwrotne, w odpowiedzi na dotyk ekranu, generowane nie tylko jako drgania o różnej częstotliwości, sile i odstępach czasowych, ale również jako sygnały akustyczne o różnych parametrach. Takie sprzężenie dotykające, naciskające skórę palców, na ogół generowane jako wibracje, umożliwiają rozpoznanie (czucie) wirtualnego kształtu, np. dotkniętego przycisku na ekranie.

Techniki haptyczne oparte są na generowaniu sprzężenia zwrotnego w wyniku dotyku ekranu lub nakładki, z wypukłym wydrukiem grafiki, na ekran dotykowy, czyli inaczej – odpowiedzi na dotyk.

Sprzężenie zwrotne może być realizowane w formie:

- języka naturalnego (tekstu i mowy),
- oddziaływania siłowego, np. poprzez szpilki poruszające się pionowo (co w dalszej części jest opisane) albo wibrację, używaną do odtwarzania kropek (linii kropkowanych), powierzchni kształtów, tekstury w postaci siatki ortogonalnej (linie proste, prostokąty, wspomaganie lokalizacji dotyku) lub pionowej lub poziomej odtwarzającej wirtualnie ruch palców po falistej powierzchni, co ułatwia orientację w ruchu palców w pionie i poziomie na płaszczyźnie; ruch po przekątnej może być również wspomagany takimi formami tekstury – poprzez silniejsze lub słabsze wibracje odpowiadające ruchom w poprzek lub wzdłuż „grzbietów fal”,
- akustycznie – sygnałami dźwiękowymi o różnych parametrach (barwa, głośność, częstotliwość),
- mieszanej, łączącej na różny sposób język naturalny, wibracje i sygnały tonalne.

Wymagania dotyczące prezentowania grafiki na urządzeniach haptycznych

Techniki prezentowania grafiki z zastosowaniem urządzeń haptycznych niosą ze sobą wymagania co do sposobu przygotowania i prezentacji grafiki.

Przykładowo, odległość między elementami rozpoznawanymi przez dotyk musi być równa co najmniej 1 cm, jeszcze większa odległość powinna być zachowana, gdy występuje różnica w wysokości prezentowanych elementów. Prezentacja grafiki, np. schematów na urządzeniach dotykowych wymaga większej powierzchni, co może się łączyć z koniecznością podziału i właściwej kolejności prezentacji poszczególnych części schematu oraz konieczności wyposażenia użytkownika w mechanizm nawigacji po częściach schematu i ich lokalizacji na schemacie.



Symbole i inne graficzne kształty wyświetlane na urządzeniu haptycznym nie mogą być zbyt małe, ponieważ osoby niewidzące nie mogą ich powiększyć ani informatyczną lupą ani przybliżaniem oczu do obrazu, czy też zmianą ogniskowej. Względne położenie elementów na ekranie nie powinno się zmieniać, jeśli nie uzasadniają tego względy merytoryczne. Nie powinno być na ekranie elementów nieistotnych dla przekazywanej informacji. Podsumowując – rozłożenie elementów graficznych w urządzeniach haptycznych powinno zapewniać możliwie jak najszybszą ich rozpoznawalność dotykiem. Wymaga to dokładnej analizy informacji i właściwego sformatowania przed wysłaniem jej na urządzenie haptyczne, co łączy się z dodatkowymi nakładami pracy projektantów grafiki i kosztami, tworzącymi barierę w dostępności grafiki przy pomocy technik haptycznych.

Interfejs haptyczny jest wykorzystywany do przekazywania treści, zwłaszcza wizualnych, nieliniowych, osobom niewidzącym, przede wszystkim w edukacji szkolnej. Wraz z szeroko rozpowszechnionymi ekranami dotykowymi w smartfonach i tabletach, wyposażonych w możliwości sprzężenia zwrotnego dźwiękowego lub siłowego, jest nadzieja, że w coraz większym stopniu znajdą one zastosowanie w szkołach jako urządzenia wspomagające nauczanie niewidzących uczniów. Interfejs haptyczny coraz bardziej dominuje nie tylko w urządzeniach mobilnych, ale również w dużych ekranach i tablicach, również przemysłowych. Stwarza użytkownikom możliwości interaktywnego sposobu pobierania i przetwarzania informacji poprzez dotyk palcami.

Techniki siłowego sprzężenia zwrotnego w haptycznych urządzeniach

Istnieją różne technologie wibracyjnego, dotykowego sprzężenia zwrotnego. Najbardziej powszechną, stosowaną w urządzeniach mobilnych jest przekształcanie ruchu obrotowego na posuwisto-zwrotny (ang. *eccentric mass*), inne technologie to przekształcanie energii elektrycznej w mechaniczną pracę (dielektryczne elastomery) lub piezoceramiczne silniki krokowe przekształcające energię elektryczną w wibracje.

Alternatywnymi rozwiązaniami w stosunku do tych, które pobudzają w ruch gładkie, sztywne (ale poddające się wibracjom) powierzchnie, są takie, które wykorzystują szpilkowe matryce, mogące dynamicznie zmieniać swoją powierzchnię, do przekazywania dotykająco-naciskającego skórę sprzężenia zwrotnego. Siła przekazywana na poruszające się wertykalnie szpilki może być generowana przez silniki krokowe, piezoceramiczne dwupłytki (mikrosilniki liniowe), solenoidy i SMA – *Shape Memory Alloys*, stopy metali odtwarzające swój pierwotny kształt, np. nitinol. Możliwe są też rozwiązania z bocznym naciskiem na skórę palców, na przykład ekrany o zmiennym tarciu powierzchni, regulowanym przez warstwę powietrza między powierzchnią ekranu a palcami, naciskającym bocznie, gdy są włączone ultradźwiękowe wibracje.

Rozwiązania „szpilkowe” są wykorzystywane do przekazywania informacji w notacji brajla.

Urządzenia „szpilkowe” można podzielić na 3 kategorie [1]:

1. statycznie odświeżalne „ekrany” (powierzchnie), w których obraz, rozpoznawany przez dotyk palców poruszających się po ekranie, jest odświeżany poprzez ruch pionowy szpilek, tworząc kształty (najnowsze urządzenia z tej kategorii osiągnęły 7200×10 szpilek [2]),
2. ekrany z dynamicznie zmieniającym się obrazem pod nieruchomymi palcami (np. monitory vel linijki brajlowskie), mniej energochłonne, równie drogie jak urządzenia kategorii 1, ale o mniejszych rozmiarach,
3. urządzenia z wejściem dla wizualnej informacji, np. z wbudowaną kamerą i dotykowym ekranem, które przekształcają wizualną informację w dotykową [2], dotychczasowe doświadczenia

wskazują na używanie tych urządzeń raczej do rozpoznawania statycznego obrazu graficznego, rozmiarem są mało poręczne.

Tego typu urządzenia dotykowe, przenośne, z „ekranem” odświeżalnym, mogące prezentować grafikę, bardzo dobrze nadają się do nauczania matematyki osoby niewidzące. Zwiększają efektywność i skuteczność nauczania. Nauczyciele nie musieliby indywidualnie uczyć niewidzących uczniów, korzystając z takich mechanicznych pomocy, jak tablice korkowe ze szpikami i nitkami odtwarzającymi linie, kształty geometryczne, papier wytłaczany lub wcześniej przygotowane płaskie lub przestrzenne kształty, np. rzeźby, odlewy kształtów przestrzennych. Barierą w ich powszechnym stosowaniu są względy ekonomiczne (wysoka cena urządzeń).

Mniej wiadomo, czy urządzenia „szpilkowe” sprawdzają się w dużych ekranach i/lub do przekazywania kształtów. Prowadzone są badania nad ich zastosowaniem do przekazywania i odbioru grafiki (obrazów, diagramów, rysunków, zdjęć i innych), zwłaszcza grafiki występującej w podręcznikach szkolnych, akademickich i książkach naukowych. Poszukiwane są ciągle rozwiązania dostępne ekonomicznie.

Badania naukowe i wyniki dotyczące technik haptycznych zwiększających dostępność grafiki

Pierwsze badania nad technologią zapisu i prezentowania grafiki w sposób dostępny dla wszystkich, w tym dla osób niewidzących, która byłaby szeroko stosowana, a więc nie kosztowna, datowane są z początku lat 90. XX w. Inspiracją były pionierskie badania nad zastosowaniem dotyku i dźwięku do przekazywania informacji graficznych prowadzone przez Parkes'a w 1991 r. [7]. Jednym z kolejnych projektów (2005 r.), inspirowanym rozwiązaniami Parkes'a, był projekt Science Access Project [15], prowadzony na uniwersytecie stanowym w Oregon, rozpoczęty na przełomie wieków XX i XXI. Dotyczył on zwiększenia dostępności grafiki w publikacjach naukowych. Przy pomocy dołączonego do komputera tabletu dotykowego i nakładania na niego wypukłego druku wyświetlanej grafiki, poprzez dotyk elementów lub całego obiektu graficznego w miejscach oznaczonych etykietami, można było uzyskać mową w języku naturalnym (angielskim) ich opisy na różnym poziomie szczegółowości. Wymagało to dobrego opisywania grafiki meta danymi. Badana dostępność grafiki uzyskiwana taką metodą była wysoka, koszty również.

Ze względu na upływ czasu od prowadzenia pierwszych tego typu badań i starzenia się technologicznego opracowanych rozwiązań, warto przedstawić nowsze badania i wyniki, dotyczące haptycznych rozwiązań zwiększających dostępność grafiki.

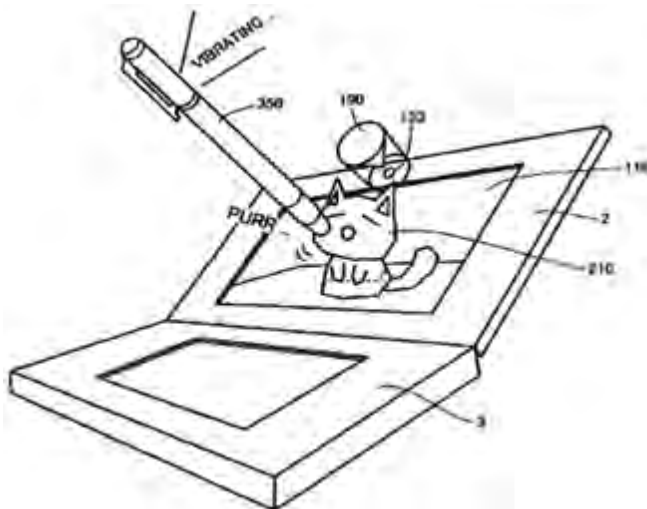
- **Accessible Graphic Calculator** (prod. ViewPlus Technologies): oprogramowanie działające pod Windows, które wspomaga osoby niewidzące w przyswajaniu i kreowaniu treści matematycznych poprzez rozszerzony interfejs z użytkownikiem o dotyk (drukowanie rysunków), dźwięk i mowę. Umożliwia rozpoznawanie wykresów matematycznych poprzez emitowane dźwięki o różnej tonacji odpowiadającej różnym wartościom na wykresie.
- **Sensable Phantom** (prod. Sensable – GeoMagic) – linia urządzeń dotykowych – ręcznych manipulatorów z „siłowym” sprzężeniem zwrotnym, które umożliwiają użytkownikom dotykanie wirtualnych obiektów i manipulowanie nimi; urządzenia te różnią się właściwościami zależnie od zastosowań naukowych i komercyjnych.
- **Logitech WingMan Force Feedback Mouse** – urządzenie działające również jak joystick, zaprojektowane dla immersyjnych gier komputerowych; sprzężenie zwrotne w odpowiedzi na ruchy myszą i działania na jej przyciskach przekazywane jest jako drgania podstawki; może być zastosowane do tworzenia i zapoznawania się z grafami przez osoby niewidome, co zostało opisane w [3].



Rys 1. Mysz Logitech WingMan Force Feedback Mouse, działająca również jak joystick (haptyczne sprzężenie zwrotne siłowe przekazywane jest przez drgania podstawki) Źródło: <http://www.amazon.com/Logitech-WingMan-Force-Feedback-Mouse/dp/B00001W01Z>

Fig. 1. Logitech WingMan Force Feedback Mouse, It works as a joystick in which haptic feedback is translated to the user hand as a stand vibration

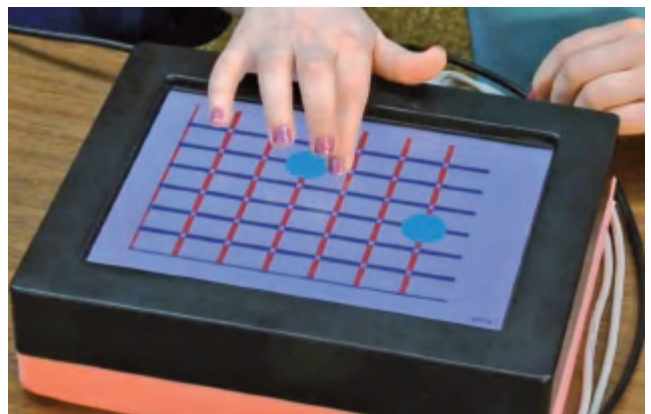
- Zestaw ekranu dotykowego tabletu PC, matrycy szpilkowej, digitajzera 3D i rylca, którym na tablicy rysowana linia jest obrazowana układem szpilek na matrycy szpilkowej [4]. Haptyczny rylec, z wbudowanym wibracyjnym motorkiem, w odpowiedzi na ruch na ekranie dotykowym, wibracjami wskazującą ścieżkę śledzenia wyświetlanej grafiki na ekranie dotykowym. Przykład wibracyjnego rylca, opatentowanego, Nintendo 3DS przedstawia rys 3. Nintendo 3DS jest wyposażony w marker, którego położenie śledzi wbudowana w ekran kamera, motorek generujący wibracje umieszczony jest w górnej części rylca.
- Program Earth+ (Robert Shelton, NASA): program przekształca kolory występujące w obrazie graficznym w różne dźwięki. Użytkownik, by zapoznać się z całym obrazem i go usłyszeć, przesuwa kursor po obrazie. Obraz mapy pogody będzie generował inne dźwięki dla chmur białych, inne dla granatowych burzowych, inne dla brązowego łądu.



Rys 2. Działanie haptycznego zestawu play-station i rylca, wibracyjnego, bezdotykowego Nintendo 3DS, wyposażonego w marker, którego położenie śledzi wbudowana w ekran kamera; motorek generujący wibracje umieszczony jest w górnej części rylca. Źródło: <http://www.nintendo.com/3ds/>

Fig. 2 Non contact stylus Nintendo 3DS equipped with a special marker which position is traced by camera built into screen. Additional engine that generates vibrations filed by a user hand is placed at the top of the stylus

- Program MathTrax (Robert Shelton, NASA): program opisuje wykresy równań i inne wykresy za pomocą dźwięków i mowy w języku naturalnym.
- Aplikacja na tablet (Medical and Electromechanical Design Laboratory of Vanderbilt University): nienazwana jeszcze aplikacja opracowana przez młodych naukowców w ramach badań dysertacyjnych [14] obronionych w 2012 r. nad zastosowaniem wibracyjnych urządzeń w edukacji niewidomych uczniów; aplikacja wspomaga interaktywną pracę ucznia z grafiką matematyczną. Za pomocą tej aplikacji uczeń jest w stanie śledzić linie i poznawać geometryczne kształty wodząc po nich palcami na dotykowym ekranie tabletu, bo odpowiednie wibracje i sygnały dźwiękowe, generowane w odpowiedzi na dotyk, prowadzą go dokładnie po liniach i konturach kształtów. Kierunek ruchów palców oraz ogólną orientację w położeniu na ekranie zwiększa tekstura w postaci siatki ortogonalnej prezentowanej tonalnie. Aplikacja może okazać się bardzo użyteczna dla prezentacji i poznawania nieregularnych wykresów i kształtów. Są to pierwsze próby (z 2012 r.) zastosowania powszechnie używanych mobilnych urządzeń jako narzędzi pomocnych w prezentowaniu grafiki matematycznej osobom niewidzącym. Aplikacja jest stale rozwijana. Warto wspomnieć, że na podobnej zasadzie wibracyjno-dźwiękowego sprzężenia zwrotnego, ten sam zespół naukowców opracowuje zupełnie nową aplikację na urządzenia mobilne – graficzny kalkulator.



Rys 3 Aplikacja opracowana na Vanderbilt University w 2012 r. przekształcająca dotykowy tablet w urządzenie haptyczne ze sprzężeniem zwrotnym siłowo-akustycznym oraz ze wspomagającym tłem w postaci siatki ortogonalnej ułatwiającej interaktywne rozpoznawanie grafiki Źródło: <http://research.vuse.vanderbilt.edu/MEDLab/>

Fig. 3. A dedicated software application developed in 2012 by Vanderbilt University. It enables to use a tablet with touch screen as a interactive display with acoustic and force feedback with support of additional background orthogonal grid for easier orientation of the blind user on the screen

Haptyczny ekran dotykowy rozszerzający możliwości interfejsu z użytkownikiem komputera klasy PC (TouchSense Imersion, Inc.): wyposażony jest w 4 silniczki krokowe, podobnie jak urządzenie we/wy podłączone przez 2 złącza USB i jedno złącze VGA na przekazywanie obrazu.

Na tym urządzeniu, podłączonym do komputera PC, były prowadzone badania [5] nad stopniem rozpoznawania przez osoby niewidzące lokalizacji punktu na płaszczyźnie osi X-Y, znajdowania na płaszczyźnie współrzędnych wszystkich punktów wyświetlanych na ekranie oraz rozpoznawania linii i kształtów przy pomocy dotyku i sprzężenia zwrotnego w postaci wibracji i sygnałów akustycznych. Urządzenie ma możliwość przyporządkowania każdego typu sprzężenia (siłowego, akustycznego) do pojedynczego piksela (ekran ma rozmiary 270×222 mm i rozdzielczość



1024×768 px), co zostało wykorzystane w badaniach nad znajdowaniem i rozpoznawaniem kształtów. Do określania współrzędnych położenia zastosowano pomocniczą siatkę 7×7 (teksturę) wyświetlanych linii pionowych i poziomych, których przecięcia były punktami orientacyjnymi przy określaniu właściwego położenia. Dotknięcie ekranu w punkcie przecięcia generowało słowną informację o współrzędnych punktów.

Badania wykazały, że nie ma istotnych różnic we wpływie rodzaju sprzężenia zwrotnego na skuteczność określania lokalizacji punktu lub rozpoznawania kształtów. Lekka przewaga dotyczy siłowego sprzężenia zwrotnego. Wiele zależy od osobistych upodobań użytkownika. Jednak w badaniach ankietowych *ex post* ich uczestnicy preferowali jednoczesność obu typów sprzężeń generowanych w odpowiedzi na dotyk.

Techniki interaktywnego prezentowania grafiki w języku naturalnym

Dla osób posługujących się przeglądarkami internetowymi opartymi na odczycie tekstów ze stron WWW – wykresy, schematy, rysunki i inne grafiki są elementami niedostępnymi lub dostępnymi informacyjnie w zakresie informacji zawartej w ewentualnie istniejącym tekście alternatywnym. Format zapisu grafiki wg standardu SVG (*Scalable Vector Graphics*) włączony do HTML5 nie ma tekstu alternatywnego (podobnie jak MathML), a wśród obecnych na rynku przeglądarek tekstowych – czytników ekranu, nie ma czytnika, który standardowo sięgałby w głąb struktury tagu `<svg>`, w której jest miejsce na tytuł i dokładny opis grafiki (tagi `<title>` i `<desc>`):

```
<svg id=" svgelem" height=" 200" xmlns=" http://www.w3.org/2000/svg">
  <title>To jest wykres słupkowy</title>
  <desc>Wykres przedstawia zainteresowania Bonami na Innowacje w
  województwach</desc>
  <rect id=" redrect" width=" 300" height=" 100" fill=" red"/>
  ...
</svg>
```

Tego mankamentu nie ma struktura *canvas* w HTML5, przy pomocy której można prezentować grafikę. Struktura *canvas* ma element *alt* na alternatywny tekst dla przeglądarek WWW nie akceptujących HTML5 oraz dla przeglądarek tekstowych (które akceptują HTML5 i znana im jest struktura *canvas*):

```
<canvas id=" basic-canvas-with-alt" width=" 200" height=" 300">
  
</canvas>
```

Użytkownikami przeglądarek tekstowych i czytników ekranów są nie tylko osoby niewidome, ale również osoby z dysleksją lub niepełnością rąk, nie mogące korzystać z myszy. Miniaturyzacja urządzeń mobilnych i niewielkie ekrany, w jakie są wyposażone, powoduje, że również dla użytkowników tych urządzeń grafika, jej szczegóły stają się niedostępne. Wraz ze zwiększającym się trendem wizualizacji informacji, grafika w dokumentach odgrywa coraz większą rolę. Często zawiera ona najistotniejsze informacje, nie zawsze alternatywnie podane w tekście strony lub dokumentu. Ponadto jej transmisja wymaga dużej przepustowości łącza. Jest wiele okoliczności i powodów, dla których prowadzone są badania nad alternatywnymi metodami prezentującymi grafikę.

Naukowcy zajmujący się odtwarzaniem informacji zawartej w grafice naukowej i biznesowej wykorzystują dla udostępnienia grafiki różne techniki, m.in. dotyk i dźwięk i połączenie obu tych technik. Niosą one ze sobą poważne ograniczenia:

- konieczność posiadania sprzętu, i to mało przenośnego, jak drukarki druku wypukłego i tablety dotykowe,
- wiele z tych rozwiązań wymaga specjalnego zaprojektowania i przygotowania grafiki w sposób mogący służyć odtwarzaniu zawartych w niej informacji przy pomocy dotyku i dźwięku.

Z tego powodu, oraz ograniczonych możliwości przekazywania opisu grafiki za pomocą tekstu alternatywnego (i to tylko opisu statycznego), zauważyć można coraz większe zainteresowanie środowisk naukowych badaniami nad technikami lingwistycznymi prezentującymi nie lingwistycznie zapisane dane czyli na udostępnianiu grafiki w tekstowej formie. Tekst streszczający grafikę i opisujący ją na różnym poziomie szczegółowości jest odczytywany mową, techniką *text-to-speech*, używaną przez czytniki ekranów, jak na przykład najpopularniejszy JAWS. Pierwsze prace badawcze były prowadzone w kierunku dostarczania informacji o tym, jak grafika wygląda. W zależności od typu grafiki, np. wykres liniowy, słupkowy lub kołowy, pozyskiwano informacje o typie i właściwych dla danego typu podstawowych elementach z tekstów zawartych w plikach grafiki.

Najnowsze badania, opisane dalej, mają dostarczyć inteligentnych technik tworzenia informacji o tym, jaki jest główny komunikat informacyjny zawarty w grafice. Chodzi o wygenerowanie tekstu w języku naturalnym streszczającego główny komunikat oraz dostarczenie informacji (również tekstem w języku naturalnym) bardziej szczegółowych, na różnych poziomach szczegółowości, generowanych na życzenie użytkownika. Dotychczasowe badania koncentrują się na technikach wydobywania i tworzenia informacji na podstawie wnioskowania specjalizujących się w obsłudze określonych typów grafik, takich jak schematy słupkowe, kołowe albo wykresy liniowe różnego rodzaju lub grafy liniowe.

Brakuje rozwiązań kompleksowych, które poradziłyby sobie z tekstową prezentacją każdego typu grafiki, przynajmniej typu matematycznego (wykresy liniowe i punktowe, kształty geometryczne, grafy sieciowe w podręcznikach i wydawnictwach naukowych) albo biznesowego (wykresy słupkowe i kołowe w tygodnikach, raportach). O ile badania dotyczące niewizualnego udostępniania i tworzenia formuł matematycznych zaowocowały opracowaniem m.in. internetowych platform i bibliotek [16] wymiany narodowych/regionalnych formatów brajlowskich notacji matematycznych (np. amerykańska Nemeth Braille, francuska BrailleStar) oraz odczytu formuł w języku naturalnym, o tyle prace nad kompleksowym rozwiązaniem zwiększającym dostępność grafik matematycznych i biznesowych nie są zaawansowane. Jednym z takich kompleksowych rozwiązań może być internetowa platforma świadcząca e-usługi tekstowej prezentacji grafik na różnym poziomie szczegółowości, w wybranym języku naturalnym i technologii *text-to-speech*, z możliwością generowania tekstu alternatywnego streszczającego grafikę, wstawianego na stronę WWW lub do dokumentu elektronicznego.

Warto zauważyć, że wyniki prac nad kompleksowymi rozwiązaniami udostępniania grafiki miałyby masowych odbiorców, zwłaszcza wśród użytkowników smartfonów.

Badania naukowe i wyniki dotyczące interaktywnych technik udostępniania grafik w języku naturalnym

Prace nad dostarczaniem informacji o schematach prezentowanych przez oprogramowanie prezentacyjne, na podstawie właściwości schematów (styl, etykiety i zakresy osi, liczba zestawów danych) były prowadzone już w 1995 r. przez Kurze'a [11] i w 1996 r. przez Kennel'a (system Audiograf [12]). Rozwiązania oparte na ich wynikach wymagały jednak od użytkowników zapamiętywania logiki układu schematu i/lub dodatkowego wyposażenia sprzętowego.

Nowsze badania, z bardzo ciekawymi osiągnięciami opublikowanymi w 2007 r. w [13], dotyczą interpretacji grafik statystycznych



ukazujących się w głównym kanadyjskim wydawnictwie statystycznym „The Daily”. Opracowano system iGraph dostarczający użytkownikowi, w trybie interaktywnym, informacji prezentowanych na wykresach statystycznych. Użytkownik może współpracować z iGraph na dwa sposoby: otrzymywać streszczenie wykresu generowane wg opracowanego szablonu („protokołu komunikacji”) na podstawie tytułu, etykiet osi, najwyższych i najniższych wartości oraz może bardziej szczegółowo badać wykres za pomocą instrukcji klawiszowych, w wyniku których może otrzymać wartości wszystkich punktów wykresu (zaznaczonych na wykresie) oraz zmiany pomiędzy wartościami punktów. System iGraph jest bardzo użyteczny do zapoznawania się w trybie tekstowym i dogłębnie z wykresami statystycznymi, nie nadaje się jednak do pozyskiwania informacji o grafice charakterystycznej dla biznesowych wydawnictw i popularnych tygodników takich jak „Newsweek” czy „The Times”, które w grafice, często w postaci wykresów słupkowych, przekazują komunikat informacyjny. System iGraph nie potrafi „odczytać” takiego komunikatu (przesłania informacyjnego). Informuje wyłącznie o tym, jak wykres statystyczny wygląda, nie wyciągając wniosków czyli informacji z danych zawartych na wykresie ani nie robiąc syntezy informacyjnej. Powoduje to małą przyjazność systemu, ponieważ użytkownik musi w swej wyobraźni odtwarzać „mentalną mapę” wykresu.

Od 2005 r. prowadzone są bardzo interesujące badania, m.in. publikowane w 2007 r. [9] i w dysertacji Seniza Demir’a z 2010 r. [9], nad systemem SIGHT tworzącym informacje tekstowe w języku naturalnym o grafice na stronach WWW (np. na stronach elektronicznych wydań tygodników „Newsweek” i „The Times”), ograniczone na razie do prostych wykresów słupkowych, tzn. obrazujących wartości jednego, niezależnego atrybutu i odpowiadające wartości atrybutu zależnego. Rozwiązanie zastosowane w systemie SIGHT nie wymaga ani specjalnego oprzyrządowania (wystarczy jedynie komputer z przeglądarką Web) ani pomocy osoby widzącej. Nie wymaga od użytkownika umysłowego wysiłku w zrozumieniu przekazu informacyjnego schematu, ponieważ system streszcza główny komunikat informacyjny schematu i dostarcza odpowiedzi na ewentualne zainteresowanie szczegółami schematu.

Informacja tworzona jest na podstawie analizy tekstów nagłówek, etykiet osi oraz innych tekstów znajdujących się na zidentyfikowanym wykresie. Celem generowanej informacji jest jak najbardziej wiarygodne odtworzenie głównego przesłania (komunikatu) wykresu. W wyniku badań została opracowana aplikacja SIGHT (*Summarizing Information Graphs Textually*) rozszerzająca działanie przeglądarki IE dla Windows, ukierunkowana na najbardziej popularny czytnik ekranu – JAWS (Freedom Scientific, Inc.). Planowane są i już realizowane dalsze badania obejmujące bardziej skomplikowaną grafikę jak wykresy kołowe i grupowe wykresy słupkowe, jak również rozszerzenie SIGHT w kierunku współpracy z innymi przeglądarkami oraz na innych platformach (MAC, Linux).

SIGHT generuje wstępną informację o wykresie, w języku naturalnym (angielskim), na podstawie ważnych i wyróżniających się jego cech oraz w swej najnowszej wersji umożliwia konwersację z użytkownikiem chcącym dowiedzieć się więcej o wykresie, w wyniku której są generowane bardziej szczegółowe informacje.

Dotychczasowe wyniki prac nad SIGHT, ewaluowane na grupie 110 prostych wykresów słupkowych wybranych z popularnych czasopism i raportów dały wiarygodność odtworzenia głównego przesłania informacyjnego wykresu na poziomie 79,1%. SIGHT nie wymaga od użytkowników dodatkowej fatygi ani oprzyrządowania. Nie wymaga też od twórców stron WWW specjalnego modelowania i zapisu wykresów.

Warto pokrótce poznać działanie aplikacji SIGHT.

Zasady i algorytmy generowania informacji w języku naturalnym o schematach słupkowych w aplikacji SIGHT

Użytkownik nawigując po stronie WWW przy pomocy wirtualnego wskaźnika czytnika ekranu JAWS, pełniącego rolę przeglądarki tekstowej WWW, i napotkawszy grafikę, tzn. jej alternatywny tekst, może uruchomić aplikację SIGHT klawiszami CTRL+Z., by dowiedzieć się, o czym informuje wykres (jeżeli jest to wykres słupkowy). Tekst streszczający podstawowy, główny komunikat przekazywany przez wykres jest podawany w dodatkowym oknie. Wygenerowanie tekstu streszczającego następuje w wyniku kilkunastopięciu etapów przetwarzania wykresu.

Pierwszym etapem jest preprocessing strony WWW wykrywający wszystkie grafiki podejrzane o to, że są wykresami słupkowymi, i opatrzenie ich alternatywnym tekstem informującym, że dana grafika wydaje się być wykresem słupkowym. Rozpoznanie następuje w wyniku analizy specyficznych atrybutów, mogących wskazywać na wykres słupkowy, takich jak 20 lub więcej poziomów szarości, zawieranie co najmniej 2 prostokątów ze wspólnym początkowym wierszem lub kolumną. By zsynchronizować położenie wskaźnika czytnika ze wskaźnikiem przeglądarki, którym operuje model DOM przeglądarki IR i z którego korzysta SIGHT, wykorzystywana jest cecha nowszych wersji JAWS umożliwiająca taką synchronizację klawiszami CTRL+INSERT+DELETE.

Gdy klawisze CTRL+Z są przez SIGHT rozpoznane, a wskaźnik wskazuje na wykres słupkowy, następuje analiza pliku z grafiką wykresu i na jej podstawie generowana jest struktura XML z uzyskanymi danymi o wykresie. Są nimi typ wykresu (prosty wykres słupkowy, wykres kołowy i inne) oraz elementy tekstowe wykresu takie jak tytuł, etykiety osi, teksty na/przy słupkach i inne napisy oraz liczba, wysokość i kolor słupków.

Tak powstała struktura XML jest poddawana uzupełnieniom o dodatkowe informacje dotyczące wyróżnień na schemacie, np. wskazujące słupek wyróżniony kolorem wśród innych słupków, słupek opatrzony dodatkowym tekstem, słupek opatrzony kolorowym tekstem, gdy inne teksty towarzyszące słupkom są niekolorowe.

Również jako dodatkowa, uzupełniająca, jest generowana informacja o zidentyfikowanych klasach czasowników i przymiotników o podobnym znaczeniu (rdzeniu) oraz występowaniu zidentyfikowanej klasy w tytule schematu. Chodzi o zidentyfikowanie najbardziej prawdopodobnej kategorii głównego komunikatu informacyjnego zawartego w schemacie (np. pokazanie trendu lub zmiany w trendzie lub wierzchołka wartości), a wprowadzonego przez projektanta schematu za pomocą opracowanego projektu schematu, na który składają się takie elementy jak kwadraty, ich gabaryty i kolor, ich ułożenie na osi, etykiety osi i wartości na osiach, tytuł, wyróżnienia i inne elementy. W najnowszej wersji SIGHT przyjęto 12 kategorii komunikatów informacyjnych.

W celu dalszego przetwarzania uzupełnionej pierwotnej struktury XML, jakim jest zidentyfikowanie kategorii głównego komunikatu schematu, identyfikowane są 3 rodzaje „sygnałów komunikatywnych”, których można się dopatrzeć na schematach:

- względny (mały, średni, duży) wysiłek użytkownika potrzebny dla dwóch różnych zadań – percepcji i zrozumienia przesłania informacyjnego wykresu; przykładem różnego wysiłku dla zrozumienia wykresu jest ułożenie słupków wg reprezentowanych wartości albo wg alfabetycznej kolejności etykiet słupków; przy ułożeniu alfabetycznym trudniej jest zauważyć trend lub jego zmianę;
- wyróżnienie jednego ze słupków np. przez kolor albo dodatkowy napis, co jest zapisane jako wcześniej opisane uzupełnienie struktury XML;
- występowanie w tytule określonych czasowników i przymiotników, jak również odczasownikowych rzeczowników i przymiot-



ników, podlegających ekstrakcji, mogących sugerować ogólną kategorię komunikatu zawartego w wykresie; dalsza analiza wyodrębnionych słów, m.in. wyodrębnianie wspólnych rdzeni i klasyfikowanie odbywa się za pomocą dostępnych w Internecie baz słownikowych m.in. WordNet i tezaursów; wyniki przetwarzania tytułu (wyodrębnione słowa lub klasa słów sugerujące prawdopodobną kategorię komunikatu – np. o ocenie lub zmianie trendu lub względnej różnicy) umieszczane są w strukturze XML; tagowanie słów tworzących klasę jest przeprowadzane na strukturze XML.

Na podstawie otrzymanej struktury tworzona jest dynamicznie sieć bayesowska, służąca, ogólnie definiując, do przedstawiania zależności pomiędzy zdarzeniami, i wnioskowaniu dotyczącego najbardziej prawdopodobnej hipotezy, w oparciu o rachunek prawdopodobieństwa. Klasyfikacją przykładem sieci Bayes'a jest reprezentowanie zależności pomiędzy symptomami a chorobą. W przypadku aplikacji SIGHT wierzchołkiem sieci są możliwe, przyjęte w SIGHT, kategorie komunikatu płynącego z wykresu (12 kategorii), zaś węzłami-dziećmi wyszukane dowody na występowanie cech danej kategorii (mało prawdopodobne, średnio prawdopodobne i bardzo prawdopodobne). Jako fakty wprowadzane są do sieci zidentyfikowane „sygnały komunikatywne”. Wybór najbardziej prawdopodobnej kategorii polega na ocenie prawdopodobieństwa sumarycznego dostarczonego przez dowody. W ten sposób wybierany jest typ (kategoria) komunikatu głównego (streszczającego schemat), a jego treść konstruowana jest z wartości parametrów zapisanych w strukturze XML.

W wersji systemu z 2010 r. *Interactive_SIGHT* użytkownik, po otrzymaniu komunikatu streszczającego, może uzyskiwać dalsze bardziej szczegółowe informacje zawarte w schemacie, otrzymywane z głębszej analizy zgromadzonych danych w strukturze XML. Przykładowo: użytkownik prosi o informacje o tym, co jest najbardziej akcentowane w schemacie, system wybiera najbardziej adekwatną propozycję, przy czym do jej agregacji (z kawałków tekstów) i zorganizowania w logiczny i poprawny tekst włączane są specjalizowane moduły systemu odpowiedzialne za strukturyzację, agregację i porządkowanie (sekwencjonowanie) tekstu.

Rozwiązanie zastosowane w systemie SIGHT nie wymaga ani specjalnego oprzyrządowania (komputer z przeglądarką Web), ani specjalnego przygotowywania grafiki ani pomocy osoby widzącej.

Jest to bardzo obiecujący kierunek badań nad efektywnymi technikami niewizualnego prezentowania grafiki.

Badania, standardy i techniki niewizualnego udostępniania grafiki na podstawie odczytu tekstów zawartych w strukturach XML

Najnowsze badania i techniki, przybliżone w poprzedniej części artykułu, opisywania przy pomocy tekstu (i mowy) grafik z różną szczegółowością w sposób inteligentny zdaniem skonstruowanymi w języku naturalnym na podstawie wywnioskowanego najbardziej prawdopodobnego komunikatu informacyjnego zawartego w grafice są ograniczane, jak dotąd, do określonych typów grafiki na stronach WWW. Równoległe z tymi badaniami toczą się prace wokół standardów opartych na XML, i związanych z nim technikach, udostępniania w sposób multimodalny multimedialnych treści zawartych zarówno na stronach WWW, jak i w e-bookach. Rozwój istniejących standardów idzie w kierunku, opisanego dalej w artykule, większego zintegrowania m.in. standardów DAISY XML, MathML, SVG i standardu EPUB. Strony WWW w rozszerzonym standardzie DAISY XML i e-booki w EPUB 3 będą czytane przez nowe wersje czytników ekranów i nowe wersje czytników e-booków bez problemów z udostępnianiem zawartych

w nich grafik. Opisy grafik będą pobierane ze struktur XML zapisanych w plikach zgodnych ze standardem svg.

Standard SVG

Opracowany i rekomendowany w 2001 r. przez W3C (*World Wide Web Consortium*) język SVG, należący do rodziny XML, będący uniwersalnym formatem dwuwymiarowej grafiki wektorowej (statycznej i animowanej), nieobwarowany licencjami i patentami, umożliwi opisanie każdego obiektu graficznego i jego cech, wyłącznie za pomocą tekstu, zapisanego w kodzie Unicode. Pliki SVG, o rozszerzeniu svg, svgz, są dostępne zarówno dla osoby widzącej jak i niewidzącej.

Na bazie tego języka, w 2005 r., firma ViewPlus, Inc opracowała edytor diagramów zapisywanych w SVG, konwerter formatów graficznych na SVG i przeglądarkę plików SVG w technice dotyk/mowa dostępne na rynku pod nazwą IVEO SVG Viewer. Diagramy i schematy blokowe utworzone przy pomocy tego oprogramowania mogą być drukowane bezpośrednio z jego poziomu na drukarkach brajlowsko-czarnodrukowych z serii Tiger View plus. Wydrukowane wypukłe rysunki mogą być także nakładane na dotykowy tablet. Przez dotyk elementów graficznych lub tekstu na tablecie, komputer, do którego jest podłączony tablet, w sprzężeniu zwrotnym może odczytywać tekst i na podstawie etykiet (meta danych) informować mową o elementach diagramu i ich cechach. Każdy dotknięty element tekstu powoduje odczytanie logicznego bloku tekstu. Dostępność grafiki matematycznej jest tym większa, im staranniejsze i dokładniejsze jest etykietowanie i opisanie elementów grafiki.



Rys. 4. System IVEO SVG Viewer (View Plus Inc): Tablet dotykowy z nakładką będącą wypukłą kopią wyświetlanej grafiki na ekranie komputera PC służąca do znajdowania miejsc w grafice, po naciśnięciu których użytkownik usłyszy ich objaśnienia **Źródło: [8]**

Fig. 4. IVEO SVG Viewer system (View Plus Inc.): a software application with optional touch screen tablet. It enables a blind user to explore a braille drawings that are placed on the screen. The graphical symbols that are touched by a user are described for him by a speech synthesizer



Warto także dodać, że w odróżnieniu od innych starszych programów wspierających drukowanie tekstu i grafiki na drukarkach brajlowskich takich jak Winbraille czy Duxbury, zarówno płatne oprogramowanie do tworzenia rysunków IVEO, jak i darmowa przeglądarka IVEO Viever posiadają polskojęzyczny interfejs.

Standard DAISY XML i jego rozwój

W 2007 r. grupa robocza rozwijająca oparty na XML standard zapisu formuł matematycznych MathML opublikowała rekomendacje specjalnego rozszerzenia technologii DAISY XML o włączanie do jej dokumentów formuł matematycznych zapisanych w MathML.

DAISY XML został opracowany pierwotnie w celu umożliwienia publikowania w sposób dostępny dla wszystkich literatury nie naukowej. Obecnie DAISY XML stał się podzbiorem standardu elektronicznych publikacji (e-booków), EPUB. Dzięki temu jest możliwe dostosowywanie przez czytniki EPUB treści dokumentów tworzonych w tym standardzie do ekranów różnych urządzeń.

W 2009 r. DAISY SVG Working Group podjęła prace nad rozszerzeniem SVG dotyczącym opisu rysunków i dodatkowej struktury pól SVG dla jej atrybutów oraz nad włączeniem przestrzeni nazw (*namespaces*) z DAISY do SVG. Przykładem korzyści takiego rozszerzenia poprzez dodatkowe atrybuty jest umożliwienie opisu obiektów mogących być uwidacznianymi na wydrukach „atramentowych”, ale niewłaściwie prezentowanych na wydrukach wypukłych, przy zachowaniu obowiązujących konwencji druku wypukłego. Przykładowo, jasny nos, obiekt ze swej natury wypukły, na wydruku kolorowym – biały, jest prezentowany na druku wypukłym przez niską wysokość kropek, lub całkowity ich brak, czyli wklęsłość.

Dodatkowe przestrzenie nazw w SVG przeznaczone są na zapis liczbowych danych występujących na wykresach w płaszczyźnie kartezjańskiej i dwuwymiarowych mapach GIS (*Geographic Information System*). Ich zapis wraz z grafiką zwiększa możliwości wyszukiwania, jak również dostępność przez możliwość odтворzenia danych liczbowych słownie lub tonowo. Takie tonowe odtwarzanie bazuje na mapowaniu wartości na częstotliwość dźwięku, co odbierane jest intuicyjnie.

Prowadzony od 2009 r. projekt pn. The Enhanced Reading Project, przez grono amerykańskich firm wydawniczych i American Institute of Physics, wydawcę prestiżowych *Physical Review Letters* i *Physical Review*, ma na celu udostępnianie online publikacji w DAISY XML, w których rysunki są zapisywane w rozszerzonym SVG, bez zwiększania kosztów publikacji z jednoczesnym uzyskaniem większej ich dostępności za pomocą czytników ekranów.

Standard EPUB

Standard EPUB (skrót od *electronic publication*) otwarty standard, oparty na języku XML, stosowany do publikowania elektronicznych książek (e-booków). Format ten jest coraz szerzej stosowany w czytnikach książek elektronicznych. Jest nadzieja, że najnowszy standard EPUB 3, w skład którego wchodzi m.in. *DAISY XML*, *MathML*, obejmujący również *SVG XML*, stanie się powszechnym standardem dla publikacji elektronicznych, w których grafika, bez konieczności dodatkowego przetwarzania oraz specjalnego przygotowywania projektu, będzie mogła być multimodalnie udostępniana, m.in. na urządzeniach haptycznych. Czytniki EPUB i *MathML* odtwarzają formuły matematyczne i grafikę matematyczną tonowo i mową (na ogół w języku angielskim).

Daisy Consortium rozpoczęło w 2012 r. prace przygotowawcze do badań nad przełomowym, jak twierdzi konsorcjum, projektem odświeżalnego ekranu brajlowskiego do czytania e-booków transformowanych na brajla przez czytniki brajla. Materiały na temat tego nowego projektu nie podają, jakie techniki haptyczne

zostaną zastosowane do dynamicznego prezentowania treści na odświeżalnym ekranie. Można się domyśleć, że projekt opierać się będzie na standardzie EPUB3.

Do końca nie wiadomo, czy EPUB 3 stanie się dominującym standardem dla e-booków, ponieważ jego groźna konkurencja – korporacyjny standard Kindle rozwija się równie dynamicznie i zapowiedziana przez Amazon wersja Kindle 8 może mieć wpływ na prace rozwojowe związane z EPUB 3.

Dostępność grafiki w dokumentach tworzonych w środowisku TeX (LaTeX)

Jedną z powszechniej stosowanych technologii, szczególnie w środowiskach naukowych, pozwalających na tworzenie profesjonalnych publikacji zawierających formuły matematyczne, jest system i język TeX, który z biegiem lat przekształcił się w LaTeX. Z uwagi na swoją uniwersalność (LaTeX działa niemal na wszystkich platformach takich jak Unix, MAC OS i Windows) jest on bardzo popularny wśród naukowców z dziedzin technicznych.

Praca w tym środowisku odbywa się w sposób wsadowy polegający na tym, że źródłowy dokument tekstowy zawierający odpowiednie polecenia jest kompilowany do docelowej postaci, którą może być PDF (dostępny dla udźwiękowionych czytników takich jak AdobeReader od wersji 9) lub HTML.

Ponieważ źródłowy dokument może być tworzony całkowicie w sposób tekstowy, już od dawna LaTeX-a zaczęły używać osoby niewidome. Jednakże początkowo był on zaprojektowany jako system, w którym bezpośrednio nie tworzy się grafiki. W czasach, kiedy powstawał, nie były znane tak powszechne dziś formaty graficzne jak PostScript, GIF, PNG, czy JPEG. Zamiast tego został w nim zaimplementowany prosty zbiór poleceń używanych w specjalnym otoczeniu „*picture*” pozwalający na rysowanie prymitywów graficznych takich jak punkty, odcinki, strzałki, wielokąty itp. Dzięki takiemu sposobowi użycia, osoba niewidoma może, znając odpowiednie polecenia oraz ich parametry, samodzielnie wykonać prosty rysunek czy wykres.

Wszystkie bardziej skomplikowane twory graficzne w dokumentach LaTeX-owych muszą być tworzone przy pomocy zewnętrznych programów a następnie mogą być wstawiane do dokumentu źródłowego przy pomocy odpowiednich klas i pakietów. Pozwalają one z jednej strony na rysowanie grafik przy pomocy odpowiednich poleceń języka LaTeX, a z drugiej na wstawianie grafik przygotowanych w zewnętrznych programach a zapisanych w popularnych formatach takich jak BMP, GIF, PNG czy JPG.

Niewidomy użytkownik, który chce umieścić w swoim dokumencie LaTeX grafikę, może postąpić na dwa sposoby:

Po pierwsze, może wstawić do dokumentu grafikę przygotowaną przez osobę widzącą lub pozyskaną z innego źródła, mając jednocześnie możliwość jej odpowiedniego dopasowania – przeskalowania i umieszczenia w odpowiednim miejscu dokumentu przy pomocy poleceń takich otoczeń jak *picture* czy *figure*. Kontrolę nad poprawnością takiej operacji zapewniają komunikaty o błędach generowane przez kompilator LaTeX-a, które mówią o poprawnym rozmiarze i umiejscowieniu wstawionego rysunku.

Przykładowo, aby wstawić swoje zdjęcie zapisane w pliku *mojefoto.jpg*, użytkownik może użyć poleceń:

```
\begin{figure}[!ht]
\includegraphics[scale=0.83]{mojefoto.jpg}
\caption{Oto moje zdjęcie}
\end{figure}
```

Drugi sposób postępowania polega na samodzielnym narysowaniu przez niewidomego własnej grafiki przy pomocy poleceń



LaTeX. W tym wypadku może się on posłużyć jednym z dodatkowych programów, takich jak np. Gnuplot (<http://www.gnuplot.info/>). Za jego pomocą, pisząc odpowiedni plik skryptowy można narysować wykres funkcji czy rysunek figury geometrycznej, który jest eksportowany do formatu TEX LaTeX-a, GIF lub SVG.

Przykładowo, prosty skrypt: złożony jest z następujących poleceń:

```
set terminal svg
set output „sinus.svg”
plot [-3.14:3.14] sin(x)
```

Po wykonaniu odpowiedniego polecenia z linii poleceń system operacyjnego spowoduje wygenerowanie pliku sinus.svg z rysunkiem wykresu funkcji sinus w zakresie od $-\pi$ do π . Taki plik można następnie wstawić do dokumentu LaTeX. Ze źródłowego dokumentu LaTeX niewidomy użytkownik może wygenerować wynikowy dokument w formacie PDF lub HTML, którego zawartość tekstowa jest dostępna dla osoby widzącej. W tak wytworzonym formacie osoba niewidoma nie może jednak odczytać grafik a ma jedynie możliwość stwierdzenia, gdzie taka grafika się znajduje. Plik svg zawierający rysunek, a powstały w wyniku działania programu np. Gnuplot, można jednak wydrukować na drukarce brajlowskiej przy pomocy wspomnianego już programu IVEO Viewer. W ten nieco skomplikowany sposób można uzyskać równoległe postaci rysunków, które będą dostępne zarówno dla widzącego, jak i niewidomego użytkownika.

Oba opisane wyżej sposoby uzyskania rysunku mają jednak podstawową niedogodność polegającą na tym, że niewidomy użytkownik nie ma pełnej kontroli nad wyglądem i formą jego wyjściowej postaci jedynie poza papierową, wypukłą wersją rysunków uzyskaną z drukarki brajlowskiej.

Wadą tego rozwiązania dla polskich użytkowników (szczególnie początkujących takich jak np. uczniowie szkół podstawowych) jest również to, że aby go użyć, należy znać polecenia języka LaTeX, polecenia programu Gnuplot, a także sposoby użycia tych programów przeprowadzające przez proces kompilacji źródłowego dokumentu do graficznej postaci wyjściowej.

Istnieje oprogramowanie dedykowane dla niewidomych pozwalające na eksportowanie formuł matematycznych zapisanych w formacie LaTeX do postaci notacji brajlowskiej. Takie funkcje posiadają programy Translator (http://www.sklep.altix.pl/str/prod_big.idk.627.kat.67.Euler_pakiet_programow_Homer_i_Translator.html) oraz Duxbury (<http://www.duxburysystems.com/>). Jednakże jest w nich stosowana różna brajlowska notacja matematyczna np. w Duxbury jest to notacja amerykańska. Ponadto nie posiadają one funkcjonalności interpretowania poleceń tworzących rysunki i przekształcania ich na postać możliwą do wydrukowania na drukarkach brajlowskich.

Z tych powodów potrzebne jest kompleksowe rozwiązanie, które pozwoli na w miarę łatwe tworzenie rysunków, np. wykresów samodzielnie przez niewidomego ucznia lub przez widzącego nauczyciela w taki sposób, aby były one dostępne dla obu omawianych grup użytkowników.

Zakończenie

W artykule przedstawiono wybrane badania i powstałe lub nadal rozwijane dzięki nim techniki dotyczące alternatywnych sposobów prezentowania grafiki i zapoznawania się z nią. Badania mające na celu jak największą użyteczność wyników skupiają się na grafice matematycznej związanej z edukacją (np. wykresy liniowe, kształty geometryczne) oraz grafice biznesowej (np. wykresy słupkowe, wykresy statystyczne). Wybór badań i technik został dokonany pod kątem przedstawienia reprezentantów kierunków badawczych i poszukiwawczych dla poruszanej problematyki. Wy-

brano przykłady najnowsze, z okresu ostatnich kilku lat oraz tegoroczne. Badania nad multimedialnymi technikami udostępniania grafiki są prowadzone szerokim frontem, przez wiele światowych ośrodków naukowych i międzynarodowych zespołów. Wyniki publikowane są na rozlicznych międzynarodowych konferencjach i w materiałach pokonferencyjnych, zwłaszcza w wydawnictwach IEEE. Ich duża ilość zwróciła uwagę autorów artykułu na fakt, że zagadnienia, uogólniając, uniwersalności dostępu do zasobów informacyjnych, nie tylko graficznych, współcześnie nabierają dużego znaczenia, nie tylko ze względu na realizację idei *Access for All*, ale również ze względu na różnorodność źródeł (formaty) i nośników (urządzenia) informacji oraz potrzebę m.in. jej integrowania (*mushup*) w bazy wiedzy. Brakuje udziału krajowych badań i technik zwiększających dostępność grafik w badaniach światowych. Ich praktyczna potrzeba w Polsce istnieje ze względu na różnice językowe i różnice w standardach brajlowskich powodujące, że większość wyników badań światowych może być inspiracją dla polskich badań, ale nie jest użyteczna dla polskich odbiorców. Problematyka zwiększania dostępności do elektronicznych zasobów w Polsce jest traktowana jako niszowa. Znane autorom przypadki niedostępności zasobów na stronach WWW organów administracji państwowej potwierdzają ten wniosek...

Literatura

- [1] Vidal-Verdu F. and Hafez M.: Graphical tactile displays for visually impaired people. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 15: 119–130, 2007.
- [2] Volkel T., Weber G., and Baumann U.: Tactile graphics revised: The novel Brailledis 9000 pin-matrix device with multitouch input. Computers Helping People with Special Needs, 5105:835–842, 2008.
- [3] Rasmus-Grohn K., Magnusson C., and Efring H.: User evaluations of a virtual haptic-audio line drawing prototype. Haptics and Audio Interaction Design, 4129: 81–91, 2006.
- [4] Watanabe T. I in.: Practical use of interactive tactile graphic display system at a school for the blind. Current Developments in Technology-Assisted Education, pages 1111–1115, 2006.
- [5] Toennies J.L. I in.: Toward Haptic/Aural Touchscreen Display of Graphical Mathematics for the Education of Blind Students, World Haptics Conference (WHC), 2011 IEEE
- [6] Gardner J., Bulatov V., Kelly R.: Making journals accessible to the visually impaired: The future is near, 2009, Learned Publishing, 22 (4), pp. 314–319
- [7] Parkes D.: Nomad: enabling access to graphics and text based information for blind, visually impaired and other disability groups. Conference Proceedings, World Congress on Technology, Arlington, VA, Vol. 5. pp. 690–714, 1991
- [8] Gardner J.A., Bulatov V. and Stowell H.: The ViewPlus IVEO technology for universally usable graphical information. Proceedings of the 2005 CSUN International Conference on Technology and People with Disabilities, Los Angeles, CA.
- [9] Elzer S. I in.: Bar Charts in Popular Media: Conveying Their Message to Visually Impaired Users via Speech, Book chapter in Advances in Intelligent Information Systems, Studies in Computational Intelligence Series, Springer, 2009.
- [10] Demir S.: Sight for visually impaired users: Summarized information graphics, dissertation, University of Delaware, 2010, <http://www.eecis.udel.edu/~demir/web/dissertation.pdf>
- [11] Kurze M.: Giving blind people access to graphics (example: Business graphics). In Proc. Software-Ergonomie '95 Workshop Nicht-visuelle graphische enutzungssoberflachen, Darmstadt, Germany, 1995.
- [12] Kennel A. R.: Audiograf: A diagram-reader for the blind. In Second Annual ACM Conference on Assistive Technologies, p. 51–56, 1996.
- [13] Ferrer L. I in: Improving accessibility to statistical graphs: the igrphlite system. In the Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pages 67–74, 2007.
- [14] <http://research.vuse.vanderbilt.edu/MEDLab/>
- [15] The Science Access Project, Department of Physics, Oregon State University <http://dots.physics.orst.edu/>
- [16] Archambault D.: Towards a universal maths conversion library, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 3118, pp. 664–669, 2004