

WPLYW NAJNOWSZYCH TECHNIK INFORMATYCZNYCH NA REHABILITACJĘ OSÓB Z DYSFUNKCJĄ WZROKU

Stanisław Jakubowski

Akademia Podlaska

Siedlce

THE IMPACT OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES ON THE REHABILITATION OF THE VISUALLY IMPAIRED

Summary. It is commonly known that difficulties with accessing information and mobility are the major problems encountered by visually impaired people in their everyday life. These obstacles occur as direct consequences of a total or partial loss of sight, the sense which is most responsible for the cognitive processes of a human being. A dynamic progress in the computer science which has been observed during the last two decades provides the visually impaired with numerous technical means and methods significantly increasing their possibilities to acquire information. The technical means include:

- electronic devices meant to assist impaired vision;
- Braille displays and printers converting visual information into its tactile form;
- screen readers converting graphic information into synthetic speech.

Particular sections of the article give a brief description of each of the most important technical means mentioned above which not only facilitate access to text information but also convey graphic elements and help the visually impaired to travel independently. The last section discusses the role of the latest technical developments, such as the Internet, satellite navigation or mobile phones, for the integration of visually impaired people with the community.

Kryteria podziału pomocy technicznych

Niewidomi to grupa niepełnosprawnych, którzy na co dzień muszą pokonywać ograniczenia w zdobywaniu informacji oraz trudności związane z samodzielnym poruszaniem się. Problemy te są przede wszystkim skutkiem zupełnej lub znacznej utraty wzroku – zmysłu, który w procesach poznawczych człowieka odgrywa najważniejszą rolę. Według rozmaitych szacunków pobiera on z otoczenia 82-85% informacji, jakie rejestrują łącznie wszystkie zmysły. Fakt ten wywiera decydujący wpływ na metody rehabilitacji i edukacji osób z dysfunkcją wzroku.

Adres do korespondencji: Stanisław Jakubowski, ul. Gubinowska 15, 02-956 Warszawa,
e-mail: STACH@neostrada.pl

Zgodnie z zasadą kompensacji zmysłów w metodach rehabilitacji niewidomych kładzie się nacisk na możliwie najszersze zastępowanie brakującego lub wysoce niesprawnego wzroku głównie przez słuch i dotyk. Podejście takie jest również trafne w rehabilitacji osób słabo widzących oraz posiadających użyteczne resztki widzenia, z tym jednak uzupełnieniem, że w przypadku ludzi mających nawet małe możliwości widzenia dąży się do wspomaganie niesprawnego wzroku poprzez stosowanie zróżnicowanych indywidualnie metod i odpowiednio dobranych przyrządów. Oprócz okulistyki zagadnienia te skutecznie podejmuje młoda dyscyplina zwana rehabilitacją widzenia. Należy zauważyć, że wśród osób zaliczonych do znacznego i umiarkowanego stopnia niepełnosprawności z powodu dysfunkcji wzroku osoby zupełnie niewidome stanowią niespełna 7%, natomiast zdecydowana większość posiada ograniczone możliwości widzenia (*Niewidomi...*). Wynika stąd dość wysokie zapotrzebowanie na pomoce usprawniające słaby wzrok.

Ze względu na stopień adaptacji do potrzeb niewidomych i słabo widzących, pomoce techniczne można zaliczyć do następujących kategorii:

- a) wykonywane w całości dla osób z dysfunkcją wzroku (brajlowska maszyna do pisania, folia powiększająca),
- b) pomoce ogólnie dostępne, lecz wymagające pewnych adaptacji (zegarek brajlowski, podświetlana lupa, mówiący kalkulator),
- c) urządzenia powszechnego użytku, które mogą być obsługiwane przez niewidomych lub słabo widzących bez żadnych adaptacji (magnetofon, telefon, okulary).

Z kolei ze względu na wykorzystanie poszczególnych zmysłów, pomoce i urządzenia dla osób z dysfunkcją wzroku można podzielić na następujące grupy:

- a) urządzenia i przybory, które wspomagają słaby wzrok (przyrządy optyczne),
- b) urządzenia i przedmioty, z których korzystanie odbywa się głównie przy udziale słuchu (dźwiękowa sygnalizacja na skrzyżowaniach ulicznych, urządzenia mówiące),
- c) urządzenia i przedmioty, które umożliwiają odbiór informacji przez dotyk (zegarek brajlowski, szachy dla niewidomych).

Granice tego teoretycznego podziału ulegają w ostatnich dziesięcioleciach stopniowemu zatarciu, gdyż pojawia się coraz więcej wynalazków, w których wykorzystywane są jednocześnie dwa lub nawet trzy zmysły. I tak, istnieją notatniki brajlowskie dodatkowo wyposażone w syntezytor mowy. Innym przykładem takich kompleksowych rozwiązań jest komputerowy program Supernova, który powiększa znaki na ekranie, emituje odczytane informacje za pomocą syntezytora mowy, a ponadto pokazuje je w formie wypukłych punktów na monitorze brajlowskim.

Urządzenia i pomoce usprawniające słaby wzrok

Od wieków osoby z uszkodzonym wzrokiem posługują się różnego typu przyborami opartymi na wykorzystaniu zjawisk optyki. Dopiero na lata siedemdziesiąte ubiegłego wieku przypada powstanie nowego rodzaju urządzeń, w których oprócz praw optyki wykorzystywana jest elektronika. Urządzenia tego rodzaju noszą miano pomocy optoelektronicznych. Najważniejsze z nich to powiększalniki telewizyjne, monitory dotykowe oraz lupy elektroniczne.

Zasada działania powiększalnika telewizyjnego jest w gruncie rzeczy modyfikacją wcześniej rozpowszechnionej telewizji przemysłowej. Na ruchomym stoliku spoczywa oglądany przed-

miot, który zostaje powiększony przez układ soczewek. Następnie jego obraz jest rejestrowany przez kamerę i przesyłany na ekran o dużych rozmiarach. Niektóre z tych urządzeń mogą dawać nawet 60-krotne powiększenie. Zastosowanie kamery cyfrowej wzbogaciło powiększalniki o takie nowe możliwości, jak ustawienie odpowiedniego dla danej osoby kontrastu obiektu i tła, czy też utrwalenie obrazu na dysku w celu dalszej analizy lub komputerowej obróbki.

Istnieje wiele rodzajów powiększalników: od małych aparatów zawierających jedynie kamerę i układ elektroniczny aż po urządzenia z własnym monitorem. Istnieją też powiększalniki wyposażone w dwie kamery, co umożliwia jednoczesną pracę nad materiałem znajdującym się blisko (np. na biurku) i daleko (na planszy czy tablicy).

W edukacji osób słabo widzących bardzo przydatne są powiększalniki sprzężone z komputerem. Obydwa urządzenia wykorzystują ten sam ekran. Użytkownik ma możliwość podziału całego ekranu na dowolne dwa obszary, z których jeden przeznaczony jest do wyświetlania obrazu rejestrowanego przez kamerę, a drugi funkcjonuje jako komputerowy monitor.

Większość osób słabo widzących wybiera zwykle monitory o przekątnej 17", a do powiększania tekstu i grafiki stosuje wyspecjalizowane programy. Do takiej klasy programów należą ZoomText, Magic, Lunar i kilka innych. Programy te mogą powiększać wskazane fragmenty tekstu, symulować na ekranie ruchomą lupę, zamieniać kolor obrazu i tła w nieograniczonym zakresie barw.

Jeszcze niemal zupełnie nieznaną w środowisku osób z dysfunkcją wzroku są wytwarzane na powszechny rynek tzw. monitory dotykowe. Dzięki ich zastosowaniu słabo widzący użytkownicy komputerów mogą w pewnym stopniu pracę myszki zastąpić odpowiednimi ruchami dłoni, dotykając ekranu palcami. Monitor dotykowy składa się z trzech elementów: ekranu, nakładki umożliwiającej sterowanie kursorem oraz specjalistycznego oprogramowania. Omawiane urządzenie umożliwia osobie słabo widzącej sprawne i dokładne ustawienie wskaźnika myszki lub kursora w dowolnym punkcie monitora. Cursor bowiem pojawia się dokładnie w tym miejscu ekranu, którego dotknie palec. Z omawianego urządzenia mogą korzystać te osoby, które posiadają co najmniej użyteczne resztki wzroku. W tym przypadku zmysł wzroku wspomagany jest nie tyle dotykiem, co raczej subtelnymi ruchami dłoni.

Odrębną grupę wśród omawianych urządzeń stanowią lupy elektroniczne. Jedną z nowszych jest lupa Liberty. To niewielkie, przenośne urządzenie może być zasilane z baterii lub z sieci. Zaopatrzoną w rolki miniaturową kamerę w postaci myszki można łatwo przesuwać po tekście w czasie czytania, a rejestrowany przez nią obraz wyświetlany jest na małym panelu w powiększeniu do 9X. Lepsze powiększenie można uzyskać po podłączeniu lupy do monitora.

Omówione urządzenia i pomoce podnoszą sprawność wzroku osób słabo widzących lub usuwają elementy zakłócające jego funkcjonowanie. Dzięki temu zwiększają niebywale możliwości poznawcze i edukacyjne osób o słabym wzroku.

Urządzenia i pomoce oparte na wykorzystaniu słuchu

Urządzenia zamieniające impulsy świetlne na dźwiękowe powstawały w wielu ośrodkach badawczych na całym świecie. Niektóre z nich, o bardzo prostej konstrukcji, używane są przez niewidomych do dzisiaj. Należą do nich np. sygnalizatory poziomu cieczy w naczyniu czy wykrywacze źródła światła. Jednakże po wynalezieniu mowy syntetycznej przyrządy oparte na

wykorzystaniu zwykłych dźwięków straciły na znaczeniu. Za ich pomocą można bowiem uzyskać jedynie bardzo skąpą informację. Jeśli np. jest w pobliżu źródło światła, urządzenie wydaje ton, a jeśli go nie ma – milczy. Za pomocą mowy syntetycznej można natomiast przekazać każdą wiadomość, jaką zdolny jest odebrać i zinterpretować komputer.

Wytwarzanie urządzeń mówiących na skalę masową stało się możliwe dopiero po rozpowszechnieniu się tanich mikroprocesorów i układów elektronicznych z pamięcią o względnie dużej pojemności, co w pierwszym etapie pozwoliło na utrwalanie ludzkim głosem i odtwarzanie pewnej liczby komunikatów o z góry ustalonej treści. W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku pojawiła się cała gama mówiących urządzeń, takich jak: kalkulatory, termometry, ciśnieniomierze, kompasy, wagi i zegarki. Niemal równocześnie nastąpił burzliwy rozwój personalnych komputerów. Powstały programy syntezy mowy, zdolne emitować komunikaty o dowolnej treści i długości.

Wkrótce mowa syntetyczna znalazła szersze zastosowanie w nowej generacji urządzeń. Powstały mianowicie notatniki mówiące. Wewnętrzna pamięć tych urządzeń umożliwia gromadzenie pokaźnych porcji informacji w postaci notatek, podręczników, baz adresowych czy nawet słowników. Dane te można zapisywać za pomocą klawiatury, wczytywać z nośników pamięci lub wprowadzać z komputera. Obecnie produkowane notatniki, oprócz możliwości edycji tekstu, posiadają takie funkcje, jak zegar, stoper, kalendarz, terminarz i kalkulator.

Dalsze udoskonalanie oprogramowania zaowocowało powstaniem programów czytających ekran (ang. *Screen Reader*). Przesyłają one do syntezy informacji wyświetlane na ekranie oraz wprowadzane z klawiatury. Do najczęściej używanych programów czytających zawartość ekranu należą Hal, JAWS oraz Window-Eyes. Każdy z nich posiada własne skróty klawiszowe pozwalające na łatwiejsze uzyskanie dodatkowych informacji wyświetlanych na ekranie.

Mowa syntetyczna wraz ze specjalnymi programami odczytu ekranu zrewolucjonizowała metody pozyskiwania informacji przez niewidomych i słabo widzących. Dzięki tym rozwiązaniom mogą oni sprawnie posługiwać się komputerem, a więc mają możliwość samodzielnego opracowywania i czytania tekstów, wymiany korespondencji za pośrednictwem poczty elektronicznej oraz korzystania z internetu.

Urządzenia wykorzystujące zmysł dotyku

Od wielu lat podstawowymi przyborami do pisania w alfabecie brajla są tabliczka i rysik, za których pomocą znaki brajlowskie wykluwa się punkt po punkcie na nieco grubszym papierze. Zwiększenie szybkości przygotowania tekstu poprzez wytłoczenie na papierze całego znaku umożliwiają brajlowskie maszyny do pisania.

Nowoczesna elektronika stworzyła podstawy do rozwoju mikroprocesorowych urządzeń ułatwiających niewidomym czytanie i pisanie. Należą do nich drukarki, monitory i notatniki brajlowskie.

Drukarki brajlowskie konstruowane były najpierw dla potrzeb wydawnictw. Z upływem czasu konstruktorzy osiągalni coraz mniejsze gabaryty tych urządzeń, dzięki czemu obecnie mogą one być indywidualnym wyposażeniem osób niewidomych. Przed wydrukowaniem tekstu konieczne jest jego komputerowe przetworzenie na wersję brajlowską. Stosując tę technikę, nie trzeba już, jak dawniej, osobno przepisywać dla niewidomych książek, lecz można korzystać

z zapisu utrwalonego na nośnikach cyfrowych, co pozwala na znaczne zautomatyzowanie przygotowywania wydawnictw brajlowskich. Rozpowszechnienie drukarek brajlowskich otworzyło zatem osobom niewidomym szeroki dostęp do informacji pisanej.

Do zdobyczy elektroniki ostatnich dwóch dziesięcioleci należą także monitory i notatniki brajlowskie. Monitor brajlowski to urządzenie posiadające elementy elektromechaniczne zwane modułami, z których każdy pokazuje jeden znak brajlowski. Ponieważ moduły uszeregowane są w linię, rozpowszechniła się również inna nazwa tych urządzeń, a mianowicie „linijka brajlowska”. Monitory brajlowskie, w zależności od modelu, posiadają od kilkunastu do 80 modułów, przedstawiają zatem fragment krótszy niż jeden wiersz ekranu. Dlatego wyposażone są w dodatkowe klawisze do przeglądania całego wyświetlanego obszaru. Konfiguracje punktów brajlowskich zmieniają się automatycznie, gdyż urządzenie nieustannie śledzi grafikę i tekst ukazujący się na ekranie komputera.

Urządzeniami bardziej zminiaturyzowanymi i przystosowanymi do przenoszenia są notatniki brajlowskie. Posiadają one zazwyczaj siedmioelementową klawiaturę – sześć klawiszy, z których każdy odpowiada jednemu punktowi sześciopunktowego brajlowskiego, oraz spację. Wystarcza to w zupełności do napisania dowolnego znaku. Ta niezwykle prosta klawiatura umożliwia konstruowanie brajlowskich notatników o niewielkich rozmiarach. Istotny element notatników stanowi linijka modułów brajlowskich. Jest ona najczęściej krótsza niż w monitorach brajlowskich podłączanych do komputera stacjonarnego i w zależności od urządzenia liczy zwykle od 1 do 40 znaków. Obecnie notatniki brajlowskie wyposażane są również w syntezator mowy i to nierzadko dla dwóch języków używanych na przemian.

Niezwykle trudnym zadaniem jest przedstawienie osobom niewidomym rysunków, schematów, wykresów i map, a więc tego wszystkiego, co ogólnie zwane jest grafiką. Wiąże się to z odmiennym charakterem i sposobem działania dwóch różniących się w swej istocie zmysłów: wzroku i dotyku. O ile kształt i wielkość wielu przedmiotów można poznać za pomocą dotyku, to już kolor, perspektywa i rzutowanie obiektu pod różnym kątem są dla większości osób niewidomych kategoriami trudnymi do wyobrażenia.

Od połowy lat osiemdziesiątych XX wieku rozpowszechnia się nowa technika sporządzania rysunku wypukłego. Polega ona na zastosowaniu pęczniejącego papieru (ang. *swelling paper*), który wybrzusza się na stałe pod wpływem podgrzewania promieniami podczerwonymi, a wysokość tak powstałych wypukłości uzależniona jest od koloru ogrzewanego miejsca. Papier ten ulega największemu uwypukleniu w miejscach najbardziej zaczernionych, a obszary białe pozostają niezmiennione.

Ostatnie lata przyniosły zastosowanie do tych czynności techniki komputerowej, która polega na wytworzeniu elektronicznego oryginału rysunku przy wykorzystaniu programu Corel DRAW i grafiki wektorowej. Opracowany na komputerze rysunek drukuje się na papierze pęczniejącym przy użyciu drukarki laserowej. Ostatni krok w tym procesie stanowi uwypuklenie wydrukowanych kształtów w specjalnym urządzeniu fototermicznym. Ze względu na cenę papieru pęczniejącego opisana metoda nie jest w naszym kraju popularna.

Stosowania tego rodzaju papieru w otrzymywaniu rysunków brajlowskich nie wymaga inna metoda, którą opracował ociemniały profesor fizyki, John Gardner, wykładowca na Uniwersytecie Stanu Oregon. Brajlowskie drukarki jego pomysłu tłoczą na papierze punkty z większą gęstością niż inne, a uzyskiwane punkty brajlowskie mogą mieć zróżnicowaną wysokość. Identycznie jak w przypadku papieru pęczniejącego, ciemniejsze miejsca oryginału są reprezentowane na kopii

brajlowskiej przez punkty wyższe, a jaśniejsze – przez niższe. Dodatkowy pakiet programów umożliwi uzyskanie na brajlowskiej drukarce wypukłego odwzorowania wyglądu ekranu komputerowego w dowolnej aplikacji bezpośrednio z systemów operacyjnych Windows.

Innym jeszcze rozwiązaniem jest uzupełnienie rysunku brajlowskiego dodatkowymi informacjami uzyskiwanymi z komputera za pośrednictwem mowy syntetycznej. Technika ta zwana jest „mówiącą grafiką”. Do tego celu wykorzystuje się tablicę Intellikey wyposażoną w zestaw miniaturowych mechanicznych przycisków tworzących kwadrat 26 x 26 elementów. Tablica ta połączona jest z komputerem. Każdemu z jej elementów można przyporządkować z góry zaplanowaną akcję, która następuje po jego naciśnięciu. Do przedstawienia osobie niewidomej nawet skomplikowanego obiektu wystarcza uproszczony schemat, łatwy do rozpoznania dotykiem, natomiast wręcz drobiazgowego opracowania wymaga każda informacja przypisana wybranemu elementowi tablicy Intellikey. Brajlowską mapę umieszcza się bezpośrednio na wspomnianej tablicy. Jeśli niewidomy uczeń w trakcie analizowania brajlowskiej mapy chce dowiedzieć się, co oznacza jakiś kształt, po prostu naciska dane miejsce, wywołując tym samym reakcję elementu tablicy. Jeśli na brajlowskiej mapie znajdzie np. kółko, które symbolizuje miasto, to z komputerowego głośnika usłyszy jego nazwę, a następnie informację o obszarze, liczbie ludności i wielu innych szczegółach. Naniesienie tych danych w brajlu bezpośrednio na mapę jest niemożliwe ze względu na stosunkowo duży rozmiar znaków tego pisma.

Urządzenia powszechnego użytku o szczególnym znaczeniu dla niewidomych i słabo widzących

Nieocenione wprost usługi oddają już od dawna całej populacji niewidomych takie urządzenia, jak telefon, radio i magnetofon. W ostatnich latach rozpowszechniły się urządzenia i technologie zapewniające niewidomym nieporównanie większy niż dotychczas dostęp do informacji. Przełom w tej dziedzinie stanowi wykorzystanie skanerów i programów rozpoznających pismo drukowane, bowiem zestaw taki można traktować jako urządzenie do samodzielnego czytania. Obecnie niewidomi za pomocą skanera i programu rozpoznającego pismo drukowane mogą samodzielnie zapisać w komputerze teksty książek lub czasopism i odczytać je na monitorze brajlowskim bądź odsłuchać za pomocą mowy syntetycznej. Możliwość ta w dużej mierze uniezależnia niewidomych od widzącego lektora w przyswajaniu nieskomplikowanych graficznie tekstów. Tabelki, wykresy i wzory matematyczne są nadal nieosiągalne dla programów rozpoznających druk.

Dość długo środowiska niewidomych i współpracujące z nimi osoby widzące czekały na rozwiązanie zagadnienia o charakterze odwrotnym, tj. na możliwość przetworzenia pisma brajla na zwykły druk. Jako pierwsza na świecie dokonała tego czeska firma NeoVision. Jej system optycznego rozpoznawania pisma brajla nosi nazwę OBR (od słów języka angielskiego *Optical Braille Recognition*). Proces rozpoznawania jest w pełni zautomatyzowany.

Program OBR można również stosować w celu uzyskania dokładnej kopii tekstu, do czego jest niezbędna brajlowska drukarka. Sposób ten można określić mianem brajlowskiego kserografu, gdyż sprowadza się on do wiernego kopiowania wzorca złożonego z wypukłych punktów.

Ostatnie lata upływają pod znakiem ekspansji telefonów komórkowych. W wersji standardowej są one dla niewidomych mało przydatne. Pojawiły się wreszcie programy odczytu

wyświetlacza i syntezy mowy dla najnowszej generacji telefonów komórkowych wyposażonych w system operacyjny Symbian. Aparaty takie stają się dla niewidomych urządzeniami o dużym znaczeniu, udostępniają im bowiem nie tylko wszystkie funkcje popularnych komórek (książka adresowa, zegarek, budzik, terminarz, SMS-y), lecz stanowią techniczną platformę dla rozwoju oprogramowania i usług wyspecjalizowanych pod kątem potrzeb osób z dysfunkcją wzroku. Na Akademii Podlaskiej w Siedlcach prowadzone są prace nad wykorzystaniem telefonu komórkowego do wspomagania orientacji przestrzennej niewidomych. Wyposażenie komórki w miniaturowy aparat fotograficzny stanowi załączek przyszłych aplikacji z zakresu przekształcania informacji graficznych na tekstowe, co jest szczególnie istotne dla osób niewidomych. Już obecnie dla mówiących komórek istnieje dodatkowy program do automatycznego rozpoznawania kolorów.

Wydaje się, że najbliższe lata przyniosą osobom z dysfunkcją wzroku znaczne ułatwienia również w zakresie bezpiecznego poruszania się. Używane obecnie telefony komórkowe wyświetlają na stałe nazwę miejscowości, a obsługiwane przez niektórych operatorów – także nazwy ulic. Jednak prawdziwy przełom w orientacji przestrzennej niewidomych zapowiadają urządzenia wykorzystujące satelitarną nawigację GPS (*Global Positioning System*), wyposażone dodatkowo w mikrofon i miniaturowy głośnik. Użytkownik takiego urządzenia ma możliwość zapisywania danej pozycji geograficznej w elektronicznej pamięci i utrwalania swoim głosem dokładnego adresu bądź opisu wybranego miejsca. Właśnie tego rodzaju urządzenie powstało w Polsce, a jego projektantem jest niewidomy pracownik Politechniki Gdańskiej, R. Kowalik. Dalsze postępy w tworzeniu coraz dokładniejszych cyfrowych map miast i wsi naszego kraju, a nawet poszczególnych obiektów, umożliwią niewidomemu określanie za pomocą mówiących urządzeń nawigacyjnych miejsca, w którym się aktualnie znajduje z dokładnością do kilkunastu metrów.

Dokonujące się już obecnie zespolenie telefonii komórkowej i internetu zapowiada kolejny przewrót w obiegu informacji, co jeszcze bardziej zrewolucjonizuje możliwości rehabilitacji i edukacji osób z dysfunkcją wzroku. Trudno jest przecenić znaczenie usług internetowych dla integracji osób z dysfunkcją wzroku ze społeczeństwem. Na całym świecie powstają biblioteki, które udostępniają w trybie on-line literaturę i prasę zarówno w formie tekstowej, jak i dźwiękowej. Rozwój telefonii i radiofonii internetowej otwiera także przed osobami z dysfunkcją wzroku nowe możliwości pozyskiwania wiedzy i wymiany informacji. Wzrost liczby zawodów, które można wykonywać na zasadzie telepracy, to kolejna szansa dla tej grupy niepełnosprawnych. Wszystko to sprawia, że w tworzącym się obecnie społeczeństwie informacyjnym osoby z dysfunkcją wzroku mogą stać się bardziej samodzielne i twórcze.

LITERATURA CYTOWANA

- Adamowicz-Hummel, A. (2001). *Postępowanie się wzrokiem przez dzieci słabo widzące*. W: S. Jakubowski (red.) *Poradnik dydaktyczny dla nauczycieli szkół podstawowych i gimnazjów realizujących podstawę programową z dziećmi niewidomymi i słabo widzącymi* (s. 35–49), Warszawa: Ministerstwo Edukacji Narodowej.
- Długołęcka, L., *Internet bez barier* [dostęp: 01. 2005] [na:] <http://www.pzg.org.pl>.
- Jakubowski, S., Szczepankowski, B. (1998). *Rola technik informatycznych w procesie integracji osób niepełnosprawnych*. W: J. Łaszczuk (red.) *Komputer w kształceniu specjalnym*. Warszawa: WSiP.

Kowalik, R. (2005). *Elektroniczne systemy wspomagające poruszanie się osób niewidomych*. W: S. Jakubowski (red.) *Uczeń niewidomy i słabo widzący w ogólnodostępnej szkole średniej* (s. 125–133). Warszawa: Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu.

Majewski, T. (2002). *Psychologia dzieci i młodzieży niewidomej i słabo widzącej*. Warszawa: Polski Związek Niewidomych.

Niewidomi w liczbach [dostęp: 03.2005], [na:] www.pzn.org.pl.