

**Ewa Krzywicka-Blum
Janusz Kuchmister**

MODELOWANIE SONORYCZNE W EDUKACJI NIEWIDOMYCH

**THE SONIC MODELLING IN BLIND PEOPLE EDUCATION
(the chosen parts)**



Wrocław 1999

Opracowanie zostało zrealizowane
w Katedrze Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu
w ramach projektu naukowego: 9T12E04712
finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Tłumaczenie: lek. med. Marcin Rak
Skład komputerowy: mgr Wojciech Dach
Przygotowanie rysunków: mgr inż. Stanisław Rogowski

Wydawca: Katedra Geodezji i Fotogrametrii
Akademii Rolniczej we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 53
50-357 Wrocław, Polska

Druk: FPH „Elma”, ul. Norwida 29
50-344 Wrocław
Nakład: 100 + 16 egz.
ISBN 83-912227-0-5

PRZEDMOWA

W poznaniu przestrzennej organizacji środowiska życia człowieka znaczącą rolę odgrywają modele. W sposobie konstrukcji, a więc i metodzie notacji, dostosowane są do typu percepcji: wizualnej, taktualnej lub sonorycznej. Podstawowym rodzajem modeli stosowanych w edukacji osób niewidomych są modele, w których przekaz informacji odwołuje się do dotyku. Sekwencyjność procesu tworzenia przez niewidomych wyobrażeń o kształcie, rozmiarach i układzie rzeczywistych obiektów stanowi zasadnicze ograniczenie, w stosunku do całościowego odbioru modeli wizualnych przez osoby widzące. Podejmowane są więc próby wzmocnienia przekazu informacji przestrzennych, przez odwołanie się do odbioru polisensorycznego. Dla osób niedowidzących efekt wzmocnienia uzyskuje się najczęściej dzięki stosowaniu materiałów silnie luminescencyjnych. W tej pracy autorzy proponują wykorzystanie specyficznych cech pojedynczego dźwięku i układu dźwięków do modelowania sonorycznego. Ma ono służyć kreacji wyobrażeń przestrzennych przez osoby całkowicie niewidome, zwłaszcza niewidome od urodzenia, bez jakichkolwiek przetrwałych mentalnych notacji przestrzennych.

Inspiracji do pomysłu modelowania sonorycznego można upatrywać w utrwalonej przez stulecia notacji muzycznej na pięciolinii, sukcesji dźwięków, ale i w, charakteryzujących wczesną fazę unizmu polskiego, próbach odnalezienia jedności wyrazu w kompozycjach wizualnych (zwłaszcza linearnych) i muzycznych, rozpatrywanych w kategoriach czasoprzestrzennych. Zbudowany, z zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań z zakresu elektroniki, digitizer sonoryczny, umożliwia niewidomemu poznanie uprzednio zakodowanych scen. Linie poznaje on w połączonym procesie ruchu dłoni i odsłuchiwania sukcesji dźwięków. Ścieżka dźwiękowa odpowiada położeniu i kształtowi linii: każdy jej punkt jest reprezentowany przez odpowiedni dźwięk. Nietrafienie w linię powoduje zanik dźwięku. Podstawą rozróżnienia sygnałów jest naturalna wrażliwość człowieka na odbiór różnicowy, użytkownik nie musi mieć więc słuchu muzycznego. Model rzeczywistości, w którym mogą być zamiennie traktowane, charakteryzujące ją sygnały wizualne (układ punktów, linii i powierzchni) i sonoryczne (układ dźwięków), stwarza istotne *novum* w odbiorze „świata” – przez odsłonięcie sposobu transformacji jednego zbioru sygnałów na inny.

Projekt realizowany był w Katedrze Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu w ramach grantu 9T12E04712, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych, dzięki zrozumieniu rangi zagadnienia badawczego przez Pana Ministra, Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych prof. zw. dra hab. inż. Andrzeja Wiszniewskiego. Autorzy, których zainteresowania badawcze dotyczą geodezji i kartografii, upatrują praktycznych zastosowań metody w edukacji osób niewidomych, głównie w zakresie geografii, ale też matematyki, biologii, historii i fizyki.

Pragniemy podziękować Dyrekcji i Zespołowi Pedagogicznemu Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących we Wrocławiu, a szczególnie Pani magister Małgorzacie Nietupskiej, za udostępnienie gabinetów szkoły

i umożliwienie indywidualnej pracy z dziećmi, co pozwoliło określić właściwe warunki ergonomiczne i wstępną weryfikację treści i sekwencji testów edukacyjnych.

Pragniemy też wyrazić podziękowanie Dyrektorowi Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych im. Róży Czapskiej w Laskach Warszawskich, Panu magistrowi Piotrowi Grochalskiemu oraz siostrze Elżbiecie Więckowskiej za życzliwe zainteresowanie możliwościami wzbogacenia metod i pomocy edukacyjnych oraz stworzenie warunków ich upowszechnienia w pracy z niewidomymi dziećmi w Polsce.

Przygotowanie strony edytorskiej i graficznej jest wynikiem pełnej inwencji pracy Panów magistrów Wojciecha Dacha i Stanisława Rogowskiego, którym również serdecznie dziękujemy.

Autorzy

SPIS TREŚCI

I	Przedmiot badań.....	7
I.1.	Polisensoryczność w poznaniu przestrzennej organizacji otoczenia	7
I.2.	Wzmocnienie sensoryczne w pracy z osobami niepełnosprawnymi	9
II.	Edukacja niewidomych w zakresie wiedzy przestrzennej	11
* III.	Kinestetyczno-sensoryczne kształtowanie wyobrażeń przestrzennych osób niewidomych	14
* III.1.	Założenia ogólne	14
III.2.	Źródła	15
* III.3.	Model sonoryczny – organizacja i użytkowanie	17
* IV.	Oznaczenia punktów i linii sceny sonorycznej	17
* IV.1.	Oznaczenia punktów	22
* IV.2.	Oznaczenia linii	25
* V.	Techniczno-operacyjne uwarunkowania modelowania sonorycznego	33
* V.1.	Budowa digitizera sonorycznego	33
* V.2.	Kodowanie scen sonorycznych	36
* V.3.	Dekodowanie scen sonorycznych	42
V.4.	Przechowywanie i udostępnianie zbioru scen sonorycznych	43
V.5.	Testowanie digitizera sonorycznego	45
VI.	Zakres edukacyjnych zastosowań modeli sonorycznych	48
VI.1.	Katalog	48
VI.2.	Analiza danych dotyczących udziału problemów przestrzennych w polskim programie edukacyjnym	52
VI.3.	Analiza danych dotyczących udziału problemów przestrzennych poznawalnych z użyciem metod i pomocy sonorycznych – w polskim programie edukacji przestrzennej	57
VI.4.	Prognoza przydatności metody sonorycznej w realizacji polskiego programu edukacji przestrzennej	59
VII.	Praktyczna nauka pracy z urządzeniem	60
	Piśmiennictwo	98
	*- captions in English	
III.	Kinaestheto-sonic creation of blind people's spatial images	70
III.1.	General assumptions	70
III.3.	Sonic model – organisation and using	71
IV.	Marking out points and lines of the sonic scene	76
IV.1.	Marking of the points	76
IV.2.	Marking of the lines	79
V.	Structure, function and operation of the sonic digitizer	87
V.1.	Structure of the sonic digitizer	87
V.2.	Coding of the sonic scenes	90
V.3.	Decoding of the sonic scenes	96

I. PRZEDMIOT BADAŃ

I.1. POLISENSORYCZNOŚĆ W POZNANIU PRZESTRZENNEJ ORGANIZACJI OTOCZENIA

Ważną dziedziną poznania przez człowieka „rzeczywistości” są relacje przestrzenne, charakteryzujące tworzące ją obiekty i ich grupy. Dotyczy to syntetyzującego procesu klasyfikacji i analizującego – identyfikacji obiektów, co w praktyce stwarza możliwość odpowiedniego sterowania jednym z podstawowych procesów w życiu człowieka: procesem lokomocji. Mapa, jako przeznaczony do wizualnego odbioru model przestrzennego rozkładu wybranych obiektów, reprezentowanych przez zrozumiałe dla użytkownika oznaczenia, może w tym zakresie zastąpić człowiekowi rzeczywistość.

Specyfika wizualnego odbioru przestrzennych informacji o otaczającej człowieka rzeczywistości polega na rzutowej organizacji elementów, tworzących oglądaną ze środka rzutu, w danym momencie „scenę”. Składa się ona ze swoistego *continuum* równocześnie oglądanych planów: jedne elementy są od obserwatora dalej, inne bliżej, jedne na wprost, inne z boku. Rzutowa organizacja przekazu wizualnego nie narusza cech topologicznych oryginału: w modelu obrazowym zachowane jest uporządkowanie tworzących scenę elementów, ich wymiar i sąsiedztwo, natomiast ulega deformacji – wielkość i kształt. Obserwacji z poziomu oczu stojącego człowieka towarzyszy efekt „skrótów perspektywicznych”, a więc elementy dalsze wydają się mniejsze, a linie równoległe ulegają pozornej zbieżności.

Klucz do poprawnej identyfikacji i lokalizacji oglądanych elementów scen, jak również przypisanie obiektom ich rzeczywistych rozmiarów, zdobywa się w doświadczeniu. Polega ono na oglądaniu różnych scen z różnych miejsc obserwacji, ale rozpoczyna od wielokrotnego oglądania tej samej sceny, którą jest najbliższe otoczenie człowieka, a następnie – konfrontacji wrażeń wzrokowych z rzeczywistością w poznaniu bezpośrednim, wielozmysłowym. Percepcja jest bowiem procesem ciągłego formułowania opartych na wcześniejszym doświadczeniu hipotez, które są następnie weryfikowane pod wpływem napływających informacji.

Stwierdzono [Rothschild, 1972], że udział wzroku w całkowitym procesie percepcji może być oceniony na 84-90%. Nic dziwnego, że modele obrazowe są podstawowym rodzajem pomocy edukacyjnych. Jednak Marshal Mc Luhan, amerykański badacz zajmujący się środkami masowego przekazu, mówiąc o dominacji kultury obrazowej, jako opisu rzeczywistości, zwraca uwagę na niebezpieczeństwo preferencji pasywnego odbioru angażujących w minimalnym stopniu mózg konkretnych obrazów w TV nad towarzyszącą czytaniu książki – aktywizacją procesów mózgowych. Badania dotyczące komórkowych i molekularnych mechanizmów uczenia się i pamięci, z użyciem metod autoradiograficznego mapowania aktywności funkcjonalnej mózgu i analizy obrazu, wskazują na to, że komórki nerwowe tworzą połączenia między różnymi ośrodkami mózgu nie tylko zależne od uwarunkowań genetycznych, ale i pod wpływem środowiska. Najbardziej podatne na wpływ środowiska są synapsy, których „liczba i rozmieszczenie

prawdopodobnie zmienia się w ciągu całego naszego życia, zwłaszcza zaś wtedy, kiedy uczymy się czegoś nowego” [Kossut, 1998]. U człowieka sieć połączeń między neuronami jest bardzo skomplikowana. Każda komórka średnio jest połączona z 10 tysiącami innych. Liczba synaps rośnie w miarę uczenia się. Udowodniono, istotne w badaniach nad pamięcią, istnienie stałego wzmocnienia synaptycznego. Dotyczy to pamięci deklaratywnej – odpowiedzialnej za świadomość rzeczy i zdarzeń, ale i – pamięci proceduralnej, a więc i pamięci ruchów. Obecnie duże nadzieje wiąże się z emocjonalnymi uwarunkowaniami pamięci badając rolę zwłaszcza zapachu, ale też węchu i smaku. Jeśli idzie o słuch – stwierdzono, między innymi, czułość neuronów na fonemy, dźwięki i zestawienia wyrazów jako uwarunkowania organizacji w mózgu pierwszego języka człowieka, zlokalizowanego w ośrodku Brocka, niezależnie czy był to język francuski, czy jakiegokolwiek inny. Drugi język ma zupełnie inną lokalizację, natomiast w przypadku dzieci dwujęzycznych od urodzenia – oba języki mają wspólną lokalizację: w ośrodku Brocka. Bardzo prawdopodobną hipotezą jest koncepcja „milczących synaps” aktywizujących się w procesie uczenia – stanowią one jakby rezerwy możliwe do wykorzystania. Stwarza to pewne nadzieje alternatywnego rozwiązywania problemów lub nawet przejęcia funkcji uszkodzonych części mózgu. Wiadomo też, że reprezentacja mózgowa, a więc jakość połączeń z innymi komórkami, zwiększa się jeśli jakaś funkcja jest bardziej rozwinięta. Niewidomi pianiści mają większą reprezentację mózgową palców w korze somatosensorycznej niż widzący. Dotyczy to pośrednio mechanizmów kompensacyjnych w mózgu. Bardzo ważne jest odkrycie, że istnieje w mózgu miejsce, które koordynuje świadomość całego ciała. Prawdopodobnie w tylnej części płatów ciemniowych zbierane są informacje o dotyku, napięciu mięśni, zgięciach stawów, a także informacje zwrotne narządów będących w ruchu. Wiadomo wreszcie, że kobiety lepiej postrzegają różne odcienie rzeczywistości, mają lepsze zdolności percepcyjne, a mężczyźni, mając większą specjalizację półkul mózgowych, lepiej te rzeczywistości analizują.

W ślad za poszukiwaniem odpowiedzi na pytania dotyczące neurobiologicznych uwarunkowań procesów poznawczych, praktycy zmieniają stosowane metody edukacyjne osiągając, dzięki oddziaływaniu wielosensorycznemu, lepsze rezultaty niż w nauczaniu tradycyjnym. Poznanie polega bowiem na rejestracji splotu wrażeń i ich pewnej specyficznej segregacji, warunkującej zapamiętanie. W odniesieniu do czytania stwierdzono, że lepiej aby nauka trwała dłużej, ale w zamian pobudzała zdolności rozwojowe niż – je ograniczała. Najlepsze są więc metody globalne, które bez konieczności wytworzenia struktury czytania „od dołu” pozwalają od razu przystąpić do niej „od góry”, nawet kosztem poświęcenia dłuższego czasu na naukę. Metoda globalna opiera się na właściwości wzroku – ujmowania ogólnego kształtu wyrazów, a także przedmiotów w spoczynku lub ruchu. Ta właściwość daje możliwość wywołania z pamięci całości. W odniesieniu do czytania pozwala na czytanie biegłe, ujmowanie całych zdań, bez potrzeby rozkładania ich na składowe. Dzieci sześciolatnie po roku mogą już same czytać książki. Okazuje się, że ujęte jako rysunek zdanie jest konkretniejsze od wyrazu, wyraz zaś – od sylaby i litery. Wielosensoryczność ma tu ogromne znaczenie. Decroly [Hamaide, 1926] widział, jako niepodzielną całość we wczesnej edukacji: ujęcie wzrokowe znaków graficznych, wyrażenia słowne, kojarzenie dźwięków i ich wyobrażenie graficzne, a także przepisywanie. Wszystko to stanowi współdziałanie różnych

funkcji. Obecnie, doceniając rolę integracji sensorycznej, proponuje się dodanie do wymienionych także dotyku. Okazuje się, że warunkiem aby dziecko mogło opanować technikę czytania i pisanie, jest dobra współpraca między ośrodkami w mózgu przetwarzającymi wrażenia wzrokowe (obraz), słuchowe (dźwięk) i kinestetyczno-ruchowe (czucie napięcia mięśni, ruchy ręki, gałek ocznych itd.). Wzbogacenie metod, odwołujących się do wzroku i słuchu, o wykorzystanie układu czucia (z użyciem wypukłych liter, po których uczeń przesuwając palcami) wyraźnie poprawiło efekty nauczania początkowego [Gazeta Wyborcza, 1999]. W Polsce wydany został specjalny podręcznik jako pomoc edukacyjna szczególnie zalecana dla dzieci dyslektycznych [Dembińska-Wola, Chrzanowska-Boruszewska, 1999]. Z punktu widzenia rozważań, dotyczących mentalnych notacji struktury organizacji przestrzennej zespołu obiektów, doświadczenia związane z nauką czytania można odnieść jedynie do układów prostoliniowych. Elementami, które tworzą strukturę tekstu są litery, sylaby, wyrazy i zdania. Proces kojarzenia, towarzyszący zrozumieniu struktury układu elementów, ma charakter sekwencyjny. Sploty elementów mogą być wydłużane tylko stopniowo.

W edukacji szkolnej podstawowe zagadnienia, związane z organizacją przestrzenną obiektów, uczeń poznaje na lekcjach matematyki. Nie wyłącznie, bo dla przykładu o kształcie mówi się też szeroko w nauczaniu początkowym na lekcjach przyrody i rysunków, a później – geografii i fizyki, ale bazę pojęć, przydatnych do opisu stosunków przestrzennych, powierza się jednak matematyce. Okazuje się, że także w nauczaniu matematyki znaczące podniesienie efektywności można uzyskać stosując metody polisensoryczne ze szczególnym uprzywilejowaniem słuchu. Muzyka w specyficzny sposób oddziałuje na ludzki mózg, przy czym uzyskane dzięki nowoczesnym technikom obrazy mózgu pozwalają stwierdzić, które obszary są czynne w czasie słuchania różnych układów dźwięków. Lokalizacja zależy od emocjonalnych oddziaływań na człowieka różnych sekwencji dźwięków. Bliski logiczny związek między muzyką i matematyką sprawia, że opanowując koncepcje melodii i rytmu, dzieci przyswajają sobie umiejętność przetwarzania w mózgu określonych informacji. Podczas kongresu Amerykańskiego Stowarzyszenia na rzecz Postępu Nauki w Filadelfii Martin Gardiner z Brown University w Providence (stan Rhode Island) przedstawił swe wyniki doświadczeń z sześciu- i siedmioletnimi dziećmi, wykazując lepsze opanowanie matematyki przez grupę dzieci kształconych muzycznie – od pozostałych [Słowo Polskie, Wrocław 1998]. Potwierdzają to też najnowsze badania niemieckich uczonych [Żak, 1998]. Według Lawrence'a Parsona z Uniwersytetu Teksaskiego w San Antonio [Zagórski, 1998], w czasie rozstrzygania kwestii muzycznych następuje u człowieka silna aktywizacja mózdzku, przy czym problemy muzyczne powodowały pracę obu półkul mózgowych, a rytmiczne i harmoniczne – intensywniejszą pracę lewej półkuli niż prawej.

1.2. WZMOCNIENIE SENSORYCZNE W PRACY Z OSOBAMI NIEPEŁNOSPRAWNYMI

Rola poszczególnych zmysłów w poznaniu przez człowieka otaczającej go rzeczywistości jest niewątpliwie odrębna i próbę doszukiwania się analogii między funkcjami różnych zmysłów, w celu tworzenia specyficznych metod edukacyjnych dla osób

z uszkodzeniami wzroku, słuchu czy innych zmysłów, nigdy nie mogą być w pełni zadowalające, jednak jest dziś oczywiste, że lepsze rezultaty przynosi zastosowanie wzmocnienia sensorycznego – niż użycie tylko jednego zmysłu „w zastępstwie” uszkodzonego. Podejmując takie próby, należy wykorzystać nie tylko teoretyczne osiągnięcia biotechnologii, odkrycia neurofizjologii i psychologii, ale i – doświadczenia nauczycieli w praktyce szkolnej: ich obserwacje i wnioski, dotyczące połączenia metod i skuteczności poznania wielosensorycznego, w zakresie poszczególnych dyscyplin i zagadnień. Bardzo ważne źródło inwencji w doborze metod może stanowić twórczość artystyczna i teorie z nią związane, a także studia dotyczące samego odbioru przekazu artystycznego i zakresu jego intelektualnego, emocjonalnego i psychologicznego oddziaływania na osoby niepełnosprawne.

Coraz powszechniejsze są dziś takie zdarzenia artystyczne, jak zainicjowany przez profesora Henryka Skarżyńskiego z Fundacji Rozwoju Medycyny „Człowiek – Człowiekowi”, katowicki koncert Jean Michela Jarre’a, jeden z tych, w którym muzyka łączy się z obrazem. Na koncert zaproszono ponad setkę dzieci głuchych i niedosłyszących. Głusi bowiem słuchają resztkami słuchu, czują wibrację i odbierają dźwięki, dzięki przewodnictwu kostnemu. Potrafią rozpoznać grający instrument przykładając rękę do głośnika, co oczywiście wymaga wielu ćwiczeń. Słuchanie muzyki okazuje się ważne dla rehabilitacji nie słyszących. „To jakby trening nieużywanych mięśni” [Leszczyński, 1997]. Oczywiście najważniejsze jest zawsze dążenie do choćby częściowego wyrównania szans niepełnosprawnych dzieci w procesie sterowanego uaktywnienia ich samych, z doбором odpowiednich metod i środków. Że jest to możliwe – świadczy istnienie zespołu tanecznego dzieci głuchych w szkole podstawowej w Olecku, zorganizowanie kilkunastu już prezentacji plastycznych w galerii „Ściana” w Szkole dla Dzieci Niewidomych w Laskach, czy – wystawa, w 1965 roku w Zachęcie, prac chorującego na zespół Downa – Tomka Sitkowskiego z Wrocławia. We wszystkich wymienionych przykładach znacząca była rola wzmocnienia sensorycznego, a więc: obserwacje rytmicznego ruchu ręki dyrygenta kierującego tańcem głuchych dzieci, ośmielenie i nauczenie niewidomych dzieci wodzenia rysikiem po foliach na gumowych podkładach, czy wreszcie, w przypadku Tomka, oddziaływanie skojarzeń widoków i muzyki wywołujące: efekt synestezji (kojarzenie barw i dźwięków) oraz – znajdujące swój wyraz w kompozycji tworzonych obrazów: podziałach płaszczyzny, złamaniach symetrii zmianą linii i barw czy lapidarnej formie, z użyciem na całym rysunku kreski o jednakowej grubości [Augustyn, 1998].

W tej pracy przedstawione są wyniki badań dotyczących zasad tworzenia sonorycznej rejestracji scen, stanowiących odpowiedniki scen wizualnych, złożonych z punktów i linii i wykorzystywania ich w edukacji niewidomych. Sceny, w wersji dostosowanej do możliwości percepcyjnych osób całkowicie pozbawionych wzroku, są dekodowane w połączonym procesie słuchania i ruchu dłoni niewidomego. Niewielki zakres ruchu, ograniczony rozmiarami: $2 \times A4$ pola operacyjnego, umożliwia, na podstawie modelu, kształtowanie całościowych wyobrażeń przestrzennych: o bardzo rozległych układach obiektów realnego świata, relacjach przestrzennych między obiektami, ich kształcie i położeniu. Metoda może być też praktycznie wykorzystana w wieloetapowym sterowaniu procesem lokomocji niewidomego człowieka.

II. EDUKACJA NIEWIDOMYCH W ZAKRESIE WIEDZY PRZESTRZENNEJ

W edukacji szkolnej osób całkowicie niewidomych modele, jakimi posługują się uczący, dostosowane są do dotykowego sposobu dekodowania. Już w założonym w 1879 roku w Lipsku, pierwszym w świecie laboratorium psychologii eksperymentalnej, Teodor Heller wyróżnił przestrzeń dotykową małą (przedmioty, które można objąć dłońmi) i dużą (przedmioty, które można objąć rozpostartymi ramionami). Oczywiście ogranicza to zakres bezpośrednich spostrzeżeń o otaczającym świecie materialnym. Wynikiem pierwszego aktu obserwacji dotykowej jest poznanie wielkości i kształtu przedmiotu, a następnych – elementy składowe, ich układ i wzajemne relacje.

W edukacji szkolnej najprostszą grupę tworzą modele w skali 1:1, z zachowaniem wymiaru różnorodnych przedmiotów, nie zawsze dostępnych bezpośredniemu poznaniu. Uczeń ma możliwość porównania wrażeń dotykowych związanych z rodzajem powierzchni obiektów (sierść konia, pióra ptaka) i kształtem (wąż, jajo, pióro). W edukacji niewidomych modele odgrywają jeszcze ważniejszą rolę niż w edukacji widzących, umożliwiając wczesne rozwinięcie zdolności abstrahowania. Tworząc modele dąży się do jak największego podobieństwa do „oryginału”. Aby model mógł niewidomemu zastąpić „rzeczywistość”, niezbędne jest określenie typowych cech obiektu lub całej grupy obiektów przez ten model reprezentowanych. Nie jest to oczywiste, zwłaszcza, że w rzeczywistym otoczeniu uczeń może spotkać znacznie różniące się obiekty danej grupy (choćby: psy, ptaki), celowe jest więc albo wyjaśnienie, że model przedstawia typowe cechy gatunku (takie jak: budowa, średnia wielkość) albo – posłużenie się odniesieniem szczegółowym (jamnik, sowa). Uproszczenie, zastosowane przy dotykowych modelach w skali 1:1, jest ważnym etapem poprzedzającym modelowanie skalowe.

Szczególne jest miejsce modeli tworzących wyobrażenia obiektów niemożliwych do bezpośredniego poznania dotykiem lub lokomocyjnie, ze względu na ich wielkość lub umiejscowienie, a więc dla przykładu: makiety domów, maszyn lub – układu krwionośnego człowieka. Ten typ modeli charakteryzuje zachowanie zgodności wymiaru elementów w modelu i obiektach przez nie reprezentowanych, ale też – zmiana rozmiarów i strata szczegółowości, wynikająca z przeskalowania. Zachowane jest ogólne prawdopodobieństwo kształtów, dla przykładu mała lokomotywa „jest podobna” do dużej.

Jeszcze dalej posuniętą syntezę stanowi modelowanie z redukcją wymiaru. Obiekty trójwymiarowe są na modelu reprezentowane przez elementy płaskie. U osób widzących mogą to być rysunki „z boku” pojedynczych obiektów: domu, konia, okrętu, czy – perspektywiczne ujęcia wielu planów (w różnych odległościach od obserwatora), mogą to też być widoki „z góry” – boisk, autostrad, miast. Tę grupę modeli zastępują niewidomemu płaszczyznowe przedstawienia, z wzniesieniem lub wgłębieniem układu linii i izolowanych punktów, wyobrażających dany obiekt lub całą scenę, złożoną z obiektów. Dotykiem wyczuwalna jest różnica tła i poziomu sceny, przy czym wiadomo już, że jako reprezentacje obiektów powierzchniowych powinno się stosować dla dzieci siedmio-dziewięcioletnich tylko linie zamknięte bez wypełnień, a dopiero dla dzieci

dziesięcio-czternastoletnich – z wypełnieniami. Wynika to z dominującej roli dotyku liniowego w najwcześniejszym etapie edukacji, gdy dotyk płaszczyznowy pełni jeszcze tylko funkcje uzupełniające [Bendych, 1995].

Modele w przestrzeni dotykowej dużej stanowią podstawową pomoc dydaktyczną w poznaniu układu kilku obiektów. Oczywiście jako pierwsze wprowadza się plany reprezentujące: stół z leżącymi na nim przedmiotami, później – pokój, szkołę, wreszcie – drogę do przystanku autobusowego. Aby umożliwić odwołanie do analogii niezbędne jest połączenie wrażeń dotykowych i kinestetycznych, a więc ważną rolę odgrywa modelowanie w przestrzeni dotykowej małej, jako odpowiednik poznania otoczenia niewidomego dziecka w bezpośrednim procesie ruchowym – z zastosowaniem metod dydaktycznych, charakteryzujących indywidualne lekcje orientacji przestrzennej.

Jeżeli traktować rysunek konturowy, schemat, plan czy mapę kreskową jako rodzaj modeli wizualnych, pełniących podstawowe znaczenie w kształtowaniu syntetyzujących wyobrażeń przestrzennych, trzeba stwierdzić, że dzieci niewidome od urodzenia są pozbawione tej właśnie grupy pomocy dydaktycznych. Nie da się porównać sekwencyjnego, dotykowego poznania przebiegu linii tworzących na taktualnej mapie wyniesioną ponad poziomą płaszczyznę tła – scenę, z całościowym odbiorem rysunku, nie mówiąc o znaczących różnicach dokładności i szczegółowości scen – w wizualnym i taktualnym systemie kodowania, wynikających z fizjologicznych uwarunkowań percepcyjnych. Mimo wprowadzania coraz nowocześniejszych technologii [Tatham, 1999], na mapie dotykowej nie jest możliwe sprowadzenie minimalnego odstępu dwóch współbieżnych linii (choćby drogi i rzeki) do rozróżnialnej przecież wizualnie wielkości 0,1 mm. Wystarczy stwierdzić, że w podstawowym sześciopunkcie kodu literowego Braille’a odległości punktów wynoszą około 2 mm, tak aby cały sześciopunkt z zakodowanymi punktami danej litery nie przekraczał (co do wielkości) pola dotyku czubka palca. Także wzajemne oddalenie od siebie znaków nie jest małe, a zaledwie przekracza średni próg ostrości dotykowej człowieka, czyli próg przestrzenny Webera, mierzony estezjometrem.

Sekwencyjny sposób procesu budowania, przez osoby niewidome, wyobrażeń przestrzennych szerokiego otoczenia, przekraczającego dużą przestrzeń dotykową, nie stwarza warunków zabezpieczenia wyniku od wpływu choćby jednego tylko błędu lokalnego. Ocena przez osobę niewidomą długości poszczególnych prostoliniowych fragmentów linii tworzącej realną drogę czy realny kontur dużego obiektu, jest (jako funkcja czasu odmierzanego krokami) na ogół poprawna, błędami natomiast obarczone bywają oceny kątowe, a więc orientacja względna dwóch sąsiadujących odcinków. O istotnych różnicach w efektach poznania układu przestrzennego otoczenia przez osoby widzące i niewidome przesądza brak stosowanych przez osoby widzące odniesień lokalizacyjnych, a więc: nawiązań i odpowiednich korekcyj kierunkowych, do usytuowanych w polu widzenia, łatwych do identyfikacji obiektów. Zdarza się, że uczeń przedstawia przebytą zamkniętą drogę jako otwartą.

U młodszych niewidomych dzieci zaburzona bywa naturalna pionowa orientacja przedstawionych na rysunku postaci. Nie dbając o relację z otoczeniem, tłumaczą,

że „podłoga jest pod tabliczką”, podczas gdy u widzących zawsze dolna krawędź stanowi podstawę figury. Młodsze niewidome dzieci rysują osobno części ciała, nie mówiąc o braku podobieństwa kształtów.

W widzeniu bocznym, niezależnie od odległości, kontur 2D jest charakterystyczny dla obiektu 3D. Podobieństwo to ułatwia przejście od oryginału do modelu i odwrotnie. Zagadnienie to jest dla niewidomych dużym problemem [Millar, 1994].

Na ogół w szkołach nie wyodrębnia się pomocy dydaktycznych dla dzieci niewidomych od urodzenia, dążąc do możliwie najwcześniejszej ich integracji środowiskowej. Pomoce – odwołują się do przeważającej, nawet w ośrodkach specjalnych, grupy dzieci niedowidzących lub dzieci ze szczątkowym widzeniem. Ma to jednak, obok wspianiałych, także niepożądane skutki. Odpowiadający widzeniu całościowemu rzutowy model szerokiego otoczenia w żaden sposób nie odpowiada specyfice poznania przestrzennej organizacji świata przez osoby niewidome od urodzenia. Poszczególne plany tworzące scenę, poznają one nie w procesie równoczesnym, ale wyłącznie sekwencyjnie, za pomocą wrażeń kinestetycznych i dotykowych. Odbiór sygnałów dźwiękowych pełni przy tym wprawdzie funkcje scalające, mają one jednak charakter uzupełniający, nieporównywalny z rolą widzenia. W modelowaniu dla niewidomych naturalne jest więc skalowanie i upraszczanie kształtów, ale nieuzasadnione – stosowanie zasad perspektywy. Prawa, charakteryzujące widzenie boczne, powinny z reguły ustąpić, przy modelowaniu małoskalowym, prawom równoległego rzutowania „z góry”, charakterystycznego dla metod teledetekcji. W praktyce nie zawsze jest to przestrzegane, choć narzucanie niewidomym rzutowego modelu szeroko rozumianego „otoczenia” jest nieporozumieniem.

Rozwój elektroniki przyczynił się do ulepszenia modeli dotykowych. Zastosowanie dodatkowych informacji dźwiękowych wzbogaciło tradycyjny system edukacji, a także znalazło zastosowanie w modelach przewodniczych. Znane są rozwiązania, w których trafienie w punkty reprezentujące określone obiekty, powoduje wyzwolenie odpowiedniego, przypisanego całej grupie, sygnału dźwiękowego. Na mapach mogą być to stolice państw, na modelach skrzyżowań komunikacyjnych – znaki drogowe. Bardzo użyteczne są plany miast czy gmachów urzędów, sporządzone w taki sposób, że trafiając w dany punkt można uzyskać, zakodowaną na dołączonej dyskietce, dodatkową informację objaśniającą o usytuowanym tam obiekcie. Taki audio-taktualny system znakomicie ułatwia samodzielne poruszanie się osoby niewidomej w nieznanym otoczeniu: na dworcu czy lotnisku, w supersamach, bankach, urzędach, szpitalach [Ishido, 1998], [Koch and Heidig, 1998], [Parkers, 1995].

Autorzy przedstawionej w tej monografii metody zrobili następny krok w modelowaniu przestrzennych układów elementów z zastosowaniem dźwięku jako znaku, a więc nie ograniczając się do nadania mu funkcji sygnału. Znak różni się od sygnału trwałym wyróżnieniem informacji, przy czym trwałość rozumiana jest jako stała zdolność odtwarzania, a wśród użytkowych funkcji znaków wymienia się rozróżnialność [Pawlak, 1990]. W proponowanej metodzie dwie podstawowe cechy dźwięku umożliwiają niewidomemu lokalizację punktu w polu operacyjnym. Otwiera to nowe obszary badań dotyczące kreacji skojarzeń przestrzennych i – nowe możliwości zastosowań w dydaktyce szkolnej.

III. KINESTETYCZNO–SONORYCZNE KSZTAŁTOWANIE WYOBRAŻEŃ PRZESTRZENNYCH OSÓB NIEWIDOMYCH

III.1. ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Istotą metody jest skojarzenie ruchu dłoni niewidomego wzdłuż zakodowanej w płaskim polu operacyjnym linii (wrażenia kinestetyczne) z odpowiadającą przebiegowi tej linii, a więc położeniu tworzących ją punktów, sekwencją dźwięków (wrażenia akustyczne). Każdemu punktowi linii odpowiada dźwięk, wyzwalany tylko w momencie, gdy wskaźnik prowadzony ręką niewidomego trafia w punkt linii.

Pomysł sonorycznego kodowania punktów, których układ tworzy na płaszczyźnie specyficzną „scenę”, stanowi nawiązanie do najbardziej naturalnego dla człowieka kodowania wizualnego, wykorzystującego zasadę kontrastu. Punkt, będący elementem sceny, jest postrzegany na tle swego otoczenia: jako czarny znak jest *widoczny* na białym tle, jako dźwięk jest *słyszalny* „na tle” ciszy. Pojęcie „punktu”, zależnie od technologii i organizacji zastosowanej przy konstrukcji modelu, można w praktyce zastąpić przez: jednostkę odniesienia, pole elementarne, ziarno, raster, piksel, oczko siatki. Sąsiedztwo takich punktowych elementów polega na jednostronnym rozerwaniu otoczenia: linie ciągle, otwarte lub zamknięte, są więc układami sąsiadujących punktów. Zamknięte – od zarania dziejów kultury, stanowią wizualnie zakodowane, uproszczone i pomniejszone wyobrażenia realnych obiektów trójwymiarowych: zwierząt, roślin, postaci ludzkich, ale też – całych krajów, mórz, a nawet kontynentów. Scena sonoryczna może więc pełnić rolę mapy, gdzie znakami punktowymi przedstawione są obiekty 0D (miasta, porty), liniami otwartymi – obiekty 1D (rzeki, drogi), liniami zamkniętymi – obiekty 2D (morza) lub 3D (budynki, drzewa).

Podstawowe zasady projektowania scen sonorycznych to:

- **separacja** poszczególnych elementów sceny przez odpowiednio szerokie ich buforowanie, zależne od warunków odbioru;
- **linearyzacja** sceny, a więc jak najdalej idące ograniczenie stosowania wypełnień linii zamkniętych, stanowiących reprezentację obiektów powierzchniowych lub trójwymiarowych, w ujęciach „z góry” lub „z boku”;
- **modularny** charakter konstrukcji linii.

Dostosowanie konstrukcji sceny sonorycznej do warunków odbioru polega na ustaleniu:

- minimalnej odległości wzajemnej elementów;
- ich ogólnej liczby z zachowaniem odpowiedniej proporcji elementów punktowych, liniowych i powierzchniowych;
- warunków optymalnego percepcyjnie rozmieszczenia elementów;
- wielkości oznaczeń: elementów punktowych i liniowych wraz z wyborem rodzaju linii (ciągła, przerywana, punktowana) oraz – konturowości lub wypełnienia linii ograniczających powierzchnie.

Dążenie do linearyzacji sceny ma swe uzasadnienie w nawiązaniu do praktyki edukacyjnej w zakresie lokomocyjnego kształtowania orientacji przestrzennej dzieci niewidomych, nie tylko w klasie, ale również na boisku czy w mieście. Dotyczy to nie tylko wyobrażeń związanych z określeniem relatywnej pozycji niewidomego względem poszczególnych obiektów ale i – całego ich układu. Choć niewątpliwie barierę stanowią przy tym ograniczenia zakresu mentalnego przeskalowania poznanych bezpośrednio (w zakresie dłoni i ramion) wzorców, wyniki badań m.in. Cratty'ego, Tathama, Vasconcellos wskazują na efektywność posługiwania się modelami w poznaniu realnych układów przestrzennych, zarówno jako transferu ćwiczeń lokomocyjnych w różnych skalach, jak i – wykorzystaniu map przy praktycznej realizacji tras [Krzywicka-Blum, 1995], [Shepard, 1964], [Tatham, 1989].

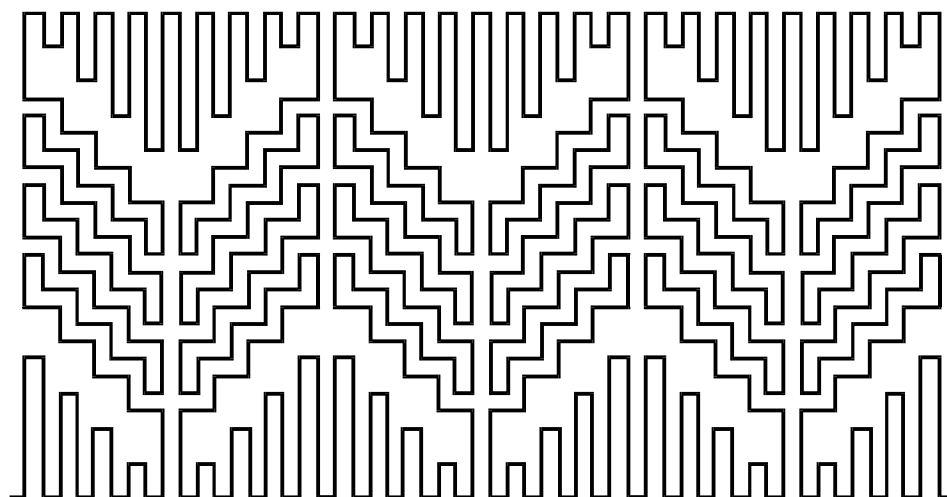
III.2. ŹRÓDŁA

Jeszcze w XIX w. Teodor Heller wyraził pogląd, że w poznaniu sensorycznym dotyk powinien być wspierany pracą innych zmysłów, z których największe znaczenie ma słuch. Niestety do dziś nie jest to należycie uwzględnione w projektowaniu pomocy edukacyjnych dla dzieci całkowicie niewidomych. Dla przykładu – w projekcie arkusza obserwacyjnego wychowanka, opracowanym w Pracowni Psychologicznej Ośrodka dla Niewidomych w Laskach, nie ma żadnej informacji dotyczącej słuchu [Bendych, 1984].

Wykorzystanie przez Ramana, przy kontroli wymowy, syntezy pewnych cech dźwięku: do rozróżniania kroju pisma, (a więc: ustępów pisanych krzywą – zgłoszeniem, tytułów rozdziałów – barwą barytonową, przypisów – barwą sopranową) a przede wszystkim zastosowanie, w systemie Aster (Audio System for Technic Readings), przy czytaniu wzorów matematycznych, zróżnicowania wysokości tonu głosu odpowiednio do linii położenia symbolu i „przesuwania” poziomego dźwięku odpowiednio do miejsca elementu w tabeli [Gibbs, 1996], jest przykładem wielorakich zastosowań dźwięku, możliwych do wykorzystania w modelowaniu polisensorycznym.

Inspiracją do połączenia sekwencyjnego ruchu dłoni wzdłuż linii z przebiegiem odpowiednio zmieniającego się dźwięku, było dzieło polskiego architekta, konstruktysty i prekursora op-artu: Wacława Szpakowskiego (1883-1973). Dostrzegając powiązania architektury wiejskiej, rytmiki krajobrazu i powtarzalności budowy roślin, świat wizualny sprowadzał artysta do abstrakcyjnej syntezy, wyrażającej się cyklem kompozycji utrwalonych jako linie łamane, złożone ze ściśle matematycznie określonej sekwencji wzajemnie ortogonalnych modułów (**rys. 1**). Linii przypisywał nie tylko symboliczny zapis przebiegu „linii życia”, ale i – uporządkowane następstwo fraz, układających się w „linię muzyczną” całości dzieła. Koncepcja Szpakowskiego została doceniona po z górą półwieczu. Nadszedł czas krajowych i zagranicznych wystaw (Paryż, Budapeszt, Bruksela, Zachęta, Wrocław – BWA) z katalogami – monografiami, tłumaczonymi na kilka języków i opiniami stawiającymi go w jednym rzędzie z Cezannem i Duchampem, a poszukiwania oceniono jako niezależne, zbliżone do Wiener Werkstätte (Josef Hoffman – *Kontr-reliefy*), Maxa Billa, Kandińskiego, Mandriana, Klee, Brancusiego, Rodczenki, i wyprzedzające deklaratywne zainteresowania linią – awangardowych ruchów lat

sześćdziesiątych (Vasarely, Ubac, Fontana, Groupe Zero) [Kultura 1982,] [BWA, 1994]. Wiedeński kompozytor polskiego pochodzenia Zygmunt Bargielski rozszerzył autorskie interpretacje niektórych linii Szpakowskiego tworząc kompozycje, które towarzyszyły ekspozycji brukselskiej, potwierdzając uwagę Belga Marka Renwalda, że: „kreślenie (*Szpakowskiego*) jest dźwiękiem płynącym z najgłębszych przestrzeni” [Kaszewski, 1994].



Rys. 1.[III. 1.] Rysunek A12 (circa 1924) Wacława Szpakowskiego

Zastąpienie wzrokowego śledzenia przebiegu meandrującej linii prowadzeniem wskaźnika, trzymanego w dłoni niewidomego, wzdłuż „ścieżki dźwiękowej” – stworzyło nowy splot polisensorycznych wrażeń, możliwy do wykorzystania w edukacji niewidomych. Pozostawało do rozwiązania zagadnienie „naturalności” modułów, dla percepcyjnych uwarunkowań człowieka, a więc sekwencji dźwięków łatwych do zapamiętania. Moduły te, w proponowanej metodzie, wykorzystane są od pierwszej fazy zapoznawania ucznia z modelowaniem sonorycznym. Zastosowano utrwalone cywilizacyjnie skojarzenie (notacja pięcioliniowa), że wysokość dźwięku wzrasta ze zmianą położenia „od dołu – ku górze”, przy czym dolna krawędź pola operacyjnego powinna być bliżej osoby siedzącej przy pulpicie. Niezbędną rozróżnialność położenia dwóch punktów dźwiękowych na jednej linii poziomej (wysokościowej) zapewniono wprowadzając wzrastanie głośności sygnału od lewej do prawej strony pola operacyjnego. Naturalność percepcyjną modułów zapewniło wykorzystanie wyników badań i eksperymentów dydaktycznych niemieckiego kompozytora Karola Orffa (1895-1982) i węgierskiego Zoltana Kodaly’ego (1882-1967). Orff stwierdził, że najmłodsze pięcio-, sześciolatek dzieci, nie poddane jeszcze naginającemu do określonych wzorców wychowaniu muzycznemu (od trzech wieków

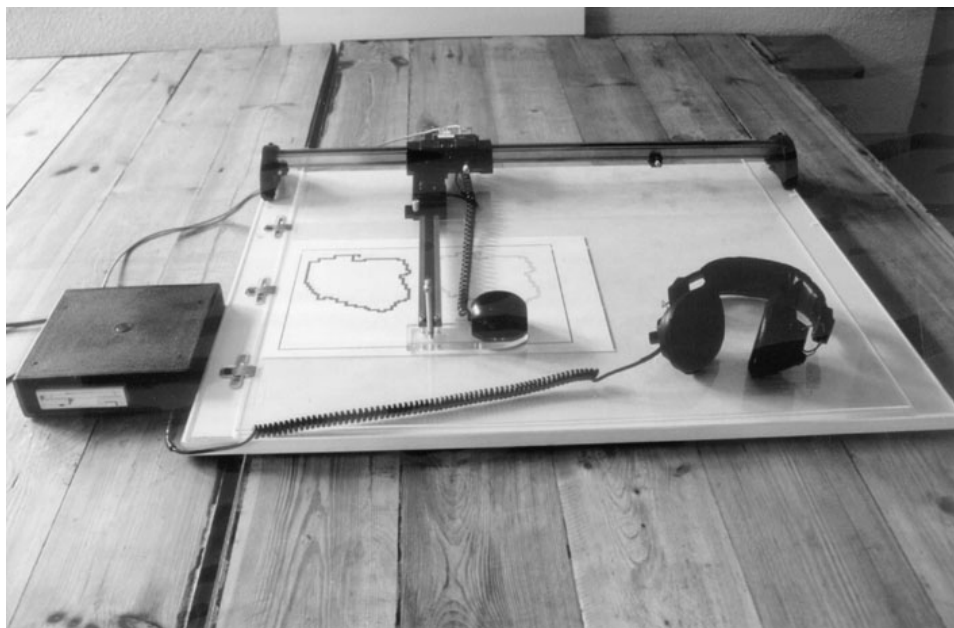
w Europie – opartemu na skalach majorowych i minorowych), improwizują piosenki oraz utwory instrumentalne wyłącznie w skali pentatonicznej, anhemitonicznej. Kodaly potwierdził użycie pentatoniki w starych ludowych pieśniach węgierskich i wielu innych europejskich. Pentatonika bezpółtonowa uchodzi za jedną z najstarszych na świecie, była podstawą muzyki starożytnych krajów wschodnich, a zwłaszcza muzyki chińskiej. Spotyka się ją jeszcze dziś w Chinach, Japonii, u ludów Polinezji, u ludów pierwotnych Azji i Ameryki. Występuje w niektórych melodiach chorału gregoriańskiego, w ludowych melodiach celtyckich, szkockich, polskich [Rudziński, 1948]. Fizjologiczne uwarunkowania odbioru przez człowieka bodźców akustycznych wyrażają się zróżnicowanym odczuciem naturalności przy bezpośrednim sąsiedztwie par dźwięków o różnej wysokości. Kodaly i Orff zwrócili uwagę na pentatoniczną anhemitoniczną sekwencję dźwięków (Orff: c d e g a, a Kodally – odwrotnie: a g e d c). Istotne znaczenie ma tu następstwo dźwięków: dla przykładu w systemie Kodaly’ego: a g e, a g e d lub g e d c. Rozbudowany program wychowania muzycznego, wdrożony w szkołach węgierskich, okazał się niezwykle efektywny, jeśli idzie o rozwój wyobraźni słuchowej dzieci i młodzieży w wieku sześciu do szesnastu lat. Dobrze opanowane (zapamiętane) „naturalne” interwały, stanowiły podstawę słyszenia przeciętnie zdolnych uczniów.

Moduły, z których w pierwszym okresie ćwiczeń złożone są linie sonoryczne, zaprojektowane zostały w bezpośrednim nawiązaniu do doświadczeń Kodaly’ego–Orffa.

III.3. MODEL SONORYCZNY – ORGANIZACJA I UŻYTKOWANIE

Notacja sonoryczna polega na przypisaniu każdemu punktowi, stanowiącemu element sceny, odpowiedniego dźwięku. Rodzaj dźwięku pozwala na identyfikację położenia punktu w płaskim polu operacyjnym. Tło układu elementów, tworzących scenę, stanowi obszar ciszy. Sposób tworzenia z punktów sceny jest taki sam jak w kodowaniu wizualnym, ale dekodowanie odbywa się sekwencyjnie [Krzywicka-Blum, 1996], [Krzywicka-Blum, Kuchmister, 1998].

Urządzenie (**rys. 2**) umożliwiające sonoryczne kodowanie, a następnie dekodowanie scen, zostało skonstruowane na zasadzie digitizera [Ćmielewski, Krzywicka-Blum, Kuchmister, 1996]. Tworzy go system rejestracji i przetworzenia danych oraz dwie prostopadłe, zaopatrzone w przetworniki listwy, z którymi połączony jest sterowany ręcznie wskaźnik pozycji. Osoba widząca może kodować sonorycznie sceny uprzednio zakodowane wizualnie. Połączony ze wskaźnikiem ołówek umożliwia kontrolę dokładności dekodowania przez niewidomego zakodowanych sonorycznie scen: droga ruchu wykreślona zostaje na arkuszu papieru, położonym w polu operacyjnym. Osoba niewidoma może też kodować z pamięci sceny utrwalone na podstawie dostępnych jej wrażeń: słuchowych, dotykowych, kinestetycznych. Włączenie, przy kodowaniu, rejestracji wizualnej umożliwia odtworzenie sceny mentalnej, przy czym zgodność modelu z wyobrażeniem utworzonym w umyśle niewidomego, uwarunkowana jest dokładnością stymulacji liniowego ruchu ręki sterującej wskaźnikiem.



Rys. 2. [III.2.] Digitizer sonoryczny

Rejestracja scen mentalnych stwarza warunki oceny strat informacji w procesie percepcji. Dotyczą one zarówno pełności, jak i dokładności oraz szczegółowości, co ma podstawowe znaczenie w udoskonalaniu programu edukacyjnego: określeniu następstwa treści, eliminacji mało efektywnych ćwiczeń, dostosowaniu metod i pomocy dydaktycznych do percepcyjnych uwarunkowań, zależnych od wieku, a nawet płci ucznia.

System różnicowania dźwięku zastosowany w kodowaniu sonorycznym polega na modulowaniu:

- częstotliwości – przy pionowym ruchu wskaźnika w polu operacyjnym, zgodnie z kierunkiem osi O_x ,
- i natężenia – przy ruchu poziomym, zgodnie z kierunkiem osi O_y .

Wartościom obiektywnych cech dźwięku, określanym jako współrzędne kartezjańskie x , y , położenia punktu $P(x, y)$ w polu operacyjnym $D(X, Y)$ (**rys. 3**), odpowiadają subiektywne wrażenia odbiorcze: wysokość i głośność sygnału, przy czym liniowa zmiana głośności odpowiada nieliniowej, pseudologarytmicznej zmianie natężenia.

W projekcie systemu sonorycznego kodowania pola operacyjnego wykorzystano stwierdzoną doświadczalnie własność percepcji, polegającą na subiektywnym odbiorze przez człowieka zarówno częstotliwości, jak i intensywności pojedynczego dźwięku, natomiast niemal prawidłowej ocenie – wartości różnic par charakterystyk [Kokot, 1990].

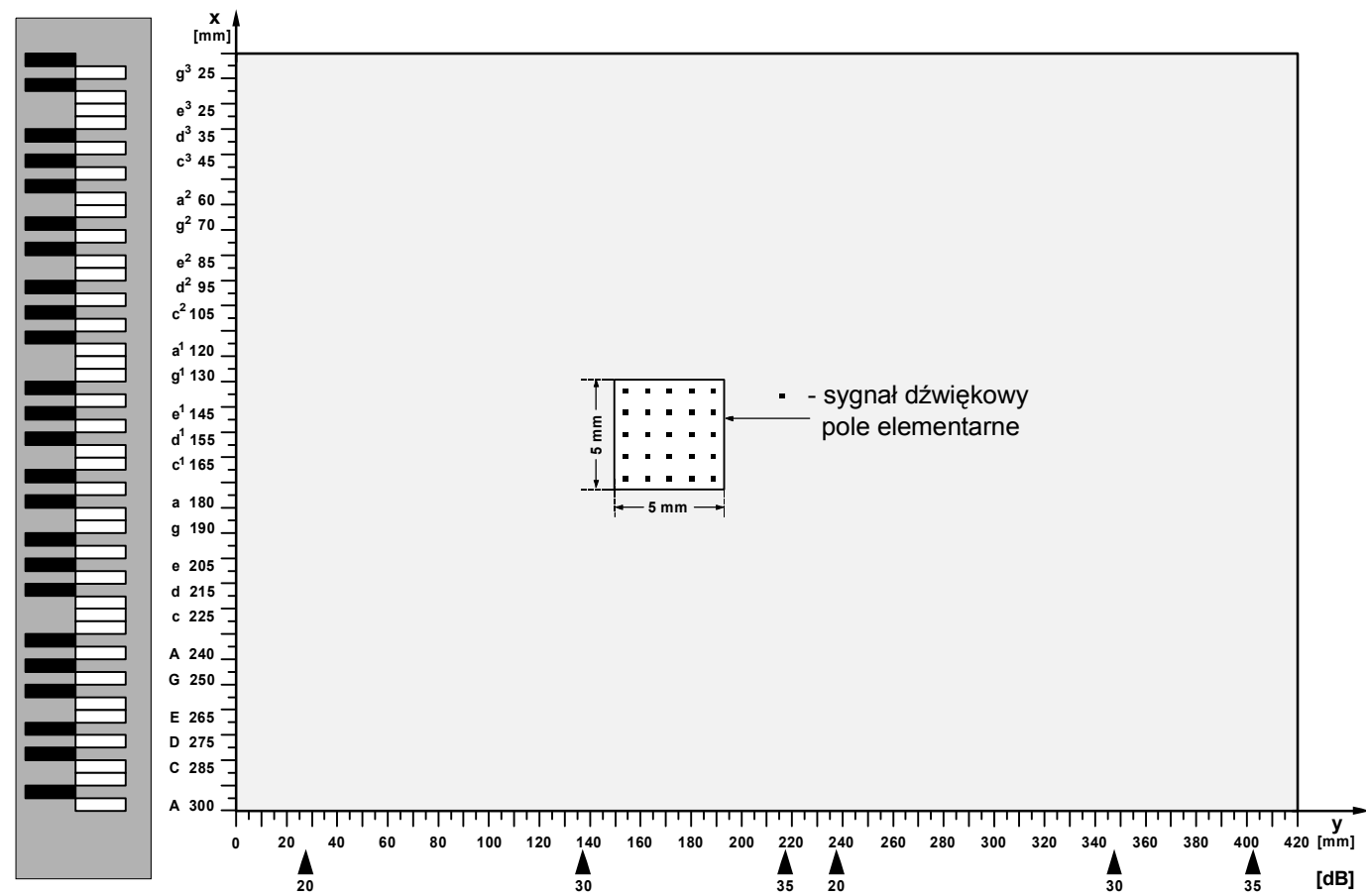
Równe jednostki metryczne Δx , Δy , odpowiadające elementarnym zmianom każdej z charakterystyk, wyznaczają pole elementarne. Jego wielkość zależy od przyjętych założeń dotyczących rozmiarów i sposobu organizacji całego pola operacyjnego.

Zgodnie z realnym progiem rozróżnialności, jako praktycznie użyteczny krok zmiany częstotliwości, przyjęty został półton, a natężenia – od około 1 dB do około 0,5 dB (zgodnie z założeniem liniowej zmienności natężenia odbiorczego – jest to krok malejący). Fizjologiczne uwarunkowania ograniczeń zakresu zmienności obu charakterystyk, ze względu na właściwości nieszkodliwego odbioru wrażeń akustycznych przez człowieka, wyrażają się pięciooktawową zmianą częstotliwości i około 30 dB – różnicą natężenia, przy czym wraz z wiekiem dolny próg słyszalności ulega przesunięciu. Wynika stąd, że przy założeniu stałej jednostki metrycznej wzdłuż obu osi i wykorzystaniu niemal pełnego zakresu dobrej słyszalności dźwięku, stosunek boków prostokąta D, stanowiącego pole operacyjne, powinien wynosić około 60:40, a więc dla jednostki skali równej 5 mm pole operacyjne byłoby wielkości odpowiadającej mniej więcej arkuszowi A4.

Ze względów ergonomicznych w zaprojektowanej wersji digitizera sonorycznego pole operacyjne zwiększono niemal dwukrotnie, ustalając jego rozmiary na 300 mm $\times$ 420 mm, z pionowym podziałem na dwa podobzary o identycznym systemie kodowania. W każdym polu elementarnym (5 mm $\times$ 5 mm) istnieje możliwość 25-krotnego zakodowania tego samego, charakterystycznego dla danego pola elementarnego, dźwięku. Skala wzdłuż osi pionowej O_x odpowiada zmianie częstotliwości sygnału w zakresie: A_1 oktawa contra – gis³ oktawa trójkreślna, wyznaczając 60 pasm sonorycznych. Na każde z nich, o szerokości 5 mm, składa się 5 pasemek o szerokości 1 mm sygnalizowanych odrębnie, ale dźwiękiem o tej samej wysokości, charakterystycznej dla całej wiązki pasemek, składających się na dane pasmo. Wzdłuż osi poziomej O_y skala zmienia się od około 10 dB do około 40 dB (z powtórzeniem), wyznaczając 2 $\times$ 41 kolumn sonorycznych o szerokości 5 mm; każda ma wewnętrzny podział na 5 kolumnienek o szerokości 1 mm, sygnalizowanych dźwiękiem o intensywności charakteryzującej daną kolumnę.

Pole operacyjne D zawiera więc 2 $\times$ 63000 możliwych do zakodowania pól 1 mm $\times$ 1 mm, łącznie w lewej i prawej swej części, przy czym różnych sygnałów w każdej części jest po 2520 tworząc 60 pasm i 41 kolumn. Dokładność sonoryczna pozycjonowania wynosi dla każdej składowej – 5 mm, dokładność kodowania – 1 mm.

Niewidomy użytkownik musi znać nie tylko zasady konstrukcji sceny, ale i operacyjny program dekodowania, na który składają się: rytm pracy i odpoczynku, sposób przeszukiwania pola operacyjnego, hierarchizacja obiektów, wybór punktów startowych itp. Muszą być przy tym uwzględnione zróżnicowane możliwości i potrzeby różnych grup niewidomych, a w szczególności: lateralizacja, a zwłaszcza wyraźna leworęczność, ograniczenia sprawności w zakresie małej motoryki (w obrębie dłoni), zaburzenia skojarzonej percepcji ruchowo-słuchowej, a przede wszystkim genetyczne i rozwojowe (z uwzględnieniem płci i wieku) uwarunkowania odrębności percepcji słuchowej, dotykowej i kinestetycznej oraz – pojemności pamięci.



Rys. 3. [III.3.] Pole operacyjne digitizera

Oczywiście nie można spodziewać się dobrych rezultatów edukacyjnych jeśli niewidomy ma stwierdzone (próbą Rinnego) upośledzenie przenoszenia dźwięków lub (próbą Webera) upośledzenie odbierania dźwięków [Vasconcellos, 1993].

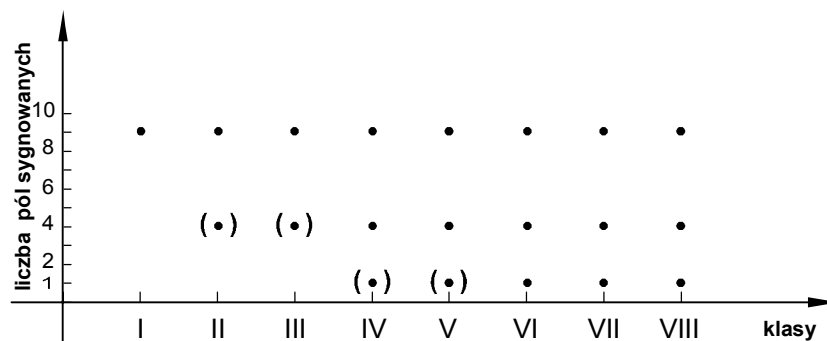
Towarzysząca linearności sekwencyjność ma w przypadku rejestracji sonorycznej znaczenie szczególne, występuje bowiem połączenie sygnałów w linię dźwiękową (melodię). Odpowiednie ćwiczenia umożliwiają wytworzenie skojarzeń odbioru fragmentów linii o charakterystycznych kształtach i położeniu w polu operacyjnym. Właśnie dlatego odpowiednia generalizacja linii, z użyciem naturalnych dla człowieka modułów, przesądza o skuteczności kształcenia metodą sonoryczną. Bardzo ważnym elementem wytworzenia skojarzeń z systemem metrycznym jest fakt, że w przyjętej skali interwałów skali Kodaly'ego: (a – g) odpowiada moduł metryczny 50 mm, Orffa: (c – d) – 10 mm [Krzywicka-Blum, 1998].

Zastosowanie modułów naturalnych przy projektowaniu scen sonorycznych polega na sektorowej generalizacji linii (uprzednio zakodowanych z użyciem granicznego kroku 1 mm) metodą wpisywania (opisywania) odcinków wyłącznie z palety modułów. W początkowym etapie edukacji niewidomy poznaje ściśle sekwencyjny system modułów, a następnie wprowadza się kombinację modułów, umożliwiającą dokładniejszą generalizację wyjściowej linii. W ostatnim etapie kształcenia uczniów starszych, o ponadprzeciętnych uzdolnieniach muzycznych, system modułowy nie jest już przydatny, stanowiłby niepożądane ograniczenie możliwej do uzyskania szczegółowości odtworzenia linii, a więc – i dokładności oceny ograniczonego nią pola powierzchni.

W stosunku do metody taktualnej metoda sonoryczna zapewnia kilkakrotnie dokładniejszą rejestrację linii, a więc i ocenę stopnia jej rozwinięcia (krętości). Umożliwia to opracowanie praktycznie użytecznych scen – odpowiedników rysunków technicznych, wykresów, schematów, planów. Sposób kodowania stwarza warunki obiektywnej identyfikacji elementów, przy czym możliwa jest rozbudowa bloków scen (rozszerzenie okna), co zapewnia odpowiednie dla potrzeb użytkownika podniesienie dokładności informacji przestrzennych. System kodowania może być wykorzystywany jako dodatkowa aplikacja w zestawach multimedialnych i stać się dla niewidomych narzędziem badawczym w studiach związanych z geodezją (mapy numeryczne), planowaniem przestrzennym i architekturą. Rozpoznanie sonoryczne umożliwia niewidomym stworzenie mentalnego modelu geometrii i topologii obiektów rzeczywistych, rozpoznanie wzajemnego położenia elementów, ich wielkości i kształtu, a przede wszystkim rozkładu przestrzennego. W praktyce użycia metody należy jednak liczyć się z faktem, iż warunki dekodowania elementów sceny w różnych częściach pola nie są jednakowe. W pewnych przypadkach wielokrotne odtwarzanie sekwencji dźwięków wywołuje iluzje słuchowe, zależne od kolejności przebiegu [Majewski, 1983]. Na odbiór ma też wpływ wiek niewidomego. U dzieci, których komórki słuchowe mają większą gęstość unerwienia (~29000), wrażliwość na wysokie tony jest wyższa niż u dorosłych, natomiast z wiekiem ubytki starcze w zakresie odbioru intensywności dźwięku osiągają wartość 7,4 dB dla osób trzydziestoletnich, 27,4 dB dla sześćdziesięcioletnich i 44,0 dB dla osiemdziesięcioletnich przy maksymalnym poziomie skali – 85 dB [Kuczyńska-Kwapisz, 1994]. Skupienie uwagi odbioru trwa w przypadku dzieci pięcioletnich – 10, siedmio-dziesięcioletnich – 20, a piętnastoletnich nie więcej niż 30 minut.

IV. OZNACZENIA PUNKTÓW I LINII SCENY SONORYCZNEJ

IV.1. OZNACZENIA PUNKTÓW

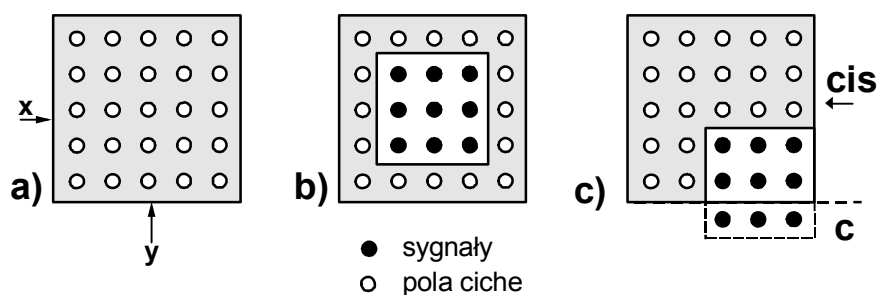


Rys. 4. [IV.1.] Rodzaje oznaczeń punktów

Punkt izolowany sceny sonorycznej stanowi dziewięć- (3×3), cztero- (2×2) lub jednoskładnikowa grupa sygnałów, wypełniająca centralną część odpowiednio: 9×9 , 10×10 połowych kwadratów, złożonych z pól jednostkowych. „Otulina” ciszy izoluje punkt złożony z sygnałów dźwiękowych. Jest ona z każdej strony pola wypełnionego sygnałami, co najmniej tak szeroka jak samo wypełnienie, a mianowicie dla dziewięciosygnałowych – trójpasmowa, a dla czterosygnałowych i jednosygnałowych – czteropasmowa. Otulina dotyczy tylko punktów izolowanych. Na **rysunku 4** przedstawiono liczbę pól sygnowanych, składających się na oznaczenie punktów, w zależności od poziomu edukacji. W początkowym okresie nauczania celowe jest użycie oznaczeń najbardziej wyrazistych, później można wprowadzić także delikatniejsze, co umożliwi dla przykładu zróżnicowanie miast odpowiednio do ich funkcji lub możliwości. Na rysunku 4 i w dalszej części monografii oznaczenie klas odpowiada polskiemu systemowi przed reformą szkolnictwa, wprowadzoną w 1999 r.

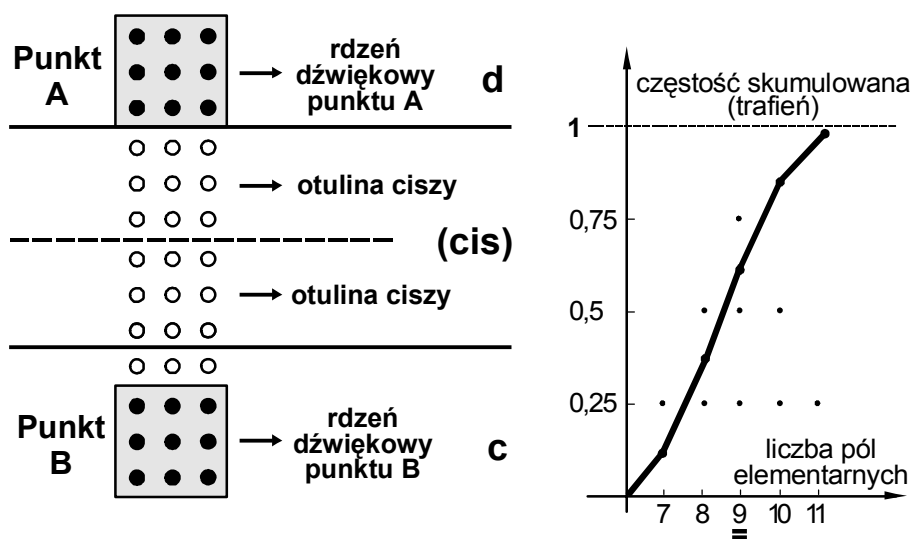
PUNKTY KODOWANE DZIEWIĘCISYGNAŁOWO

W znaczonej sonorycznie polu elementarnym (x, y) możliwa jest realizacja 9 różnych położeń grupy 3×3 sąsiadujących sygnałów (**rys. 5**). Zaleca się umieszczenie bloku sygnałów (rdzenia dźwiękowego) w części środkowej pola elementarnego (rys. 5b). Gdy wiersze lub kolumny składowe rdzenia dźwiękowego umieszczone są w dwóch polach elementarnych (na rys. 5c dotyczy to wierszy), stosuje się przyporządkowanie większościowe cech (a więc cis a nie c – w przykładzie przedstawionym na rysunku 5c).



Rys. 5. [IV. 2.] Dziewięciosygnałowe kodowanie punktu
a) pole elementarne (x, y);
b) optymalne zakodowanie punktu
c) większościowe przypisanie współrzędnej x

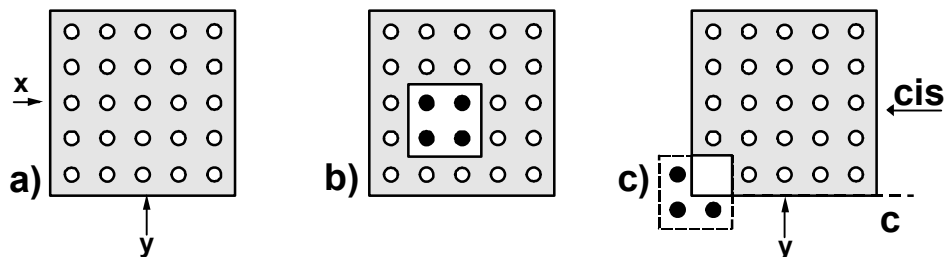
Na **rysunku 6** przedstawiono analizę rozkładu odbioru pionowej odległości dwóch punktów A, B przy założeniu jednakowego prawdopodobieństwa odbioru (trafienia wskaźnikiem w jakiś element rdzenia dźwiękowego) każdego układu par sygnałów, należących do dwóch bloków sygnałów, stanowiących oznaczenie punktów A i B.



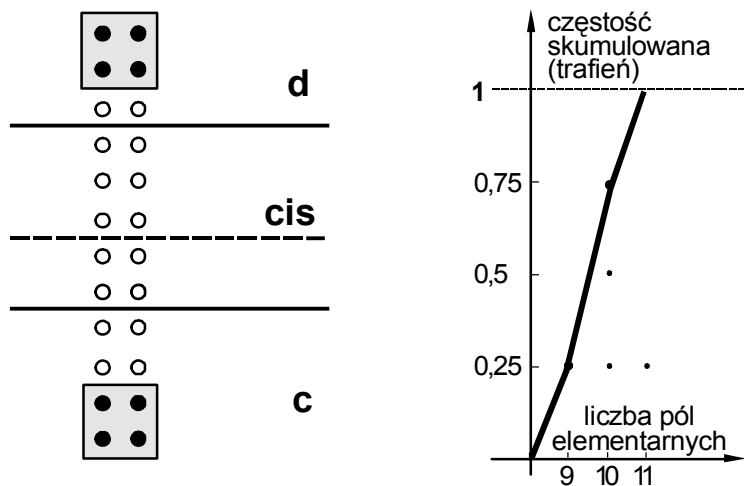
Rys. 6. [IV. 3.] Sąsiedztwo punktów dziewięciosygnałowych

PUNKTY KODOWANE CZTEROSYGNAŁOWO

Istnieje 16 możliwych położeń w sonorycznym polu elementarnym x, y rdzenia 2×2 sąsiadujących sygnałów, stanowiących oznaczenie punktu (**rys. 7**). Zaleca się umieszczanie sygnałów tworzących punkt w części południowo-zachodniej sektora środkowego pola elementarnego (**rys.7b**), ze względu na kierunek wodzenia wskaźnikiem (w przypadku dekodowania utworzonych z punktów linii). Gdy wiersze i kolumny bloku oznaczenia punktu umieszczone są w sąsiadujących polach elementarnych (na **rysunku 7** dotyczy to i kolumn i wierszy) stosuje się konwencjonalne przyporządkowanie współrzędnych sumarycznych jako wartości wyższych i głośniejszych (a więc na **rysunku 7** cis i y).



Rys. 7. [IV. 4.] Czterosygnałowe kodowanie punktu
 a) pole elementarne (x, y);
 b) optymalne zakodowanie punktu
 c) konwencjonalna kwalifikacja położenia punktu



Rys. 8. [IV. 5.] Sąsiedztwo punktów czterosygnałowych

Na **rysunku 8** przedstawiono realizację najbliższego sąsiedztwa izolowanych punktów A i B oraz ocenę dokładności wyznaczenia pionowej odległości AB, gdy punkty są oznaczone czterosygnałowo.

PUNKTY KODOWANE JEDNOSYGNAŁOWO

W danym sonorycznym polu elementarnym istnieje 25 możliwych położenia sygnału oznaczającego punkt. Optymalne jest umieszczenie sygnału w środku pola elementarnego x, y . Przy prawidłowej lokalizacji dwóch punktów A, B (w środkach pól jednostkowych) minimalna pionowa odległość AB wynosi dokładnie 10 mm, a więc jest jednym z podstawowych modułów skali metrycznej. W ten sposób określona została zgodność naturalnej notacji sonorycznej z wizualną i taktualną. Skala Orffa: $c - d - e - g - a$ ma trzy wewnętrzne moduły: $c - d$, $d - e$, $g - a$ – przyjęte jako odległość 10 mm linii sonorycznych modelu (rys. 3).

Zapoznaniu użytkownika z kodem sonorycznym musi towarzyszyć troska o możliwie dokładną realizację modułów. W początkowej fazie nauczania należy bloki sygnałów, oznaczające punkty, kodować w odległościach pionowych, zapewniających optymalne warunki odbioru różnic wysokości. W przypadku punktów czterosygnałowych oznacza to stosowanie nie sześciu (2×3), ale siedmiu pól ciszy, a w przypadku jednosygnałowych: dziewięciu zamiast ośmiu (2×4) pól ciszy między dwoma izolowanymi punktami. Jednomilimetrowe różnice nie odgrywają, w przypadku osób niewidomych, praktycznie ważnej roli w przejściu od systemu sonorycznego do dotykowego (metrycznego).

IV.2. OZNACZENIA LINII

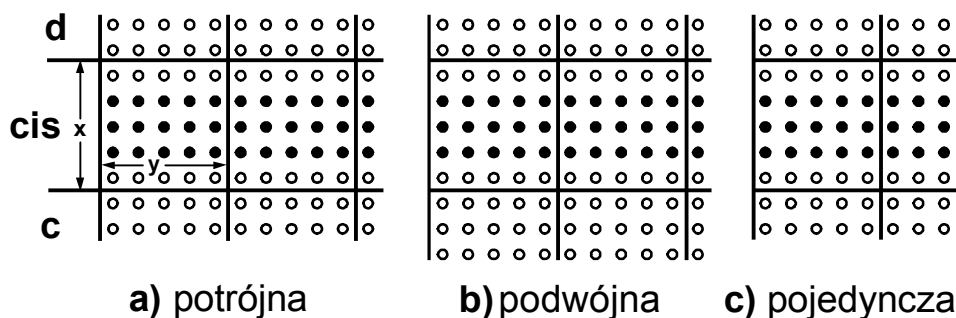
Oprócz izolowanych punktów, reprezentujących obiekty punktowe, sceny sonoryczne tworzą zakodowane dźwiękowo [Krzywicka-Blum, Kuchmister, 1999] układy sąsiadujących punktów:

- zamknięte, prezentujące uproszczone kontury obiektów powierzchniowych,
- otwarte, przedstawiające obiekty liniowe.

Podczas dekodowania scen ruch dłoni najmłodszych uczniów jest z reguły bardziej dynamiczny, ale mniej precyzyjny, niż uczniów starszych. Uwzględniono to odpowiednio definiując przebieg linii jako „ścieżek” punktów zakodowanych trój-, dwu-, lub jednosygnałowo. Każda linia składa się z punktów, te zaś mogą być grupą zakodowaną sygnałami dziewięciu pól jednostkowych ($1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$), tworzących zwarty blok w polu elementarnym – czterech pól lub jednopółową. Odpowiednie punkty tworzą linie trój-, dwu- lub jednosygnałowe. W klasach niższych uczniów wykorzystuje testy z najszerszymi liniami, w wyższych wprowadza się stopniowo coraz trudniejsze do dekodowania linie węższe. Użycie różnych punktów umożliwia hierarchizację linii w jednej scenie, dla przykładu – przedstawienie rzeki z dopływami I i II rzędu.

Kierunek linii wyznacza sąsiedztwo, zdefiniowane jako brak otuliny ciszy. Oznacza to, że linie pionowe mogą mieć szerokość trzech, dwóch lub jednego pola z obustronną

pionową otuliną ciszy o szerokości ustalonej odpowiednio do szerokości ścieżki dźwiękowej (IV.1). To samo dotyczy linii poziomych – pasma otulin mają po każdej stronie szerokość odpowiednią do szerokości rdzenia dźwiękowego. Redukcja otuliny ciszy w kierunku biegu linii (między sąsiadującymi punktami) sprawia, że uzyskuje się zwartość przebiegu, bardzo ważną w sekwencyjnym dekodowaniu sceny. Na **rysunku 9** przedstawione zostały wszystkie rodzaje linii poziomych. Analogicznie definiuje się linie pionowe. Położenie linii określa się zgodnie z konwencją przyjętą dla punktów.



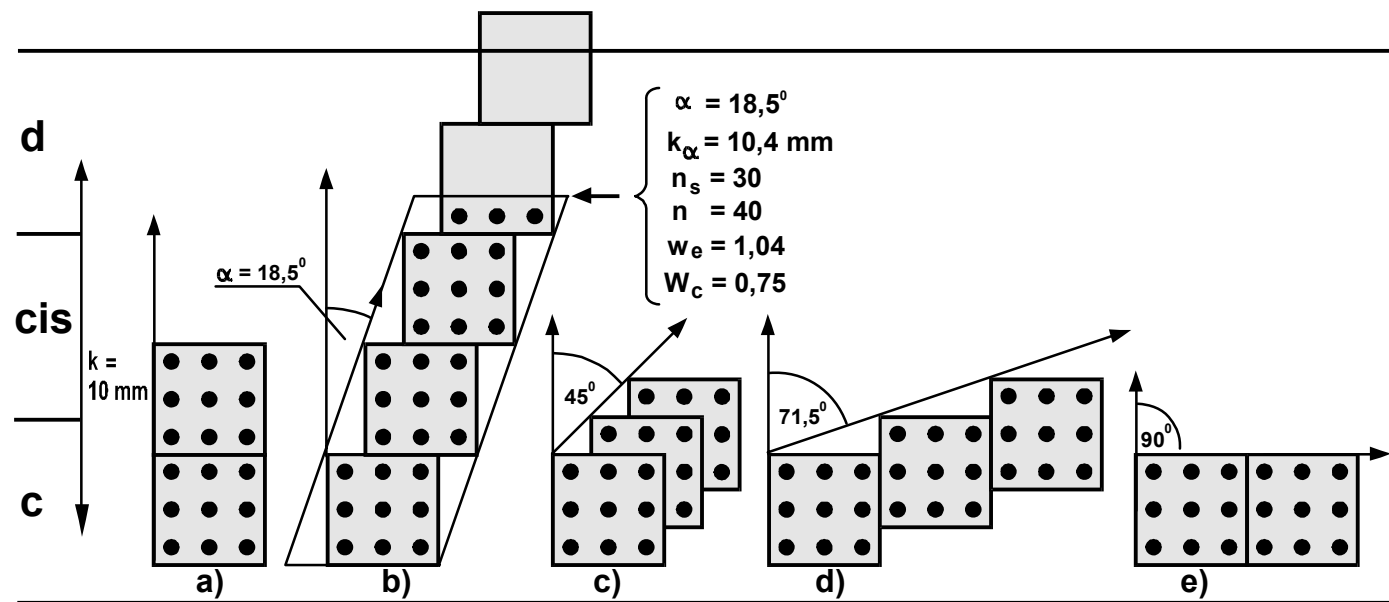
Rys. 9. [IV. 6.] Linie poziome usytuowane optymalnie w polach elementarnych $x = \text{Cis}$

Linie ukośne wymagają odrębnej definicji sąsiedztwa. Wyróżnia się dwa sposoby realizacji ciągłości linii ukośnych, kodowanych sonorycznie: zawieranie lub graniczenie grupy sygnałów, stanowiących sonoryczny rdzeń punktów. Zawieranie polega na istnieniu wspólnej części bloku sygnałów. Dla punktów dziewięciosygnałowych część ta stanowi cztery pola sygnałowe, dla czterosygnałowych – jedno pole. W tej konwencji wielkość obszaru pokrycia (pole dźwiękowe wspólne) zredukowana zostaje do punktu odpowiadającego „niższej klasie”. Graniczenie oznacza pionowe lub poziome przyleganie rdzeni: w przypadku dziewięciosygnałowych – dwoma polami, a czterosygnałowych – jednym polem.



Rys. 10. [IV. 7.] Zawieranie i graniczenie punktów 4-sygnałowych i 9-sygnałowych jako elementów linii ukośnych

Na **rysunku 10** przedstawiono sposób kodowania linii ukośnych.



Rys. 11. [IV. 8.] Typy linii potrójnych (skala 5:1)

LINIE POTRÓJNE

Linie potrójne konstruuje się przez sąsiedztwo lub zawieranie punktów zakodowanych dziewięciosygnalowo (**rys. 11**). Ustala się graniczenie jako posiadanie co najmniej dwóch wspólnych boków pół jednostkowych, a zawieranie – jako realizację z wspólną częścią zakodowanego sonorycznie bloku 2×2 pół jednostkowych, w narożu obu dziewięciosygnalowych punktów.

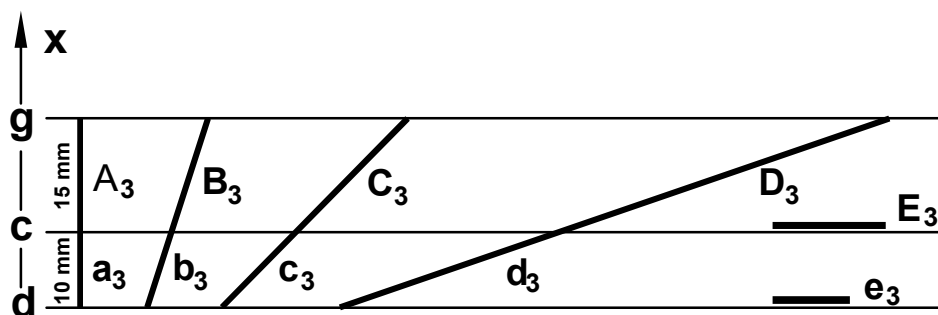
Linie potrójne wyznaczają między liniami sonorycznymi skali Orffa moduły małe: $a_3 = 10$ mm, $b_3 = 10,5$ mm, $c_3 = 14$ mm, $d_3 = 32$ mm, $e_3 = 10$ mm i duże: $A_3 = 15$ mm, $B_3 = 16$ mm, $C_3 = 21$ mm, $D_3 = 48$ mm, $E_3 = 15$ mm.

Moduły oznaczają w procesie kodowania sonorycznego możliwe warianty kroku kodowania. Moduły małe powstają, dla przykładu, między liniami sonorycznymi $x = c$ i $x = d$ (jak na rysunku 11), ale i $d - e$, $g - a$, a duże – między liniami $x = e$ i $x = g$, ale i $a - c$ między kolejnymi sekwencjami pentatonicznymi (rys. 3). Pierwszy odstęp, w przyjętym rozwiązaniu, wynosi $k = 10$ mm, drugi $K = 15$ mm.

Oznaczając symbolami k_α i K_α długości liniowych modułów w cyklach pochodnych od odpowiednio małego i dużego modułu skali Orffa można – dla linii potrójnej – określić wskaźniki strefowości sonorycznej w_t , W_t :

$$k_\alpha = w_t = \frac{k}{\cos(\alpha)}, \quad K_\alpha = W_t = \frac{K}{\cos(\alpha)}, \quad (1)$$

gdzie α jest kątem nachylenia linii do osi Ox układu (rys 3). Na **rysunku 12** przedstawiono wzory modułów, z których buduje się linie potrójne w kodowaniu sonorycznym scen.



Rys. 12. [IV. 9.] Moduły linii potrójnych (skala 1:1)

Przyjmując dla odstępów skali Orffa oznaczenia o_1, o_2, o_3, o_4 moduły linii, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara, tworzą serie:

o_1, o_2, o_4 : a, b, c, d, e, - d, - c, - b, - a, - b', - c', - d', e', d', c', b
 o_3 : A, B, C, D, E, - D, - C, - B, - A, - B', - C', D', E', D', C', B'.

Kąty nachylenia α modułów wynoszą: dla linii potrójnej typu a(A): 0° ; b(B): $18,5^\circ$, c(C): 45° , d(D): $71,5^\circ$, e(E): 90° .

Użycie dla modułów nazw literowych bardzo ułatwia dzieciom prowadzenie wskaźnika wzdłuż dekodowanej, zgodnie z poleceniami instruktora, linii.

Dla charakterystyki linii złożonej z punktów dziewięciosygnałowych można zdefiniować wskaźniki: w_e , W_e – efektywności dla serii małych i dużych modułów i W_c – zwartości jako:

$$w_e(3) = \frac{3k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(3) = \frac{3K_\alpha}{n_s}, \quad (2)$$

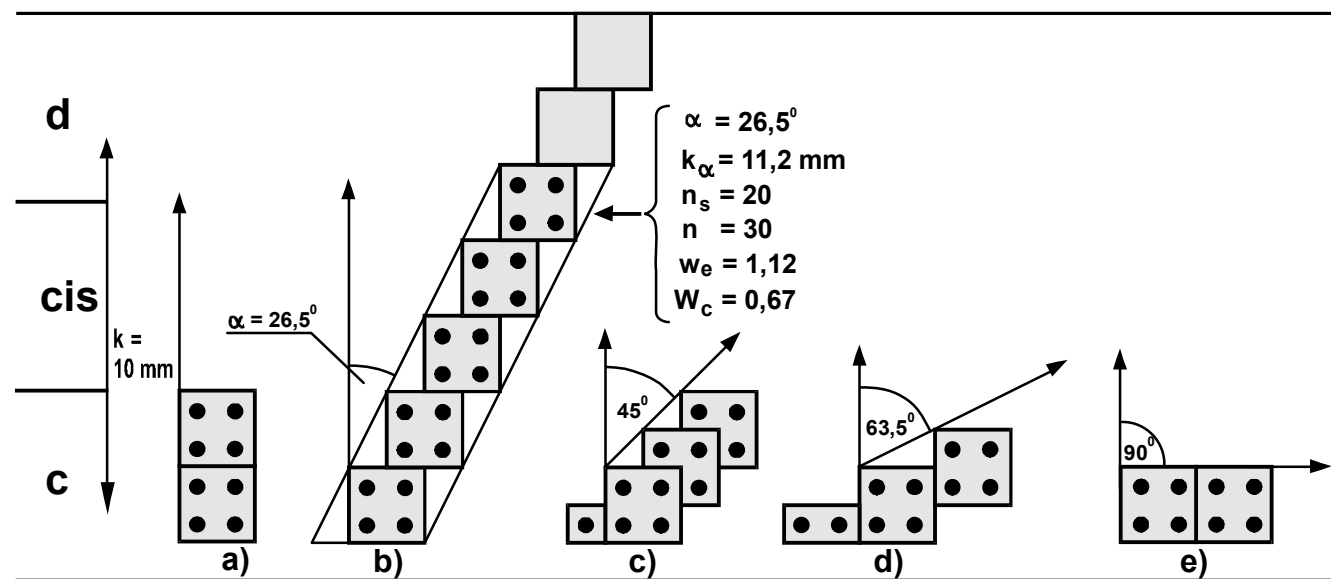
$$W_c(3, 2) = \frac{n_s}{n}, \quad (3)$$

gdzie: n_s – oznacza liczbę sygnałów tworzących moduł,
 n – liczbę pól całego, ograniczonego prostymi, pasa przebiegu linii.

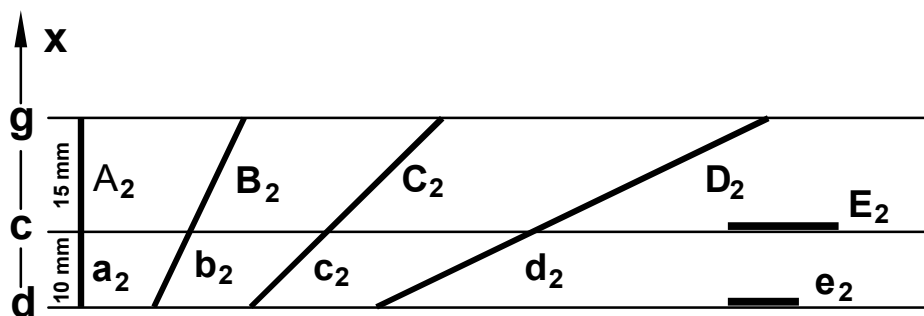
Dla linii potrójnych linie b i d, utworzone przez sąsiedztwo, mają zwartość gorszą (w_e mniejsze) od linii C, utworzonej przez zawieranie, odpowiednio 0,75 i 0,83. Najmniej sygnałów dla najdłuższej linii charakteryzuje linie b i d. Tylko linia a ma oba wskaźniki równe 1. Większa zwartość oznacza łatwiejsze dekodowanie linii i lepsze ujednolicenie szerokości ścieżki dźwiękowej.

LINIE PODWÓJNE

Linie podwójne tworzy się przez sąsiedztwo lub zawieranie punktów zakodowanych czterosygnałowo. Ustala się graniczenie jako posiadanie co najmniej jednego wspólnego boku pól jednostkowych, a zawieranie jako realizację z wspólnym jednosygnałowym polem w narożu obu punktów (rys. 10). Typy linii podwójnych przedstawia **rysunek 13**. Moduły małe, pochodne od małego modułu skali Orffa, tworzą cykl: a_2, b_2, c_2, d_2, e_2 , duże zaś cykl A_2, B_2, C_2, D_2, E_2 . Wynoszą one (w mm) 10, 11, 14, 22, 10 i 15, 17, 21, 33, 15. Na **rysunku 14** przedstawiono moduły linii podwójnych.



Rys. 13. [IV. 10.] Typy linii podwójnych (skala 5:1)



Rys. 14. [IV. 11.] Moduły linii podwójnych (skala 1:1)

Wskaźniki strefowości sonorycznej i zwartości dla modułów linii podwójnych określa się wzorami (1) i (3), natomiast wskaźniki efektywności wzorami:

$$w_e(2) = \frac{3k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(2) = \frac{3K_\alpha}{n_s}, \quad (4)$$

Wartość wskaźnika zwartości dla modułów b i d linii podwójnych wynosi 0,67, dla linii typu c wynosi 0,75, a więc jest niższa niż dla linii potrójnych. Oczywiście wskaźnik efektywności jest dla linii podwójnych wyższy niż dla potrójnych, a więc dla linii b, d wynosi 1,12, a dla c – 0,94.

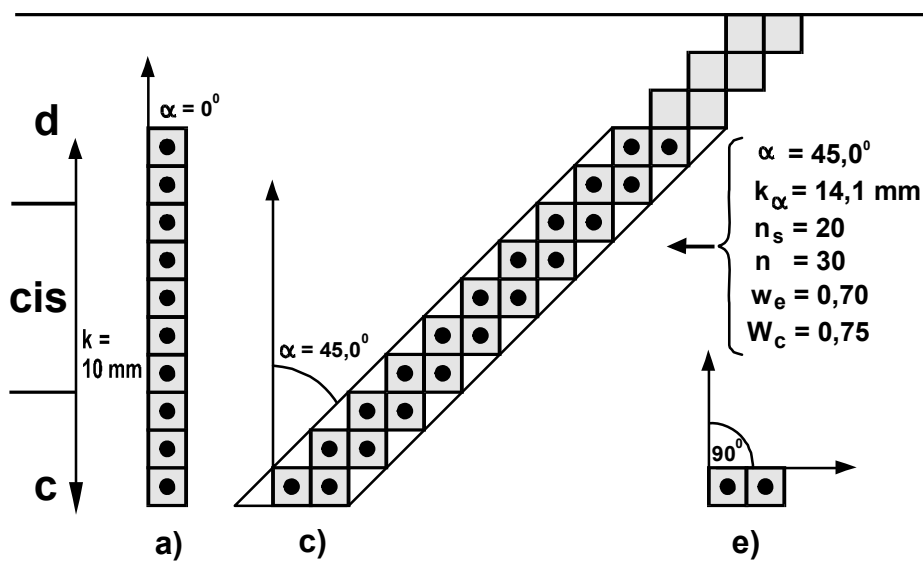
LINIE POJEDYNCZE

Linie utworzone przez sąsiedztwo punktów jednosygnałowych mogą być używane wyjątkowo, są bowiem trudne do dekodowania. Mogą być utworzone tylko trzy typy linii o ścieżce dźwiękowej jednosygnałowej: pionowe, poziome i tworzące z osiami kąt 45° (**rys. 15**).

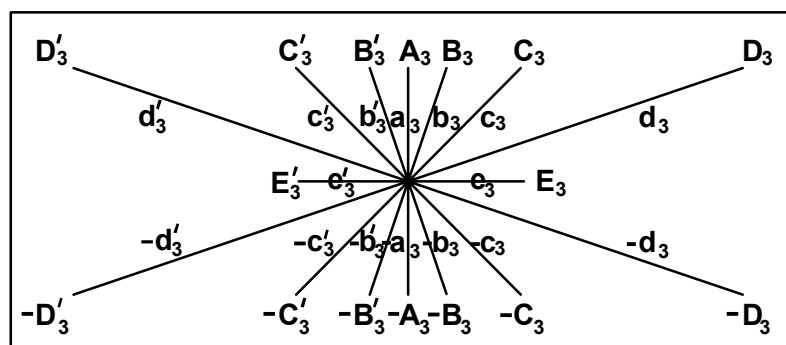
Moduły cyklu pochodzącego od małego modułu skali Orffa to a_1 , c_1 , e_1 – o długościach, odpowiednio (w mm) 10, 14, 10; a – cyklu pochodzącego od dużego modułu skali Orffa: to A_1 , C_1 , E_1 , o długościach 15, 21, 15. Są one identyczne z modułami odpowiednich linii dwusygnałowych i trójsygnałowych (por. rysunki 12, 14). Wskaźniki strefowości sonorycznej i zwartości dla modułów linii pojedynczych określa się wzorami (1) i (3), a wskaźniki efektywności wzorami:

$$w_e(1) = \frac{k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(1) = \frac{K_\alpha}{n_s} \quad (5)$$

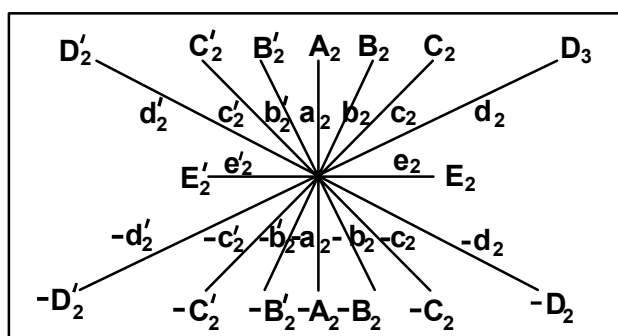
Wskaźnik zwartości linii c_1 wynosi 0,75 jest więc równy wskaźnikowi dla linii podwójnej, natomiast efektywność jest wyraźnie niższa (0,70 – dla pojedynczej, wobec 0,91 dla podwójnej). Linia c_1 meandrując tworzy niemal linię podwójną.



Rys. 15. [IV. 12.] Typy linii pojedynczych (skala 5:1)



Rys. 16. [IV. 12.] Rozeta modułów linii potrójnych (skala 1:1)



Rys. 17. [IV. 14.] Rozeta modułów linii podwójnych (skala 1:1)

W kodowaniu sonorycznym używa się pełnego zbioru modułów dla linii w danej szerokości. Na **rysunku 16** przedstawiono rozetę serii modułów małych i dużych dla linii potrójnych, a na **rysunku 17** – dla linii podwójnych. Moduły dla linii pojedynczych są identyczne jak równoimienne dla potrójnych i podwójnych.

V. TECHNICZNO-OPERACYJNE UWARUNKOWANIA MODELOWANIA SONORYCZNEGO

V.1. BUDOWA DIGITIZERA SONORYCZNEGO

Założenia techniczno-konstrukcyjne dla wykonanego modelu urządzenia zwanego dalej „digitizerem sonorycznym”, służącego do kodowania i odsłuchiwania scen sonorycznych, uwzględniają [Kuchmister, 1999]:

- właściwości percepcyjne ucha ludzkiego w zakresie dobrej słyszalności dźwięków pod względem ich wysokości i natężenia,
- graniczne rozmiary znaków punktowych wykorzystywanych przy tworzeniu liter alfabetu Braille’a – 1 mm,
- wyniki z przeprowadzonych badań ergonomicznych, dotyczące „strefy normalnej”, umożliwiającej funkcjonalny zasięg pracy przedramion, przy precyzyjnej manipulacji oburęcznej, charakterystycznej dla osób niewidomych.

Na **rysunku 18** przedstawiono digitizer sonoryczny w rzucie poziomym i quasiaksometrycznym.

Urządzenie posiada *pulpit operacyjny 1*, który połączony jest *przewodem łączącym 50* z *systemem rejestracji i przetwarzania danych (s.r.p.id.) 49*. Pulpit posiada *płytę*

13, na powierzchni której, wzdłuż jej górnego boku, zamocowana jest uchylnie *przewodnica pozioma 4*. Na przewodnicy poziomej wzdłuż jej osi, zamocowany jest *elektroniczny liniał poziomy 11*, a na jej końcach znajdują się *ograniczniki ruchu lewy 3* i *prawy 12*. Na przewodnicy poziomej umocowany jest suwliwie *łącznik prowadzący 8*. Posiada on dwa kanały: *poziomy 37*, który współdziała z przewodnicą poziomą i *kanal pionowy 38*, z którym suwliwie współdziała *przewodnica pionowa 6*. Przewodnica pionowa posiada przytwierdzony wzdłuż swej osi, *elektroniczny liniał pionowy 34*. Kanały pionowy i poziomy są tak usytuowane w łączniku prowadzącym, że oś podłużna $x'-x'$ przewodnicy pionowej i oś podłużna $y'-y'$ przewodnicy poziomej są wzajemnie prostopadłe.

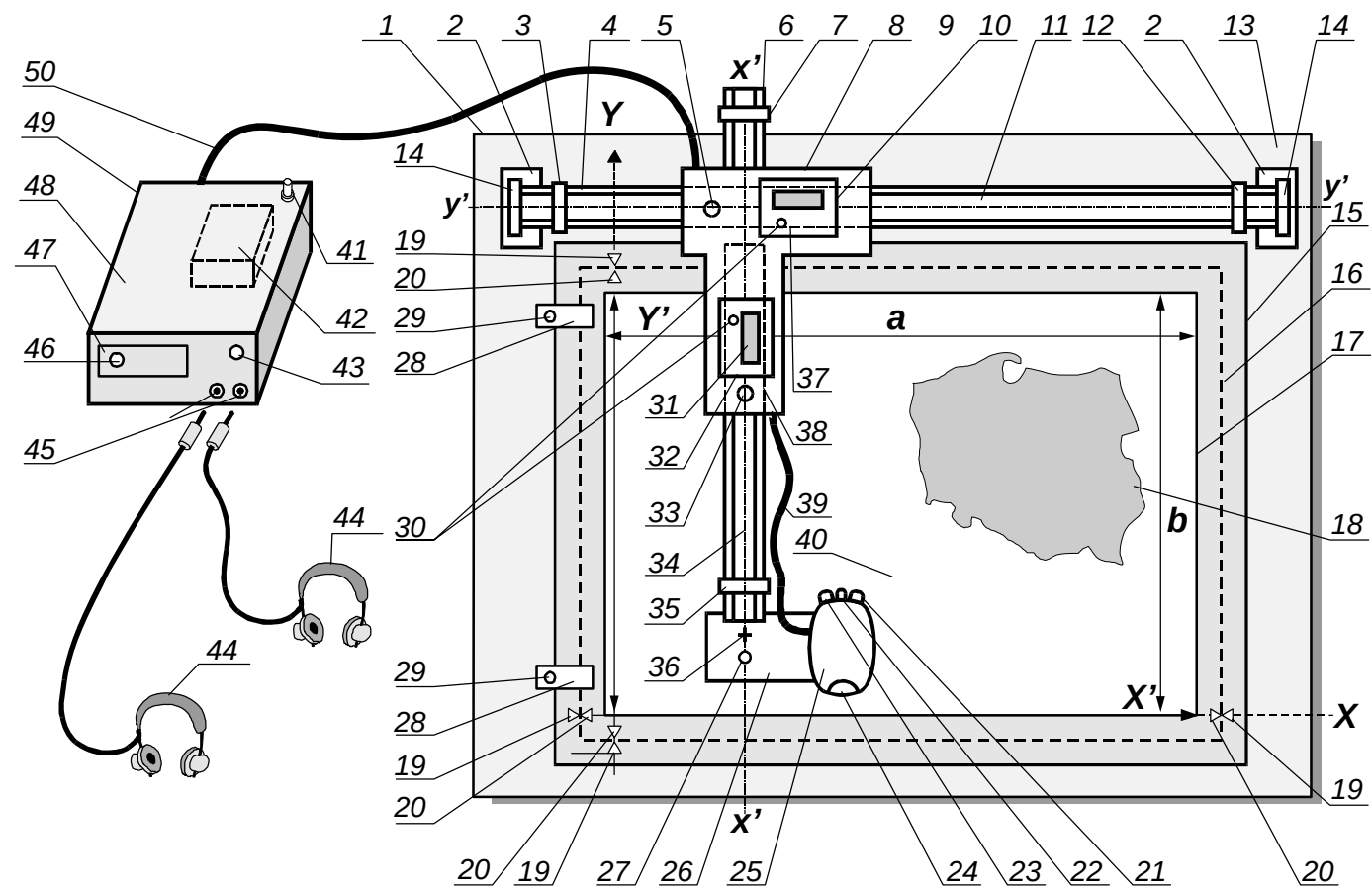
Przewodnica pionowa posiada zamocowane, w pobliżu swych końców, *ograniczniki ruchu: górny 7 i dolny 35*. Na dolnym końcu przewodnica pionowa ma osadzony *wysięgnik 26* z pisakiem i oznaczonym *krzyżem celowniczym 36*. Ponadto na wysięgniku znajduje się *detektor położenia 25*, posiadający trzy przyciski: *prawy 21*, *środkowy 22* i *lewy 23* oraz *wyłącznik 24*, które umożliwiają sterowanie pracą urządzenia.

Pisak 27, osadzony w wysięgniku, służy do sprawdzania postępów w nauce osoby niewidomej, która przy jego pomocy rysuje, jako odtworzenie sonorycznego modelu z zapamiętaną sceną.

Łącznik prowadzący posiada *czytnik poziomy 10* i *czytnik pionowy 32*, współdziałające z elektronicznymi liniałami, odpowiednio: poziomym i pionowym. Czytnik pionowy pozwala określić położenie detektora położenia względem osi X kartezjańskiego układu współrzędnych *płyty 13*. Położenie detektora wyświetlane jest na *wyświetlaczu pionowym 31*. Czytnik poziomy pozwala określić położenie detektora względem osi Y kartezjańskiego układu współrzędnych płyty. Położenie to wyświetlane jest na *wyświetlaczu pionowym 9*. Wskazania wyświetlaczy poziomego i pionowego zeruje się przy pomocy *przycisków zerujących 30*. Ruch łącznika po przewodnicy poziomej blokowany jest za pomocą śruby zaciskowej, a po przewodnicy pionowej – *śrubą blokującą 33*. Detektor położenia połączony jest z czytnikami poziomym i pionowym za pomocą *przewodu sygnałów elektronicznych 39*.

Ograniczniki: lewy, prawy, oraz górny i dolny, w sposób pośredni, ograniczają zasięg ruchów detektora położenia w polu operacyjnym.

Płyta ma oznaczone na powierzchni osie kartezjańskiego układu współrzędnych prostokątnych X, Y. Osie układu współrzędnych X, Y są tak usytuowane, że oś X jest prostopadła do osi $x'-x'$ przewodnicy pionowej, a oś Y jest prostopadła do osi $y'-y'$ przewodnicy poziomej. Warunkiem poprawnej pracy urządzenia jest, aby przy ustawieniu łącznika prowadzącego przy ograniczniku górnym i ograniczniku lewym, środek krzyża celowniczego pokrył się z punktem zerowym układu współrzędnych X, Y.



Rys. 18. [V.1.] Schemat digitizera sonorycznego

W celu precyzyjnego i jednoznacznego umieszczenia arkusza 16 z analizowanym obrazem sceny 18, posiada on wydrukowaną:

- ramkę kontrolną 17 o wymiarach a i b ,
- osie lokalnego układu prostokątnych współrzędnych kartezjańskich X', Y' ,
- znaczki kontrolne 20 rozmieszczone wzdłuż osi współrzędnych.

Płyta ma oznaczone, wzdłuż osi układu współrzędnych X, Y , znaczki orientujące 19, według których orientuje się znaczki kontrolne arkusza z graficznym obrazem. Znaczki orientujące i znaczki kontrolne pozwalają na właściwe, względem układu współrzędnych XY , usytuowanie arkusza na powierzchni płyty.

Płyta wyposażona jest w płytki mocujące 28, które zaopatrzone są w śruby dociskające 29, służące do stabilizowania analizowanego arkusza na powierzchni płyty. Płyta przeźroczysta 15 zabezpiecza powierzchnię arkusza przed zniszczeniem, podczas odsłuchiwania testów sonorycznych. Zawiasy 14, osadzone we wspornikach 2, umożliwiają odchylenie ku górze prowadnicy pionowej z wysięgnikiem i detektorem położenia.

Wspomniany system rejestracji i przetwarzania danych posiada obudowę 48, wewnątrz której znajduje się dekodery 42, zawierający układy elektroniczne. Układy te, wraz z odpowiednim oprogramowaniem, umożliwiają:

- kodowanie graficznych scen testów i zapisywanie ich na dysku umieszczonym w stacji dysków 47,
- nagrywanie i zapisywanie słownych komentarzy dźwiękowych do testów na dysku umieszczonym w stacji dysków,
- odtwarzanie testów sonorycznych zapisanych na wspomnianym dysku.

W obudowie umieszczona jest także wspomniana stacja dysków z lampką kontrolną 46, wyłącznik zasilania 41 oraz mikrofon 43 i gniazda foniczne (słuchawkowe) 45. Gniazda foniczne służą do podłączenia zestawu fonicznego (słuchawek, głośników). Mikrofon umożliwia nagrywanie słownych komentarzy dźwiękowych do testów sonorycznych. Lampka kontrolna informuje użytkownika o stanie pracy stacji dysków.

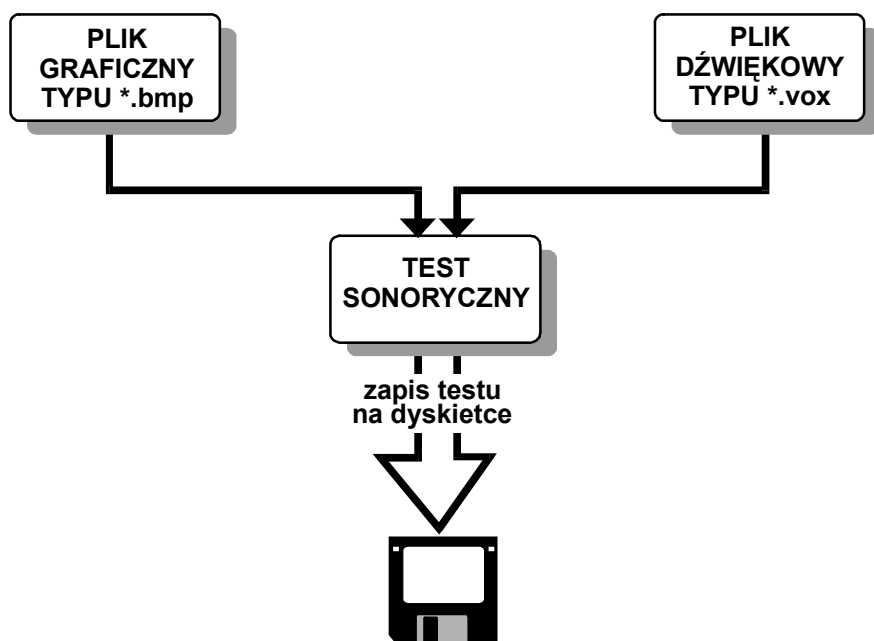
V.2. KODOWANIE SCEN SONORYCZNYCH

Kodowanie testów sonorycznych można wykonać:

- z pomocą komputera i odpowiedniego oprogramowania,
- z pomocą digitizera sonorycznego.

Każdy test sonoryczny (rys. 19) składa się z dwóch plików:

- pliku graficznego, który zawiera zakodowaną scenę w formie bitmapy, posiadającego rozszerzenie „bmp”,
- pliku dźwiękowego, który zawiera komentarz słowny do testu, posiadającego rozszerzenie „vox”.

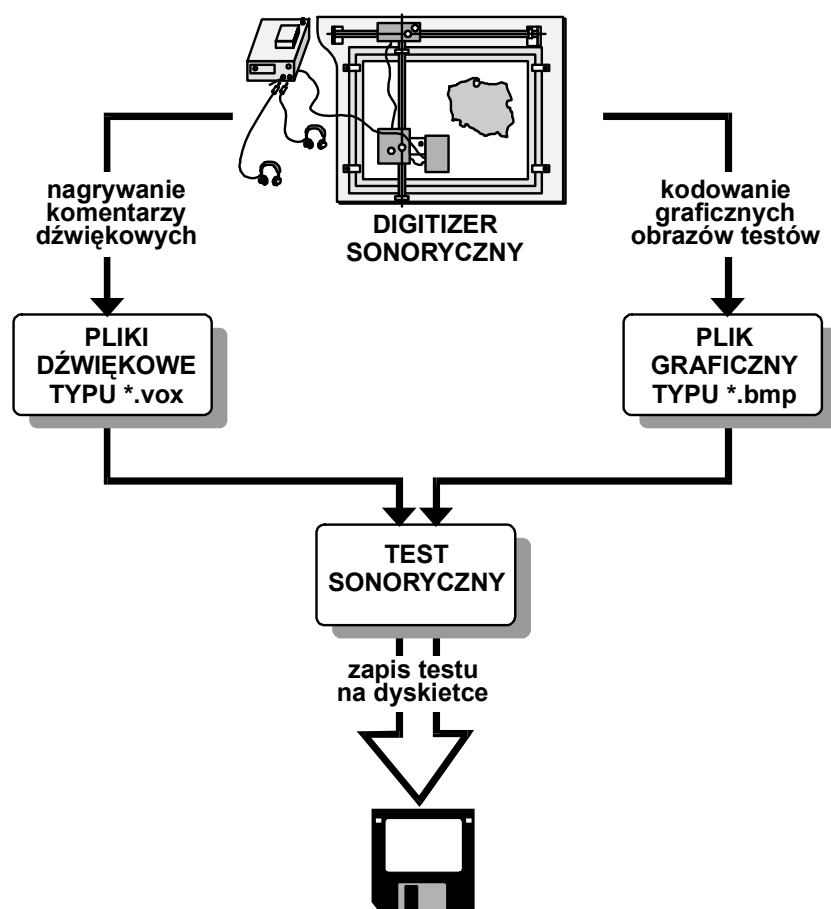


Rys. 19. [V. 2.] Budowa sceny sonorycznej

KODOWANIE PRZY POMOCY DIGITIZERA SONORYCZNEGO

Kodowanie testów sonorycznych z pomocą digitizera sonorycznego przebiega dwuetapowo (rys. 20). Oddzielnie koduje się plik graficzny i oddzielnie nagrywa się komentarz dźwiękowy do testu.

Przed przystąpieniem do kodowania treści testu należy urządzenie odpowiednio przygotować i wstępnie przetestować. W tym celu, po położeniu na powierzchnię płyty analizowanego arkusza z wydrukowanym graficznym obrazem sceny i oznaczonymi znaczkami kontrolnymi, wykonuje się orientację arkusza, wykorzystując do tego celu znaczki kontrolne i znaczki orientujące. W wyniku przeprowadzonej orientacji arkusza znaczki kontrolne i znaczki orientujące zostają parami doprowadzone do koincydencji. Końcowym efektem orientacji arkusza, w polu operacyjnym, jest wzajemne nałożenie się lokalnego układu współrzędnych X' , Y' arkusza i układu współrzędnych X , Y płyty. Po dokonaniu orientacji, arkusz unieruchamia się na powierzchni płyty, za pomocą płytek mocujących. Następnie, arkusz przykrywa się płytą przezroczystą. W tym celu odchyła się nieco ku górze prowadnicę pionową wraz z wysięgnikiem i dekoderek położenia, co umożliwiają zawiasy osadzone we wspornikach. Z kolei sprawdza się czy orientacja arkusza została wykonana poprawnie oraz – czy detektor położenia porusza się w zasięgu pola operacyjnego.



Rys. 20. [V. 3.] Tworzenie testu sonorycznego z użyciem digitizera sonorycznego

Po tych czynnościach można przystąpić do zakodowania graficznego obrazu sceny. Najpierw, za pomocą przewodu łączącego, podłącza się detektor położenia z systemem rejestracji i przetwarzania danych. Do gniazd fonicznych włącza się zestaw foniczny lub głośniki. Następnie wyłącznikiem zasilania włącza się zasilanie systemu rejestracji i przetwarzania danych a osoba, która będzie kodować sonorycznie scenę, zakłada na uszy słuchawki oraz wkłada do stacji dysków dysk, wówczas zapala się lampka kontrolna i w słuchawkach pojawia się ciągły sygnał dźwiękowy.

W celu zakodowania graficznego obrazu testu wykonuje się „wyzerowanie układu” współrzędnych X' , Y' arkusza. W tym celu przesuwamy się detektor położenia do początku układu współrzędnych X' , Y' i wciskamy jego środkowy przycisk oraz zerujemy się, za pomocą przycisków zerujących, wskazania wyświetlaczy: poziomego i pionowego, wówczas w słuchawkach zaniknie sygnał dźwiękowy. Następnie należy przesunąć dłonią detektor położenia tak, aby krzyż celowniczy znalazł się na pierwszym z punktów sceny P_{ij} i wciskamy lewy przycisk. Powoduje to zakodowanie tego punktu i w słuchawce pojawia się sygnał dźwiękowy, którego wysokość i natężenie dźwięku jest zależne od położenia punktu w polu operacyjnym. Analogicznie postępuje się aż do zakończenia sukcesywnego kodowania wszystkich wspomnianych punktów P_{ij} tworzących scenę: linia po linii i punkt po punkcie.

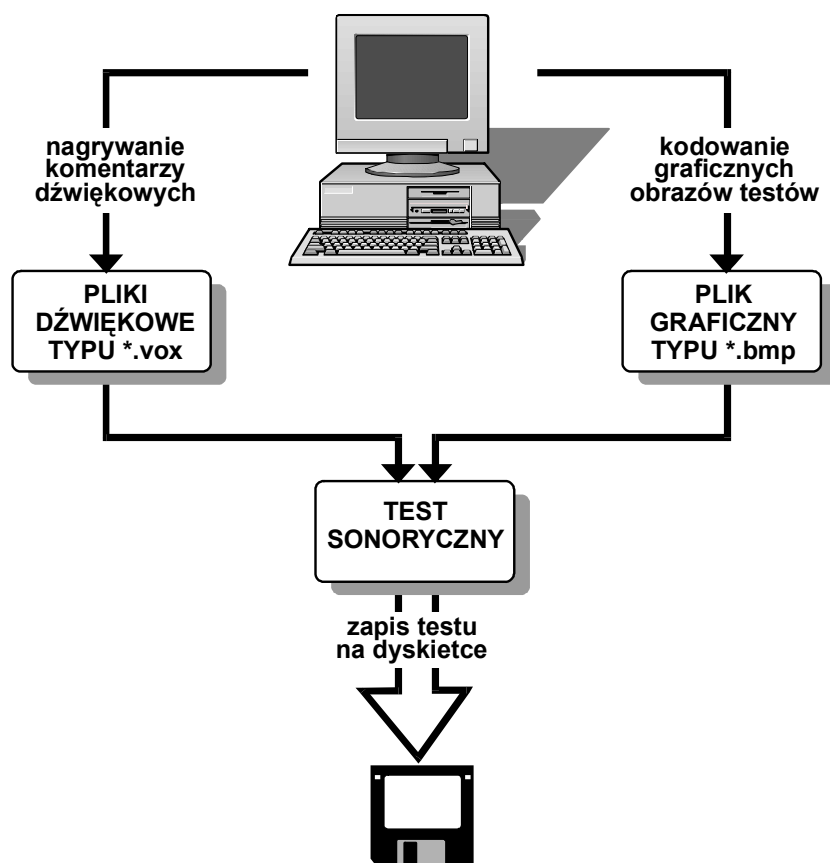
W celu usunięcia zakodowanego mylnie lub zbędnie punktu, przesuwamy się dłonią detektor położenia tak, aby krzyż celowniczy znalazł się nad danym punktem. W słuchawce pojawia się sygnał dźwiękowy o charakterystykach odpowiadających położeniu punktu w polu operacyjnym. Dwukrotne wciśnięcie lewego przycisku spowoduje usunięcie danego punktu, wówczas w słuchawce zanika sygnał.

Po czynnościach związanych z kodowaniem, można, korzystając z mikrofonu, nagrać komentarz dźwiękowy do treści zakodowanego sonorycznie testu. Komentarz dźwiękowy nagrywa się na dysk umieszczony w stacji dysków. W tym celu jednocześnie wciskamy przyciski: prawy i środkowy. Lampka stanu pracy dysków zapala się ponownie, a w słuchawkach pojawia się szum. Po wypowiedzeniu słów komentarza lampka gaśnie, a po kilku sekundach można usłyszeć w słuchawce odtwarzaną treść wypowiedzianego komunikatu. Wówczas albo dokonuje się akceptacji komentarza i nagrania go na dysk (przez wciśnięcie prawego przycisku detektora) lub zastępuje się nagrany komentarz nowym, powtarzając powyżej opisane wcześniej czynności.

KODOWANIE PRZY POMOCY KOMPUTERA

Kodowanie testów sonorycznych wygodniej jest wykonywać przy pomocy komputera i odpowiedniego oprogramowania (rys. 21). Pliki graficzne można kodować z pomocą dowolnego edytora graficznego, jednak z uwagi na prostą obsługę, wygodnie jest użyć edytora rysunków „Paint” lub „Paint Brush”. Trzeba pamiętać, aby obraz graficzny testu kodować w polu ograniczonym ramką o wymiarach 300×420 pikseli. W celu ułatwienia czynności kodowania wygodnie jest test kodować przy włączonych następujących opcjach:

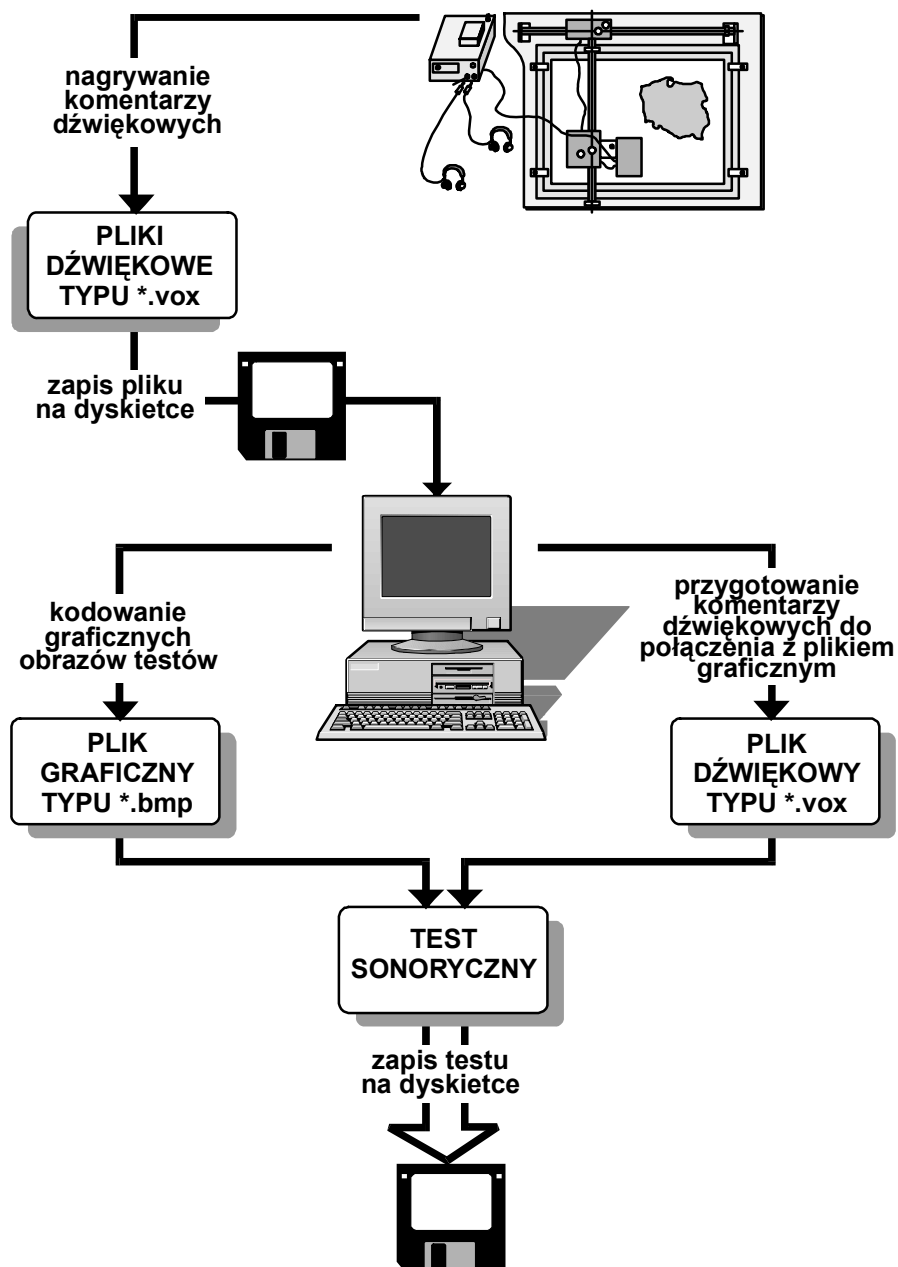
- powiększenie,
- siatka pomocnicza,
- pokaz współrzędne kursora.



Rys. 21. [V. 4.] Tworzenie testu sonorycznego z użyciem komputera

Podczas czynności kodowania wykonuje się, narysowany w skali 1:1, graficzny obraz sceny w polu ograniczonym ramką. Ułatwieniem w kodowaniu jest wyznaczenie współrzędnych charakterystycznych punktów w układzie współrzędnych ramki. Komentarze dźwiękowe nagrywa się przy wykorzystaniu dostępnych programów muzycznych.

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że kodowanie plików graficznych do testów sonorycznych najlepiej jest wykonywać wykorzystując komputer i odpowiednie oprogramowanie, natomiast komentarze dźwiękowe nagrywa się łatwo i szybko używając digitizera (rys. 22).



Rys. 22. [V. 5.] Tworzenie testu sonorycznego z pomocą digitizera sonorycznego i komputera

V.3. DEKODOWANIE SCEN SONORYCZNYCH

Nauczyciel, przed przystąpieniem do nauki osób niewidomych, powinien najpierw przy pomocy przewodu połączyć detektor położenia z system rejestracji i przetwarzania danych. System rejestracji i przetwarzania danych powinien mieć podłączone słuchawki do gniazd fonicznych.

W celu ułatwienia odszukiwania zakodowanej sceny należy umieścić na powierzchni płyty arkusz z wydrukowanym w skali 1:1 graficznym jej obrazem i – doprowadzić do koincydencji odpowiednie pary znaczków orientujących, usytuowanych na powierzchni płyty, ze znaczkami kontrolnymi wydrukowanymi na arkuszu. Gdy orientacja arkusza jest poprawna przystępuje się do odsłuchania sonorycznej treści testu nagranego na dysk, znajdujący się w stacji dysków. Po włączeniu (wyłączeniem) zasilania systemu rejestracji i przetwarzania danych, zakłada się na uszy słuchawki. Jedną parę zakłada nauczyciel, a drugą parę osoba niewidoma. Do stacji dysków wkłada się następnie dysk z nagraniem treści testu, wówczas zapala się lampka kontrolna, a w słuchawkach pojawia się komunikat dźwiękowy z informacjami dotyczącymi treści testu.

W celu wgrania treści testu do dekodera wciska się lewy przycisk detektora położenia, a następnie zeruje się układ współrzędnych. W tym celu przesuwają się detektor położenia tak, aby krzyż celowniczy pokrył się z początkiem układu współrzędnych X, Y, wciska dwukrotnie lewy przycisk, a następnie zeruje się wskazania wyświetlaczy: poziomego i pionowego, za pomocą przycisków zerujących.

W celu uniknięcia, podczas odsłuchiwania testu, przypadkowego wciśnięcia przycisków prawego, środkowego i lewego detektora położenia, wyłącza się ich działanie wyłącznikiem.

Dekodowanie elementów scen sonorycznych można przeprowadzić w trzech różnych wersjach:

- A. nauczyciel dekoduje scenę samodzielnie wodząc detektorem w polu operacyjnym, natomiast uczeń odsłuchuje pojawiające się w słuchawkach dźwięki,
- B. nauczyciel wspólnie z uczniem dekoduje scenę (dłoń ucznia i nauczyciela wspólnie przesuwają detektor w polu operacyjnym), uczeń odsłuchuje pojawiające się w słuchawkach dźwięki,
- C. uczeń samodzielnie dekoduje treść sceny sterując ruchem detektora w polu operacyjnym i równocześnie odsłuchując pojawiające się w słuchawkach dźwięki.

Zazwyczaj proces szkolenia składa się z kolejnego wykorzystania wersji A, B i C. Rozpoczynając pracę instruktor przesuwa detektor położenia tak, aby krzyż celowniczy znalazł się w punkcie elementu sceny, leżącym najbliżej zera układu. W obu słuchawkach pojawia się sygnał dźwiękowy o określonym natężeniu i wysokości dźwięku, zależnym od położenia punktu sceny w układzie współrzędnych X, Y. Następnie przesuwa się detektor położenia wzdłuż elementu liniowego sceny tak,

aby w słuchawkach nie zanikł sygnał dźwiękowy. W czasie wykonywania przez nauczyciela opisanych czynności osoba niewidoma koncentruje się na słuchaniu pojawiających się dźwięków.

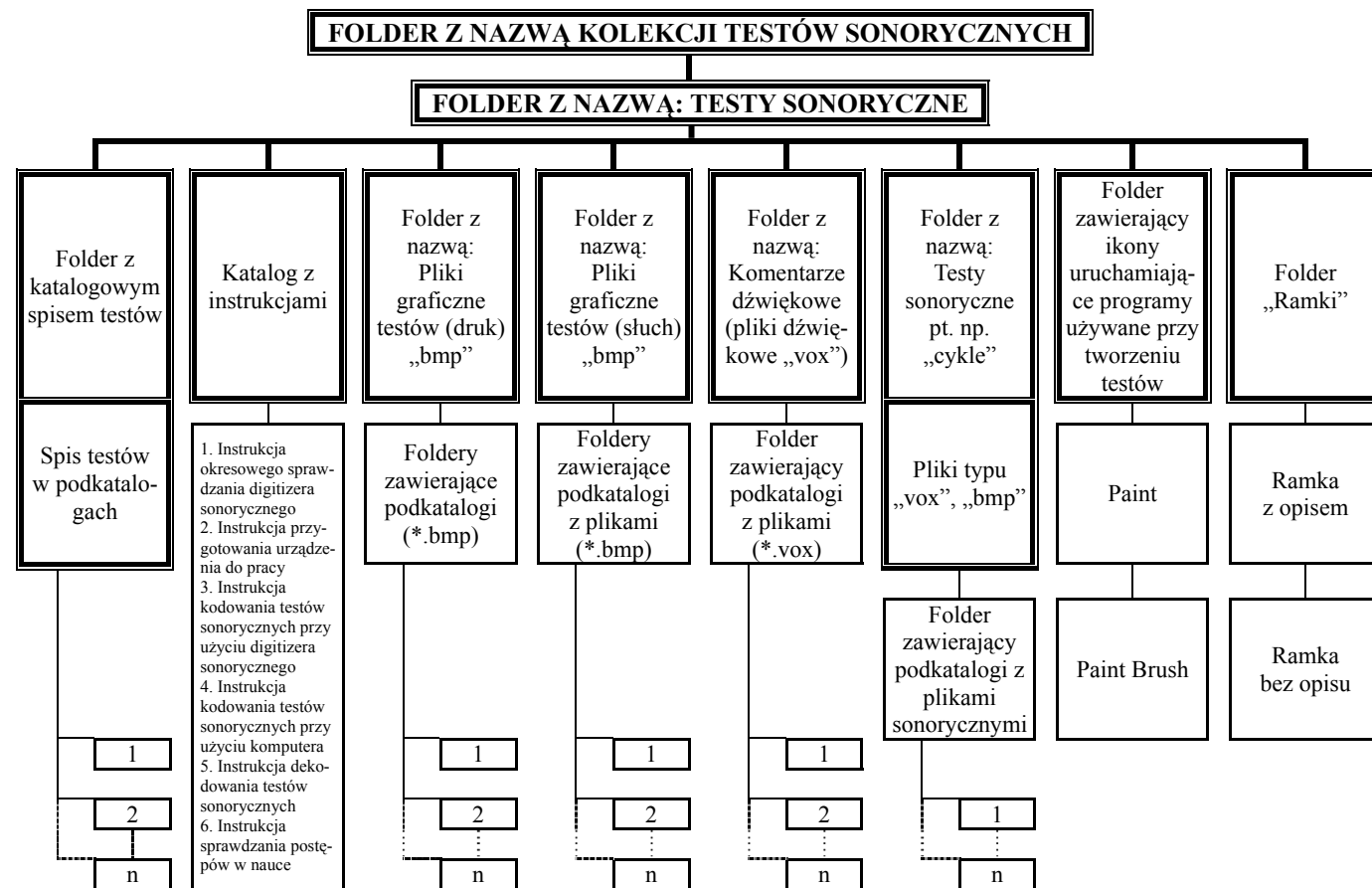
W drugiej fazie nauki osoba niewidoma kładzie dłoń lub obie dłonie na detektorze położenia tak, aby palec wskazujący jednej z dłoni spoczął na krzyżu celowniczym, oznaczonym w sposób wyczuwalny (manualnie) na wysięgniku i, z pomocą instruktora, który korzysta z arkusza z graficznym obrazem testu, przesuwa detektor położenia tak, aby krzyż celowniczy znalazł się w „początkowym” punkcie testu. Wówczas w obu słuchawkach pojawia się sygnał dźwiękowy. Po pojawieniu się sygnału w słuchawkach osoba niewidoma przesuwa detektor położenia, w polu operacyjnym tak, aby w słuchawkach nie zanikał sygnał dźwiękowy. W początkowej fazie nauki osoba widząca (nauczyciel) może pomagać osobie niewidomej w prowadzeniu detektora położenia we właściwym kierunku, korzystając z graficznego obrazu testu.

Na dysku może być nagranych kilka różnych scen. W celu wyboru właściwej – najpierw włącza się wyłącznik, a następnie przesuwa się detektor położenia do początku układu współrzędnych X, Y i jednocześnie wciska się przyciski: prawy, środkowy i lewy. Powoduje to powrót do menu i umożliwia wybór kolejnych graficznych obrazów testu. W celu wyszukania danej sceny nagranej na dysku należy przesunąć detektor położenia wzdłuż przekątnej pola operacyjnego, w górę o kilka centymetrów. Wówczas zapala się lampka kontrolna i można usłyszeć w słuchawkach komunikat dźwiękowy o nazwie kolejnej sceny, albo można szukać nazwy kolejnej sceny przez przesunięcie detektora położenia wzdłuż przekątnej pola operacyjnego o następnych kilka centymetrów.

W celu wgrania treści kolejnej sceny do dekodera należy wcisnąć lewy przycisk detektora położenia. Na powierzchni płyty umieszcza się kolejny arkusz z graficznym obrazem sceny, którą zamierza się odsłuchać. Następnie wykonuje się orientację arkusza. Po tych czynnościach możemy przystąpić do odsłuchiwania treści sceny.

V.4. PRZECHOWYWANIE I UDOSTĘPNIANIE ZBIORÓW SCEN SONORYCZNYCH

Proces tworzenia scen sonorycznych przebiega etapowo, w wyniku czego powstają różne rodzaje plików (rys. 19), które wygodnie jest przechowywać na „twardym dysku” komputera. W celu umożliwienia łatwego dostępu do poszczególnych typów plików i scen sonorycznych tworzy się powiązane wzajemnie katalogi i podkatalogi, przedstawione na rysunku 23. Szybki dostęp jest potrzebny przy wykonywaniu ewentualnych korekt czy zmian w zakodowanych scenach, jak również – przy kompletowaniu zestawu scen, niezbędnych do realizacji zadań dydaktycznych. Do katalogu dołączone są również instrukcje, związane z obsługą digitizera sonorycznego.



Rys. 23. [V.6.] Schemat organizacyjny katalogowania kolekcji testów sonorycznych

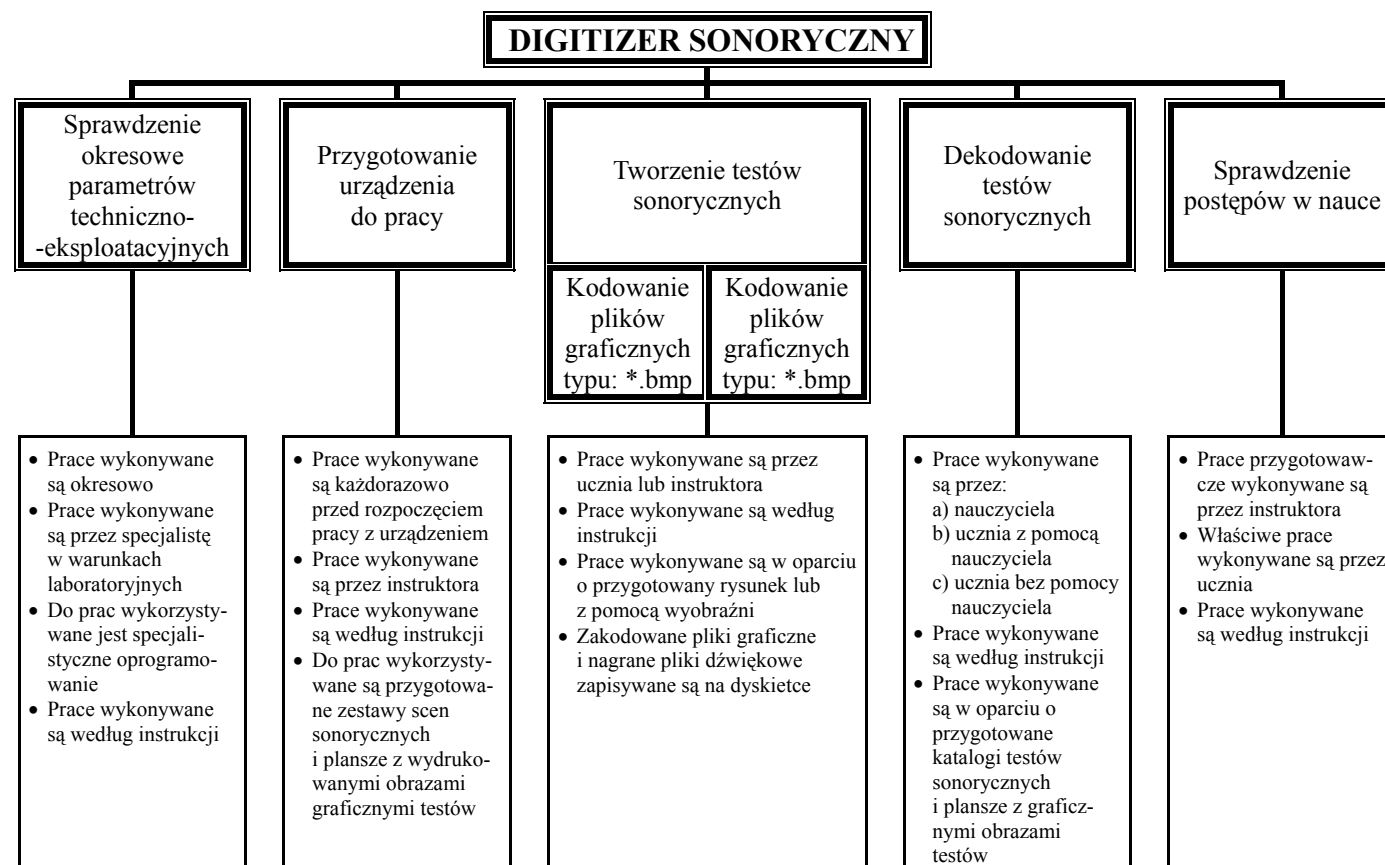
V.5. TESTOWANIE DIGITIZERA SONORYCZNEGO

Opracowany i wykonany model digitizera sonorycznego umożliwia realizację szeregu zadań. Na **rysunku 24** przedstawiono schematycznie operacje dotyczące technicznych kompetencji osób obsługujących urządzenie i korzystających z niego.

Przed wykorzystaniem digitizera do kodowania i dekodowania scen sonorycznych, urządzenie zostało poddane testowaniu w warunkach laboratoryjnych. Głównym celem badań laboratoryjnych było sprawdzenie parametrów techniczno-eksploatacyjnych digitizera oraz opracowanie pakietu instrukcji (rys. 23). W wyniku przeprowadzonych prac zostały opracowane i wykonane testy oraz programy umożliwiające okresowe sprawdzanie urządzenia. Powstała również kolekcja testów pomocna przy wstępnej pracy z uczniem.

Testowanie wykonanego modelu urządzenia zostało przeprowadzone w dwóch etapach. W pierwszym etapie sprawdzono i skorygowano parametry eksploatacyjne, a w drugim dokładnościowe urządzenia. Przyjęte założenia, dotyczące parametrów techniczno-eksploatacyjnych, są następujące:

1. wymiary pola operacyjnego 300×420 [mm],
2. dokładność kodowania 1 mm,
3. zestaw śrubek rektyfikacyjnych umożliwiających przeprowadzenie korekty warunku wzajemnej prostokątności pomiędzy prowadnicą poziomą i prowadnicą pionową,
4. stabilność prowadnicy poziomej podczas przesuwu detektora położenia w polu operacyjnym,
5. zaopatrzenie głowicy sonorycznej w:
 - detektor położenia wyposażony w trzy przyciski sterujące pracą dekodera sonorycznego, które mają za zadanie:
 - a. kodowanie obrazów graficznych map,
 - b. tworzenie komentarzy (plików) dźwiękowych, do scen sonorycznych za pomocą systemu C.R i P.D., wyposażonego w mikrofon,
 - c. sprawdzanie jakości nagranych komentarzy (plików) dźwiękowych,
 - przycisk blokujący działanie przycisków sterujących pracą urządzenia podczas dekodowania testów sonorycznych,
 - krzyż kresek obserwowany na tle wycinka mapy,
 - pisak umożliwiający materializację położenia krzyża kresek w stosunku do wycinka mapy,
 - punkt oporowy umożliwiający niewidomemu oparcie na nim palca podczas posługiwania się urządzeniem,
6. zestaw do mocowania arkuszy z wydrukowanymi scenami sonorycznymi,
7. program umożliwiający testowanie parametrów dekodera z pomocą komputera,
8. instrukcje dotyczące obsługi digitizera i komputera podczas tworzenia testów sonorycznych.



Rys. 24. [V.7.] Warunki pracy digitizera sonorycznego

Sprawdzono wymienione w pierwszym etapie w założeniach warunki, a więc:

- prostopadłość prowadnic,
- poprawne zakodowanie dźwięków wzdłuż osi (sprawdzenie założonych wymiarów pola operacyjnego z ewentualną korektą przy pomocy ograniczników,
- właściwe współdziałanie ze sobą poszczególnych zespołów i podzespołów urządzenia (prawidłowe działanie: przycisków detektora położenia, przetworników, potencjometrów słuchawek, mikrofonu itd.),
- właściwości ergonomiczne urządzenia (badanie sprawności, płynności i precyzji poruszania detektorem położenia w polu operacyjnym dłonią ręki lewej, prawej i obiema dłońmi jednocześnie),
- zastosowanie sposobu mocowania plansz z mapami w polu operacyjnym,
- poprawność kodowania scen sonorycznych,
- możliwość wykorzystania głośników zamiast słuchawek.

Podczas prowadzonych badań i analiz wykorzystano planszę z testem zawierającym graficzny obraz „ramki” o szerokości 1 mm.

W drugim etapie badań sprawdzono techniczną dokładność urządzenia, od której zależy dokładność pozycjonowania dekodowanego punktu [Kuchmister, 1998]. W tym celu zaprojektowano i wykonano zestaw trzech testów, zawierających oznaczenia punktowe, odcinkowe i liniowe rozmieszczonych regularnie w polu operacyjnym:

- pierwszy z całej grupy test zawiera linie poziome i pionowe oraz ramkę ograniczającą pole operacyjne; linie naniesiono z graniczną dokładnością kodowania 1 mm
- drugi test zawiera odcinki poziome i pionowe o szerokości 1 mm, a długości 57 mm, punkty „kratowe” o wymiarze 1 mm × 1 mm oraz ramkę o szerokości 1 mm;
- trzeci zawiera linie poziome i pionowe o szerokości 1 mm, w odległości 59 mm z zaznaczonymi punktami węzłowymi (o wymiarze 5 mm × 5 mm) oraz ramkę o szerokości 1 mm.

Długość boków siatki (59 mm) dostosowano do modułu zmiany częstotliwości (jedna oktawa), a rozmieszczenie – do warunków fizjologicznych przeciętnego poziomu odbioru głośności i wysokości dźwięków, uzyskując linie pionowe, cztery w pierwszej części pola operacyjnego i trzy w drugiej.

Przy pomocy testów dokonano następujących analiz:

- jakości słyszalności zakodowanych dźwięków w obrębie pola operacyjnego,
- dokładności prowadzenia detektora położenia wzdłuż linii poziomych i pionowych,
- dokładności trafiaania w punkt (pole 1 mm × 1 mm), a następnie blok punktów (pole 5 mm × 5 mm) rozmieszczonych w polu operacyjnym; przy jednostajnej i zmiennej prędkości poruszania detektora w polu operacyjnym,

- podatności operatora na zmęczenie podczas pracy z urządzeniem.

Urządzenie testowano umieszczając kolejno każdą planszę z zestawu testów w polu operacyjnym. Program testowania zorganizowany był następująco:

- jako pierwszy etap wykonano prowadzenie detektora położenia wzdłuż kolejnych linii poziomych i pionowych z lewej do prawej i z prawej do lewej oraz z dołu do góry i z góry do dołu, korzystając z pierwszego testu zestawu,
- następnie, dla kolejnych testów, przeprowadzono dziesięciokrotne sonoryczne trafianie dla każdego z punktów węzłowych siatki testu.

Próby trafienia wykonywano przy jednostajnej i zmiennej prędkości poruszania detektora w polu operacyjnym. Każdą próbę trafienia poprzedzało sprowadzenie detektora położenia do dolnego rogu ramki kontrolnej.

Wyniki przeprowadzonych badań odnotowano w dokumentacji badawczej, jako wnioski, oraz w formie tabelarycznego zestawienia (dla każdego z trzech testów), w którym odnotowano liczbę trafień i nie trafień dla każdego z punktów węzłowych siatki.

Rozkład wartości błędów i układ izolinii uzasadniają wniosek, że wielkości błędów zależą od ukierunkowania ruchu.

Przeprowadzone badania wykazały, że zmiana prędkości wodzenia detektorem nie wpływa znacząco na uzyskany rozkład trafień.

W wyniku przeprowadzonej analizy, zarówno warunków techniczno-ergonomicznych jak i operacyjnych, związanych z wykorzystaniem digitizera sonorycznego, określono jako praktyczną dokładność sonorycznego pozycjonowania punktów w polu operacyjnym wartość 2 mm.

VI. ZAKRES EDUKACYJNYCH ZASTOSOWAŃ MODELI SONORYCZNYCH

VI.1. KATALOG

Zestaw aktualnie obowiązujących w Polsce programów nauczania przedmiotów realizowanych w klasach 1-8 szkoły podstawowej [Programy, 1992-1997] przyjęto jako podstawę opracowania liczącego 90 stron katalogu, który zawiera elementy programów dotyczące zagadnień przestrzennych, a szczególnie podstaw modelowania wizualnego. Układ katalogu (**tabela 1**) stanowi realizację oryginalnego, autorskiego systemu, w którym zostały wyróżnione cztery działy, rozbudowane w różnym stopniu.

Tabela 1

Podział problemów przestrzennych związanych z modelowaniem
w polskim programie edukacji szkolnej

numer katalogowy	sformułowanie problemu	liczba stron (w katalogu)
1.	Symbolizacja obiektów z uwzględnieniem jednej cechy	
1.1.	kształt	6
1.2.	wymiar (wielkość)	2
2.	Rozróżnianie dwóch oznaczeń obiektów	
2.1.	według jednej cechy:	
2.1.1.	• jakościowej	4
2.1.2.	• ilościowej	6
2.2.	według dwóch cech:	
2.2.1.	• jakościowych	4
2.2.2.	• ilościowych (lub mieszanych)	6
3.	Rozróżnianie w grupie liczącej więcej niż dwa oznaczenia	
3.1.	na podstawie jednej cechy:	
3.1.1.	• jakościowej	4
3.1.2.	• ilościowej	6
3.2.	na podstawie dwóch cech:	
3.2.1.	• jakościowych	6
3.2.2.	• ilościowych (lub mieszanych)	6
4.	Układ oznaczeń (scena)	
4.1.	Bezwzględne położenie elementów:	
4.1.1.	• punktów	6
4.1.2.	• linii otwartych	4
4.1.3.	• linii zamkniętych	4
4.2.	Względne położenie elementów:	
4.2.1.	w grupie wymiarowo jednorodnej:	
4.2.1.1.	• 0 wymiarowej (OD)	6
4.2.1.2.	• 1 wymiarowej (1D)	6
4.2.1.3.	• 2 wymiarowej (2D)	6
4.2.2.	• w grupie mieszanej	8

Komentarz do haseł zestawionych w tabeli 1:

Ad 1.

Symbolizacja traktowana jest jako podstawa modelowania wizualnego

- 1.1. Istotą procesu mentalnego jest dostrzeżenie wspólnej cechy grupy obiektów. Część programów edukacyjnych rozpatrywana w tym punkcie dotyczy atrybutu jako podstawy budowy relacji obiekt – znak. Celem ostatecznym jest zapewnienie uczniowi możliwości identyfikacji obiektu na podstawie oznaczenia, które choć jest uproszczeniem, ale zachowującym charakterystyczną cechę.

- 1.2 Punkt odnosi się do ważnej i trudnej części programu, dotyczącej oceny wymiaru obiektu w zależności od wielkości interesującego nas otoczenia. Jest to fundamentalne zagadnienie w modelowaniu.

Ad 2.

Głównym zagadnieniem tego działu jest identyfikacja znanego obiektu (lub wyobrażenie nieznanego) przez porównanie go z innym, dobrze znanym, jedynie na podstawie oznaczeń reprezentujących oba obiekty.

- 2.1.1 Punkt ten dotyczy przede wszystkim problemu porównania jako sposobu wytworzenia skojarzeń między znakiem a reprezentowanym przez ten znak obiektem.
- 2.1.2 W tej części grupuje się zagadnienia prowadzące do mentalnego procesu porównania (przez przeciwstawienie) jako elementu oceny. Ostatecznym celem jest wyobrażenie nieznanymi rzeczywistych obiektów, nawet bardzo długich lub wysokich.
- 2.2.1 Zagadnienia tej części programów edukacyjnych to mentalna notacja połączenia dwóch cech w jednym rzeczywistym obiekcie albo w znaku przedstawiającym obiekt dwuparametrowy.
- 2.2.2 W tym punkcie skupione są problemy bardzo ważne dla dokładności modelowania. Dwuparametrowe, ilościowe charakterystyki traktowane w połączeniu, stwarzają możliwość oceny rozmiarów obiektu (lub znaku) na drodze porównania z dobrze znanymi jednostkami. Jest to bazą mierzenia i skalowania.

Ad 3.

W tym dziale rozważa się zbiory liczące więcej niż dwa obiekty. Głównym problemem jest właściwy wybór, rozróżnienie, identyfikacja właściwego elementu w całym zbiorze. Jak poprzednio, znak może być wykorzystany jako reprezentujący obiekt dzięki zachowaniu charakterystycznych cech obiektu, zarówno jakościowych, jak ilościowych.

- 3.1.1 Charakterystycznym procesem mentalnym części edukacji omawianej w tym punkcie jest porównanie kilku elementów, aby znaleźć jeden różniący się od pozostałych.
- 3.1.2 Punkt odnosi się do grupowania. Zastosowanie charakterystyk ilościowych umożliwia podział elementów na trzy rozłączne grupy, metodą stopniowania cech. Jest to bardzo ważny krok w kreowaniu wyobrażeń o różnych grupach rzeczywistych obiektów. Znaki mogą wyrażać skalowanie porządkowe (krótki – średni – długi) jako przykład agregacji wartości rzeczywistych.
- 3.2.1 Ta część programu dotyczy zagadnień bardziej złożonych niż w punkcie 3.1.1, a też odnoszących się do przeszukiwania zbioru a następnie grupowania elementów: najpierw zgodnie z jedną cechą, a następnie – wyróżniając podgrupę odpowiadającą drugiej (jakościowej). Głównym celem jest skojarzenie między znakiem i obiektem na podstawie dwóch cech.
- 3.2.2 Punkt skupia zagadnienia edukacyjne związane z porównaniem, w odniesieniu do jednostek bazowych (poła, długości), jako drogi do rozumienia procesu skalowania.

Ad 4.

Przestrzenna organizacja modelu wizualnego (sceny) jest głównym problemem tego działu.

- 4.1.1. Zagadnienia charakteryzujące tę część edukacji dotyczą redukcji wymiaru obiektów dwuwymiarowych (i trójwymiarowych) do punktów, zgodnie z oddaloną pozycją obserwatora. W przypadku modelowania kartograficznego jest to dostosowane do widoku „z góry”. Bardzo ważne jest też zrozumienie układu odniesienia.
- 4.1.2. W tym punkcie istotne jest wytworzenie u ucznia wyobrażenia linii jako redukcji obiektów 2D (lub 3D) długich i wąskich, zgodnie z widokiem z oddali (dla map – z góry), a także – potraktowanie linii jako następstwa punktów.
- 4.1.3. Podstawowym celem tej części edukacji jest stworzenie wyobrażeń małych obszarów, ograniczonych linią konturów, jako wyniku redukcji obiektów 2D (lub 3D) przy obserwacji z oddali (dla map – z góry), a także umiejętności traktowania linii konturowej (zamkniętej) jako reprezentacji obiektu.
 - 4.2.1.1. Punkt odnosi się do wytworzenia umiejętności rozpoznania uporządkowanego lub przypadkowego rozkładu położeń zbioru elementów punktowych (obiektów rzeczywistych lub znaków).
 - 4.2.1.2. Treści edukacyjne, związane z układem linii (uporządkowanym lub przypadkowym), odgrywają ważną rolę w modelowaniu takich naturalnych i sztucznych obiektów jak rzeki, drogi, linie przesyłowe. Typy układów i sposoby ich określenia stanowią zagadnienia zebrane w tym punkcie.
 - 4.2.1.3. Ta część edukacji dotyczy zbioru elementów 3D, które są reprezentowane przez ich kontury (linie zamknięte). Nauka ma na celu wytworzenie umiejętności wyróżnień typów rozkładów przestrzennych obiektów, regularności grupowania. Podstawą są oceny względne położenia elementów. Takie pojęcia jak: kompozycja, struktura, symetria są bardzo ważne przy modelowaniu scen zawierających jeziora, wyspy, elementy osadnictwa.
- 4.2.2. Ten dział stanowi podsumowanie wszystkich wcześniejszych, łącząc zagadnienia i stosowane rozwiązania. Znaki tworzące scenę mają być źródłem informacji o rzeczywistości. Zastosowanie grup elementów 0D, 1D i 2D w tym specyficznym modelu powinno być podstawą wyobrażeń o nieznanymi krajobrazach jako kompozycji mentalnych notacji – ekwiwalentnych do odpowiednio skonstruowanych oznaczeń obiektów i ich odpowiedniego układu.

W katalogu zastosowano układ sekwencyjny stron, zgodnie z kolejnością działów i ich części (tab. 1). Układ kolumn tabel dostosowany został do potrzeb różnego rodzaju analiz teoretycznych i praktycznych. W trzech pierwszych działach wyróżniono następujące kolumny: 1 – „klasa”, 2 – „wiek”, 3 – „przedmiot” i „odnośnik bibliograficzny” do podręcznika, 4 – „wyszczególnienie” (treści), 5 – „obiekty”, 6 – „pomoc”, 7 i 8 – „język operacyjny” (7 – „polecenia”, 8 – „poszczególne pojęcia”), 9 – „ogólne pojęcia”, 10-12 – „zakres zastosowań” (10 – „ogólnych”, 11 – „szczegółowych”, 12 – „praktycznych”). W dziale czwartym rozbudowano kolumnę czwartą rozdzielając – treści odnoszące się do położenia od treści odnoszących się do orientacji, natomiast połączono kolumny: „obiekty” i „pomoc”. Pozostałe kolumny są analogiczne jak dla pierwszych trzech działów. Układ wierszy tabel odpowiada kolejnym klasom, a w klasach – przedmiotom, w programach których występują zagadnienia przestrzenne lub związane z modelowaniem.

VI.2. ANALIZA DANYCH DOTYCZĄCYCH UDZIAŁU PROBLEMÓW PRZESTRZENNYCH W POLSKIM PROGRAMIE EDUKACYJNYM

Dane zebrane w katalogu zwaloryzowano, stosując trzystopniową skalę ocen od najwyższej 3, przypisanej treściom szczególnie znaczącym, do najniższej – 1. Do celów analizy ogólnej zachowano jednolitość kategorii: „wyszczególnienie” łącząc, w dziale czwartym kolumny: „położenie” i „orientacja”, podobnie połączono obie części tworzące „język operacyjny” oraz kolumny: „szczegółowe zastosowania” i „praktyczne zastosowania”, nadając nowej kolumnie nazwę: „zastosowania użytkowe”. Tak utworzona zbiorcza tabela zawiera dane, umożliwiające różnorodne porównania, odnoszące się do organizacji procesu edukacji szkolnej w zakresie relacji przestrzennych. W **tabeli 2** przedstawiono zestawienie danych, według działów i klas, odrębnie dla każdego z ośmiu wyróżnionych przedmiotów. Tylko matematyka i nauka o sztuce reprezentowane są w pełnym, ośmioklasowym cyklu nauczania. Jeśli idzie o tworzenie i wykorzystanie modeli układów przestrzennych geografia, technika, fizyka oraz biologia pojawiają się w programach od klasy czwartej. Bardzo ważną część najwcześniejszego, praktycznego kształcenia ucznia, w zakresie relacji przestrzennych, realizuje się w ramach przedmiotu środowisko społeczno-przyrodnicze w klasach 1-3. Jednak nie tylko matematyka i nauka o sztuce stanowią zasadniczą teoretyczną bazę pojęciową modelowania wizualnego. Okazuje się, że znaczącą rolę odgrywa językowy aparat formalny. Także mapy małoskalowe, stanowiące najbardziej abstrakcyjny rodzaj scen wizualnych wykorzystywane są w nauczaniu historii wcześniej niż w geografii, umożliwiając wyobrażenia tras przemarszów wojsk, zasięgu wpływów, granic państw i kontynentów.

W **tabeli 3a** zestawiono wyniki punktowej oceny udziału tematyki przestrzennej w każdym z działów, w układzie klas. Struktura programu, w początkowym etapie nauczania (klasy 1-3), może być scharakteryzowana jako: 13:27:20:40, przy czym poszczególne liczby wyrażają procentowy udział treści kolejnych działów. W klasach 4-8 struktura ulega nieznacznej zmianie: 11:24:22:43, a w pełnym cyklu edukacji podstawowej kształtuje się jako: 12:25:21:42.

Wyraźnie dominujący jest udział treści, przydatnych dla modelowania scen wizualnych w dziale czwartym, a najniższy w dziale pierwszym, jednak poziom ocen zbiorczych wyznaczony został na podstawie ocen cząstkowych i niewłaściwe byłoby wnioskowanie o mniejszym znaczeniu działu pierwszego od drugiego, czy drugiego od czwartego – w procesie kształtowania u ucznia intelektualnych podstaw modelowania. Rola każdego działu jest inna, ale wszystkie treści są niezbędne, niezależnie od poziomu udziału treści, które są dlań charakterystyczne i od miejsca w programie szkolnym. Właściwe proporcje udziału i logicznie uwarunkowana sekwencja – przesądzają o skuteczności edukacji.

Tabela 2.

Ocena punktowa tematyki przestrzennej w polskim programie edukacji szkolnej
(klasy 1-8) w układzie przedmiotowym

Matematyka					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
1	27	52	59	56	194
2	7	23	17	38	85
3	0	26	15	58	99
Σ	34	101	91	152	378
4	7	40	29	62	138
5	5	41	19	43	108
6	15	29	24	67	135
7	5	24	27	57	113
8	3	36	25	19	83
Σ	35	170	124	248	577
ΣΣ	69	271	215	400	955

Nauka o sztuce					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
1	19	40	0	36	95
2	8	4	10	32	54
3	8	6	2	28	44
Σ	35	50	12	96	193
4	12	7	0	0	19
5	9	7	0	0	16
6	7	4	0	0	11
7	0	2	0	2	4
8	8	0	0	0	8
Σ	36	20	0	2	58
ΣΣ	71	70	12	98	251

Środowisko społeczno-przyrodnicze					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
1	9	20	12	3	44
2	6	9	15	38	68
3	18	24	13	57	112
Σ	33	53	40	98	224

Język polski					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
1	8	10	7	0	25
2	3	11	19	6	39
3	0	14	9	13	36
Σ	11	35	35	19	100

Biologia + Geografia					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
4	0	9	41	53	103
5	4	14	16	53	0
6	20	39	23	32	114
7	9	20	14	34	77
8	0	5	33	27	65
Σ	33	87	127	199	446
ΣΣ	66	140	167	297	670

Historia					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
4	9	8	1	19	46
5	9	0	0	3	12
6	0	0	2	3	5
7	0	3	0	9	12
8	0	0	0	0	0
Σ	18	11	12	34	75

Technika					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
4	6	11	0	17	34
5	0	0	0	0	0
6	0	0	3	15	18
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
Σ	6	11	3	32	52

Fizyka					
klasa	dział				Σ
	1	2	3	4	
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	6	6	12
7	2	0	4	16	22
8	0	0	0	0	0
Σ	2	0	10	22	34

Działy: $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Symbolizacja} \\ 2. \text{ Rozpoznanie przez porównanie (parami)} \\ 3. \text{ Rozpoznanie przez wybór (w grupie)} \\ 4. \text{ Układ (relacja)} \end{array} \right\} \text{ identyfikacja}$

Tabela 3.

Ocena tematyki przestrzennej w polskim programie edukacji szkolnej (klasy 1-8)

a) ocena punktowa

klasy	działy				Σ [punkty]
	1	2	3	4	
1	63	122	78	95	358
2	24	47	61	114	246
3	26	70	39	156	291
Σ	113	239	178	365	895
4	34	75	80	151	340
5	27	62	35	99	223
6	42	72	58	123	295
7	16	49	45	118	228
8	11	41	58	46	156
Σ	130	299	276	537	1242
$\Sigma\Sigma$	243	538	454	902	2137

b) udział procentowy (w kolejnych klasach)

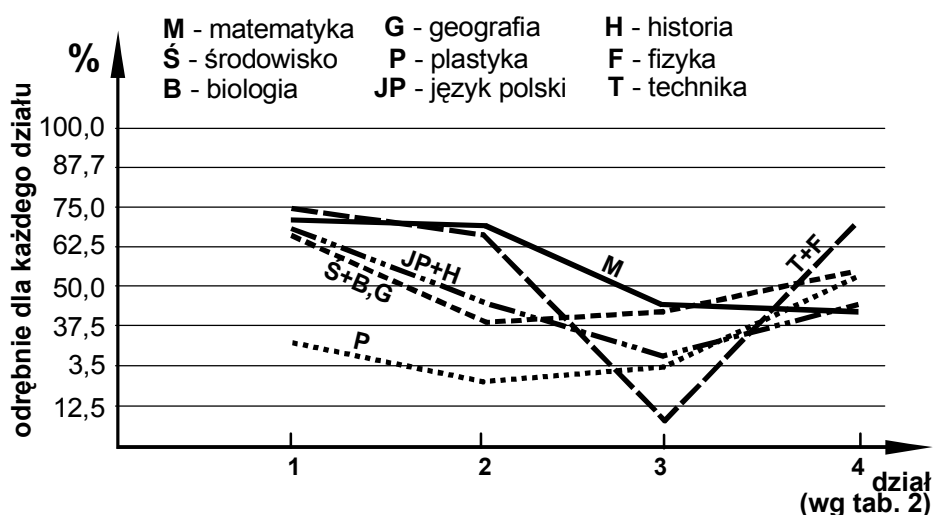
klasy	działy				Σ [%]
	1	2	3	4	
1	18	34	22	26	100
2	10	19	25	46	100
3	9	24	13	54	100
4	10	22	24	44	100
5	12	18	16	44	100
6	14	24	20	42	100
7	7	21	20	52	100
8	7	26	37	30	100

c) udział procentowy (w całości programu)

klasy	działy				Σ (%)
	1	2	3	4	
1	3,0	5,8	3,7	4,5	17
2	1,1	2,1	2,7	5,1	11
3	1,3	3,4	1,8	7,5	14
4	1,6	3,5	3,8	7,1	16
5	1,2	2,8	1,6	4,4	10
6	2,0	3,3	2,8	5,9	14
7	0,8	2,3	2,2	5,7	11
8	0,5	1,8	2,6	2,1	7
Σ	12	25	21	42	100

W rozpatrywanej części programu, dotyczącej zagadnień modelowania przestrzennego, ocena treści realizowanych w klasach 1-3 jest, w stosunku do całości, na poziomie 42%, przy czym w dziale pierwszym – na poziomie 46%, w dziale drugim – 44%, w dziale trzecim – 39%, w dziale czwartym – 40%, a więc w poszczególnych działach przekracza odpowiednio o 8,5%; 6,5%; 1,5% i 2,5% „proporcjonalny” do liczby klas „średni” udział. Występuje efekt: dominującego znaczenia działu pierwszego w najwcześniejszym etapie edukacji, nieco mniejszego w odniesieniu do działu drugiego, niewielki zaś – do działu trzeciego, którego dominacja występuje w wyższych klasach.

Dane, zgromadzone w tabelach 3b, 3c – umożliwiają porównanie udziału każdego z działów w całości programu, dotyczącego zagadnień przestrzennych. W tabeli 3b jako całość traktowany jest program danej klasy, a w tabeli 3c – program ośmiu klas. Ekstremalna najwyższa wartość wystąpiła w klasie trzeciej, w dziale czwartym osiągając aż 54% programu klasy a 7.5% programu szkoły podstawowej w zakresie edukacji przestrzennej. Strukturę przedmiotową programu poszczególnych działów można prześledzić na **rysunku 25**, analizując dane zebrane w **tabeli 4**.



Rys. 25. [VI. 1.] Ogólny rozkład problematyki przestrzennej w polskich programach dla klas 1-8

W klasach: 1-3 procentowy udział treści związanych z problemami przestrzennymi w programie przedmiotów matematyka, środowisko społeczno-przyrodnicze, nauka o sztuce i język polski jest następujący: $M:\dot{S}:P:JP = 41:25:21:13$.

W drugim etapie edukacji struktura przedstawia się: $M:B + G:P:H:F = 44:34:8:9:4:3$.

W całości programu: $M:\dot{S} + B + G:P:JP:H:T + F = 42:30:15:10:3$.

Wyniki analizy potwierdzają tezę, że w pierwszym etapie edukacji dominującą rolę odgrywa matematyka. Podstawy formalne uzupełniane są doświadczeniami, obserwacjami i zastosowaniami kształtowanymi przy realizacji nauki o środowisku, w czasie lekcji o sztuce (plastyki), ale i w bardzo ważnym zakresie, szczególnie dla modelowania wizualnego.

Tabela 4.

Procentowy udział tematyki przestrzennej w ramach przedmiotów
w programach dotyczących poszczególnych działów

przedmioty		działy			
		1	2	3	4
klasy 1-3	matematyka	30	42	51	42
	środowisko społ.- -przyrodnicze	29	22	22	27
	nauka o sztuce	31	21	7	26
	język Polski	10	15	20	5
Σ (%)		100	100	100	100

przedmioty		działy			
		1	2	3	4
klasy 4-8	matematyka	27	57	45	46
	biologia + geografia	25	29	46	37
	nauka o sztuce	27	6	0	0
	historia	14	4	4	7
	technika	5	4	1	6
	fizyka	2	0	4	4
Σ (%)		100	100	100	100

W drugim etapie kształcenia akcenty aplikacyjne stają się silniejsze (biologia z geografą stanowi aż 34% całości programu w rozważanym zakresie), a różnorodność zastosowań zwiększa się (historia, technika, fizyka). Matematyka wciąż odgrywa dominującą rolę, jako podstawa modelowania obiektów i ich grup, z uwzględnieniem relacji przestrzennych: wielkości, kształtów, wymiarów, układu i położenia. Istotne jest, że wykorzystanie modeli służy: kreacji wyobrażeń przestrzennych nie tylko obiektów nieznanych lub niedostępnych, ze względu na rozmiary, bezpośrednio, zmysłowemu poznaniu, ale i – skojarzeniom mentalnym, stanowiącym syntezę zarówno realne (schematy przepływu prądu, modele maszyn i urządzeń), jak – zgoła abstrakcyjne. Oczywiście analizowane programy opracowane są dla dzieci widzących, a więc metody, pomoce i modele dostosowane są do percepcji wizualnej.

VI. 3. ANALIZA DANYCH DOTYCZĄCYCH UDZIAŁU PROBLEMÓW PRZESTRZENNYCH, POZNAWALNYCH Z UŻYCIEM METOD I POMOCY SONORYCZNYCH, W POLSKIM PROGRAMIE EDUKACJI PRZESTRZENNEJ

Wyniki punktowej oceny możliwości zastosowań metody sonorycznej przedstawiono w postaci tabelarycznej, stosując układ kolumn 1.1-4.2 analogiczny jak w zbiorczej tabeli oceny danych katalogowych, dotyczących podstawowej, ogólnodostępnej edukacji przestrzennej w Polsce w układzie klas, a w klasach – przedmiotów (por. VI.2). Treściom, które wydają się odpowiadać warunkom metody sonorycznej w stopniu najwyraźniejszym nadano wartość 3, w stopniu wyraźnym – 2, a umiarkowanym – 1. Na ile oceny i przypuszczenia autorów zostały określone słusznie – przesądzić może weryfikacja praktyczna zestawu testów i innych edukacyjnych pomocy sonorycznych w szkolnej pracy z niewidomymi.

Odpowiednio agregując dane opracowano kartogramiczne modele (**rys. 26**) umożliwiające ocenę porównawczą warunków użycia metody sonorycznej w polskim programie szkolnym, w grupie przedmiotów, w których realizuje się edukację przestrzenną. Liczbę klas i granicę przedziałów klasowych kartogramów ustalono na podstawie analizy rozkładu wartości charakteryzującego matematykę (A) i konsekwentnie, aby umożliwić porównanie, powtórzono dla przedmiotów grupy (B-E).

Analiza rozkładu poziomu możliwości zastosowania metody sonorycznej w nauczaniu niewidomych uczniów podstaw modelowania obiektów punktowych, liniowych i powierzchniowych na płaszczyźnie, wyraźnie wskazuje na dominującą rolę matematyki (rys. 26a): w tym programie 55% ogółu pól zaliczonych do klasy 1, a 52% – do klasy 2. Jako następny przedmiot, w którym przewidywać można znaczącą rolę pomocy sonorycznych, wymienić można (rys. 26c) środowisko społeczno-przyrodnicze, kontynuowane od klasy czwartej jako biologia i geografia; w tej grupie mieści się 25% pól zaliczonych do klasy 1.

Istotne znaczenie ma otwarcie wyraźnych możliwości pomocy niewidomym uczniom w zakresie rozwiązywania najbardziej złożonych problemów modelowania, charakteryzujących dział czwarty: dotyczący układu elementów. Aż 58% ogółu pól zaliczanych do klasy pierwszej i 52% – do klasy drugiej mieści się w tym właśnie dziale. Niemal dwukrotnie niższy: a mianowicie wynoszący 32% w klasie pierwszej i 24% w klasie drugiej, jest poziom intensywności – w dziale drugim, dotyczącym rozpoznania obiektu na podstawie pary znaków: reprezentującego obiekt i znanego, wzorcowego. Szczególnych preferencji zastosowań metody sonorycznej można spodziewać się przy realizacji programu matematyki w dziale 2.1, a więc części dotyczącej użycia, przy rozpoznaniu obiektu, porównań oznaczeń jednoparametrowych. 50% pól zaliczono w tym dziale do pierwszej klasy i po 25% – do drugiej i trzeciej. Podobnie można ocenić rangę zastosowań metody przy realizacji programu bloku przedmiotów: środowisko społeczno-przyrodnicze, biologia, geografia, w części 4.2 dotyczącej względnego położenia grupy elementów. 50% pól zaliczono, w tym bloku przedmiotowym i dziale, do pierwszej

A. Matematyka

kl.	działy							
	1		2		3		4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
1	11	13	18	24	18	19	12	17
2	6	0	14	2	10	0	2	15
3	0	0	22	0	8	0	11	15
4	7	0	18	9	3	7	16	18
5	2	0	20	6	1	3	1	6
6	6	5	7	7	0	7	22	15
7	2	0	10	6	6	6	4	15
8	2	0	14	12	7	7	2	2

B. Nauka o sztuce

kl.	działy							
	1		2		3		4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
1	12	7	29	11	0	0	3	33
2	8	0	0	4	6	4	0	32
3	8	0	0	6	2	0	9	19
4	12	0	7	0	0	0	0	0
5	7	2	7	0	0	0	0	0
6	7	0	0	4	0	0	0	0
7	0	0	0	2	0	0	0	2
8	8	0	0	0	0	0	0	0

C. (1-3) Środowisko przyr.-społeczne
(4-8) Biologia + geografia

kl.	działy							
	1		2		3		4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
1	2	0	7	0	0	5	0	0
2	0	0	0	2	0	6	0	10
3	2	9	0	4	0	0	4	30
4	0	0	0	4	4	10	8	13
5	2	0	0	0	0	0	13	16
6	11	6	11	8	7	3	5	23
7	9	0	8	7	7	3	2	15
8	0	0	0	3	10	16	3	17

D. (1-3) Język polski,
(4-7) Historia

kl.	działy							
	1		2		3		4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
1	4	0	3	1	0	0	0	0
2	0	0	9	0	2	3	0	1
3	0	0	6	0	0	0	0	1
4	0	6	2	0	5	0	0	9
5	9	0	0	0	0	0	0	2
6	0	0	0	0	0	2	0	2
7	0	0	0	0	0	0	8	0

E. Technika + fizyka

kl.	działy							
	1		2		3		4	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
4	0	5	0	7	0	0	0	15
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	13
7	1	0	0	0	0	0	0	9

Legenda

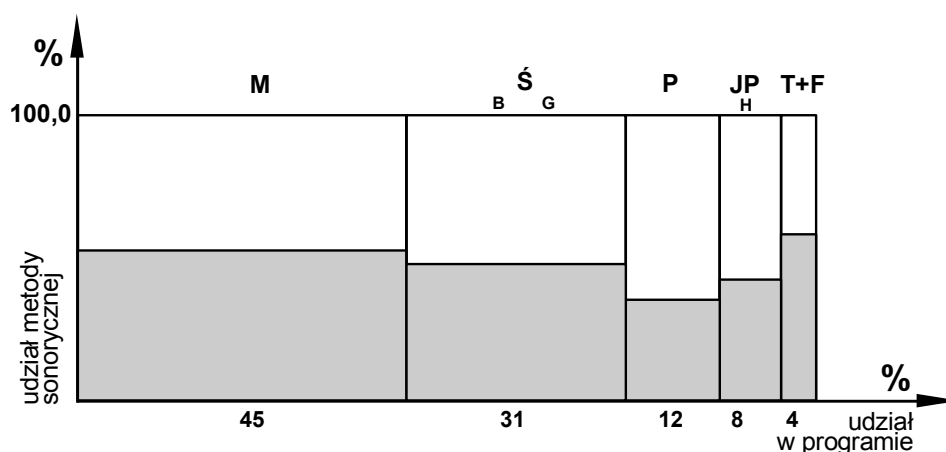
klasa	liczba punktów	intensywność
1.	 > 15	bardzo duża
2.	 11-15	duża
3.	 6-10	średnia
4.	 < 5	mała

Rys. 26. [VI.2.] Użycie metody sonorycznej w szkolnej edukacji przestrzennej

klasy, 25% do drugiej i 12,5% do trzeciej. W tym samym dziale, ale realizowanym w ramach matematyki, wskazać można w dwóch klasach (a więc – 25% wszystkich klas) najwyższą ocenę intensywności użycia metody, w czterech (50% wszystkich) wysoką (rys. 26a). Wyspowo, a więc w pojedynczych klasach i działach (lub ich częściach) najwyższą rangę przypisano jeszcze tylko zastosowaniom metody przy realizacji programu plastyki (rys. 26b), natomiast nie ma reprezentacji pierwszej klasy intensywności w żadnym polu dotyczącym realizacji programu języka polskiego, historii, techniki i fizyki (rys. 26d, 26e).

VI. 4. PROGNOZA PRZYDATNOŚCI METODY SONORYCZNEJ W REALIZACJI POLSKIEGO PROGRAMU EDUKACJI PRZESTRZENNEJ

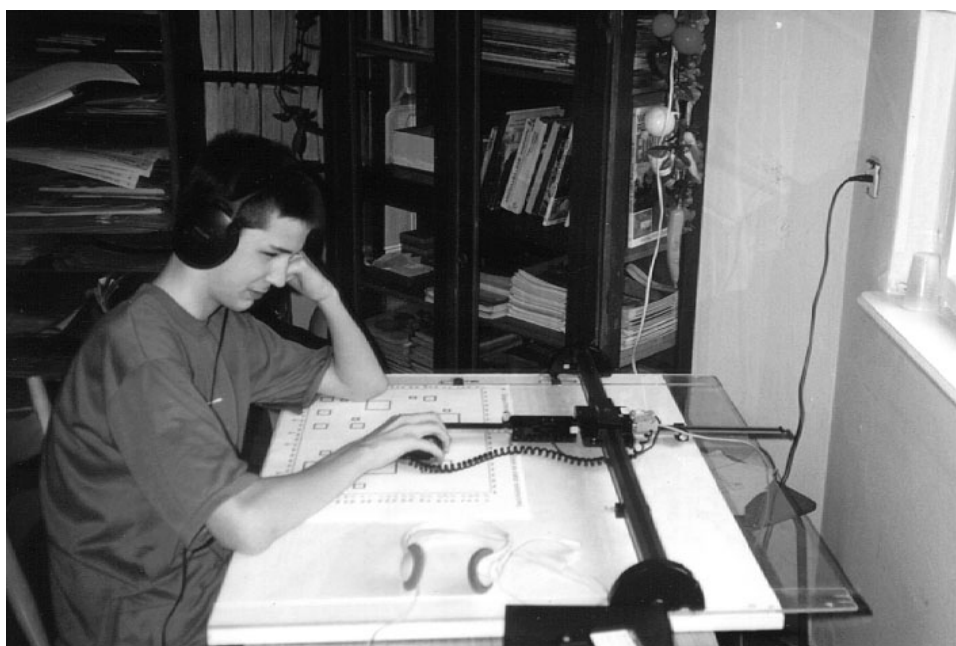
Porównując bezwzględne wartości, charakteryzujące intensywność elementów przestrzennych programu edukacyjnego (w układzie klas, a w klasach – przedmiotów) z intensywnością części programu, która może być realizowana z zastosowaniem metod i pomocy sonorycznych, można określić analizowany poziom udziału zastosowań sonorycznych w realizacji całości programu edukacji przestrzennej. Jest on równocześnie wyznacznikiem znaczenia metody sonorycznej w programie edukacji niewidomych w zakresie relacji przestrzennych (rys. 27).



Rys. 27. [VI. 3.] Przydatność metody sonorycznej w polskim programie edukacji przestrzennej

VII. PRAKTYCZNA NAUKA PRACY Z URZĄDZENIEM

Wstępny etap pracy obejmuje zapoznanie się z urządzeniem, przeznaczeniem wszystkich przycisków powodujących włączanie i wyłączanie odpowiednich funkcji oraz dobre opanowanie kolejności operacji. Podstawowe znaczenie ma trening z wykorzystaniem testów. Uczeń ma do dyspozycji wcześniej przygotowany zestaw tworzący zbiór dyskietek, właściwy dla danego poziomu edukacji i zakresu tematycznego lub przedmiotu. Przy pracy w szkole (**rys. 28**) nie jest potrzebny komputer, interaktywny system umożliwia użytkownikowi wybór dyskietki zawierającej właściwy materiał dydaktyczny. Sekwencja testów zależy od wieku użytkownika rozpoczynającego pracę na digitizerze sonorycznym. Najlepsze efekty uzyskują dzieci rozpoczynające dekodowanie prostych scen już w pierwszym roku edukacji szkolnej. W każdym wieku o efektywności zastosowań metody w pracy szkolnej przesądza stopień wytworzenia i utrwalenia skojarzeń modułowych różnic dźwięków z odpowiednimi odległościami punktów usytuowanych w różnych częściach pola operacyjnego.



Rys. 28. [VII.1.] Praca niewidomego z digitizerem sonorycznym

Skojarzenia modułów, wyznaczonych przez ruchy dłoni niewidomego w czasie dekodowania elementów scen, z odpowiadającymi im interwałami dźwięków, w założeniu autorów metody ułatwić ma wykorzystanie przy wyborze modułów, walorów muzycznej

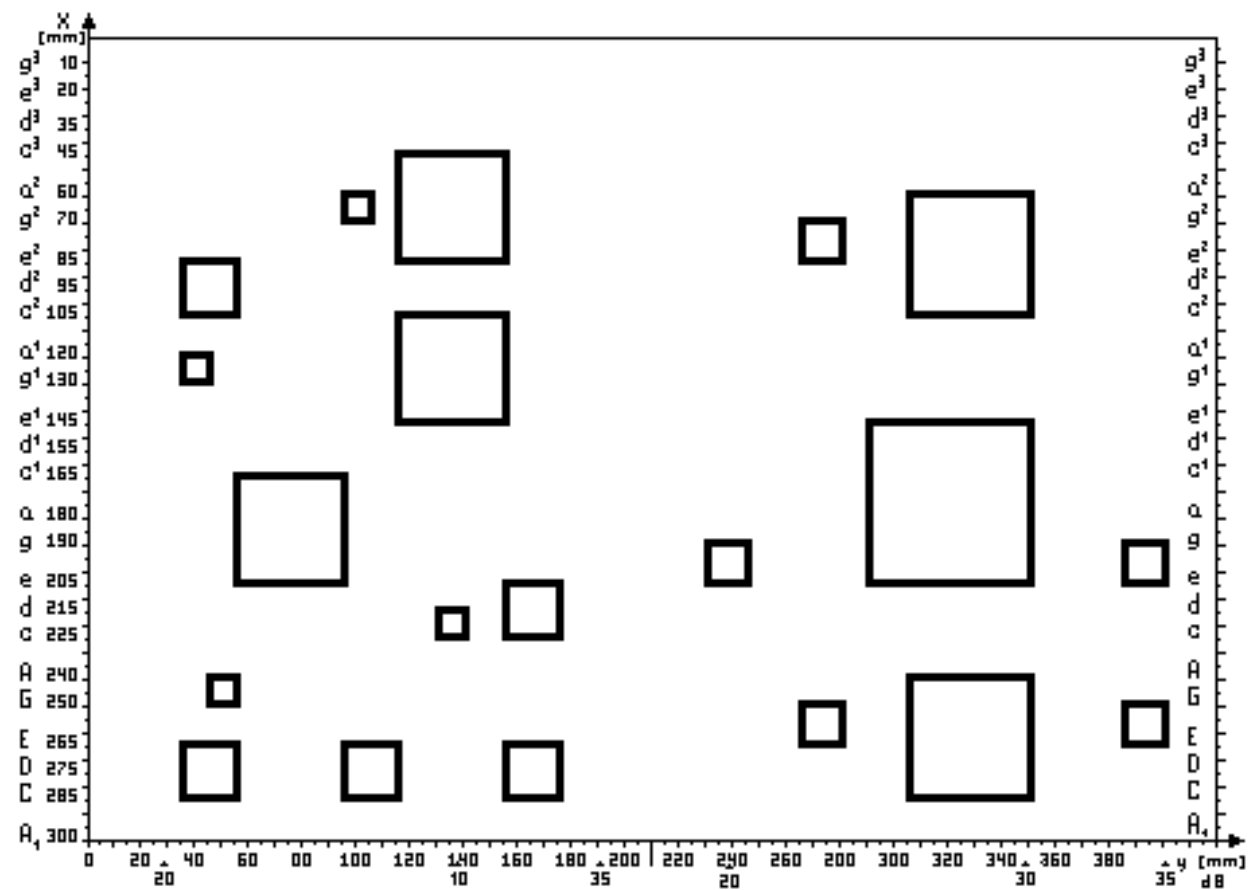
skali Orffa-Kodaly'ego. Sekwencja dźwięków c – d – e – g – a tworzy najbardziej percepcyjnie naturalny dla człowieka układ interwałów dźwiękowych. Odpowiada im, w polu operacyjnym digitizera, układ linii poziomych w odstępach 10 mm – 10 mm – 15 mm – 10 mm, przy czym odległość między kolejnymi cyklami (w kolejnych oktawach) wynosi 15 mm. Pierwszą grupę testów stanowią układy punktów usytuowanych wyłącznie w węzłach siatki sonorycznej, którą tworzą linie poziome wyznaczone przez dźwięki o częstotliwościach odpowiadających skali Orffa i analogiczne, co do sekwencji rozstępów, usytuowane linie pionowe. Pierwszy etap nauki polega na zapoznaniu ucznia z pełnym układem odcinków poziomych, ściśle w polach c – d – e – g – a, w różnych oktawach pola operacyjnego (rys. 3), następnie zaś tylko z zachowaniem odpowiednich odstępów (d – e – fis – a – h). Oparcie skojarzeń przestrzennych na odbiorze dźwięków, które reprezentują dość daleko od siebie położone punkty (otwartych lub konturowych linii) jest trudne. Jednak proces ten jest w znaczący sposób wspomagany przez linearny, sekwencyjny, a więc dla niewidomego ucznia najbardziej naturalny, ruch prowadzącej wskaźnik – dłoni. W pierwszym etapie nauczyciel wodzi więc detektorem położenia po zakodowanych elementach testu, a uczeń odsłuchuje sekwencje odpowiadających im dźwięków.

W następnej grupie testów, wyznaczające przebieg linii punkty węzłowe zostają odcinkowo połączone sekwencją dźwięków pośrednich, jednak w początkowym etapie stanowiłoby to percepcyjnie zaburzający „szum informacyjny”. Percepcja zostaje więc, w założeniu autorów, potraktowana hierarchicznie: zasadniczą rolę odgrywa odbiór różnicowy i rozpoznanie utrwalonych w pierwszym etapie treningu interwałów charakterystycznych par dźwięków, stanowiących węzły siatki sonorycznej, dopiero następnie – odbiór sekwencji dźwięków charakteryzujących przebieg całych modułów.

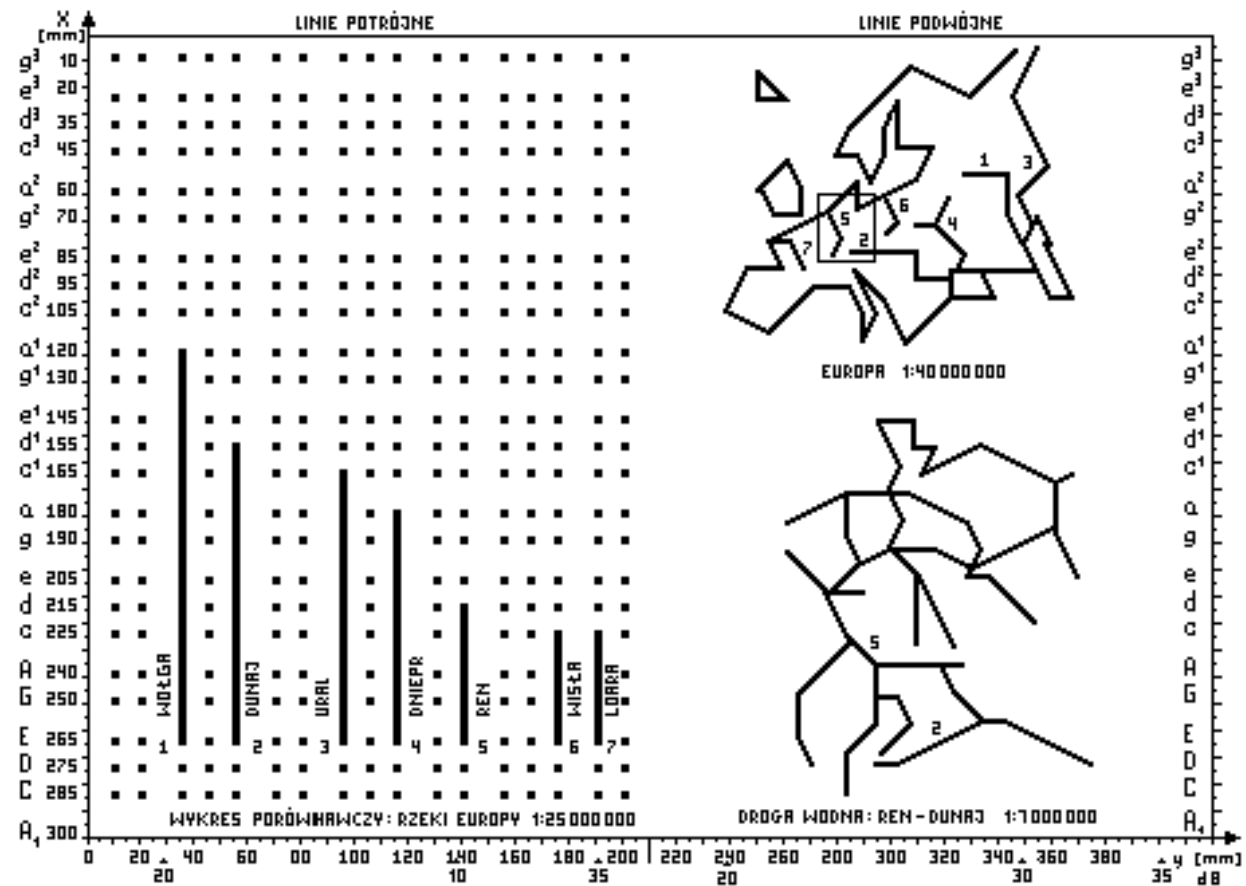
Kolejna grupa testów zawiera obiekty zbudowane z odcinków pionowych i poziomych, stanowiących dowolne kombinacje modułów zasadniczych (10 mm i 15 mm).

Nauczyciel pomaga niewidomemu prowadzić rękę detektorem po linii testu, aby połączyć wrażenia kinetyczne, motoryczne z elementami dźwięków i w efekcie dopiero wówczas niewidomy ćwiczy samodzielne dekodowanie ścieżki dźwiękowej. Wprowadzanie modułów linii ukośnych typu: b, c, d (paragraf IV. 2) potrójnych, podwójnych, lub pojedynczych, umożliwia konstrukcję bardziej skomplikowanych scen. Zachowany jest modułarny sposób aproksymacji linii z użyciem wyłącznie zestawu uprzednio zdefiniowanych wartości modułów, jednak dowolne jest ich następstwo oraz nie musi być zachowane położenie punktów charakterystycznych, wyznaczających przebieg linii nawet na poziomych liniach sonorycznych skali Orffa.

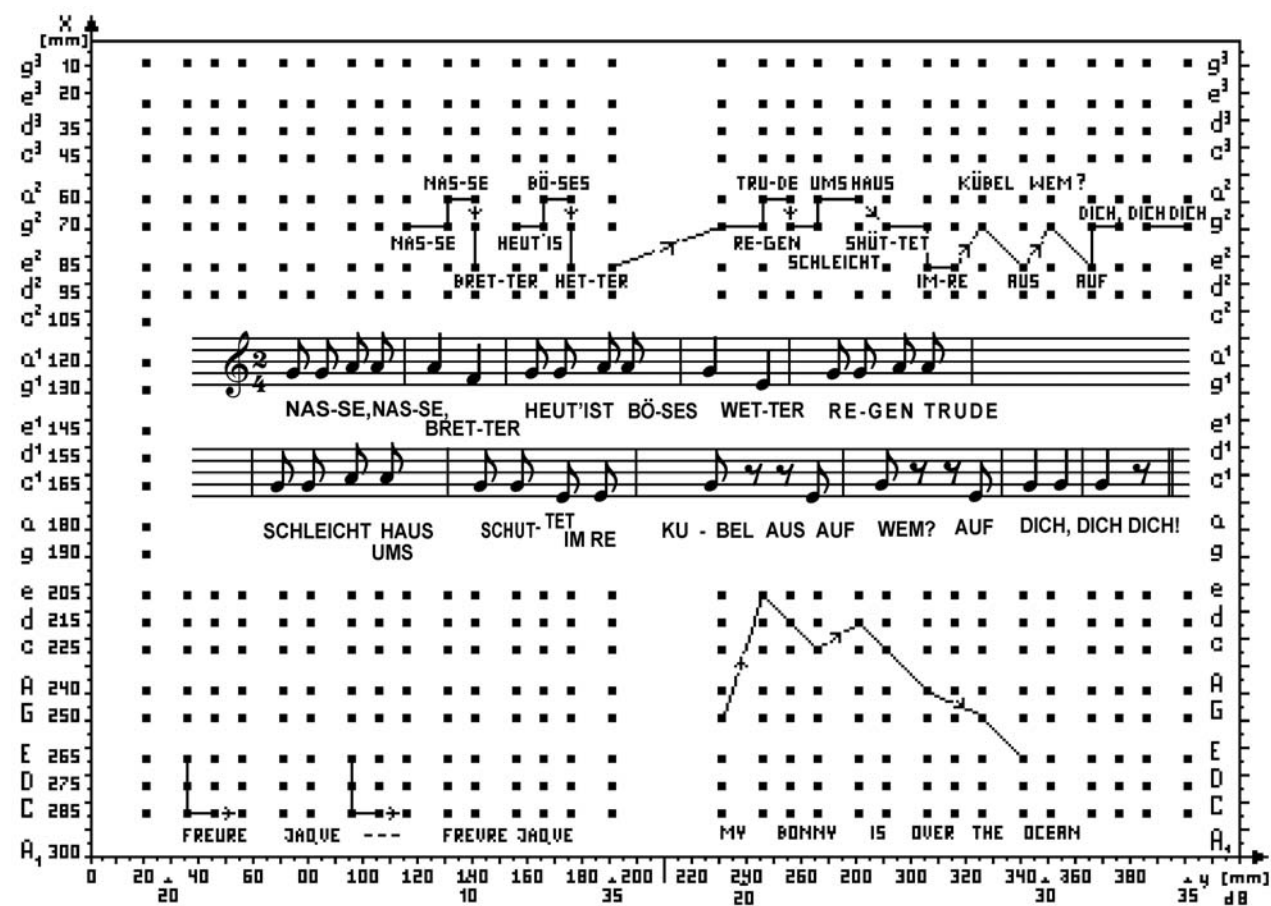
Podobnie jak w metodzie Tonic-Solfa (której twórcami byli w XIX wieku Anglicy: J. Ewans i J. Curven, opartej na przykładach zmierzających do ułatwienia czytania nut głosem) nazwy dźwięków nie są ważne, ale podstawą słyszenia dla przeciętnie zdolnych uczniów są opanowane (zapamiętane, wyobrażone), interwały [Przychodzińska-Kaciczak, 1969]. W praktyce nauczyciel używa literowych „nazw” modułów zgodnych z rysunkiem 16 lub 17, zależnie od szerokości linii.



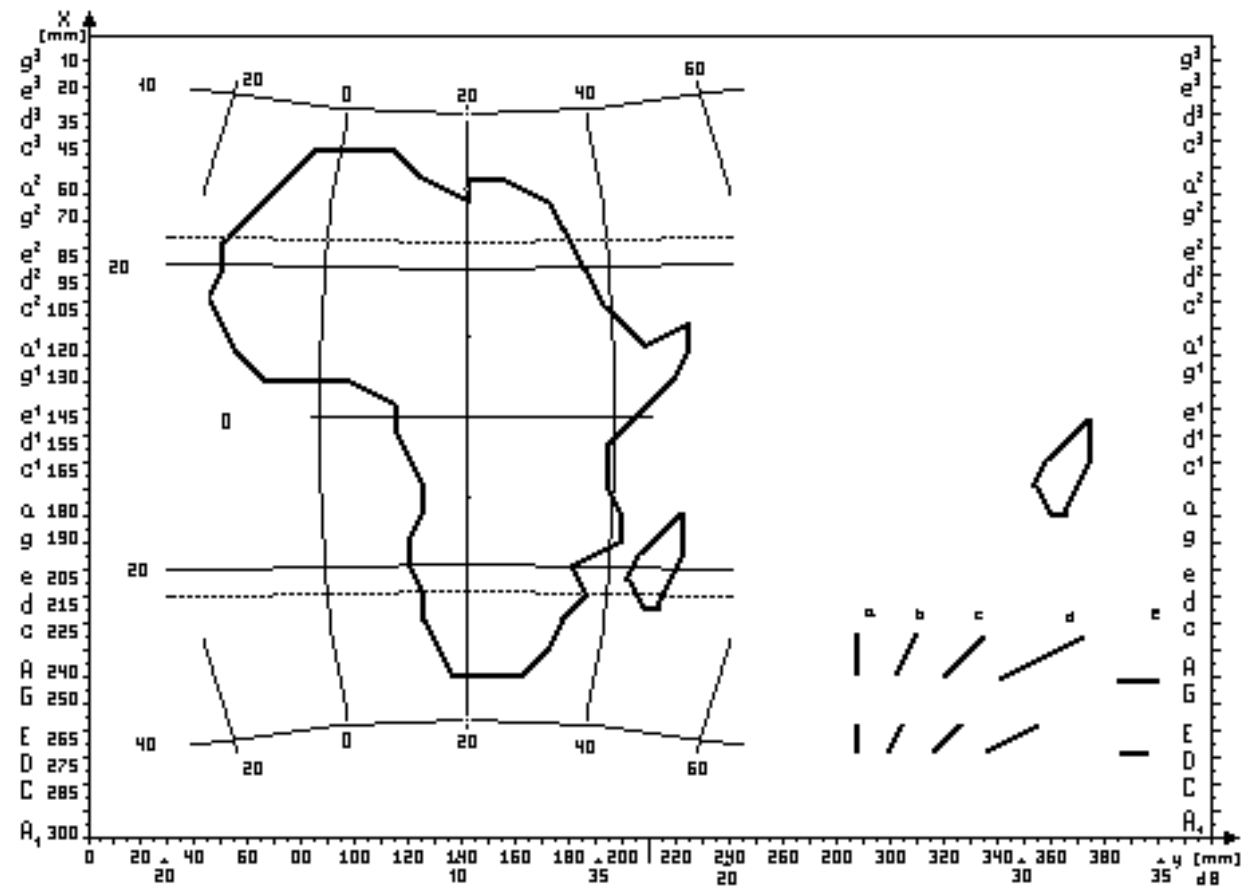
Rys. 29. [VII.2.] Test matematyczny – kwadraty



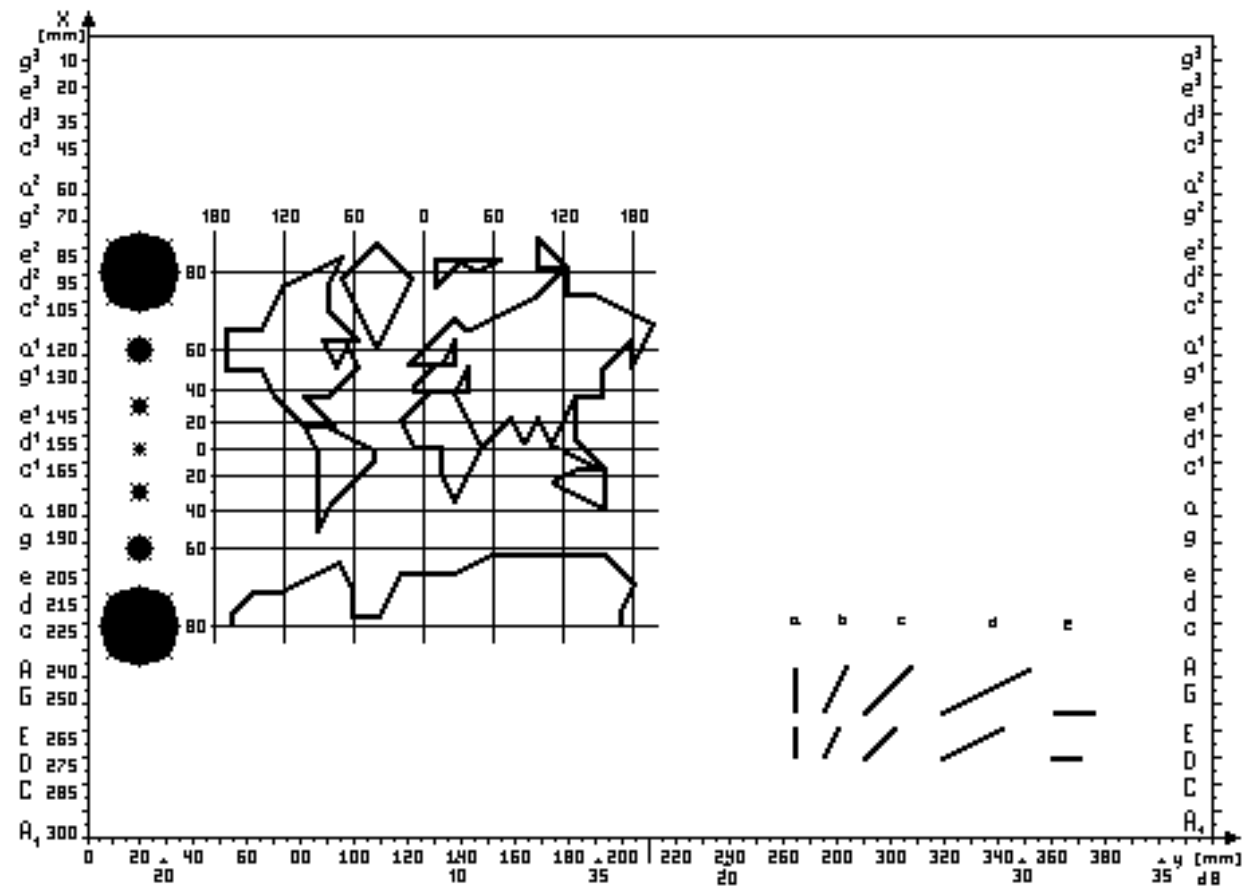
Rys. 30. [VII.3.] Wykres porównawczy długości rzek Europy



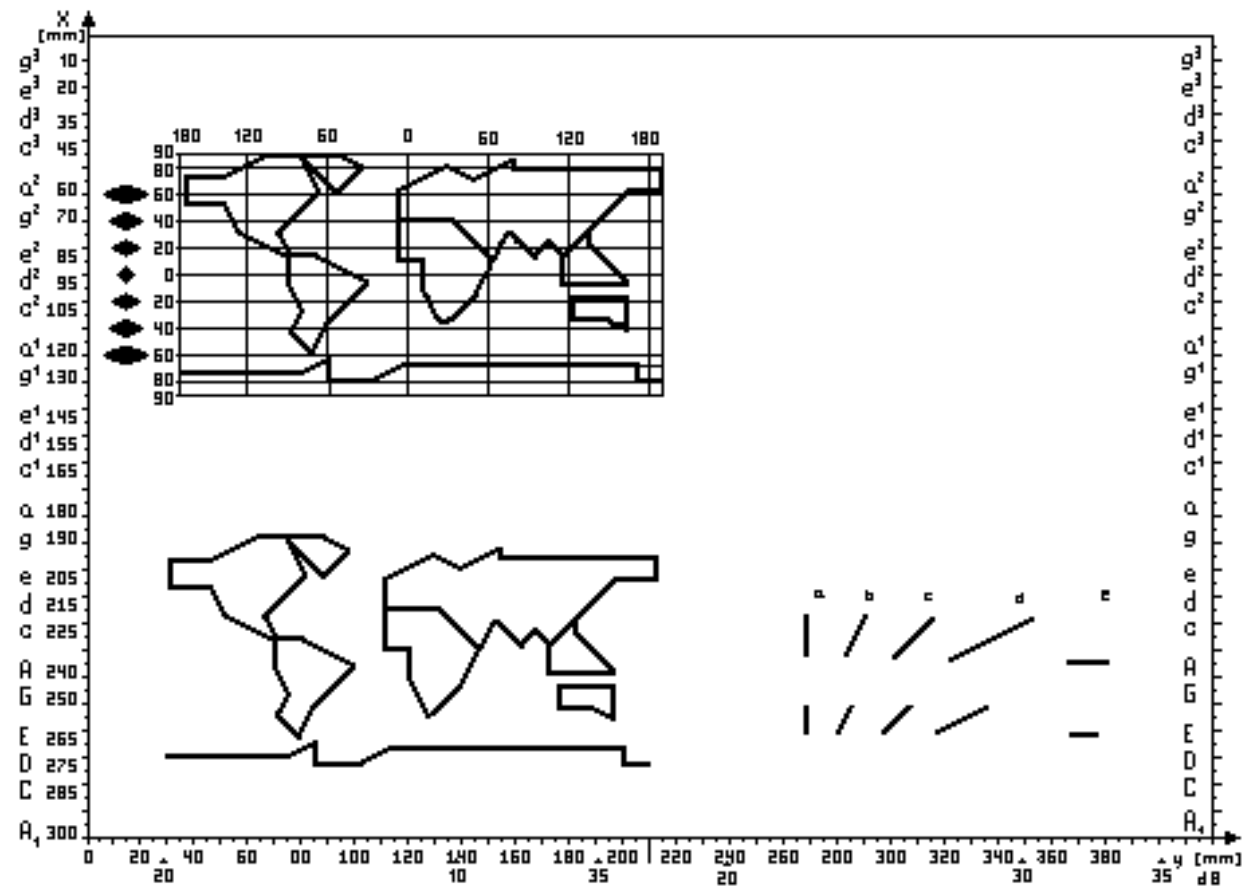
Rys. 31. [VII.4.] Test melodyczny



Rys. 32. [VII.5.] Afryka 1:40 000 000



Rys. 33. [VII.6.] Świat w siatce Mercatora z elipsami zniekształceń



Rys. 34. [VII.7.] Świat w siatce walcowej wiernoodległościowej

Duże znaczenie ma możliwość wzbogacania ćwiczeń o elementy interdyscyplinarne, stanowiące urozmaicenie żmudnego procesu poznania systemu kodowania. Już pierwsza grupa, w której obiekty wyznaczają punkty węzłowe siatki sonorycznej Orffa, zawiera testy z figurami geometrycznymi. Są to kwadraty o boku $n \times 10$ mm (i w relacjach 1:2, 1:4, 1:5) o boku $n \times 15$ mm (i w relacjach 1:3, 1:4) (**rys. 29**), prostokąty o module $n \times 10$ mm (1:2, 3, 4 oraz 4, 3, 2:1), i $n \times 15$ mm (3, 4, 5, 6:1), a także „dziurawe” odcinki pionowe, reprezentujące długości rzek Europy (wykres porównawczy) (**rys. 30**). Wymienione testy to testy z „liniami” potrójnymi – oczywiście po połączeniu węzłów sekwencją punktów pośrednich, co następuje w grupie drugiej. Trzecia grupa testów z „liniami” potrójnymi bez połączeń jest tą grupą, w której pojawiają się trójkąty i trapezy, a większa swoboda w konstrukcji elementów składowych linii umożliwia zaprojektowanie scen. Uczeń może rozpoznać proste kształty zakodowanych obiektów, poznawać ich układ wzajemny i położenie w polu operacyjnym [Krzywicka-Blum, Kuchmister, 1999].

Już w pierwszej grupie testów możliwe staje się zakodowanie fragmentów linii łamanych, przy dekodowaniu uczeń słyszy i rozpoznaje daną melodię: kolędy *Stille Nacht*, piosenek *My Bonnie* czy *Froehre Jacques*, a nawet melodii Mozarta czy *Moniuszki* (**rys. 31**). W grupie trzeciej łatwiej odtworzyć rytm. Rygor skali Orffa i w tym przypadku ogranicza zbiór melodii do kilku, znane współczesne utwory są najczęściej skomponowane w skalach „dur”-„moll”. O ile geometrię lepiej jest poznawać na podstawie wersji „z połączeniami” punktów charakterystycznych (druga i czwarta grupa testów), to melodie lepiej jest kodować w grupach pierwszej i trzeciej. Dopiero jednak ostatnia grupa przykładowych testów umożliwia ocenę szerokiej możliwości zastosowań metody sonorycznej w praktyce szkolnej. Opracowano przykłady z zakresu geometrii, biologii, fizyki, ale główną uwagę poświęcili autorzy geografii. Wśród testów tej grupy można wyróżnić zarysy kontynentów z siatką geograficzną (**rys. rys. 32, 33, 34**), sieć rzeczną Polski, plan fragmentu miasta. Zastosowane zostały zróżnicowane szerokości linii, a także podziały strukturalne obiektów powierzchniowych.

Pilotażowe doświadczenia z dziećmi [Brzeziński, 1996] potwierdziły użyteczność metody, dopiero jednak metodyczne badania reprezentatywnej grupy dzieci pozwolą sformułować w pełni wiarygodne wnioski. Przeprowadzenie takich badań wymaga dłuższego czasu ze względu na założenie, że metoda przeznaczona jest dla dzieci niewidomych od urodzenia, a w warunkach polskich ta grupa dzieci w ośrodkach kształcenia niewidomych stanowi na szczęście niewielki procent.

THE SONIC MODELLING IN BLIND PEOPLE EDUCATION

(the chosen parts)

III. KINAESTHETO-SONIC CREATION OF BLIND PEOPLE'S SPATIAL IMAGES

III.1. GENERAL ASSUMPTIONS

The essence of the method is the association of the movement of the blind's hand along the line coded on the flat operation area (kinaesthetic impressions) and the sequence of sounds (acoustic impressions), related to the course of that line (that is the sequence of the points creating that line). Each point of the line has the attributed sound emitted at the moment when the indicator driven by the blind meets it.

The idea of the sonic coding of the points which create a specific "scene" on the plane is the reference to the way of visual coding based on the "contrast rule" which is the most natural for the human being. The point – single element of the scene – is perceived at the background of its surrounding. As a "black sign" it is *visible* over a white background, as a "sound" it is *audible* over a background of the silence. The point definition may be, according to technologies or organisation of model construction, replaced by: reference unit, elementary area, granule, screen, pixel, net mesh. The proximity of such punctual elements consists in unilateral surrounding disjunction: full lines (open or closed) are the systems of neighbouring points. The closed ones – since ancient times – form coded visually simplified and miniaturized images of real three-dimensional objects: animals, plants, human shapes but also countries, seas and even continents.

Thus the sonic scene may play a role of a map depicting by means of sound-points objects OD (towns, harbours), of open lines objects 1D (rivers, roads), of closed lines objects 2D (seas) or 3D (buildings, trees).

The basic rules of sonic scene design are:

- **separation** of the following elements by properly extensive buffering dependent on perception conditions;
- **linearization** of the scene, that is possibly high limitation of filling within the closed lines which represent surface or three-dimensional objects projected from above or from aside;
- **modular** character of the line construction.

Adaptation of the sonic scene construction to the conditions of perception consists in keeping:

- minimal distances between the elements;
- the overall number of the elements with maintaining of suitable proportion of punctual, linear and surface elements;
- conditions of perceptually optimal distribution of elements;
- proper sizes of symbols: punctual or linear elements with the choice of the type of the line (full line, broken line, dotted line) as well as outline and filling of the space surrounded by the line.

The tendency to the linearization of the scene is reasonable with reference to the educational practice in locomotional creation of spatial orientation of blind children in the class, but also in the field or in the city. It is important not only when the position of the blind in relation to the surrounding elements is concerned but also when the mutual relations of the elements and the system as a whole are concerned. Undoubtedly the barrier for the blind is the limitation of the mental scale of the patterns that can only be learnt directly in a reach of the hands or arms. Anyway the result of Cratty's, Tatham's and Vasconcellos' research prove the efficacy of using models in recognition of the real spatial system construction both as transfers of locomotion exercise in different scales and as maps in practical route determining in real life in real space [Krzywicka-Blum, 1995], [Shephard, 1964], [Tatham, 1989].

III.3. SONIC MODEL – ORGANISATION AND USING

The sonic notation consists in attribution appropriate sound to each point which is the element of the scene. Characteristics of the sound enable determining the location of the point on the flat operation area. The background of the elements which form the scene is the area of silence. The way of creating a scene of the points is the same as in visual coding but decoding is sequential.

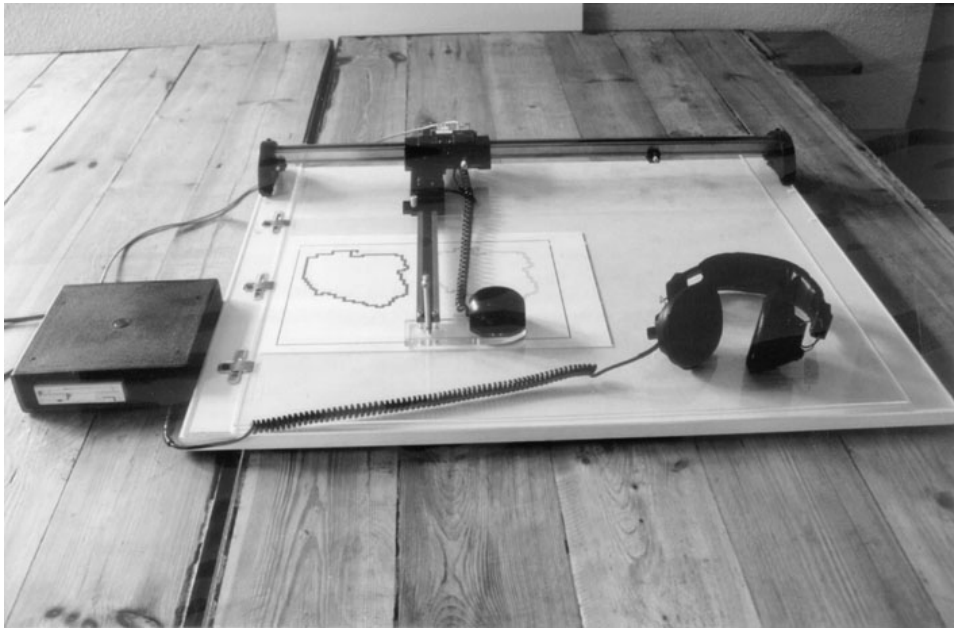


Fig. 2. [III.2.] The sonic digitizer

The device (**Fig. 2**) is constructed as a digitizer and enables sonic coding and decoding of the scenes [Ćmielewski, Krzywicka-Blum, Kuchmister, 1996]. Its compounds are: data registration and processing system and two perpendicular bars, each with the converter. The bars are connected to the location detector which is steered manually.

The sonic coding of previously visually coded scene may be made by a visually healthy person. The pencil connected to the detector ensures control of accuracy of decoding of sonically coded scenes: the route of movement is drawn on the sheet of paper on the operation area.

The blind person may code the scenes memorized through accessible ways – acoustic, tactual, kinaesthetic. Visual registration during coding enables reconstruction of the mental scene. The grade of uniformity of the model and the image created in the blind's mind depends on the accuracy of stimulation of linear movement of the hand steering the detector.

The registration of the mental scenes gives a possibility of estimation information loss in the process of perception. This concerns all the following: fullness, accuracy and detailiness and is essential for improvement of educational programme: sequence of contents definition, elimination of uneffective exercises, adjustment of methods and didactic tools to perceptive skills dependent on age and even sex of the pupil.

The system of differentiation of sounds used in the sonic coding is based on the modulating of:

- the frequency – in relation to the vertical movement of the detector in the operation area along the axis OX;
- the volume – in relation to the horizontal movement along the axis OY.

Objective characteristics of the sound, defined as the cartesian coordinates x , y , location of the point $P(x, y)$ in the operation area $D(X, Y)$ (**Fig. 3**) have the subjective equivalents: altitude and loudness of the signal. Linear change of the sound loudness is related to the non-linear, pseudologarithmic change of the volume.

In the design of the system of sonic coding of the operation area the experimentally confirmed perception feature was used. This feature consists in the individual characteristics of sound frequency and volume perception and concurrently almost always proper perception of differences between the pairs of characteristics [Kokot, 1990].

The equal metrical units Δx , Δy are equivalents of elementary changes area. Its size depends on the accepted rules concerning the size and organization of the whole operation area.

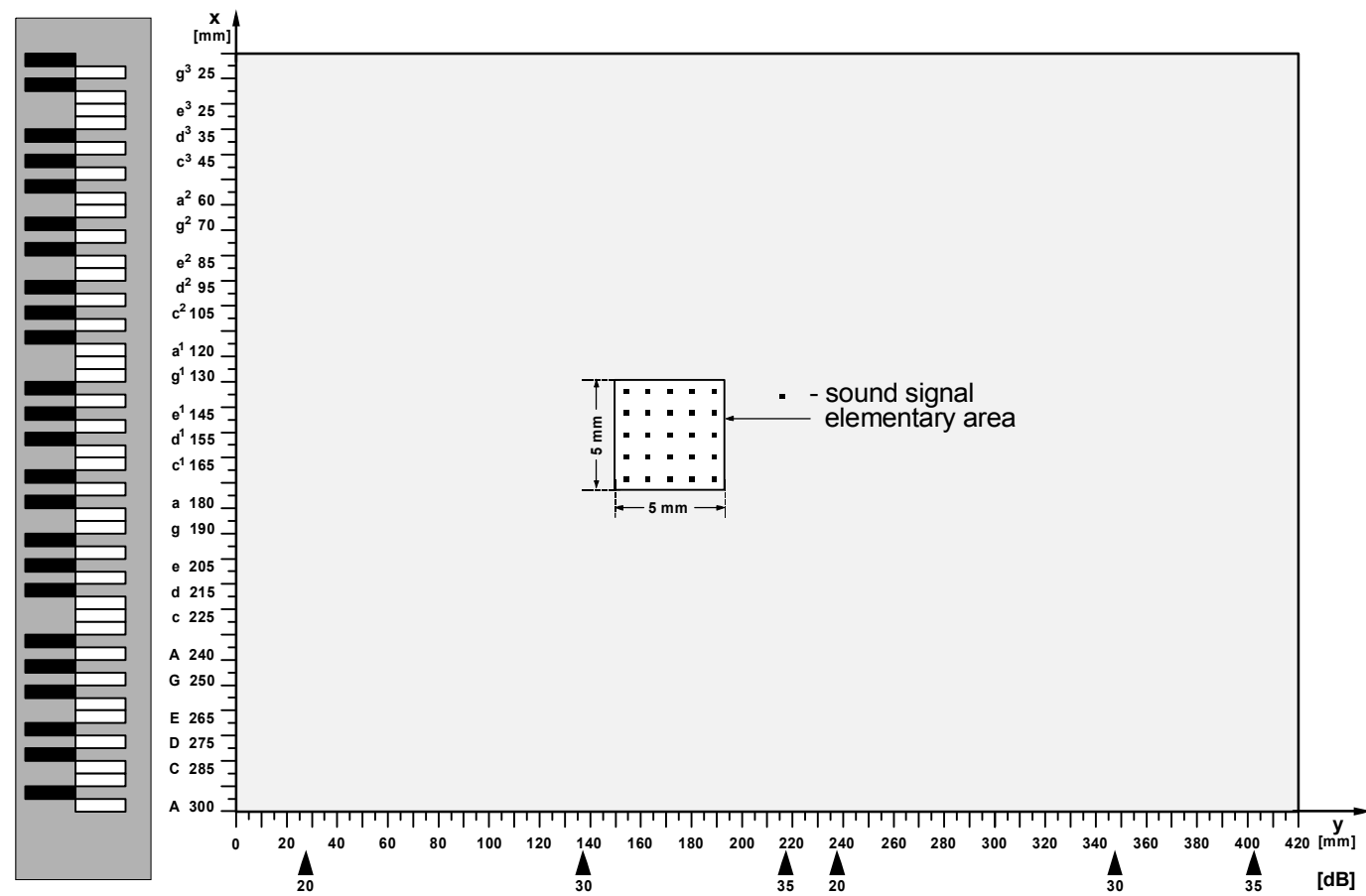


Fig. 3. [III.3.] The operational field of the digitizer

Practically useful steps in frequency and volume differentiation were accepted. According to the real threshold of differentiation of frequency the semitone and of volume the threshold 1 dB – 0,5 dB (in accordance with the foundation of the linear changeability of perceptual volume – it is a decrescendo step) were accepted. Physiological limitations of the range of changeability of both characteristics and regard to the necessity of safe perception of acoustic impressions by human beings make the design take into account the five-octave range of frequency and 30 dB range of volume (with regard of lower threshold raise with age). Therefore when the constant metrical unit along both axes is accepted and a whole range of good audibility is used the quotient of the sides of the quadrangle D which creates the operation area should be approximately 60:40. If the accepted metrical unit is 5 mm the size of the operation area should equal the A4 sheet.

The ergonomic purposes caused that the design of the sonic digitizer contains almost double-sized operation area of 300 mm × 420 mm with the vertical division into two sub-areas with identical coding system. In the each elementary area (5 mm × 5 mm) there is the possibility of 25-fold coding of the scene sound characteristic for that area. The scale along the vertical axis OX is referred to the frequency change in a range: A₁ contra octave – gis³ three-line octave and creates 60 sonic bands. Each of them 5 mm wide consists of 1 mm sub-bands that are signalized separately but with the sound of the scene frequency characteristic for the whole bundle of sub-bands within a band. The scale along the horizontal axis changes from 10 dB to appr. 40 dB (twice along the operation area) creating 2 × 41 sonic columns 5 mm wide. Each column has 5 intrinsic sub-columns signalized with the sound of the same volume characteristic for that column.

Thus the operation area D contains 2 × 63000 codable points 1 mm × 1 mm in both left and right sub-areas while the possible amount of signals is 2520 in each sub-area in 60 bands and 41 columns. Sonic accuracy of positioning for each characteristic is 5 mm, sonic accuracy of coding is 1 mm.

The blind user has to know not only the rules of the sonic scenes construction but also the operation decoding programme including: rest-operation rhythm, operation area search manners, object hierarchization, start-points choice etc. Different skills, possibilities and needs of various groups of blind people have to be taken into consideration, especially: laterelization (mainly apparent left-handedness), proficiency limitations related to the motoric limitations of the hands, associated audiomotoric perception disorders and first of all generic and growth-related differences in auditory, tactual and kinaesthetic perception (with regards to age and gender) as well as the memory capacity.

Obviously one should not expect good educational results in blind children with sound conduction disability confirmed by the Rinne-test or sound detection disability confirmed by the Weber-test [Vasconcellos, 1993].

Sequency which accompanies the linearity has the very particular aspect in case of sonic coding because it causes the combination of the sounds and creation of the acoustic line (melody). Repeated exercises enable building certain mental associations of perception of line fragments with characteristic shapes, directions and locations in the operation area. That's why appropriate generalisation of the line (using the modules natural for humans) determines the efficacy of education by means of the sonic method. The fact that the metrical module 50 mm is an equivalent of the Kodaly's scale interval (a – g) and the module 10 mm – of the Orff's interval (c – d) is very important for creating the proper mental associations between the metric scale and the sounds.

Using of natural modules in sonic scenes design consists in sectorial generalisation of lines, by means of the method of inscribing (describing) the segments from the module pallet only. The lines have been previously coded, using the limit step 1 mm. At the beginning of the educational process the blind recognises only a one-module system, afterwards combinations of modules are introduced so that more precise generalisation of lines becomes possible. At the last stage of education of older musically-skilled pupils the module-system becomes useless and even limits the possibilities of detailiness in reconstruction of the lines, so – accuracy of estimation of the area surrounded by the line either.

When related to the tactual method the sonic method ensures several times more precise line registration and estimation of the grade of its development (tortuosity). This enables the design of practically useful scenes – equivalents of technical drawings, schemes, diagrams, plans. The way of coding makes the objective identification of elements possible and simultaneously extension of scene-blocks (window enlargement) is possible. This ensures better accuracy and appropriate for the needs of the user projection of the spatial information. This system of coding may be used as an additional application in multi-media sets and thus become a useful tool for the blind people in the studies concerning geodesy (numerical maps), spatial design or architecture. Sonic recognition is useful for the blind in creation of the mental model of geometry and topology of real objects, definition of mutual location, size and shape of the objects and, apart of all, spatial distribution. In practice anyway one must take into consideration that the conditions of decoding the elements of the scene are not identical throughout the whole operation area. Under certain circumstances multiple reproducing of the sequence of sounds produces acoustic illusions dependent on the order of their course [Majewski, 1983]. The age of the blind also interferes with the results in children who have much higher density of acoustic innervation (~29000) and their receptiveness to the high tones is higher than in adults. The senile decrease in audition reaches 7,4 dB at the age of thirty, 27,4 dB at the age of sixty and 44,0 dB at the age of eighty at the maximal level of the scale – 85 dB [Kuczyńska-Kwapisz, 1994]. The fixing of attention on sounds perception may last in five years old children 10 minutes, in seven –ten years old – 20, in fifteen years old not more than 30 minutes.

IV. MARKING OUT POINTS AND LINES OF THE SONIC SCENE

IV.1. MARKING OF THE POINTS

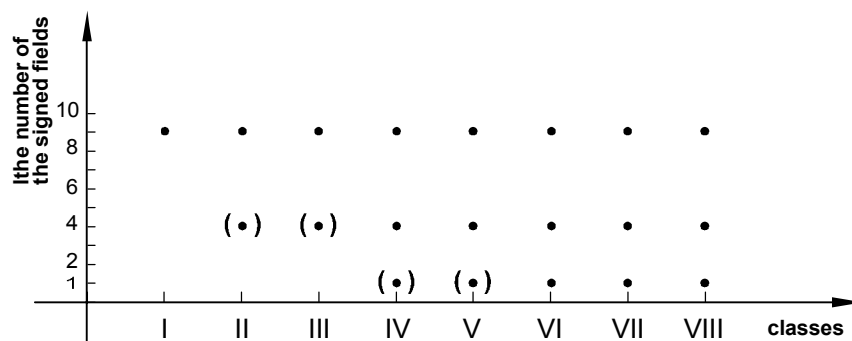


Fig. 4. [IV.1.] Kinds of points designations

The isolated point of the sonic scenes consists of nine – (3×3) , four (2×2) or one-compound group of signals which fills the central part of respectively: 9×9 , 10×10 , field squares, composed of the elementary fields. The “silence lagging” isolates the point composed of the sound signals. The lagging surrounding the filled field is at least that large from each side as the filled field itself, that is for nine-signal the lagging should be at least three bands wide, for four- and one-signal – four bands wide. The lagging concerns only isolated points. **Figure 4** presents the number of the signed fields which compose marking out points according to the level of education. At the beginning of the course the marking should be possibly clear and distinct, later it is possible to introduce more detail and delicate marking. This enables for instance differentiation of the towns according to their function or possibilities. The figure 4 and the following part of the monography contains the marking of the classes which is related to the Polish education system before the education reform in 1999.

POINTS CODED WITH NINE SIGNALS

In the sonically signed elementary area (x, y) realisation of 9 distinct locations of the group of 3×3 neighbouring signals is possible (**Fig. 5**). The setting of the block of signals (sound core) in the middle of the elementary area is recommended (**Fig. 5b**). When lines or columns of the sound core are set in two different elementary areas (as the lines in **Fig. 5c**) assignment of the majority of features is used (e.g. cis not c in **Fig. 5c**).

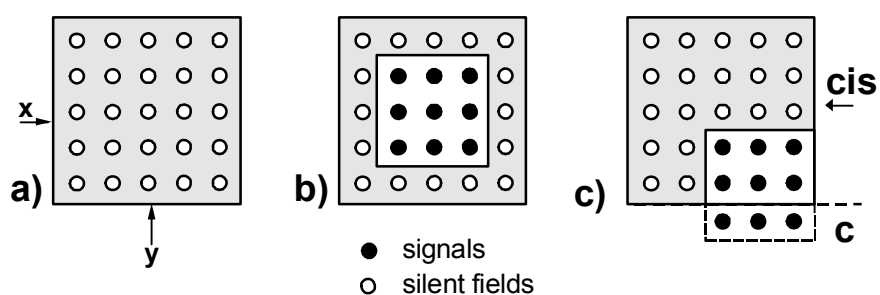


Fig. 5. [IV. 2.] Coding of the point with nine signals

- a) elementary area (x, y);
b) optimal coding
c) majority - regarding assignment
of the coordinate x

Figure 6 shows the analysis of distribution of perception of distances between two points A and B with regard to the equal probability of receipt of each system of pairs of signals belonging to two blocks of signals which are the markings of the points A and B (meeting with the indicator any element of the sound core).

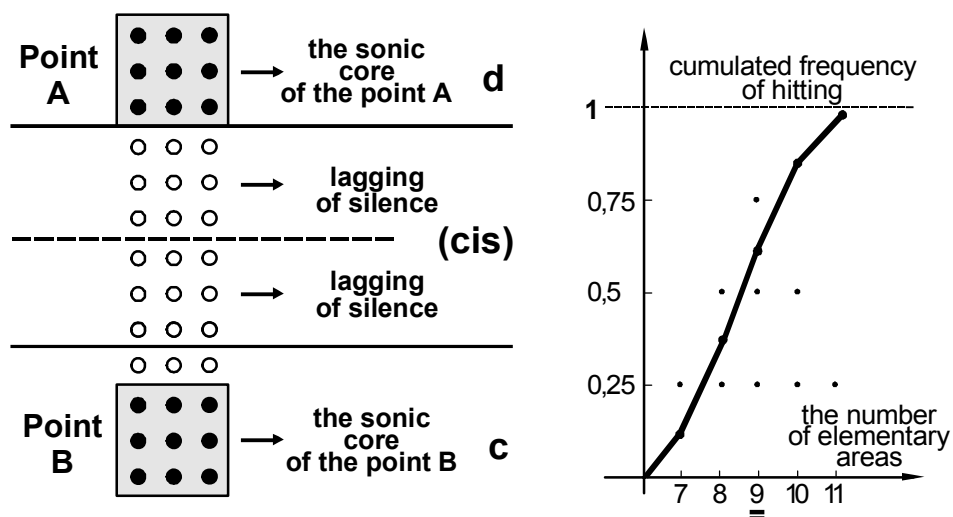


Fig. 6. [IV. 3.] Neighbouring isolated points coded with nine signals

POINTS CODED WITH FOUR SIGNALS

There are 16 possible locations in the elementary area x, y of the core of 2×2 neighbouring signals which are the markings of the point (**Fig. 7**). Setting of the signals which form the point in the south-western part of the central sector of elementary area is recommended (**Fig. 7b**) because of the direction of leading the indicator in case of decoding of the line (composed of the points). When lines and columns of the block of marking the point are set in neighbouring elementary areas (the lines and columns in **Fig. 7**) the conventional assignment of the summary coordinates is used, that is the values higher and louder (e.g. *cis* and *y* in **fig. 7**).

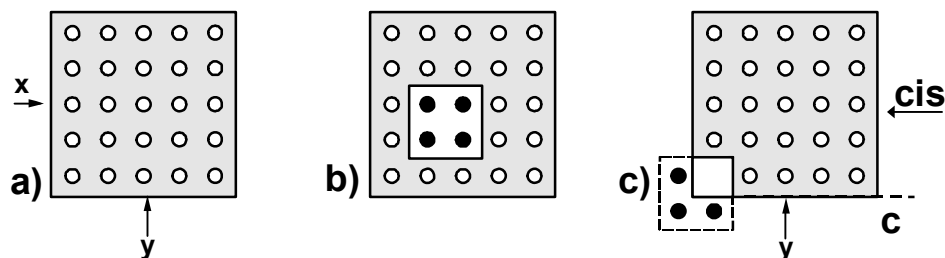


Fig. 7. [IV. 4.] Coding of the point with four signals

- a) elementary area (x, y);
- b) optimal coding
- c) conventional assignment of the coordinates of the point

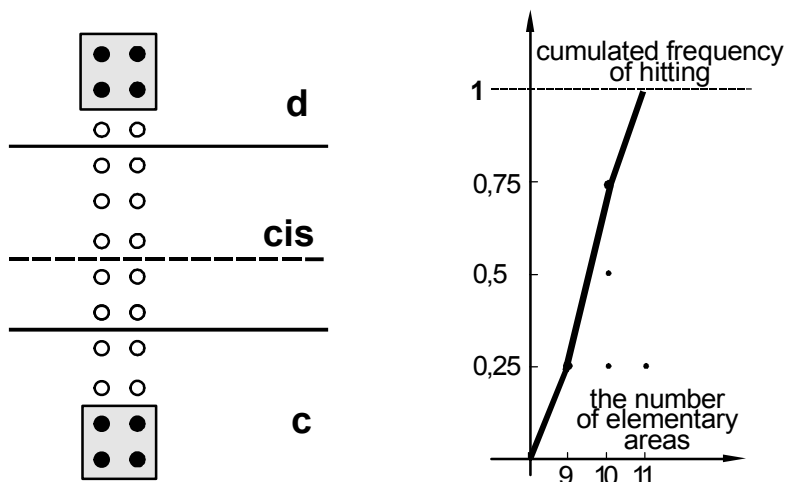


Fig. 8. [IV. 5.] Neighbouring of the points coded with four signals

Figure 8 shows the realisation of the close neighbouring of two isolated points A and B and the analysis of accuracy of marking the vertical distance AB when the points are coded with four signals.

POINTS CODED WITH ONE SIGNAL

In each sonic elementary area there are 25 possible locations of signals marking the point. Setting the point in the very middle of the elementary area x, y is optimal. When appropriate localisation of two points A, B (in the middle of the elementary areas) is made the minimal distance between the points A and B equals 10 mm, that is one of the basic modules of the metric scale. The compatibility of the sonic notation with metric and tactual measures is thus created.

The Orff's scale: $c - d - e - g - a$ has three interval modules: $c - d$, $d - e$, $g - a$, which are acknowledged as a 10 mm-distance of the sonic lines of the model (Fig. 3).

User's education of the sonic code must be followed by the special care about possibly accurate realisation of modules. In the first stage of education the blocks of signals which mark the points must be coded in vertical distances. This ensures optimal conditions of perception of altitude differences. In case of the points coded with four signals $6 (2 \times 3)$ – not 7 – silent areas between two isolated points are used, in case of the points coded with one signal 9 – not 8 (2×4) – silent areas are used. One-milimeter distances in case of blind people do not play a significant role in proceeding from the sonic to the tactual (metric) method.

IV.2. MARKING OF THE LINES

Besides the isolated points representing point-only objects, the sonically coded scene constitute:

- closed lines that represent, in a simplified manner, outlines of surface objects,
- open lines that represent linear elements.

The hand movement of younger children during the process of decoding the scenes is intrinsically more dynamic, yet less precise than that of older pupils. This tendency was accounted for in the tests prepared for the both groups, where the course of a line was coded as a "path" three, two, or one signal wide. Each line consists of points, which can be a group of sonically-coded 9 fields (each of them 1 mm by 1 mm), making up a close block in the elementary area; a 4-field group; or a 1-field group. In junior grades tests with the widest lines are used, while in senior grades more narrow lines are introduced, which are more difficult to decode.

The diversification of line width makes it possible to introduce hierarchy into the lines in one scene – for example to represent a river with primary and secondary tributaries.

The direction of the line is determined by the neighbourhood which is defined as the lack of the lagging of silence. This means that vertical lines may be 3, 2 or 1 signal – area wide with the lagging of silence at both sides. The lagging has to be wide enough according to the width of the sound-track (IV.1.). The same aspect concerns the horizontal lines – the horizontal line laggings must also be wide suitably to the width of the sound-core. The reduction of the lagging along the course of the line (between two neighbouring points) causes coherence of the course, which is very important in the scene-decoding. **Figure 9** shows all kinds of the horizontal lines. The vertical lines are defined analogically. The location of lines is defined according to the convention accepted for the points.

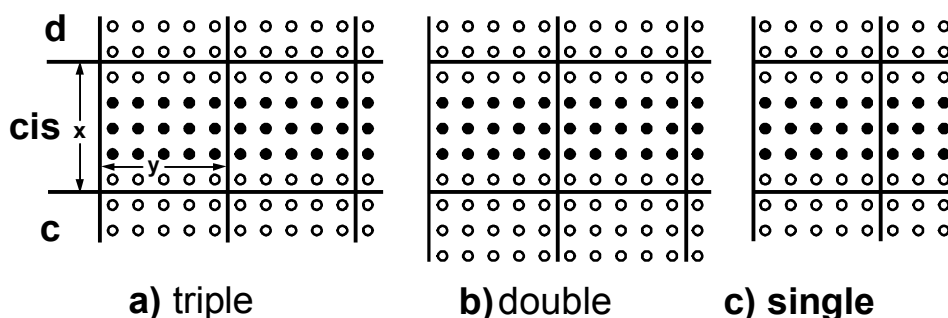


Fig. 9. [IV. 6.] The horizontal linus situated optimally in the elementary areas $x = cis$

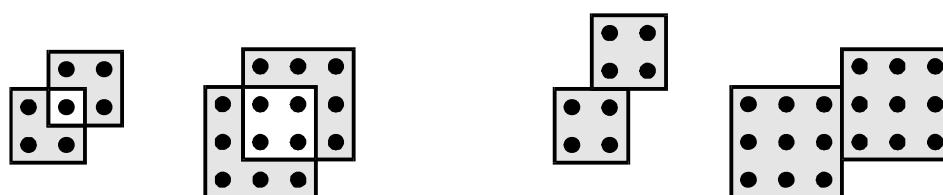


Fig. 10. [IV. 7.] Inclusion and bordering of the points coded with four signals and with nine signals as the elements of the oblique lines

The oblique lines require separate definition of neighbouring. There are two different manners of realisation of continuity of the oblique sonically coded lines: inclusion and bordering of the groups of signals which form the sonic core of the points. Inclusion is

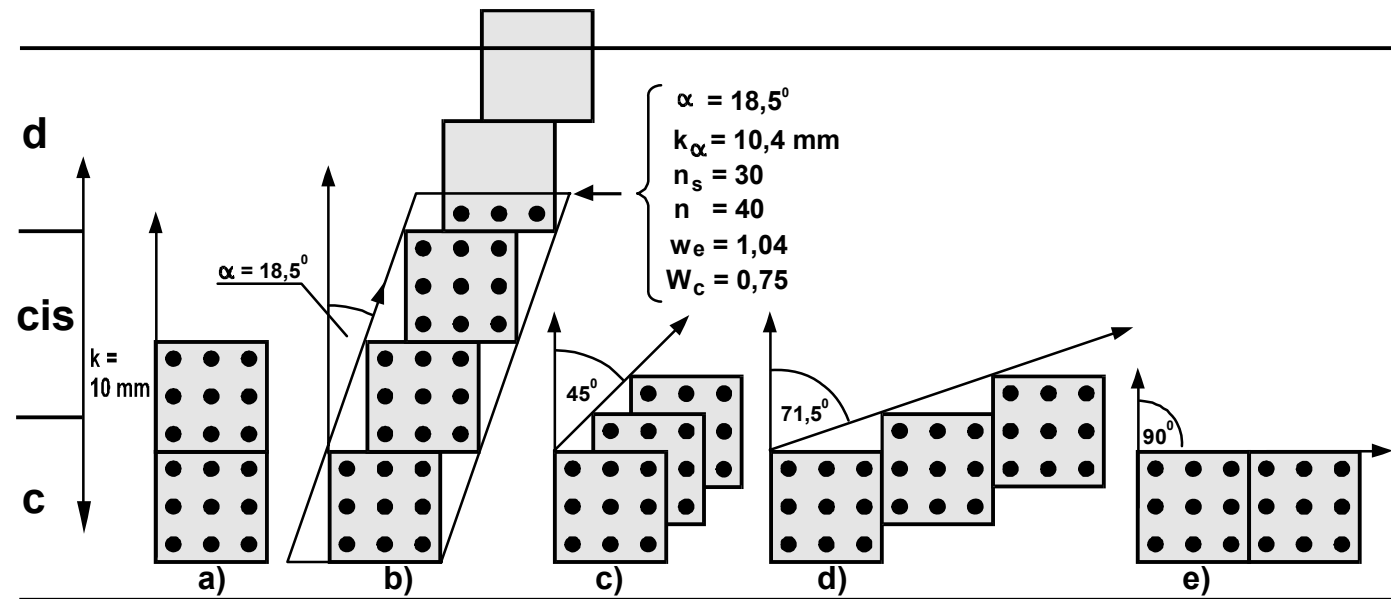


Fig. 11. [IV. 8.] Types of the triple lines (scale 5:1)

based on the existence of the common part of the block of signals. For the points which are coded with 9 signals this common part may contain 4 signal areas, for the points coded with 4 signals – 1 area. In the latter manner the magnitude of the areas of “covering” (common acoustic area) is reduced to the level of “lower class point”. Bordering means vertical or horizontal adjacency of the sound-cores – in case of the points coded with 9 signals 2 areas adjacency and with 4 signals – 1 area adjacency. **Figure 10** presents the way of coding of oblique lines.

TRIPLE-SIGNAL LINES

Triple-signal lines are made up by bordering or inclusion of points coded with 9 signals (**Fig. 11**). Bordering is defined as sharing at least two sides of unit area, and inclusion occurs if a block of 2×2 unit area belongs at the same time to the corners of two 9-signal points. Triple-signal lines may be inclined to the Ox axis at 0° (type a), $18,5^\circ$ (type b), 45° (type c), $71,5^\circ$ (type d) and 90° (type e), making up small intervals: $a_3 = 10$ mm, $b_3 = 10,5$ mm, $c_3 = 14$ mm, $d_3 = 32$ mm, $e_3 = 10$ mm and large intervals: $A_3 = 15$ mm, $B_3 = 16$ mm, $C_3 = 21$ mm, $D_3 = 48$ mm, $E_3 = 15$ mm.

In the sonic coding procedure the segments define the coding step.

The small modules come into being for instance between the sonic lines $x = c$ and $x = d$ (**Fig. 11**) but also $d - e$, $g - a$ and the big modules – between the lines $x = e$, $x = g$ but also $a - c$ between subsequent pentatonic sequences (**Fig. 3**). In the accepted solution the first space equals $k = 10$ mm and the second $K = 15$ mm.

Adjustable markings – k_α and K_α – for the lengths of the linear modules in the derived cycles of respectively: small and large module in the Orff's scale are assumed and thanks to them one may specify the sonic zonal index w_t , W_t for the triple line.

$$k_\alpha = w_t = \frac{k}{\cos(\alpha)}, \quad K_\alpha = W_t = \frac{K}{\cos(\alpha)}, \quad (1)$$

Where α is the angle of inclusion of the line in relation to the axis Ox of the system (**Fig. 3**).

Figure 12 shows the patterns of modules used for composing the triple lines in coding of the sonic scenes.

For the spaces in the Orff's scale o_1, o_2, o_3, o_4 the modules of the lines form the series (clockwise):

o_1, o_2, o_4 : a, b, c, d, e, - d, - c, - b, - a, - b', - c', - d', e', d', c', b
 o_3 : A, B, C, D, E, - D, - C, - B, - A, - B', - C', D', E', D', C', B'

Using the letter names for the modules is a great facility for children in leading the indicator along the decoded line following the instructions of the teacher.

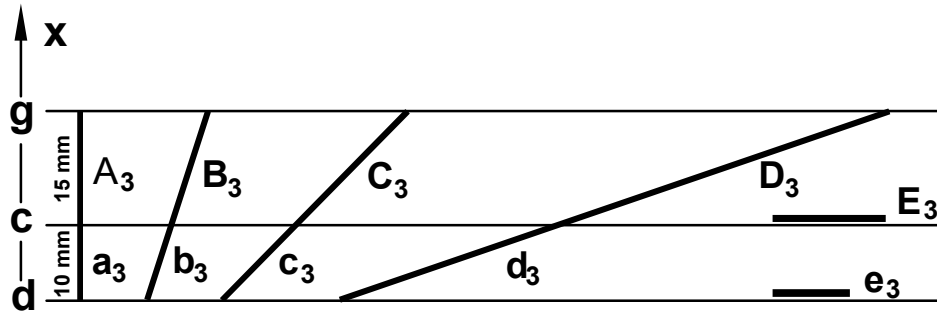


Fig. 12. [IV. 9.] Modules of the triple lines (scale 1:1)

To describe the line composed of the points coded with nine signals the indexes of efficacy w_e , W_e and the index of coherence W_c may be defined for the series of small and large modules respectively:

$$w_e(3) = \frac{3k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(3) = \frac{3K_\alpha}{n_s}, \quad (2)$$

$$W_e(3, 2) = \frac{n_s}{n}, \quad (3)$$

Where: n_s is the number of signals which form the module.

n is the number of areas of the whole strip of the course of the line limited by the straight-lines.

Among the triple lines – lines b and d created through bordering have worse coherence (lower w_c) than the line c created through inclusion (w_c 0,75 and 0,83 respectively). The smallest amount of signals for the longest line is characteristic for the lines b and d. Only line a has both indexes equal 1.

Higher coherence is practically synonymous with better and easier decoding of the line and better uniformity of the width of the sound-track.

DOUBLE-SIGNAL

Double lines are created through bordering or inclusion of the points coded with four signals. Bordering is defined as having at least 1 common side of the elementary areas and inclusion is defined as realisation with common 1-signal elementary area in the corner of each point (Fig. 10). Types of double lines are presented on the Fig. 13. The small modules – derivatives of the Orff's small module, form the cycle: a_2, b_2, c_2, d_2, e_2 and the large ones the cycle: A_2, B_2, C_2, D_2, E_2 . They equal (mm) 10, 11, 14, 22, 10 and

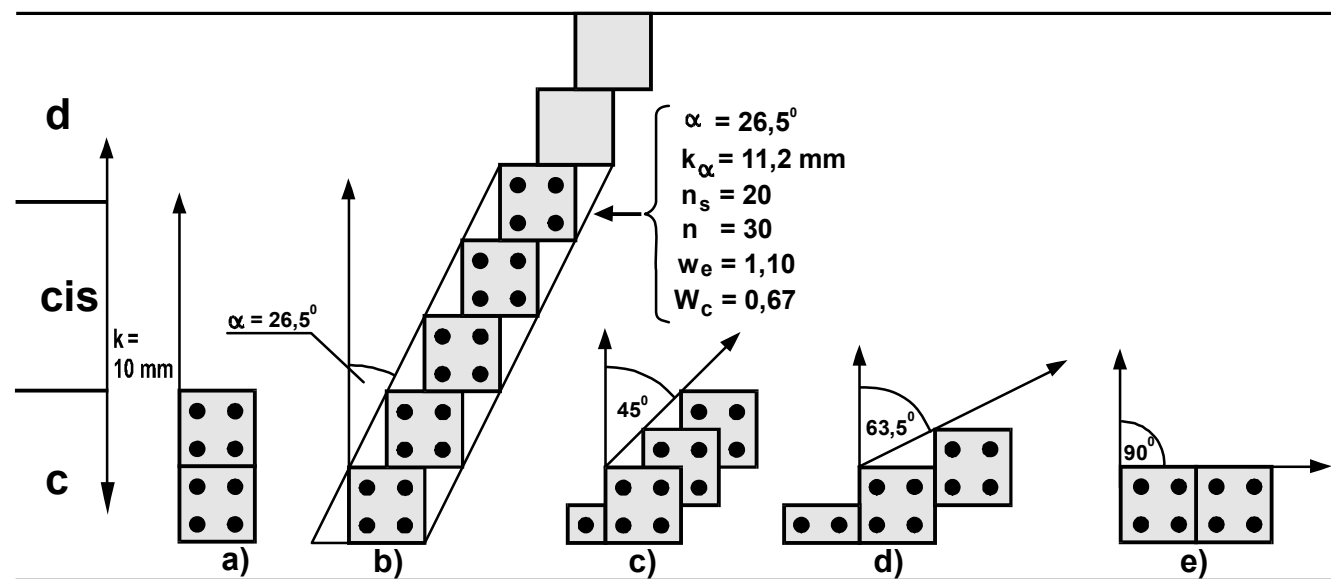


Fig. 13. [IV. 10.] Types of the double lines (scale 5:1)

15, 17, 21, 33, 15. **Figure 14** shows the modules of double lines: sonic zonal indexes W_t and indexes of coherence w_c as well as indexes of efficacy w_e may be defined by use of appropriate formulas:

$$w_e(2) = \frac{3k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(2) = \frac{3K_\alpha}{n_s}, \quad (4)$$

The index of coherence for the modules b and d of double lines equals 0,67 and of the c-type line – 0,75 so it is lower than for the triple lines. Obviously the index of efficacy is higher for double lines then for triple lines – for the lines b, d it equals 1,12 and for the c-type line – 0,94.

SINGLE-SIGNAL

Lines composed of the neighbouring points coded with one signal may be used only exceptionally, because they are very difficult to decode. There are only three possibilities to create the lines with the mono-signal sound track: vertical, horizontal and inclined 45° to the axes Ox and Oy of the system (**Fig. 15**).

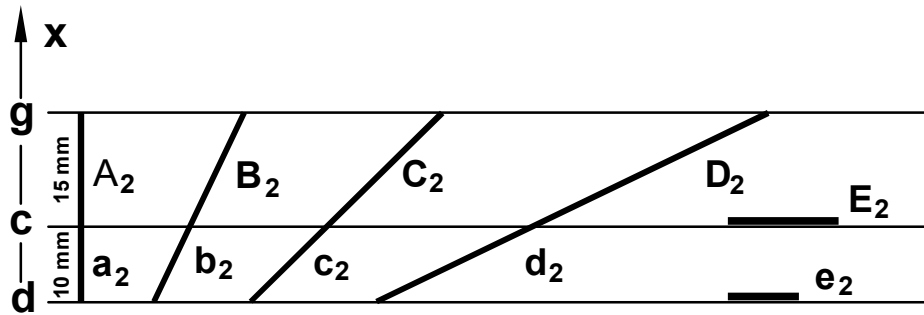


Fig. 14. [IV. 11.] Modules of the double lines (scale 1:1)

Modules of the cycle derived from the small modules in the Orff's scale are a_1 , c_1 , e_1 – with the length respectively (mm) 10, 14, 10 and modules of the cycle derived from the large modules in the Orff's scale are A_1 , C_1 , E_1 with the length (mm) 15, 21, 15 respectively. They are identical with the modules of analogical 2-signal and 3-signal lines (compare with Fig. 12, 14).

The sonic zonal index and the indexes of coherence for the modules of the single lines are defined by the formulas: (1) and the indexes of efficacy by the formulas (3).

$$w_e(1) = \frac{k_\alpha}{n_s}, \quad W_e(1) = \frac{K_\alpha}{n_s} \quad (5)$$

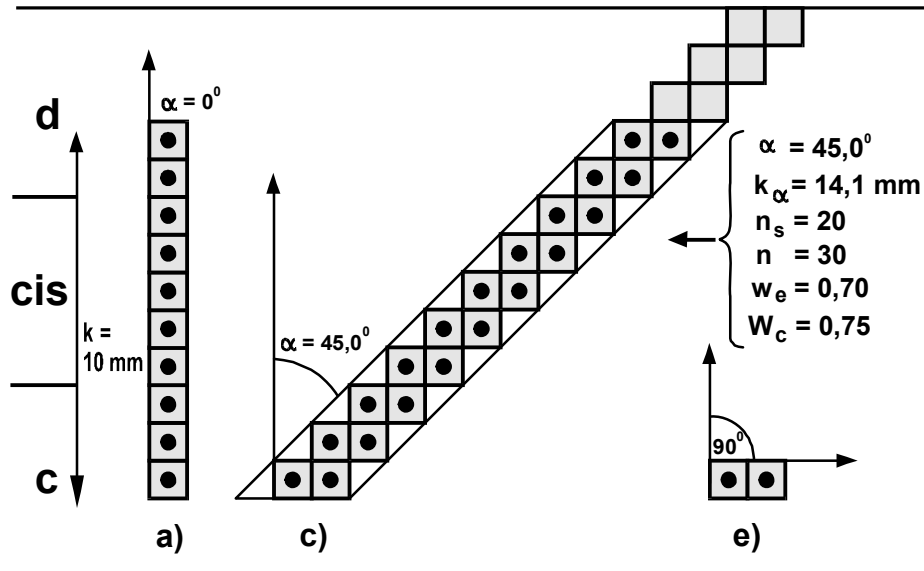


Fig. 15. [IV. 12.] Types of the single lines (scale 5:1)

The index of coherence of the line c_1 equals 0,75 so it is the same as for the double line, but the efficacy is apparently lower (0,70 for the simple line and 0,91 for the double). A line c_1 by winding its way creates almost a double line.

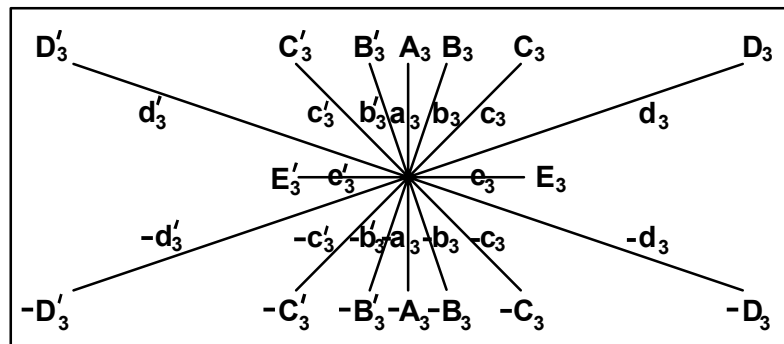


Fig. 16. [IV. 12.] The rosace of the modules of the triple lines (scale 1:1)

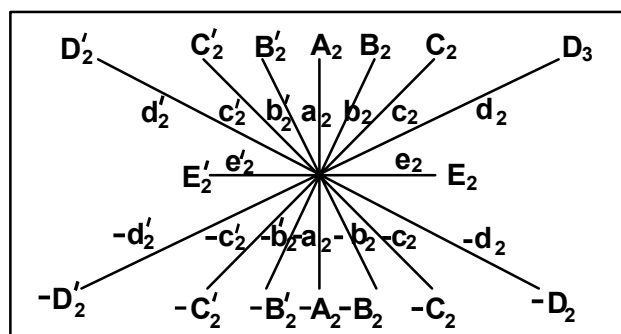


Fig. 17. [IV. 14.] The rosace of the modules of the double lines (scale 1:1)

In the sonic coding the full collection of lines characterised by different widths is used. **Figure 16** shows the rosace of series of small and large modules for the triple lines and **Figure 17** – for the double lines. The modules for the simple lines are identical as for analogical triple and double lines.

V. STRUCTURE, FUNCTION AND OPERATION OF THE SONIC DIGITIZER

V.1. STRUCTURE OF THE SONIC DIGITIZER

Technical and structural foredesign for the constructed model of the device further called “the sonic digitizer”, assigned to coding and audio-monitoring the sonic-scenes, consists of:

- perceptual characteristics of the human ear in the range of proper sound audibility as well as sound altitude and volume,
- border size of the point symbols used in creating the Braille alphabet letters,
- results of the ergonomic examination studies concerning the so called “normal zone”, that means the functional range for using both hands in precise manipulation characteristic for the blind people.

Figure 18. shows the sonic digitizer in the horizontal and quasi-axonometric projections.

The device consists of the *operation-desk 1*, connected to the *data registration and processing system 49* by means of the *transfer conduit 50*. Operation pulpit has the *plate 13* with, along the upper side, fixed deflectably *horizontal guide-bar 4*. Along

the axis of the horizontal guide-bar there is *the electronic knife-edge 11* and at the both ends of it there are two *movement limiters: left 3 and right 12*. On the horizontal guide-bar there is the slidably fixed *guiding connector 8*. The guiding connector has two *channels: horizontal 37*, which cooperates with the horizontal guide-bar and *vertical 38*, which cooperates slidably with *the vertical guide-bar 6*. The vertical guide-bar has *the electronic vertical knife-edge 34*, fixed along its long axis. The vertical and horizontal channels are situated in the guiding connector in the way to relay the long axis $x'-x'$ of the vertical guide-bar and the long axis $y'-y'$ of the horizontal guide-bar perpendicular to each other.

The both ends of the vertical guide-bar there are two affixed movement *limiters: upper 7 and lower 35*. At the lower end of the vertical guide-bar there is *the outrigger 26* with the pen and *the sight-cross 36*. Moreover, on the outrigger, there is *the location detector 25*, which has three *buttons: right 21, central 22 and left 23* as well as *the switch button 24*. These elements enable operating the device.

The pen 27 fixed to the outrigger serves to control the progress of the blind learner, who uses it to reproduce the sonic model of the memorized scene.

The guiding connector has *the horizontal reader 10* and *the vertical reader 32* which cooperate with electronic knife-edges adequately: horizontal and vertical. The vertical reader enables determining location of the location detector in relation to the axis X of cartesian coordinate system of the plate. The location of the detector is projected *on the vertical projector 31*. The horizontal reader enables determining the location of the detector in relation to axis Y of the cartesian coordinate system. This location is projected by *the horizontal projector 9*. Indications of both projectors: vertical and horizontal are zeroed by means of *the zero-buttons 30*. Movement of the connector along the horizontal guide-bar is blocked by *the clumping screw 5* and along the vertical guide-bar by *the blocking screw 33*. The location detector is connected with the readers: horizontal and vertical through *electronic-signal conduit 39*.

The limiters: left, right as well as upper and lower indirectly limit the range of movement of the location detector in *the operating field 40*.

The axes of the cartesian coordinate system X, Y are marked on the surface of the plate. The axes X, Y are situated so that the X axis is perpendicular to the $x'-x'$ axis of the vertical guide-bar and the Y axis is perpendicular to the $y'-y'$ axis of the horizontal guide-bar.

The substantial condition of the proper function of the device is to set it up in the way that the mid-point of the sight-cross is identical with the zero-point of the cartesian coordinate system X, Y when the guiding connector is situated at the limiters: upper and left.

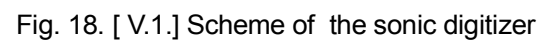


Fig. 18. [V.1.] Scheme of the sonic digitizer

Precise and univocal confrontation of *the sheet 16* with the analysed image of *the scene 18* is possible, because the sheet possesses:

- printed *control frame 17* with a and b sizes,
- printed axes of local cartesian coordinate system X', Y' ,
- printed *control signs 20* located along these axes.

The plate has marked along the axes X, Y *orienting signs 19*, along which control signs of the sheet are oriented with the graphic image of the scene. Orienting signs and control signs make it possible to situate the sheet on the surface of the plate properly in relation to the cartesian coordinate system X, Y .

The plate is also provided with *the fixing platelets 28*, equipped with *the set screws 29*, which serve to stabilise the sheet on the surface of the plate. *The transparent plate 15* protects the surface of the sheet against the destruction when hearing out the sonic tests. *The hinges 14*, affixed in *the holders 2* enable the deflection of the vertical guide-bar upwards together with the outrigger and the location detector.

The data registration and processing system consists of *the cover 48* with *the decoder 42* situated inside. The decoder contains electronic systems. These systems, as well as the suitable software, enable:

- coding the graphic scenes of the tests and saving them on the disc at *the disc-station 4*,
- recording and saving the verbal sound comments to the tests on the disk at the disc-station,
- reproduction of the sonic scene saved on the disc.

On the cover of the data registration and processing system there are: the already mentioned disc-station with *the control-lamp 46*, *the power switch 41*, *the microphone 43* and *the phonic sockets 45*. The phonic sockets serve to connect *the phonic set (phones or speakers) 44*. The microphone makes it possible to save the verbal comments to the sonic scene. The control-lamp informs the user about functioning of the disc-station.

V.2. CODING OF THE SONIC SCENE

Coding of the sonic scene may be performed by use of:

- the computer and the appropriate software,
- the sonic digitizer.

Each sonic test (**Fig. 19**) consists of two files:

- the graphic file, containing the coded scene as a bit-map, with the extension "bmp",
- the sonic file, containing verbal comments to the test, with the extension "vox".

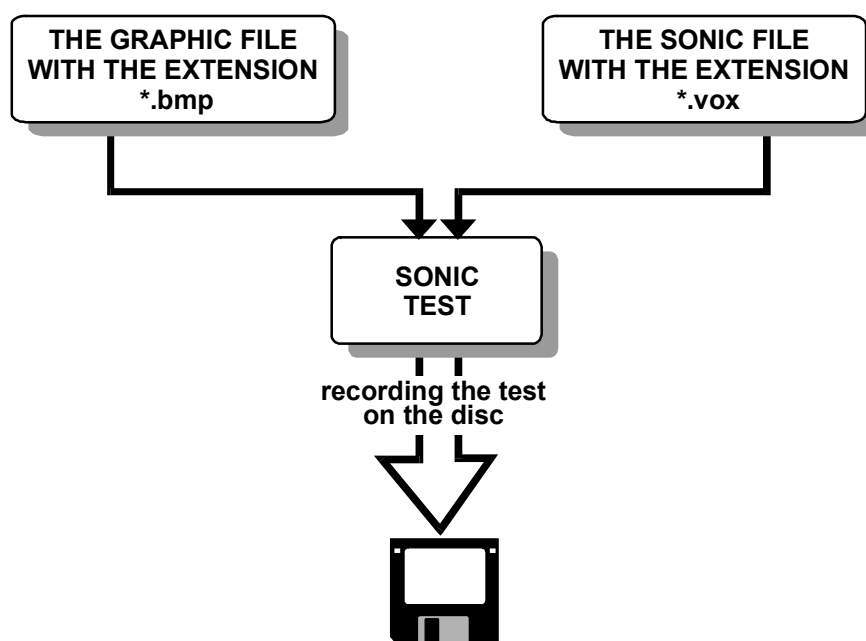


Fig. 19. [V. 2.] Building of the sonic test

CODING BY USE OF THE SONIC DIGITIZER

Coding of the sonic tests by use of the sonic digitizer is a two-stage procedure (**Fig. 20**). Coding of the graphic file and saving the verbal comments are two separate processes.

Before the beginning of coding the contents of the test the device should be appropriately prepared and initially tested. To achieve this, after the analysed sheet (with printed graphic image of the scene and control signs marked on) is put on the surface of the plate one orients the sheet using the control signs and the orienting signs. As a result of the orienting the sheet the control signs and the orienting signs get brought in pairs to coincidence. The final effect of the sheet orienting lies in the fact of the mutual identity of the local coordinate system X', Y' of the sheet and the coordinate system X, Y of the plate. After orienting the sheet is immobilised on the surface of the plate by use of the fixing platelets. Afterwards the sheet is covered by the transparent plate. To achieve this one should slightly deflect upwards the vertical guide-bar with the outrigger and the location detector that is possible by use of the hinges affixed in the holders. Subsequently one should check out if the sheet orienting is made properly and if the location detector moves in the range of the operation area.

After these preparation the coding of the graphic image of the scene becomes possible. Firstly – using the transfer conduit the location detector is connected to the data registration and processing system. The phonic set (phones or speakers) is connected to the phonic sockets. Secondly – by use of the power switch the system of registration and processing of the data is switched on. The person who is going to code the scene puts the phones on, puts the disc into the disc-station. At that moment the control-lamp lights up and the continuous sounds signal occurs in the phones.

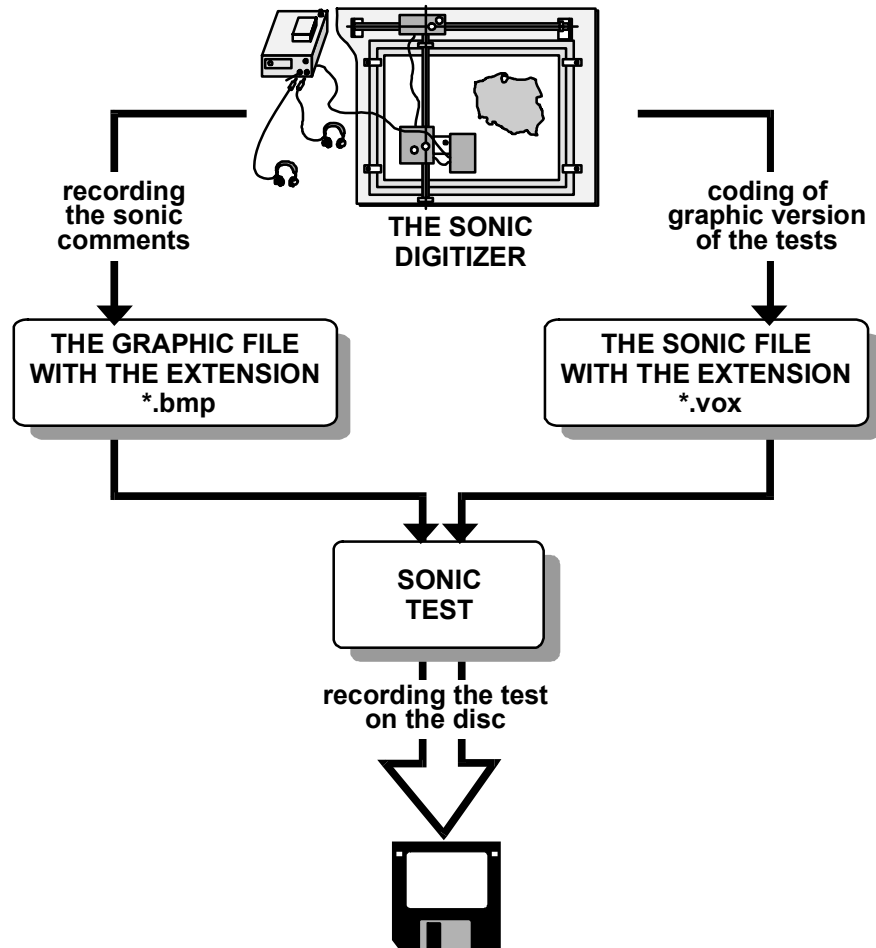


Fig. 20. [V. 3.] Formation of the test using the sonic digitizer

In order to code the graphic image of the test one should perform “zeroing” of the coordinate system X' , Y' of the sheet. To achieve this the location detector must be moved to the central point of the coordinate system X' , Y' of the sheet, the operator presses its central button and zeroes (using the zeroing buttons) indications of the projectors: vertical and horizontal. At that moment the signal in the phones should disappear.

In the next stage one should manually move the location detector so that the right cross meets the first point of the coded scene P_{ij} and subsequently press the left button. The result of that is coding of that point and in the phones the sound signal appears with the volume and altitude dependent on the location of the coded point in the operation area. Analogically and gradually operator proceeds point by point, line by line until the end of coding all points P_{ij} of the coded scene.

In order to cancel the redundantly or erroneously coded point the operator moves manually the location detector so that the sight cross comes over the given point. In the phones the sound appears with the characteristics related to the location of that point in the operation area. Double pressing of the left button causes cancelling of the point and in the phones silence appears.

Using the microphone after the activities relevant to the coding one may save the verbally spoken comments to the contents of the sonically coded scene. The spoken comments are saved to the disc placed in the disc-station. In order to do this one presses the buttons: right and central, the control-lamp of the disc-station status lights on again and the noise appears in the phones. After formulating the comments the control lamp goes out and in the next few seconds one may hear out the comments and saves the menu by pressing the right button or replaces with the new comment by repeating the described acts.

CODING BY USE OF THE COMPUTER

Coding of the sonic tests is convenient by use of the computer and appropriate software (**Fig. 21**). The graphic files may be coded by means of any graphic editors, but anyway if the simplicity of operating is concerned the most-convenient may be the “Paint” or “Paint Brush” Editor. The graphic image of the coded scene has to be contained in the frame 300×420 pixels. To facilitate coding one should take into consideration the following options:

- enlargement,
- auxiliary network,
- show coordinates of the cursor.

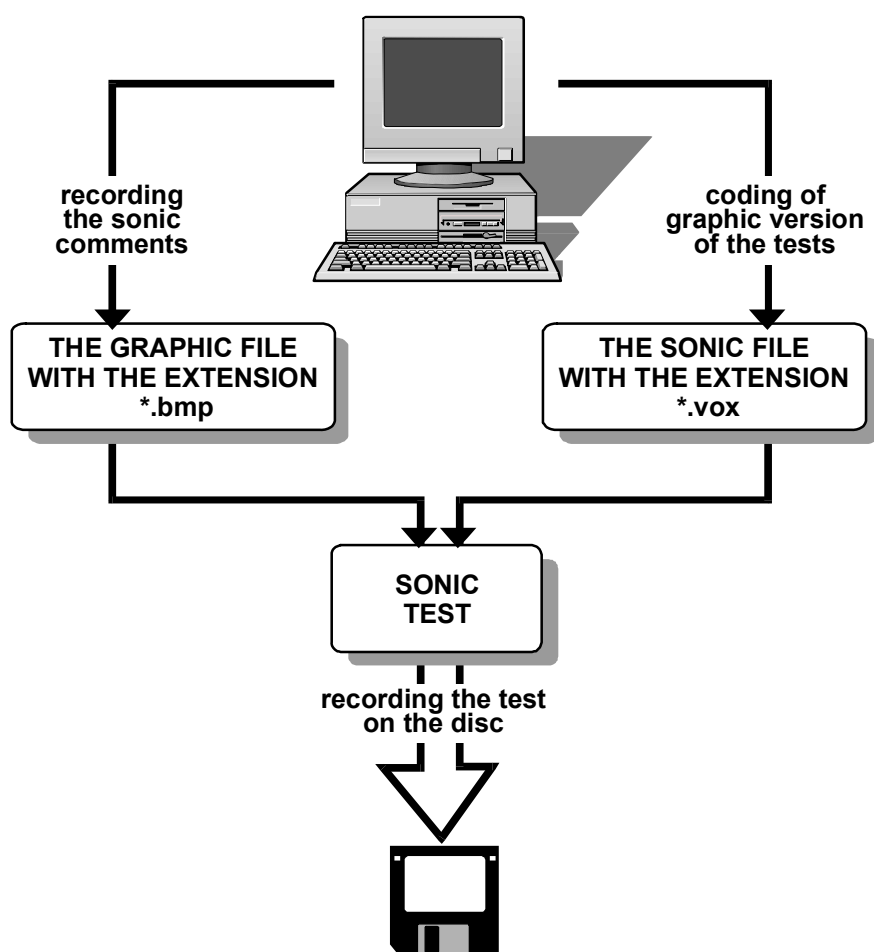


Fig. 21. [V. 4.] Formation of the test using the computer

When coding one should use the graphic image of the scene in the area limited by the frame, drawn in the scale 1:1. Marking coordinates of the characteristic points of the coordinate system of the frame is an important simplification in coding of the scenes. The spoken comments may be saved by use of any accessible musical programmes.

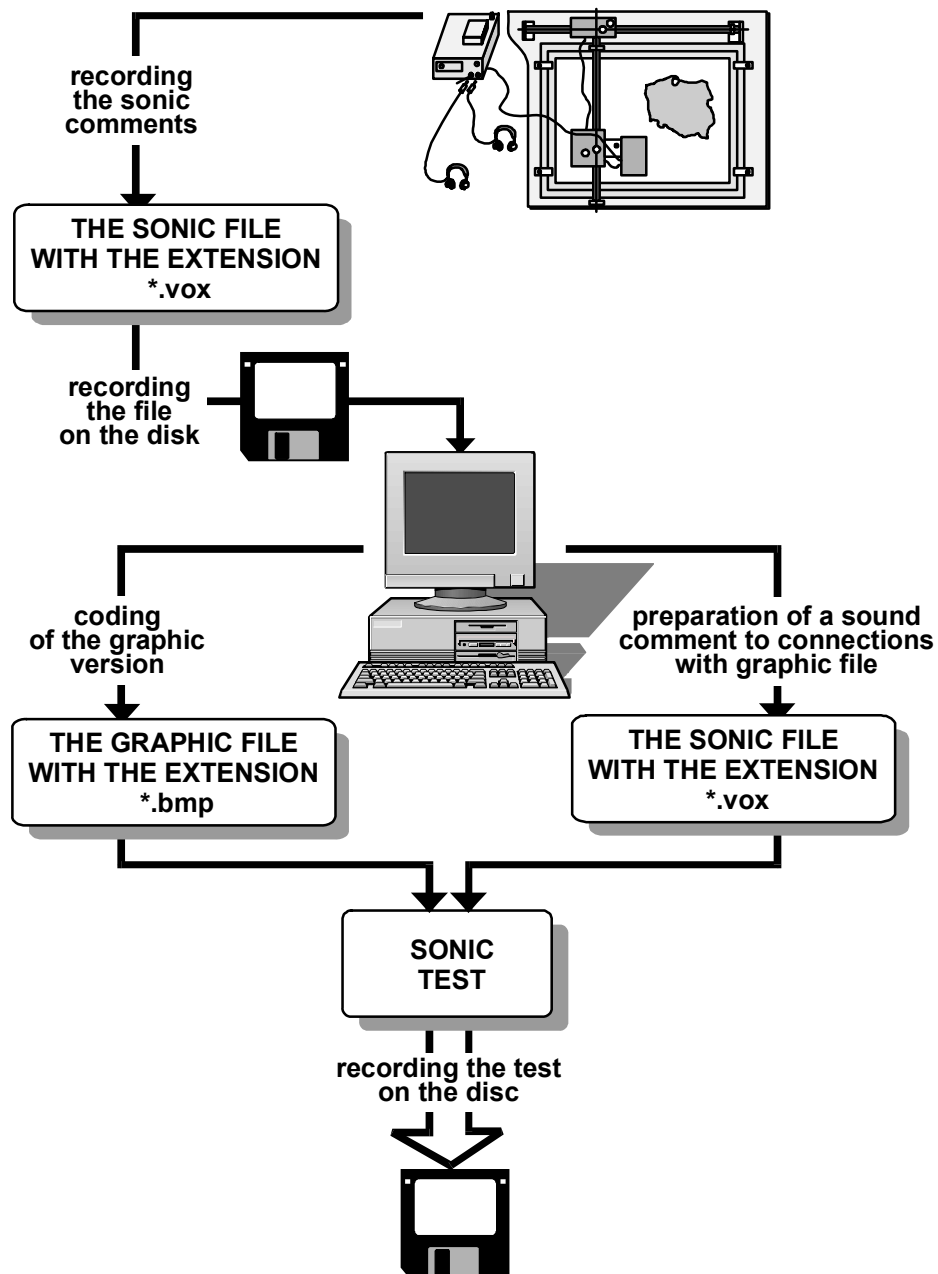


Fig. 22. [V. 5.] Formation of the test using the sonic digitizer and the computer

Practical experiences prove that coding of the graphic files of the sonic tests is best and most conveniently made by use of computers and appropriate software however the spoken comments are easily and rapidly saved using sonic digitizer (**Fig. 22**).

V.3. DECODING OF THE SONIC SCENES

The qualified instructor of the blind persons before the beginning of the course should connect the location detector with the data registration and processing system with the phones plugged into the phonic sockets by use of the transfer conduit.

In order to facilitate searching for the coded contents of the test one should put the sheet with the printed image of the scene in the scale 1:1 on the plate (similarly as in sonic coding of the visual form of the scene) and bring adequate pairs of the orienting signs of the plate with the control signs of the sheet into coincidence.

When orienting the sheet is completed one should hear out the sonic contents of the scene saved on the disc at the disc-station. After switching on the data registration and processing system the phones are to be put on (one pair for the instructor, one pair for the blind). The disc containing the contents of the scene is put into the disc-station, the control-lamp lights on and spoken comments with information about the scene appear in the phones.

In order to load the contents of the scene to the decoder one should press the left button of the location detector. Subsequently the coordinate system should be zeroed. To achieve this the location detector must be moved so that the sight-cross is identical with the central point of the coordinate system X, Y. The left button is then pressed twice and subsequently the indications of the projectors: horizontal and vertical are to be zeroed using the zeroing buttons.

To avoid accidental pressing of the right, central or left button during hearing out the test they should be switched off with the switch-button.

Decoding of the elements of the scenes may be performed in three different versions:

- A. the teacher decodes the scene on his own moving the detector in the operation area while the pupil hears out the sounds in the phones;
- B. the teacher and the pupil decode the scene together (the hand of the pupil and the teacher move the detector in the operation area together) while the pupil hears out the sounds in the phones;
- C. the pupil decodes the contents of the scene unaided, steering the movement of the detector in the operation area and simultaneously hearing out the sounds in the phones.

Usually the educational process includes subsequent use of all versions – A, B and C.

At the beginning of the course the instructor moves the location detector in order to set it over the point closest to the zero-point of the system. Then the sound signal with the specified volume and altitude appears in the both phones. These parameters of the signal

are determined by the location of that point in the cartesian coordinate system X, Y. Subsequently the detector is moved along the linear element of the scene so that the signal in the phones does not disappear. When the instructor is doing all described acts the blind pupil is concentrating upon listening to the sounds that appear in the phones.

In the second stage of the course the blind person puts a hand or both hands on the location detector so that the index finger rests on the sight-cross. The sight cross is marked on the outrigger in order to be manually detectable. Aided by the instructor, who uses the sheet with the graphically visualised scene, the pupil moves the location detector so that the sight cross covers sharply “the start-point” of the scene. Then the specified sound appears in the both phones. After that the blind person moves the location detector along in the operation area in the way enabling continuous hearing out the signal. In the early stages of the course the instructor may help the pupil to move the location detector in the proper direction using the graphic image of the scene.

The disc may contain several different scenes. That’s why the proper choice of the scene demands passing the simple procedure as follows:

- firstly one turns on the switch-button and moves the location detector to the central point of the coordinate system X, Y simultaneously pressing the buttons right, central and left; this enables to go back to the menu and to choose the subsequent graphic images;
- in order to find out the proper scene on the disc one should move the location detector along the diagonal of the operation area a few centimeters upwards;
- then the control-lamp lights up and the sound announcement of the name of the following scene may be heard. Repeating these acts by moving the location detector again along the diagonal of the operation area several centimeters upwards and so on the instructor may search through the contents of the disc.

In order to load the content of the following scene to the decoder one should press the left button of the location detector. The following sheet with the graphic image of the scene to be heard-out should be placed on the surface of the plate. Subsequently the sheet is to be oriented. After these acts are completed the contents of the scene may be heard-out.

PIŚMIENNICTWO

1. Augustyn, A. (1998), Kropki to ludzie, *Gazeta Wyborcza*, 285, Warszawa.
2. Bendych, E. (1984), [w:] Rehabilitacja dzieci i młodzieży z uszkodzonym wzrokiem, rozdział: „Z zagadnień wychowania w internacie dla niewidomych”, WSPS.
3. Bendych, E. (1995), Badania nad rysunkiem niewidomego dziecka, cz. III, Szkoła specjalna nr 3, WSiP, Warszawa.
4. Brzeziński, J. (1996), Metodologia badań psychologicznych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
5. BWA Wrocław (1994), Szpakowski – Nieskończoność linii, Wrocław.
6. Ćmielewski, K., Krzywicka-Blum, E., Kuchmister, J. (1996), Sposób sonorycznej lokalizacji zbioru punktów, *Biuletyn IG i K XLI*, Nr 1-2, Warszawa.
7. Dembińska-Wola, M. and Chrzanowska-Boruszewska, M. (1999), Popatrz, dotknij, powiedz – uczymy się czytać i mówić przez dotyk, WS i PSA, Warszawa.
8. *Gazeta Wyborcza*: „Dotyk słowa”, 7.9.1999, Warszawa.
9. Gibbs, W.W. (1996), Sylwetka: T.V. Raman, *Świat Nauki*, 11.
10. Hamaide, A. (1926), *Metoda Decroly*, tłum. A. Górską, Nasza Księgarnia, Warszawa-Łódź.
11. Ishido, Y. (1998), A guiding system for tactile map usage, *Proceedings of the Joint Seminar of ICA Commissions / Working Group: „Maps for special users”*, Wrocław.
12. Kaszewski, C. (1994), Dźwięk płynący z najgłębszych przestrzeni, *Słowo Polskie*.
13. Koch, W.G., Heidig, U. (1998), An audio-tactile dialogue system as a further development of the tactile campus map of The University of Dresden, *Proceedings of the Joint Seminar of ICA Commissions / Working Group: „Maps for special users”*, Wrocław.
14. Kokot, F. (red.) (1990), Diagnostyka różnicowa objawów chorobowych, PZWL, Warszawa.
15. Kossut, M. (1998), Niecałe półtora kilograma galaretki, *Gazeta Wyborcza* 20-21.03 (Wywiad „Rozmowa magazynu” Artura Włodarskiego i Sławomira Zagórskiego).
16. Krygier, J. (1995), Sound and geographic visualization, *Pergamino in Visualization in Modern Cartography*, vol. 2.
17. Krzywicka-Blum, E. (1995), Sound map as a way to topological recognition of reality for the blind, *Proceeding of the 17th Int. Cart. Conf*, Barcelona, Spain.
18. Krzywicka-Blum, E. (1996), Specifity mental scene creation characterising education process of sighted and blind children. *Proceedings of the ICA Seminar on „Cognitive Map, Children and Education in Cartography”*, Gifu, Pref. Library, Japan.
19. Krzywicka-Blum, E. (1998), Sonoryczne uwarunkowania kodowania punktów, *Zesz. Nauk. AR Wrocław, s. Geodezja i Urządzenia Rolne XV*, 343, Wrocław.
20. Krzywicka-Blum, E., Kuchmister, J. (1998), Sonic coding as compensatory enhancement of tactual methods used in education of congenitally blind children, *Proceedings of the Joint Seminar of ICA Commissions / Working Group: „Maps for special users”*, Wrocław.

21. Krzywicka-Blum, E., Kuchmister, J., (1999), Sonic Method as Educational Aid for Blind Students – Polish Experience, Proceedings of the 19th Int. Cart. Conf. „Touch the Past, Visualize the Future”, Ottawa.
22. Kuchmister, J. (1998), Analiza dokładności pozycjonowania punktów w polu operacyjnym digitizera sonorycznego, Zesz. Nauk. AR Wrocław, s. Geodezja i Urządzenia Rolne XV, 343, Wrocław.
23. Kuchmister, J. (1999), Coding of sonic map by using the sonic digitizer, Int. Scientific and Technical Conference Dedicated to the 220th Anniversary of Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow.
24. Kuczyńska-Kwapisz, J. (1994), Efektywność kształcenia młodzieży niewidomej i słabowidzącej w zakresie orientacji przestrzennej i poruszania się. WSP Warszawa.
25. Kultura (1992), Nowa Europa, Atelier 340, Waław Szpakowski, Nieskończoność linii, Bruksela.
26. Leszczyński, R. (1997), Zobaczyć muzykę, Gazeta Wyborcza 18.06., Warszawa.
27. Lissa, Z. (1952), Zarys nauki o muzyce, PWN, Warszawa.
28. Majewski, I. (1983), Psychologia niewidomych i niewidzących, PWN, Warszawa.
29. MEN, Program nauczania dla szkoły podstawowej, Historia klasy IV-VIII, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Warszawa (zatwierdzone do użytku szkolnego w 1996). Zespół pod przewodnictwem Kazimierza Stępnika.
30. MEN, Program nauczania matematyki w klasach IV-VIII szkoły podstawowej „Matematyka 2001”, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1994 (dopuszczone do użytku szkolnego przez MEN).
31. MEN, Program nauczania początkowego kl.I-III, Warszawa 1994 wyd. II popr.
32. MEN, Program szkoły podstawowej, Fizyka klasy IV-VIII, UJ, Warszawa 1990.
33. MEN, Program szkoły podstawowej, Geografia klasy IV-VIII, UJ, Warszawa 1990.
34. MEN, Program szkoły podstawowej, Plastyka klasy IV-VIII, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1994 (zatwierdzone do realizacji od roku 1990-1991).
35. MEN, Program szkoły podstawowej, Technika klasy IV-VIII, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990.
36. MEN, Zastępcze programy szkoły podstawowej, Zajęcia praktyczne i techniczne, Technika klasy VII-VIII, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1994.
37. MEN, Zespół pod przewodnictwem Bogdana J. Nowackiego, Program nauczania matematyki w klasach I-VII szkoły podstawowej (autorski) zatwierdzony przez MEN w 1995.
38. Millar, S. (1994), Understanding and Representing Space – Theory and Evidence from Studies with Blind and Sighted Children, Clarendon Press, Oxford.
39. Parkers, D. (1995), Access to complet enviroments for Blind People: Multi media maps, plans and virtual travel, Proceedings of the 17th International Cartographic Conference, Barcelona, 2449-2460.
40. Pawlak, W. (1990), Percepcja mapy – Punkt widzenia, mat. IV Szk. Kart. UW., Rabka.
41. Przychodzińska-Kaciczak, M. (1969), Muzyka i wychowanie, Nasza Księgarnia, Warszawa.
42. Rothschild, J. (1972), [w]: Garret, J.F., Levine, E.S.: Praktyka psychologiczna w rehabilitacji inwalidów, PZWL, Warszawa.

43. Rudziński, W. (1948), *Muzyka dla wszystkich*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne.
44. Schönberg, A. (1947), O zrozumieniu muzyki, *Ruch muzyczny* Nr 7, 8, Warszawa.
45. Shephard, R.N., (1964), Cicularity in Judgements of Relative Pitch. *Journal Acoust. Soc. Am*'36.
46. *Słowo Polskie* (1998), Lekcje muzyki, 10-11.06, Wrocław.
47. Szuman S. (1962), O sztuce i wychowaniu estetycznym, PZWS, Warszawa.
48. Tatham, A.F. (1989), Tactik mapping in the United Kingdon, *Procceedings of the 3rd International Symposium on „Maps and graphics for the visually handicapped people”*, Yokohama, Japan
49. Tatham, A.F. (1999), Tactile map design using found materials, *Procceedings of the 19th International Cartography Conference „Touch the Past, Visualize the Future”*, Ottawa.
50. Vasconcellos, R. (1993), Representing the geographical space for visually handicapped students: a case study on map use, *Procceedings of the 16th International Cartography Conference*, vol. 1, Cologne, Germany.
51. Wesołowski, F. (1960), *Zasady muzyki*, PWN, Warszawa.
52. Zagórski, S. (1998), Mózdzek muzyka, *Gazeta Wyborcza* (13.11), Warszawa.
53. Żak, M. (1998), Muzykalny umysł, *Słowo Polskie* (5.06), Wrocław.