



Ricodificazione della realtà su canali sensoriali alternativi in soggetti disabili visivi

Stefan Von Prondzinski

(Presidente Associazione Nazionale Istruttori Di Orientamento E Mobilità)

RIASSUNTO:

Quando la vista non funziona pienamente è necessario compensare le informazioni visive con altre modalità sensoriali come il tatto, l'udito, il gusto e l'olfatto. Le interazioni dei non vedenti con la realtà sono controllate da sensi alternativi. L'orientamento e la mobilità del non vedente si basa in particolare modo sull'onda sonora e sulla percezione acustica. Il progetto MOVE (Mobility and Orientation in Virtual Environment) sta studiando le possibilità di riprodurre mediante la Realtà Virtuale, sensazioni alternative alla vista. In questo modo la Realtà Virtuale può diventare uno strumento per la riabilitazione e la formazione dei non vedenti ed ipovedenti.

ABSTRACT:

When vision is not functioning, it will be necessary to use different sensorial modalities such like touching, hearing, tasting and smelling. Blinds and visually impaired control the interaction with the reality by alternative senses. Orientation and Mobility of the blind are based in a particular way on sound and acoustic perception. The project MOVE (Mobility and Orientation in Virtual Environment) is examining the possibilities of reproducing alternative sensations in the Virtual Reality so that it will become a new instrument for rehabilitation, education and training of blinds and visually impaired.

1. INTRODUZIONE

La realtà viene percepita come tale grazie ai nostri organi sensoriali. Piccoli ricettori, distribuiti sul tutto il corpo, raccolgono in ogni momento una inimmaginabile quantità di stimoli provenienti dal mondo circostante e dal proprio corpo. In ogni secondo i ricettori captano circa 1.000.000.000 bit di informazioni (Markworth P., 1984). I ricettori trasformano gli stimoli in impulsi nervosi e poi essi vengono trasmessi attraverso i nervi. Il flusso d'informazione del sistema nervoso afferente si è già ridotto a 12.000.000 bit/s. Solo una piccolissima parte (10 - 100 bit/s) può essere percepita consciamente. Possiamo per esempio vedere una mela, udire il rumore quando cade dall'albero, toccare la sua buccia, sentire il suo profumo e sapore. A seconda del tipo di organo sensoriale che ha raccolto l'informazione, si parla di percezione visiva, uditiva, tattile e così via. È possibile percepire oggetti che realmente non esistono. La differenza tra realtà reale e la realtà virtuale consiste nel fatto che gli stimoli raccolti non appartengono ad oggetti e spazi reali, ma sono stati creati artificialmente mediante un potente calcolatore e trasmessi via diverse interfacce. Anche nella realtà virtuale è possibile vedere una mela, ma la mela è al momento senza profumo e sapore. Ciò che è virtuale nella realtà virtuale è l'immagine o gli stimoli luminosi.

Ci si pone la domanda: che cosa rimarrebbe nella realtà virtuale senza l'immagine? Nell'ambito della problematica handicap e realtà virtuale questa domanda induce ad un'altra questione. Possono coloro che non vedono o che vedono molto poco usufruire dalla realtà virtuale?

Prima di tentare di dare una risposta a tale interrogativo vorrei effettuare un'analisi circa le conseguenze del deficit visivo per la percezione della realtà da parte del soggetto minorato della vista.

2. LA MINORAZIONE VISIVA E LE SUE CONSEGUENZE

La cecità o l'ipovisione è una minorazione sensoriale; ciò significa che l'informazione visiva non può essere utilizzata per la percezione della realtà o che può essere utilizzata solo parzialmente, a causa di problemi di ricezione o di trasformazione degli stimoli luminosi, nonché di conduzione ed elaborazione degli impulsi nervosi.

La perdita della vista è particolarmente grave, perché l'occhio con circa 130 milioni di fotorecettori, è l'organo sensoriale più potente, non solo a livello quantitativo, ma anche a livello qualitativo. La massa di fotorecettori è concentrata su una superficie retinica minima, offrendo così un'acutezza sensoriale superiore a qualsiasi altro organo di senso. È quindi comprensibile il ruolo dominante della vista nella percezione della realtà. Quasi tutte le nostre attività ed interazioni con il mondo circostante sono controllate dalla vista. Gli ambienti in cui viviamo, gli strumenti e i materiali che usiamo sono adattati alla nostra percezione visiva. Il processo di apprendimento nella fase evolutiva si basa per più dell'80% su informazioni visive (Ramin G., 1984).

Il deficit visivo sia parziale, in veste di ipovisione, che totale, in forma di cecità assoluta, causa una riduzione nella raccolta ed elaborazione di informazioni. L'assenza di percezione della luce riduce il flusso d'informazioni dei cinque sensi da 11 mega bit/s a 1 mega bit/s (Zimmermann M., 1980). La cecità assoluta provoca in termini informatici una perdita del 90% del flusso d'informazione. Nel mondo concepito da vedente e adattato alle esigenze visive la perdita quantitativa d'informazioni implica una grossa perdita qualitativa.

La minorazione visiva si trasforma così in una problematica che interferisce su tutte le sfere: sulla sfera cognitiva, psico-motoria, affettiva- emotiva e sociale, e crea nell'individuo una serie di difficoltà di natura psicofisica che investono tutta la sua vita sociale, culturale e professionale, pregiudicando in altissimo grado la sua autonomia e la sua libertà. Nella maggior parte dei casi la minorazione visiva causa una totale dipendenza dagli altri da parte del soggetto minorato e lo ostacola a prendere o tenere un posto equiparato nella società. La minorazione visiva si trasforma in un Handicap.

Per compensare e limitare le conseguenze e le ripercussioni negative dell'handicap visivo occorrono interventi specifici di abilitazione e di riabilitazione. Principio di base sia dell'abilitazione che della riabilitazione dei minorati della vista è l'incremento delle percezioni mediante altri canali sensoriali. Se l'informazione non può passare attraverso il canale visivo è necessario o convertire o codificare i contenuti della mancata

informazione visiva in linguaggi sensoriali diversi, o utilizzare informazioni non visive, che possono costituire un'alternativa valida all'informazione visiva.

3. CONVERSIONE E CODIFICAZIONE DELL'INFORMAZIONE VISIVA IN LINGUAGGI SENSORIALI ALTERNATIVI

L'esempio più famoso di conversione e codificazione dell'informazione visiva in linguaggi sensoriali alternativi è senza dubbio il sistema di scrittura e lettura dei non vedenti.

Prima di arrivare all'attuale sistema di scrittura sono stati svolti, con scarso rendimento e risultati poco soddisfacenti, diversi tentativi di presentare le lettere e i numeri in rilievo. La decodificazione della forma grafica convertita in una forma tattile risultava complicata, inesatta e lenta. Era necessario codificare il contenuto informativo della lettera, e non la sua forma, tenendo presente la dinamica percettiva dell'organo sensoriale addetto alla decodificazione dell'informazione, cioè del tatto. La soluzione fu trovata nella metà dell'800, non per caso, da un cieco di nome L. Braille, che come non vedente si intendeva bene della dinamica della percezione tattile.

Con la combinazione di solo sei punti in rilievo Braille era riuscito a codificare tutto l'alfabeto, i numeri e la simbologia grammaticale. Il sistema Braille è tutt'oggi il sistema più utilizzato per la lettura e scrittura dei ciechi. Con l'introduzione del PC e l'invenzione del display Braille, i non vedenti hanno trovato accesso alle nuove tecnologie. Aggiungendo il punto 7 e 8 al sistema Braille è possibile codificare l'intera tabella ASCII. Di particolare interesse per i non vedenti è stato lo sviluppo dell'OPTACON. Si tratta di un ausilio elettronico portatile per la lettura del cartaceo, il quale converte, mediante una piccola telecamera, la forma grafica della lettera in una forma tattile vibrante. Le vibrazioni aumentano notevolmente l'acutezza tattile (Schmidt R.F., 1980) e quindi la prestazione tattile. Scorrendo la telecamera sul testo, il cieco può persino leggere il prezzo dei prodotti del supermercato.

Nell'ambito della lettura è possibile codificare o convertire l'informazione ottica in un'informazione tattile, perché il processo di decodificazione è limitato a pochi simboli. Sorgono però dei limiti nel processo di decodificazione, quando è necessario codificare o convertire immagini complesse e dinamiche. Questo tipo di immagine costituiscono per esempio, la base di riferimento dell'orientamento e della mobilità umana (Howard I.P. 1982; Regan D.M., Kaufmann L.L., Lincoln J., 1986).

È quindi comprensibile come la perdita della vista comporti enormi problemi di orientamento e mobilità. Di fatto, tra i maggiori ostacoli che incontra il minorato della vista nel raggiungimento della piena integrazione risulta, secondo un'indagine della DOXA (DOXA 1989), il problema dell'autonomia e della mobilità.

All'handicap visivo si aggiunge l'handicap di mobilità, anche se la minorazione visiva, qualunque sia la sua entità, non impedisce di per sé la deambulazione e l'autonomia motoria. Nel cercare di risolvere i problemi di orientamento e mobilità si è cercato di impegnare la tecnologia, basandosi sul principio dell'OPTACON. Una telecamera converte l'immagine visiva in una immagine tattile vibrante, proiettata sulla schiena o sull'avambraccio (Bach-Y-Rita P., Hughes B., 1985). Questi esperimenti non hanno particolarmente contribuito alla soluzione dei problemi. Sia la codificazione che la conversione dell'informazione visiva in linguaggi sensoriali differenti sono sistemi estremamente limitati per il controllo del processo di orientamento.

L'orientamento, ovvero la capacità di poter determinare in ogni momento la propria posizione nello spazio in relazione a tutti gli oggetti rilevanti, richiede l'analisi immediata e priva di errori delle informazioni provenienti dallo spazio (Hill E.W. 1986).

4. L'UTILIZZO DI CANALI SENSORIALI ALTERNATIVI ALLA VISTA

La soluzione del problema dell'orientamento e della mobilità si è trovata nell'utilizzo e la decodificazione di informazioni alternative alla vista, che sono costantemente presenti nella realtà e che provengono anche da lunghe distanze. In assenza della percezione visiva, l'udito, tra i diversi canali sensoriali alternativi, assume un ruolo determinato per l'orientamento e per il controllo della deambulazione sicura (Wiener W.R. 1980).

L'orientamento acustico si basa sui principi della fisica del suono, dell'acustica e della fisiologia dell'udito. Il non vedente utilizza il suono come decodificazione alternativa nei seguenti 5 modi (Von Prondzinski S. 1987):

4.1. LA DISCRIMINAZIONE DEL SUONO

Per discriminazione del suono si intende la capacità di poter riconoscere la fonte sonora. Ogni suono è caratterizzato dalla frequenza, dall'intensità e dal timbro, il quale è il codice di riconoscimento del suono. Durante il processo di apprendimento e in seguito alle esperienze i diversi timbri vengono associati alla fonte che ha prodotto il suono e memorizzati nella corteccia uditiva in una specie di banca dati. Così è possibile riconoscere oggetti senza toccarli o vederli. Per esempio in base al suono di una moneta caduta il non vedente non ha problemi ad ottenere informazioni sia sul valore della moneta che sul tipo di superficie, sulla quale è caduta la moneta. La punta del bastone bianco del cieco informa ad ogni contatto con il suolo sulla qualità della pavimentazione. Ascoltando contemporaneamente il traffico che scorre il cieco può percepire se la carreggiata è composta di asfalto, cubetti di porfido, di ghiaia o di terra battuta. La realtà non visiva comincia ad illuminarsi con rumori e suoni.

4.2. LA LOCALIZZAZIONE DEL SUONO

Oltre a riconoscere la fonte sonora è possibile percepire la direzione di provenienza del suono. Questo principio si basa su diversi fattori (Ludel J. 1981):

L'udito ha due organi di ricezione situati in posizioni diverse. L'onda sonora proveniente da una fonte sonora di fronte e a destra del soggetto, raggiunge prima l'orecchio destro e poi, con un piccolo ritardo, l'orecchio sinistro. Il ritardo è spiegabile con la maggiore distanza dell'orecchio sinistro rispetto alla posizione della fonte sonora. Maggiore è la distanza, maggiore è la perdita di intensità. Di conseguenza l'onda che raggiunge l'orecchio sinistro è più debole, anche perché una parte della sua energia è stata assorbita e riflessa dalla fronte e dai capelli.

I neuroni cerebrali dei nuclei olivari superiori sono predisposti a misurare le differenze del suono tra l'orecchio sinistro e destro, localizzando così la direzione di provenienza del suono. Il non vedente utilizza la localizzazione del suono per controllare la direzione di marcia e l'orientamento e per trovare punti di riferimento.

4.3. LA LOCALIZZAZIONE DELL'ECO E RIFLESSIONE DEL SUONO

Alcuni ciechi assoluti presentano abilità che nel passato sono state giudicate paranormali. Senza vedere per esempio il muro, il cieco si ferma prima di avere un contatto con esso ed indica la presenza di un ostacolo. La cosiddetta 'percezione degli ostacoli' dei ciechi è stata addebitata in passato ad un sesto senso (Tuschel L 1906). In seguito ad esperimenti con sordo- ciechi (Woechel P., Dallenbach K., 1947) che non presentavano questa capacità ed in seguito a studi sugli animali che vivono al buio (Griffin D.R. 1959) è stata individuata la spiegazione di questo fenomeno nell'ambito della percezione acustica.

L'onda sonora prodotta dai passi e dal rumore del bastone del cieco si espande in tutte le direzioni. Nel momento in cui l'onda incontra un oggetto, una parte dell'onda viene assorbita dall'oggetto e una parte viene riflessa. La riflessione del suono ritorna al cieco come una specie di eco. Il ritardo dell'eco è così breve, che l'onda riflessa si sovrappone all'onda di partenza, provocando delle interferenze e modulazioni dell'intensità, frequenza e timbro di essa. Tali cambiamenti dell'onda sonora, pur essendo così lievi, possono essere percepiti, dopo un determinato processo educativo, e possono essere utilizzati per la percezione degli ostacoli. I grandi maestri nell'utilizzo dell'eco e della riflessione del suono sono altri esseri ciechi: i pipistrelli. La loro caccia al cibo in volo e il volo stesso sono esclusivamente controllati dall'eco degli urli da loro continuamente prodotti. Il cieco usa l'eco e la riflessione dei rumori per camminare al centro del marciapiede senza mai avere contatti laterali, per localizzare porte aperte, collegamenti tra i corridoi, etc.

4.4. L'OMBRA SONORA

Si crea un'ombra dietro l'oggetto se esso viene illuminato. Un effetto simile accade quando l'onda sonora incontra un oggetto di una certa dimensione. Una parte dell'onda viene riflessa e assorbita dall'oggetto. Ai lati dell'oggetto l'onda viene flessa, creando così una zona di ombra a forma di cono. In questa zona il suono della fonte sonora è meno intenso e meno acuto. Entrando nel cono il cambiamento è effettivamente percepibile.

Basandosi sul rumore continuo del traffico il non vedente utilizza l'ombra sonora per individuare oggetti situati tra il marciapiede e la carreggiata come per esempio, un chiosco o una cabina telefonica. Il principio dell'ombra sonora può essere sfruttato in senso inverso. Tra due ombre sonore si crea una zona di suono pulito. Il cieco localizza così ad esempio, lo spazio libero tra due auto parcheggiate quando deve attraversare una strada.

4.5. L'INTERPRETAZIONE DEL MOVIMENTO DELLE FONTI SONORE

In base alla localizzazione e discriminazione del suono e in seguito una buona educazione uditiva, è possibile interpretare il percorso e il comportamento di una fonte sonora in movimento, disegnando mentalmente la traiettoria dello spostamento (Blash B., Welsh R. & Davidson T. 1973).

Di enorme importanza per l'interpretazione del movimento della fonte sonora nel contesto urbano è il rumore delle autovetture. Grazie alle auto il cieco ottiene informazioni preziose sul percorso della strada, sul tipo di strada, sulla direzione ed eventuali cambiamenti di direzione del marciapiede e sul tipo e la forma degli incroci.

Questo principio sonoro cambia completamente il rapporto che ha il non vedente con la realtà: ambienti con traffico automobilistico si trasformano in ambienti ricchi di informazioni per l'orientamento, il silenzio rappresenta la nebbia.

Imparare a sfruttare al massimo l'udito e compensare in tale maniera l'informazione visiva mancata è uno dei contenuti degli interventi riabilitativi di orientamento e mobilità per non vedenti ed ipovedenti (Perathoner H. 1992), che da pochi anni esistono anche in Italia. L'intervento riabilitativo di O&M è mirato al pieno recupero dell'autonomia e all'acquisizione delle competenze che permettono la massima mobilità anche in ambienti e situazioni del tutto ignoti (Von Prondzinski S. 1992). Il processo di acquisizione delle competenze, come per esempio, la tecnica dell'attraversamento del semaforo solo in base ai rumori, è frequentemente disturbato da fattori psicologici che interferiscono negativamente sulla riabilitazione. Il fattore di maggiore rilievo è la paura (Welsh R.L. 1980).

La paura distorce la percezione e quindi anche l'informazione. Il controllo dell'interazione in base alle informazioni distorte porta all'insuccesso, il quale aumenta la paura e così via.

Per uscire dalla spirale negativa e per facilitare il processo di acquisizione delle competenze in ambiti pericolosi, è necessario separare gli aspetti percettivi, cognitivi e motori dall'aspetto psicologico. Occorrono situazioni per provare ed imparare senza rischiare.

5.LA REALTÀ VIRTUALE PER NON VEDENTI - IL PROGETTO 'MOVÈ

Uno strumento che permette questa separazione è la realtà virtuale. Al contrario di ciò che potrebbe succedere durante la riabilitazione in situazioni reali, un errore grave nell'interazione con la realtà virtuale si paga al massimo con un 'game over', ma non con la vita. La realtà virtuale potrebbe essere quindi uno strumento di alto valore per affiancare gli interventi riabilitativi, se fosse fruibile dai non vedenti.

A questo proposito si è formato il progetto 'MOVÈ, Mobility and Orientation in Virtual Enviroment, che si è impegnato a progettare l'impiego della realtà virtuale come strumento di sostegno alla riabilitazione per acquisire delle abilità percettive alternative in soggetti non vedenti. L'idea di MOVE è nata in base alle esigenze concrete dell'istruttore di orientamento e mobilità, che organizza i programmi degli interventi riabilitativi per non vedenti ed ipovedenti. La ricerca di nuovi strumenti e metodologie, che possono migliorare la qualità ed efficienza dei servizi riabilitativi, è un compito professionale degli istruttori di orientamento e mobilità (Uslan M.M., Hill E.W. & Peck A.F. 1989).

MOVE è stato proposto ai progetti TIDE della Comunità Europea. Alla proposta hanno collaborato 9 organizzazioni di 4 paesi europei. Il progetto MOVE è articolato in diversi obiettivi.

5.1. SVILUPPO DI HARD E SOFTWARE PER CREAZIONE E GESTIONE DELLA REALTÀ VIRTUALE ACUSTICA.

Il primo obiettivo prevede lo sviluppo di componenti hard - e software per la creazione e gestione in una realtà virtuale acustica, che consiste in due tipi di scenari: lo scenario acustico passivo e lo scenario acustico attivo.

Nello scenario passivo vengono attribuiti a tutti gli oggetti e allo spazio visibile caratteristiche che riguardano la riflessione, l'assorbimento e la modifica ambientali dell'onda sonora. Queste caratteristiche sono solamente percepibili nel momento in cui viene generato un suono nella realtà virtuale acustica mediante p.e. la voce o la simulazione del rumore della punta del bastone bianco. Il suono della voce è diverso se la stanza virtuale è rivestita con piastrelle o con tappezzeria, se la stanza è arredata o vuota. Il rumore dei passi cambia secondo la pavimentazione dello scenario. Lo scenario acustico passivo è indispensabile per la simulazione del principio sonoro di localizzazione dell'eco e della riflessione del suono nonché del principio di ombra sonora.

Lo scenario acustico attivo occorre invece per la creazione delle fonti sonore e per l'organizzazione della loro posizione, della direzione e del loro spostamento. Attraverso lo scenario acustico attivo è possibile discriminare e localizzare il suono, cosicché diventa possibile analizzare ed interpretare la fonte sonora in movimento.

Sovrapponendo lo scenario acustico attivo a quello passivo si ottiene un terzo tipo di scenario, ovvero la realtà virtuale acustica. Al contrario della realtà virtuale visiva, che a causa del campo visivo limitato può essere percepita solo a 180 alla volta, la realtà virtuale acustica si presenta contemporaneamente a 360 su tutte le tre dimensioni dello spazio.

MOVE offre così sia al riabilitatore che al non vedente tre forme di realtà virtuale acustica per educare e riabilitare la percezione uditiva e per incrementare l'orientamento acustico. All'interno di ogni forma di realtà virtuale possono essere organizzate sequenze riabilitative dal semplice al complesso e complicato.

Lo svolgimento e la verifica delle sequenze vengono organizzati automaticamente dal calcolatore.

5.2. SVILUPPO DI UN INTERFACCIA TRA REALTÀ VIRTUALE ACUSTICA E IL NON VEDENTE

Il secondo obiettivo di MOVE è la realizzazione di un' interfaccia audio, che permetta una percezione della realtà virtuale acustica più vicina possibile alla percezione uditiva reale. È previsto lo sviluppo di una cuffia speciale, idonea alla localizzazione del suono rispetto a tutte e tre gli assi dello spazio, e non solo sull'asse orizzontale, come accade nelle comuni cuffie stereofoniche (Wiener W.R. 1980). La cuffia è attrezzata con un sistema che informa il calcolatore dei cambiamenti di posizione della testa, simili a quelli del casco, già impegnato nella realtà virtuale. Mentre nella realtà virtuale visiva dopo una rotazione di 90 in senso orario appaiono nuove immagini, nella realtà virtuale acustica tale rotazione non cambia la fonte sonora, ma la sua posizione rispetto alla direzione dello sguardo, cioè il rumore si sposta p.e. da davanti a sinistra. In questo modo è possibile cambiare la direzione di ascolto senza cambiare la posizione delle fonti sonore rispetto ai punti cardinali. Tutti gli scenari acustici rappresentano così delle mappe geoacustiche, sulle quali il soggetto può assumere una determinata posizione e direzione di ascolto e poi, svolgere compiti di orientamento. Fino a questo punto il cieco è solamente osservatore della realtà virtuale acustica, ma non partecipa.

5.3. SVILUPPO DI UNO STRUMENTO INTERATTIVO TRA NON VEDENTE E REALTÀ VIRTUALE

Il terzo obiettivo del progetto MOVE è perciò lo sviluppo di uno strumento di interazione tra il non vedente e la realtà virtuale. In concomitanza al modo in cui il non vedente interagisce con la realtà ed in concomitanza al quanto della realtà virtuale è stato concepito un bastone virtuale. Il bastone virtuale deve svolgere le seguenti funzioni:

a. simulazione dello spostamento.

Muovendo il bastone virtuale con la tecnica pendolare, cioè la tecnica che viene applicata dal non vedente in ambienti sconosciuti od esterni, il cieco ha la possibilità di spostarsi nella realtà virtuale. La velocità del pendolo determina la velocità di andatura e mediante l'inclinazione del bastone virtuale viene variata la lunghezza del passo.

b. creazione di suono

Con ogni battuta del pendolo viene creato dalla punta virtuale del bastone un suono. La punta virtuale, ovvero la simulazione del suono di essa, può essere cambiata e adattata al suono della punta che il non vedente utilizza realmente (p.e. punta di metallo, di plastica, di ceramica). Il rumore prodotto dal bastone virtuale è indispensabile per la percezione dello scenario acustico passivo.

c. percezione di ostacoli ed oggetti

La percezione degli ostacoli, già possibile nello scenario acustico passivo tramite il suono della punta virtuale, avviene attraverso le vibrazioni, prodotte dal bastone virtuale.

6.CONCLUSIONE

Così assunti e sintetizzati i tre obiettivi essenziali del progetto MOVE, si comincia a concretizzare la risposta alla domanda inizialmente sollevata relativa all'accessibilità e fruibilità della realtà virtuale da parte di coloro che non vedono o che vedono poco. Il grande interrogativo iniziale si è trasformato in piccoli quesiti tecnici solvibili.

Gli sforzi di migliorare le dimensioni non visive della realtà virtuale, ed in particolar modo la dimensione del suono, che tuttavia al momento ha ben poco di reale, possono aprire nell'ambito di educazione, formazione e riabilitazione nuovi sbocchi, non solo ai non vedenti ma a tutti.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1) Bach-Y-Rita, P., Hughes B.: 'Tactil Vision Substitution: some instrumentation and perceptual considerations'..in Warren D.H.; Strelow E.R. 'Electronic Spatial Sensing for Blind'. Dordrecht. Martinus Nijhoff Publishers. 1985.
- 2) Blash B.; Welsh R. e Davidson T., 'Auditory maps: An orientation aid for visually handicapped persons'. in New Outlook for the Blind, April, 1973, pp.145-158.
- 3) DOXA, 'Indagine sugli atteggiamenti degli Italiani verso i non vedenti' in Sintesi presentata al XVII Congresso Nazionale dell'Unione Italiana Ciechi. Roma. 1989.
- 4) Griffin D.R.: 'Echos of bats and men', Garden City, New York: Doubleday and Co., 1959.
- 5) Hill E.W.: 'Orientation and Mobility'. in Scholl G.: Foundation of Education for Blind and Visually Handicapped Children and Youth, American Foundation for the Blind, New York. 1986.
- 6) Howard I.P., 'Human Visual Orientation', London. Willy. 1982
- 7) Ludel J.: 'I processi sensoriali'. Il Mulino, Bologna, 1981.
- 8) Markworth P.: 'Sportmedizin - Physiologische Grundlagen' Rowohlt 1984, p.80
- 9) Perathoner H.: 'Corsi di mobilità per minorati della vista in: Orientamento e Mobilità, a cura di Unione Italiana Ciechi. Roma. 1992. pp.9-12.
- 10) Ramin G., 'Entwicklungsmerkmale beim blinden Kind'. in: Der Kinderarzt, 15. anno, n.11, 1984
- 11) Regan D.M.; Kaufmann L.L.; Lincoln J.: 'Motion in depth and visual acceleration', in Boff K.R.; Kaufman L.L.; Thomas J.P.: Handbook of Perception and Human Performance (Vol.1). New York, John Willey and Sons. 1986.
- 12) Schmidt R.F.: 'Somato viscerale Sensibilität.in: Grundriß der Sinnesphysiologie, Springer Verlag, Berlin 1980, pp. 95-150.
- 13) Tuschel L.: 'Der sechste Sinn der Blinden in Zeitschrift für Exp. Pädagogik, 1906, n. 3, pp. 109-142
- 14) Uslan M.M., Hill E.W. & Peck A.F.: 'The Profession of Orientation and Mobility in the 1980's', American Foundation for the Blind, New York, 1989.
- 15) Von Prondzinski S., 'Servizi di riabilitazione ed integrazione per minorati della vista, in Atti del Convegno sulla riabilitazione, l'autonomia e la mobilità dei minorati della vista. Unione Italiana Ciechi, Sezione di Reggio Emilia, 3. ottobre 1992, pp. 4-10.

- 16) Von Prondzinski S: 'Presentazione dei sistemi per la mobilità del non vedente. in Bresin T.(a cura di):Atti del Convegno: Incontro informativo sull'uso corretto degli strumenti tecnici per la mobilità del non vedente. Unione Italiana Ciechi. Pordenone. 1987.
- 17) Welsh R.L., 'Psychosocial Dimensions' in Foundation of Orientation and Mobility, American Foundation for the Blind, New York, 1980.
- 18) Wiener W.R.: 'Audition', in Foundation of Orientation and Mobility, American Foundation for the Blind, New York, 1980.
- 19) Worchel P., Dallenbach K.: 'Facial vision: Perception of obstacles by the deaf-blind', in American Journal of Psychology, 1947,n. 60, pp.502- 553
- 20) Zimmermann M.: 'Neurophysiologie sensorischer Systeme in Grundriß der Sinnesphysiologie, Springer Verlag, Berlin 1980, pp. 37-80.
-